



Empresa de Pesquisa Energética

NOTA TÉCNICA

ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DAS FONTES ENERGÉTICAS DO PDE 2031

JANEIRO DE 2022

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



■ Colaboradores

Coordenação Geral

Giovani Vitória Machado

Coordenação Executiva

Elisângela Medeiros de Almeida

Coordenação Técnica

Hermani de Moraes Vieira

Equipe Técnica

Alfredo Lima Silva

Ana Dantas Mendez de Mattos

André Cassino Ferreira

André Viola Barreto

Bernardo Regis de G. de Oliveira

Carina Renno Siniscalchi

Carolina M. H. de G. A. F. Braga

Clayton Borges da Silva

Cristiane Moutinho Coelho

Daniel Dias Loureiro

Daniel Filipe Silva

Glauce Maria Lieggio Botelho

Guilherme de Paula Salgado

Gustavo Fernando Schmidt

Kátia Gisele Soares Matosinho

Juliana Velloso Durão

Leyla Adriana Ferreira da Silva

Leonardo de Sousa Lopes

Luciana Álvares da Silva

Marcos Ribeiro Conde

Maria Fernanda Bacile Pinheiro

Mariana Lucas Barroso

Mariana R. de Carvalhaes Pinheiro

Paula Cunha Coutinho

Pedro Ninô de Carvalho

Robson O. Mattos

Silvana Andreoli Espig

Valentine Jahnel

Verônica S. M. Gomes

Vinicius Mesquita Rosenthal

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Ministro de Estado

Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

Secretária-Executiva

Marisete Fátima Dadald Pereira

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Paulo Cesar Magalhães Domingues



Presidente

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloísa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

<http://www.epe.gov.br>

■ Sumário

| | | |
|----------|---|------------|
| 1 | Introdução | 5 |
| 2 | Conceitos e Métodos | 6 |
| 3 | Subsídios socioambientais para a expansão decenal | 10 |
| 3.1 | Avaliação processual das usinas hidrelétricas | 10 |
| 3.2 | Análise da complexidade socioambiental das unidades produtivas de petróleo e gás natural .. | 12 |
| 4 | Análise socioambiental da oferta de energia elétrica | 16 |
| 4.1 | Hidrelétricas..... | 16 |
| 4.2 | Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas | 28 |
| 4.3 | Termelétricas de fontes não renováveis | 34 |
| 4.4 | Termelétricas renováveis..... | 41 |
| 4.5 | Eólicas | 48 |
| 4.6 | Usinas Solares Fotovoltaicas..... | 58 |
| 4.7 | Transmissão de energia elétrica | 67 |
| 5 | Análise socioambiental da oferta de petróleo, gás natural e biocombustíveis | 76 |
| 5.1 | Produção e oferta de petróleo, gás natural e derivados..... | 76 |
| 5.2 | Etanol | 88 |
| 5.3 | Biodiesel..... | 94 |
| 6 | Conclusão | 101 |
| 7 | Referências bibliográficas | 102 |

■ Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Premissas da análise socioambiental do PDE 2031..... | 5 |
| Figura 2 – Objetivos da análise socioambiental do PDE 2031..... | 5 |
| Figura 3 – O PDE 2031 e as etapas da análise socioambiental | 6 |
| Figura 4 – Análise socioambiental das fontes energéticas para compor a análise socioambiental integrada | 7 |
| Figura 5 – Fluxograma com os prazos utilizados na avaliação processual..... | 11 |
| Figura 6 – Critérios utilizados para exclusão de volumes de produção de áreas de UPUs sobrepostas a eles | 13 |
| Figura 7– Etapas de análise das UPs como subsídio à alocação temporal da previsão de início da produção | 13 |
| Figura 8 – Procedimento de análise das UPs offshore | 14 |
| Figura 9 – Procedimento de análise das UPs onshore | 14 |
| Figura 10 – Resultado da classificação de complexidade das UPs | 15 |
| Figura 11 – Localização da expansão de usinas hidrelétricas no PDE 2031..... | 17 |
| Figura 12 – Localização da expansão de PCHs e CGHs no PDE 2031 | 29 |
| Figura 13 – Localização da expansão termelétrica de fontes não renováveis no PDE 2031 | 35 |
| Figura 14 – Localização da expansão termelétrica renovável no PDE 2031 | 42 |
| Figura 15 – Localização da expansão eólica no PDE 2031..... | 49 |
| Figura 16 – Localização da expansão solar fotovoltaica no PDE 2031..... | 59 |
| Figura 17 - Linhas de transmissão planejadas no PDE 2031 e áreas legalmente protegidas | 69 |
| Figura 18 – Unidades produtivas, UPGNs, terminais e gasoduto de transporte planejados no PDE 2031 | 78 |
| Figura 19 – Localização das usinas de etanol planejadas no PDE 2031 | 89 |
| Figura 20 – Localização das usinas de biodiesel planejadas no PDE 2031..... | 95 |

■ Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Prazos utilizados na avaliação processual | 10 |
| Tabela 2 – Avaliação processual de UHEs do PDE 2031..... | 11 |
| Tabela 3 – Etapas do Licenciamento Ambiental e prazos (em meses) distribuídos por classe de complexidade | 15 |
| Tabela 4 – Síntese da análise socioambiental das usinas hidrelétricas do PDE 2031..... | 20 |
| Tabela 5 – Indicadores socioambientais da expansão hidrelétrica contratada..... | 27 |
| Tabela 6 – Síntese da análise socioambiental das PCHs e CGHs do PDE 2031 | 30 |
| Tabela 7 – Indicadores socioambientais da expansão de PCHs e CGHs | 33 |
| Tabela 8 – Síntese da análise socioambiental das usinas termelétricas de fontes não renováveis do PDE 2031..... | 36 |
| Tabela 9 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica de fontes não renováveis | 40 |
| Tabela 10 – UTEs renováveis contratadas (2022-2026) por tipo de combustível e potência | 41 |
| Tabela 11 – Síntese da análise socioambiental das usinas termelétricas renováveis do PDE 2031..... | 43 |
| Tabela 12 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica renovável | 47 |
| Tabela 13 - Síntese da análise socioambiental das usinas eólicas do PDE 2031..... | 52 |
| Tabela 14 – Indicadores socioambientais da expansão eólica..... | 57 |
| Tabela 15 – Síntese da análise socioambiental das usinas fotovoltaicas do PDE 2031 | 61 |
| Tabela 16 – Indicadores socioambientais da expansão solar fotovoltaica | 66 |
| Tabela 17 – Extensão das linhas de transmissão por região..... | 68 |
| Tabela 18 – Extensão das linhas de transmissão planejadas em áreas com restrição socioambiental | 70 |
| Tabela 19 – Síntese da análise socioambiental das linhas de transmissão do PDE 2031..... | 72 |
| Tabela 20 – Indicadores socioambientais da expansão da transmissão de energia elétrica..... | 75 |
| Tabela 21 – Síntese da análise socioambiental da produção de petróleo, gás natural e derivados no PDE 2031..... | 81 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 22 – Indicadores socioambientais da expansão da produção e da oferta de petróleo, gás natural e derivados..... | 87 |
| Tabela 23 – Síntese da análise socioambiental de etanol do PDE 2031..... | 90 |
| Tabela 24 – Indicadores socioambientais da expansão de etanol | 93 |
| Tabela 25 – Síntese da análise socioambiental do biodiesel do PDE 2031 | 96 |
| Tabela 26 – Indicadores socioambientais da expansão do biodiesel | 100 |

■ Lista de Quadros

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Conceitos utilizados na análise socioambiental das fontes energéticas..... | 7 |
| Quadro 2 – Temas socioambientais e as interferências socioambientais representadas | 8 |
| Quadro 3 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão hidrelétrica..... | 20 |
| Quadro 4 – Principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão hidrelétrica | 23 |
| Quadro 5 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão hidrelétrica..... | 26 |
| Quadro 6 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão de PCHs e CGHs..... | 30 |
| Quadro 7 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão de PCHs e CGHs..... | 32 |
| Quadro 8 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão de PCHs e CGHs..... | 33 |
| Quadro 9 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão termelétrica de fontes não renováveis..... | 37 |
| Quadro 10 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão termelétrica de fontes não renováveis..... | 39 |
| Quadro 11 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão termelétrica de fontes não renováveis..... | 40 |
| Quadro 12 – Principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão termelétrica renovável..... | 44 |
| Quadro 13 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão termelétrica renovável..... | 46 |
| Quadro 14 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão eólica | 52 |
| Quadro 15 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão eólica | 55 |
| Quadro 16 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão eólica | 56 |
| Quadro 17 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão fotovoltaica centralizada..... | 62 |
| Quadro 18 – Principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão fotovoltaica centralizada..... | 64 |
| Quadro 19 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão fotovoltaica centralizada..... | 65 |
| Quadro 20 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão transmissão..... | 72 |
| Quadro 21 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão da transmissão..... | 74 |
| Quadro 22 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão da transmissão..... | 75 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 23 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão da produção de petróleo, gás natural e derivados | 81 |
| Quadro 24 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão da produção e da oferta de petróleo, gás natural e derivados | 84 |
| Quadro 25 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão da produção e oferta de petróleo e gás natural e derivados | 85 |
| Quadro 26 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da oferta de etanol | 91 |
| Quadro 27 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão da oferta de etanol..... | 92 |
| Quadro 28 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão da oferta de etanol..... | 92 |
| Quadro 29 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão do biodiesel | 98 |
| Quadro 30 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão da oferta de biodiesel..... | 100 |

1 Introdução

A análise socioambiental da expansão energética planejada é orientada pelo conceito de sustentabilidade e busca discutir as principais questões socioambientais associadas à produção, geração e transmissão de energia no horizonte do PDE 2031. A conjuntura geral, como as políticas e discussões relacionadas à energia, disponibilidade de recursos e mudanças climáticas, também é observada a fim de compreender de forma mais ampla o contexto em que a expansão acontece.

A Figura 1 apresenta as premissas consideradas no desenvolvimento da análise socioambiental do PDE 2031.

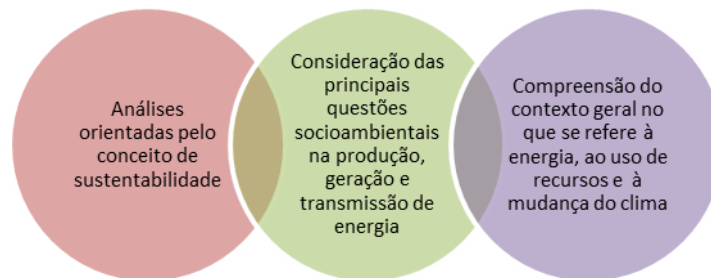


Figura 1 – Premissas da análise socioambiental do PDE 2031

Com base nas premissas mencionadas, a análise socioambiental do PDE 2031 tem como objetivo: 1) contribuir para a definição da expansão do decênio; 2) avaliar, de forma integrada, as principais questões socioambientais da expansão planejada para o horizonte decenal; 3) com base nas principais questões, indicar os desafios e oportunidades socioambientais estratégicos para a expansão; e 4) analisar o contexto político, o perfil de emissões de gases de efeito estufa (GEE) da expansão e as medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

A Figura 2 ilustra os objetivos da análise socioambiental do PDE 2031.



Figura 2 – Objetivos da análise socioambiental do PDE 2031

De forma a atender os objetivos propostos, a análise socioambiental do PDE 2031 compreende quatro etapas:

1. **Subsídios para a expansão decenal**, cuja avaliação socioambiental tem o objetivo de contribuir para a definição da expansão a ser apresentada no PDE.
2. **Análise de cada fonte energética**, com base na expansão decenal, que visa avaliar as condições em que as interferências da expansão prevista poderão ocorrer sobre o meio natural e a sociedade. São identificadas as principais interferências, os temas socioambientais a elas relacionados e as medidas mitigadoras. Adicionalmente, são discutidos os principais desafios e oportunidades socioambientais específicos de cada uma das fontes energéticas.
3. **Análise socioambiental integrada**, que, a partir das análises da etapa anterior, agrupa as principais interferências associadas à expansão decenal em *temas socioambientais* e busca

avaliá-las de acordo com as sensibilidades mais significativas de cada região brasileira. A análise tem como base a espacialização dos projetos que permite visualizar a distribuição do conjunto e verificar seus efeitos cumulativos e sinérgicos. Diante dos temas socioambientais, dos desafios e das oportunidades indicados na etapa anterior para cada fonte energética e na etapa seguinte para as questões de mudança do clima, são identificados os *desafios e oportunidades socioambientais estratégicos* para a expansão. Dessa maneira, é possível antecipar questões socioambientais importantes e que podem representar riscos, bem como oportunidades relacionadas à expansão no horizonte de planejamento.

4. **Análise de questões de mudança do clima**, que tem como base o contexto político, o perfil de emissões de GEE da expansão prevista e as medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas e ainda aborda desafios, oportunidades e iniciativas especificamente relacionadas ao assunto.

Destaca-se que nesse ciclo de planejamento foram realizadas oficinas internas com a equipe que elaborou a análise socioambiental do PDE 2031 para discussão dos desafios e das oportunidades socioambientais. As oficinas tiveram como objetivo: facilitar a análise socioambiental integrada no capítulo do PDE, aprimorar os desafios e oportunidades apresentados nesta Nota Técnica e colher a percepção da equipe sobre as principais questões socioambientais da expansão. Foram 29 participantes, 11 oficinas e 17 horas de discussão. O resultado desse trabalho é refletido no conteúdo desta Nota Técnica e na indicação dos desafios e das oportunidades socioambientais estratégicos, apresentado no capítulo do PDE.

A Figura 3 apresenta a relação entre a estrutura do PDE 2031 e a estrutura da análise socioambiental.

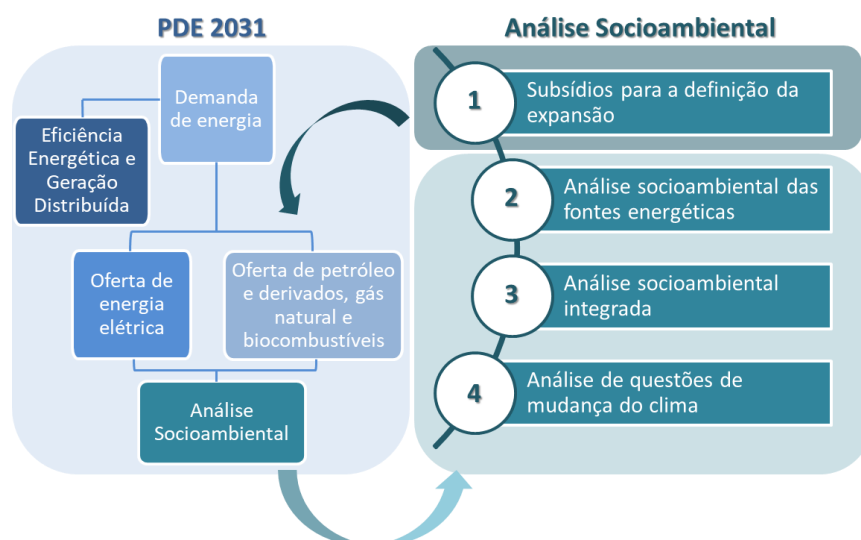


Figura 3 – O PDE 2031 e as etapas da análise socioambiental

A presente Nota Técnica trata da primeira e segunda etapas da Análise Socioambiental do PDE 2031. A análise socioambiental integrada e a análise de questões de mudança do clima são apresentadas no documento do PDE 2031.

2 Conceitos e Métodos

A etapa 1 da análise socioambiental do PDE 2031 se refere à elaboração dos **subsídios socioambientais para a definição da expansão**. O objetivo desta etapa é contribuir para a definição da expansão energética que será apresentada no Plano e engloba: **a avaliação processual das usinas hidrelétricas**, que visa estimar o ano possível para entrada em operação das UHEs que poderão compor a expansão hidrelétrica no decênio; e **a análise de complexidade socioambiental das unidades produtivas de petróleo e gás natural**, de modo a ajustar as previsões de produção conforme as preocupações refletidas pelos órgãos ambientais. Para a realização dessas avaliações, foram elaboradas metodologias específicas, cujo

resumo e os resultados são apresentados no item 3. SUBSÍDIOS SOCIOAMBIENTAIS PARA A EXPANSÃO DECENAL.

A etapa 2 da análise socioambiental do PDE 2031 se refere à **análise socioambiental das fontes energéticas**. Nesta etapa, são realizadas: a análise socioambiental da oferta de energia elétrica (hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras hidrelétricas, termelétricas de fontes não renováveis, termelétricas renováveis, eólicas, usinas solares fotovoltaicas e transmissão de energia elétrica); e a análise socioambiental da oferta de petróleo, gás natural e biocombustíveis (produção e oferta de petróleo, gás natural e derivados; etanol; e biodiesel).

Os resultados da análise das fontes energéticas são apresentados nos itens 4. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA e 5. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. Esses resultados irão subsidiar a análise socioambiental integrada, apresentada no documento do PDE 2031, como pode ser observado na Figura 4.

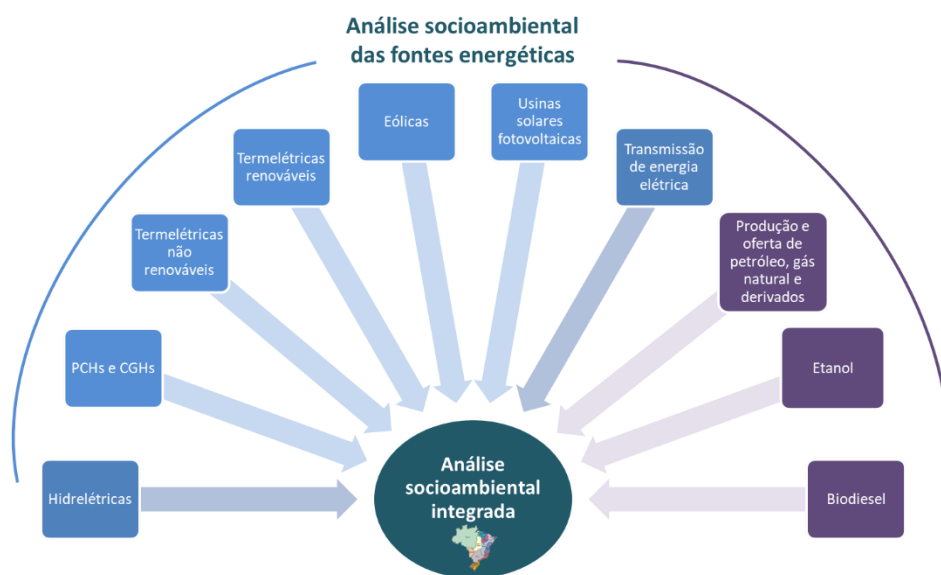


Figura 4 – Análise socioambiental das fontes energéticas para compor a análise socioambiental integrada

Com intuito de melhor representar as questões socioambientais, as análises das fontes energéticas têm como base um conjunto de conceitos e métodos, que são revistos e aprimorados a cada ciclo. O Quadro 1 apresenta os principais conceitos utilizados na análise socioambiental.






Quadro 1 – Conceitos utilizados na análise socioambiental das fontes energéticas



| Conceitos | Definições |
|--------------------------------|---|
| Benefícios socioambientais | São vantagens socioambientais já reconhecidas e inerentes à fonte energética, independente das circunstâncias. |
| Interferências socioambientais | Correspondem aos impactos socioambientais relevantes associados à expansão energética. |
| Temas socioambientais | Agrupam as principais interferências identificadas, tendo como base os tipos e as características dos projetos previstos e as sensibilidades regionais. |
| Medidas mitigadoras | São medidas consolidadas no processo de licenciamento ambiental e já são obrigações legais. Em geral, são adotadas na escala de projeto. |
| Desafios socioambientais | Expõem a complexidade socioambiental de um assunto e podem representar riscos para a expansão. Correspondem a uma circunstância socioambiental que demanda esforços para sua resolução. |

| Conceitos | Definições |
|-------------------------------|---|
| Iniciativas | Representam o esforço para a resolução de um desafio. Geralmente, possuem abordagem estratégica e são voluntárias e ou inovadoras. Costumam estar mais vinculadas à etapa de planejamento. |
| Recomendações | Compreendem ações que poderiam trazer soluções para o desafio, mas que ainda não possuem tratativas em andamento para realiza-las, não sendo, portanto, iniciativas. |
| Oportunidades socioambientais | Representam a possibilidade de proporcionar melhorias socioambientais a partir de ações ainda não concretizadas ou com potencial pouco explorado. Para que se concretizem, precisam de uma conjuntura favorável (leis, incentivos, contexto político etc.). |
| Indicadores socioambientais | São informações ou dados, num recorte espaço-temporal, que representam um aspecto socioambiental importante para compreender e acompanhar a evolução da fonte energética. |

Adicionalmente, o Quadro 2 mostra com mais detalhes como as interferências socioambientais associadas à expansão energética do PDE 2031 foram representadas e sintetizadas em temas socioambientais.

Quadro 2 – Temas socioambientais e as interferências socioambientais representadas

| Temas Socioambientais | Interferências socioambientais representadas |
|---|--|
| Biodiversidade  | Reflete as interferências sobre a biodiversidade, que compreendem tanto a perda de indivíduos com alterações na biota, quanto a perda ou transformação de habitats naturais aquáticos ou terrestres, levando também em conta potenciais impactos em ecossistemas e em suas funções. Também busca se referir aos efeitos e às complexidades associadas à implantação de projetos com interferência em unidades de conservação (UC) ou em regiões relevantes com alto grau de fragmentação. |
| Organização territorial  | Retrata potenciais conflitos de uso e ocupação do solo. Também abarca impactos decorrentes da atração populacional e da pressão sobre infraestrutura local e seus equipamentos e serviços. |
| Paisagem  | Considera o impacto visual em paisagens naturais e urbanas e refere-se tanto à alteração de áreas de beleza cênica, sobretudo nos locais com potencial turístico, quanto à percepção visual da população em relação à inserção de um empreendimento na paisagem local. |
| Povos e terras indígenas  | Vinculado à diversidade étnica; à questão territorial; à necessidade de gestão dos conflitos pelo uso de recursos nas (ou próximas às) terras tradicionalmente ocupadas pelos povos indígenas; e à demanda dos povos indígenas por maior participação nas discussões de empreendimentos energéticos. O tema também busca abarcar a complexidade em decorrência da frequente judicialização observada em processos de licenciamento ambiental que envolvem a questão indígena e os desafios relacionados ao processo de consulta prévia, livre e informada a povos indígenas. |
| Qualidade do ar  | Relacionado à emissão de poluentes atmosféricos na geração de energia elétrica. |

| Temas Socioambientais | Interferências socioambientais representadas |
|--|---|
| <p>Recursos hídricos</p>  | <p>Representa possíveis conflitos pelo uso dos recursos hídricos, que podem surgir ou se intensificar em função dos projetos do setor energético, especialmente em regiões onde a disponibilidade é crítica.</p> |
| <p>Resíduos</p>  | <p>Reflete a importância da produção de resíduos sólidos ou efluentes líquidos resultantes dos processos de transformação para geração de energia elétrica e produção de combustíveis. A gestão desses resíduos requer atenção em função da natureza perigosa ou do potencial poluidor.</p> |

Os conceitos e explicações apresentados nos Quadro 1 e Quadro 2 embasaram a apresentação dos resultados da análise das fontes energéticas. Além disso, com o objetivo de ter padronização e uniformidade, foi adotado o seguinte roteiro de perguntas para orientar a análise de cada fonte energética:

1. Quais os principais benefícios do uso da fonte?
2. Como é o parque existente?
3. Como será a expansão da fonte nos próximos 10 anos?
4. Quais as principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão da fonte?
5. Quais os principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à fonte?
6. Quais as principais oportunidades socioambientais relacionadas à expansão da fonte e qual a conjuntura favorável para aproveitá-las?
7. Quais os indicadores socioambientais da expansão da fonte?

3 Subsídios socioambientais para a expansão decenal

3.1 Avaliação processual das usinas hidrelétricas

A avaliação processual tem por objetivo **estimar o ano possível para entrada em operação das UHEs** que se encontram em fase de estudos e que poderão compor a expansão da oferta de energia no horizonte decenal (EPE, 2018).

A avaliação processual considera os prazos necessários para a elaboração dos estudos técnicos de engenharia e ambientais, para o licenciamento ambiental e para a construção de cada usina hidrelétrica. O resultado da avaliação apresenta a lista de UHEs com possibilidade de operação no horizonte decenal e que serão colocadas à disposição para o Modelo de Decisão de Investimento (MDI). Após as simulações energéticas são definidas as UHEs que farão parte da expansão decenal no período indicativo, ou seja, de 2027 a 2031. As UHEs do período 2022-2026 já foram contratadas por meio de leilões de energia nova.

Para a avaliação processual são consideradas as usinas hidrelétricas com potência superior a 50 MW e com registro ativo para a elaboração de estudos de viabilidade na Aneel. Ou seja, projetos que possuem empresa responsável pela elaboração do Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE) e do Estudo de Impacto Ambiental (EIA). As informações sobre a situação dos projetos são obtidas junto à Aneel, às empresas responsáveis pela elaboração dos estudos, aos órgãos ambientais licenciadores e aos órgãos intervenientes envolvidos no licenciamento ambiental.

A estimativa da data de entrada em operação das UHEs foi feita com base nos prazos para desenvolvimento dos estudos anteriores ao leilão, adicionados do prazo de implantação (cinco anos). Assim, para a etapa que antecede o leilão, é contabilizado o tempo necessário para a emissão do termo de referência (TR) pelo órgão ambiental, para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Estudo do Componente Indígena (ECI), quando necessário, para a conclusão do Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica (EVTE) e para a obtenção da licença prévia (LP). Já para a fase posterior ao leilão é considerado o tempo para construção.

Dependendo do projeto, foram ainda acrescentados prazos necessários para as tratativas de projetos com interferência em unidades de conservação (UC) ou em terra indígena (TI) e atendimento a eventuais demandas judiciais ou técnicas e administrativas solicitadas pelos órgãos ambientais e demais órgãos intervenientes. Destaca-se que, diante da complexidade das tratativas necessárias a UHEs que se sobrepõem a terras indígenas, optou-se por considerar que esses projetos não serão viabilizados no horizonte decenal, ainda que seus estudos estejam em andamento.

A Tabela 1 e a Figura 5 apresentam os prazos utilizados na avaliação processual (EPE, 2018).

Tabela 1 – Prazos utilizados na avaliação processual

| Etapa | Prazo (meses) |
|--|---------------|
| Tratativas para UHEs que se sobrepõem à UC de Proteção Integral (UC PI) | 24 |
| Tratativas para UHEs que se sobrepõem à UC de Uso Sustentável (UC US) | 12 |
| Atendimento a demandas judiciais, técnicas ou administrativas | 12 |
| Emissão do Termo de Referência (TR) | 12 |
| Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) ou Estudo do Componente Indígena (ECI) | 24 |
| Obtenção da Licença Prévia (LP) | 24 ou 36 |

Para mais informações sobre a metodologia da avaliação processual de usinas hidrelétricas para os Planos Decenais, ver a Nota Técnica EPE 027/2018 “Metodologia para avaliação processual de usinas hidrelétricas”

<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2027>

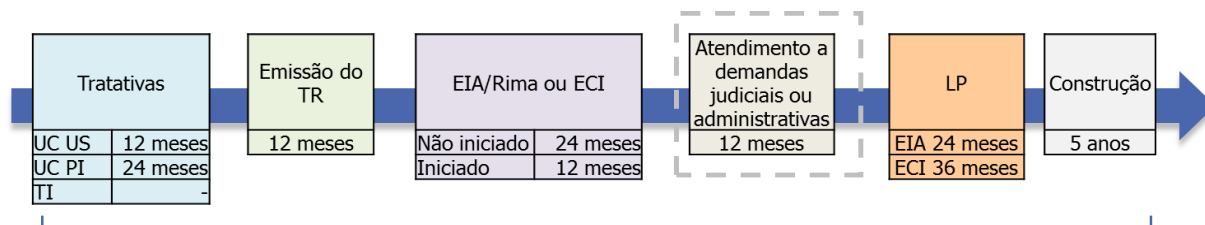


Figura 5 – Fluxograma com os prazos utilizados na avaliação processual

Tendo como referência a data de março de 2021, foram identificadas **36 UHEs** com potência superior a 50 MW e com registro para estudos de viabilidade na Aneel. Destas, 20 não tiveram o prazo estimado para implantação por: estarem situadas em terras indígenas (7 UHEs), estarem situadas em unidades de conservação de proteção integral (2 UHEs) ou terem a licença prévia indeferida, cancelada ou vencida ou ainda o processo de licenciamento ambiental arquivado (11 UHEs).

Dentre os demais 16 projetos, considerando os critérios apresentados e a situação dos estudos de cada projeto, o resultado da avaliação indicou que **oito usinas hidrelétricas teriam a possibilidade de entrar em operação nos cinco últimos anos do horizonte decenal**. A Tabela 2 apresenta o resultado da avaliação processual para o PDE 2031.

Tabela 2 – Avaliação processual de UHEs do PDE 2031

| UHE | Bacia Hidrográfica | UF | Pot. (MW) | Situação dos estudos | TR | EIA + ECI | Outras demandas | LP | Av. Processual PDE 2031 |
|------------------------------|--------------------|----|-----------|--|----|-----------|-----------------|----|-------------------------|
| Apertados | Piquiri | PR | 139 | EVTE entregue. Audiências Públicas realizadas. DRDH vencida. | - | - | 12 | 12 | 2028 |
| Castanheira (ARN-120) | Juruena | MT | 140 | EVTE, EIA/Rima e ECI entregues. | - | - | - | 24 | 2028 |
| Ercilândia | Piquiri | PR | 87,1 | EVTE entregue. Audiências Públicas realizadas. DRDH vencida. | - | - | 12 | 12 | 2028 |
| Tabajara | Ji-paraná | RO | 400 | EVTE, EIA/Rima e ECI entregues. Necessárias complementações no EIA e no ECI. | - | - | - | 24 | 2028 |
| Telêmaco Borba | Tibagi | PR | 118 | EVTE entregue. Audiências Públicas realizadas. Realização de ECI. | - | 12 | - | 12 | 2028 |
| Formoso | São Francisco | MG | 342 | EVTE e EIA em andamento. | - | 12 | - | 24 | 2029 |
| Bem Querer J1A | Branco | RR | 650 | EVTE em revisão. EIA e ECI em andamento. | - | 24 | - | 36 | 2031 |
| Santo Antônio | Uruguai | SC | 84,3 | EVTE entregue. Aguardando reenquadramento na Aneel. | - | 24 | 12 | 24 | 2031 |

Como observado, o resultado da avaliação processual indicou oito UHEs com data de entrada em operação no horizonte decenal. Desse conjunto cinco usinas estão com o EIA/Rima entregue (Apertados, Castanheira, Ercilândia, Tabajara e Telêmaco Borba), não sendo necessário prazos para a elaboração desses estudos. Entretanto, destaca-se que para a UHE Telêmaco Borba está sendo realizado ECI, contabilizando prazo para sua execução. Para essas cinco usinas estima-se 24 meses para a emissão da LP, que somado ao prazo de construção, teria o ano de 2028 como a data mínima para entrada em operação.

As UHEs Apertados e Ercilândia tiveram Audiências Públicas realizadas em 2014 e estão aguardando encaminhamentos do órgão ambiental. Ambas necessitam também da renovação da DRDH. Dessa forma, estima-se o prazo de 12 meses para emissão da LP e mais 12 meses para renovação da DRDH.

Castanheira teve o EIA/Rima entregue em 2018 e as audiências públicas marcadas e canceladas. Já Tabajara teve o EIA/Rima entregue em 2017, mas ainda necessita de complementações no ECI. Para essas duas usinas, estima-se o prazo de 24 meses para a realização das atividades visando a obtenção da LP.

Por fim, Telêmaco Borba teve as Audiências Públicas realizadas em 2014 e está aguardando encaminhamentos do órgão ambiental. Adicionalmente está produzindo um ECI. Então, estima-se o prazo de 12 meses para emissão da LP e 12 meses para o ECI.

Já Formoso está com os estudos de viabilidade e EIA/Rima em andamento. Dessa forma, estima-se 12 meses para conclusão dos estudos e 24 meses para a emissão da LP, totalizando 36 meses. Adicionando o prazo para construção, estima-se o ano de 2029 para possível entrada em operação dessa UHE.

Bem Querer está com os estudos de EIA/Rima e ECI em andamento, para os quais estima-se 24 meses somado a um prazo de 36 meses para a obtenção da LP. Santo Antônio aguarda reenquadramento na Aneel para redução de potência devido a recomendações na Avaliação Ambiental Integrada (AAI) do Chapecó. Para essa tratativa estima-se 12 meses, somando-se a ela 24 meses para a realização do EIA/Rima e 24 meses para a emissão da LP. Sendo assim, essas duas usinas têm 60 meses para a emissão da LP somado ao prazo de construção, levando a data mínima para entrada em operação estimada em 2031.

Dessa forma, essas UHEs e suas respectivas datas de possível entrada em operação foram colocadas à disposição para o Modelo de Decisão de Investimento (MDI).

3.2 Análise da complexidade socioambiental das unidades produtivas de petróleo e gás natural

Em conformidade com a nomenclatura utilizada no Capítulo V do PDE 2031, as áreas com potencial para petróleo e gás natural são denominadas Unidades Produtivas. As unidades que não possuem contratos de concessão são as Unidades Produtivas da União (UPUs). Todas as concessões de exploração e produção de petróleo e gás natural, incluindo os projetos com status de blocos exploratórios (em avaliação ou não) ou campos de produção, são referidas no PDE como Unidades Produtivas (UPs). As UPU e UPs foram analisadas quanto à complexidade socioambiental das áreas em que estão inseridas, conforme explicado a seguir.

Para mais informações sobre as análises socioambientais para a expansão da produção de petróleo e gás natural, ver a Nota Técnica DEA 29/14 “Abordagem socioambiental da expansão da Produção de Petróleo e Gás Natural”

<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/notas-tecnicas-estudos-socioambientais>

Análise das Unidades Produtivas da União (UPUs)

Algumas áreas do território nacional são tradicionalmente excluídas pelo Ibama e órgãos estaduais de meio ambiente (Oemas) e evitadas pela ANP para oferta nas Rodadas de Licitação, tipicamente Unidades de Conservação (UCs) e Terras Indígenas (TIs). Nesse sentido e com o objetivo de diminuir as incertezas nas previsões de produção e buscar um planejamento energético sustentável, a EPE incorporou o procedimento já adotado por essas instituições e desconsiderou recursos de petróleo e gás natural nas áreas das UPU sob UCs e TIs. Aliado a isso, também foram desconsideradas parcelas de volumes da produção para áreas sedimentares sobre as quais o uso atual do solo tende a restringir a exploração de recursos petrolíferos: zonas de amortecimento de unidades de conservação, áreas urbanas e áreas marinhas sensíveis.

Foram consideradas como critério todas as TIs (Funai 2020) e UCs (MMA 2020), com exceção de APA, e 72 zonas de amortecimento definidas em planos de manejo (ICMBio 2021). Para as demais UCs, foi adotado *buffer* de 3km no seu entorno (Brasil 2010), com exceção das categorias para as quais não é prevista zona de amortecimento (BRASIL 2000). Com relação às áreas urbanas, foram utilizadas as zonas urbanas dos setores censitários (IBGE, 2019). As áreas marinhas sensíveis foram consideradas as áreas do litoral brasileiro distantes até 50 km da costa ou com até 50 m de profundidade de linha d'água. As águas rasas tendem a conter maior biodiversidade e a proximidade com a costa torna maior o risco de um eventual vazamento atingir o litoral. Dessa forma, esse critério proposto pelo Ibama e adotado pela ANP reflete a sensibilidade de espécies e habitats a processos impactantes associados à exploração e produção de petróleo e gás natural *offshore*.

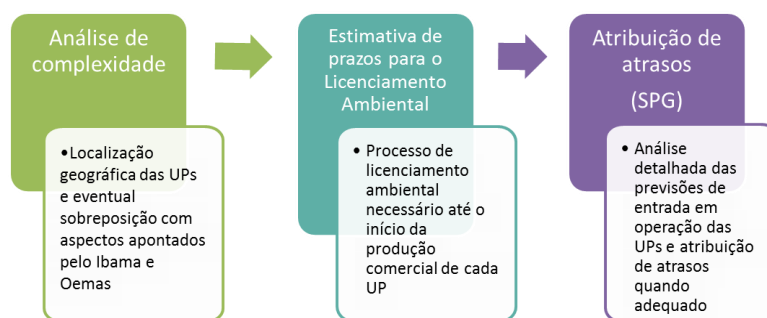


Figura 6 – Critérios utilizados para exclusão de volumes de produção de áreas de UPUs sobrepostas a eles

Com base nos critérios apresentados, para as 27 UPUs estimadas ao longo do decênio 2022-2031, houve um desconto de 8 e 9% do volume previsto para gás natural e petróleo, respectivamente. As UPUs representam menor contribuição nas curvas de previsão de produção, para esse período, do que as UPs. Mesmo sendo baixa a contribuição das UPUs, a análise permitiu ajustes na acurácia da previsão de produção. Destaca-se que a realização da produção dependerá de decisões da ANP na oferta de blocos, do arremate das áreas, bem como da emissão das licenças ambientais.

Análise das Unidades Produtivas (UPs)

As Diretrizes Ambientais para as Rodadas de Licitações de Blocos, elaboradas pelo Ibama e por órgãos estaduais de meio ambiente (Oemas), indicam preocupações com áreas de alta sensibilidade ambiental e que podem ser refletidas na complexidade do licenciamento ambiental. Para a análise deste item, essas preocupações foram transformadas em critérios para classificar as UPs nas classes de alta, média e baixa complexidade.



Nota: SPG - Superintendência de Petróleo e Gás Natural/EPE.

Figura 7– Etapas de análise das UPs como subsídio à alocação temporal da previsão de início da produção

O Ibama realiza o licenciamento ambiental das atividades de exploração e produção (E&P) na área costeira e *offshore*, associadas ao maior volume potencial de petróleo a ser produzido no país. Para essas

regiões, as Diretrizes Ambientais da 9ª Rodada de Licitações produzidas pelo Ibama apresentaram o mapeamento georreferenciado de seis níveis de exigência esperados para o licenciamento ambiental: Simplificado, Considerável, Moderado, Elevado, Muito Elevado e Extremo. Além disso, essas Diretrizes indicam também áreas com restrição permanente (conforme explicado no item anterior) e áreas com restrição temporária às atividades de E&P. Os níveis de exigência e as áreas com restrição temporária foram utilizados como critérios para classificação da complexidade das UPs *offshore* e costeiras. As Unidades de Conservação marinhas também foram apontadas como áreas sensíveis pelo Ibama na 9ª Rodada e nas seguintes. Portanto, com base nos aspectos apontados pelo Ibama, as UPs costeiras e marítimas foram analisadas conforme sua localização geográfica e eventual sobreposição com algum dos critérios apresentados na Figura 8 e classificadas em três classes de complexidade: alta, média ou baixa.

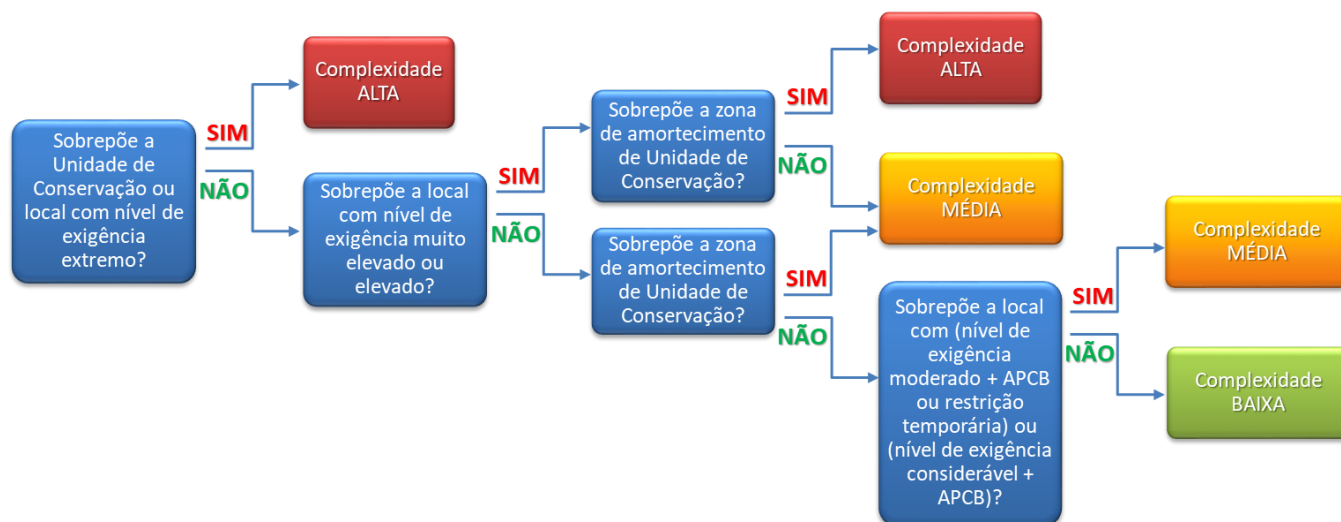


Figura 8 – Procedimento de análise das UPs offshore

Já as atividades *onshore* são licenciadas pelos Oemas e os critérios adotados para as UPs terrestres se basearam nas preocupações recorrentes destes órgãos manifestadas nas Diretrizes Ambientais das Rodadas de Licitações e no Licenciamento Ambiental. As preocupações mais comuns foram as UCs e as Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira (APCBs), especialmente aquelas indicativas para criação de UCs. Então, com base nos aspectos apontados pelos Oemas, as UPs terrestres foram analisadas conforme sua localização geográfica e eventual sobreposição com algum dos seguintes critérios: unidade de conservação, terra indígena, terra quilombola, APCB (criação de UC), zona de amortecimento de UC, entorno de TI (10km na Amazônia legal e 8km nas demais áreas – Brasil 2011). A partir dessa análise, foram classificadas em três classes de complexidade: alta, média ou baixa (Figura 9).



Figura 9 – Procedimento de análise das UPs onshore

Diante dos critérios apresentados, para o PDE 2031, foram analisadas 744 UPs, sendo 313 offshore e 431 onshore. A frequência encontrada para a classe de alta complexidade foi bastante inferior à classe de baixa sensibilidade, como apresentado na Figura 10.

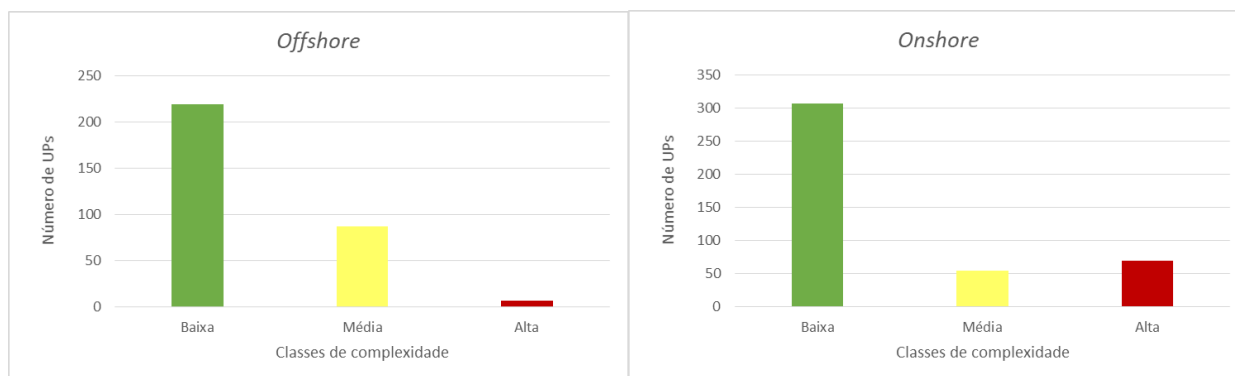


Figura 10 – Resultado da classificação de complexidade das UPs

A partir da complexidade das UPs estabelecida, foram atribuídos prazos esperados para o processo de licenciamento ambiental necessário até o início da produção comercial. Os prazos que constam da legislação foram então distribuídos pelas etapas de licenciamento ambiental, equivalentes às etapas de desenvolvimento das UPs, bem como distribuídos em três classes de complexidade ambiental, sendo tempos máximos para UPs em áreas de alta complexidade e tempos mínimos para áreas de baixa complexidade, conforme apresentado na Tabela 3. Os prazos estimados partiram das etapas e prazos estabelecidos na Portaria MMA n. 422/2011, considerando os prazos máximos para deferimento, além da suspensão dos prazos durante a elaboração dos estudos ambientais, adotados para a classe de alta complexidade.

Tabela 3 – Etapas do Licenciamento Ambiental e prazos (em meses) distribuídos por classe de complexidade

| Complexidade | Licenciamento da Perfuração (LO) | | Licenciamento do TLD | | | | Licenciamento da produção | | | |
|--------------|----------------------------------|------------------|----------------------|----------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| | Estudos Ambientais | Prazo de análise | Estudos Ambientais | Licença prévia | Licença de instalação | Licença de operação | Estudos Ambientais | Licença prévia | Licença de instalação | Licença de operação |
| Baixa | 6 | 6 | 6 | 0 | 1 | 1 | 6 | 6 | 1 | 1 |
| Média | 9 | 9 | 9 | 9 | 3 | 3 | 9 | 9 | 3 | 3 |
| Alta | 12 | 12 | 12 | 12 | 6 | 6 | 12 | 12 | 6 | 6 |

Das 744 UPs analisadas, 76 foram classificadas como de alta complexidade. Dentre elas, 70 UPs já possuem atividades de E&P desenvolvidas e licenciadas recentemente. **Para as seis UPs restantes foram aplicados os prazos máximos do licenciamento**, considerando que ainda seria necessário licenciar a perfuração, o TLD (Teste de Longa Duração) e a produção, totalizando 96 meses.

Ao comparar os prazos para o licenciamento ambiental dessas seis UPs com os prazos necessários para viabilização da produção, que consideram logística e infraestrutura de E&P, não foi necessário atribuir atrasos adicionais relacionados ao licenciamento ambiental especificamente para essas UPs, uma vez que os prazos para viabilização da produção ultrapassam 96 meses.

4 Análise socioambiental da oferta de energia elétrica

4.1 Hidrelétricas

Benefícios das hidrelétricas e da modernização de hidrelétricas existentes

- A hidroeletricidade é uma **fonte renovável** de energia, uma vez que utiliza água como força motriz.
- Em geral, as usinas hidrelétricas apresentam **baixa emissão de gases de efeito estufa** (CO₂ e CH₄)¹ quando comparadas a usinas termelétricas que utilizam combustíveis fósseis.
- Possuem **flexibilidade operativa**, já que são capazes de assumir, de forma rápida e eficaz, as oscilações de tensão e frequência decorrentes de eventuais desbalanços entre oferta e demanda, além de sua eficiência para **atendimento à ponta**. Destacam-se por sua **capacidade de suporte à expansão de fontes renováveis variáveis** no sistema elétrico (eólica e solar).
- Através dos reservatórios de acumulação, são capazes de armazenar energia por meio da água. Além disso, ao regularizar a vazão dos rios, esses reservatórios podem beneficiar outros usos de recursos hídricos (como abastecimento público, irrigação, navegação, entre outros).
- Por fim, ressalta-se o **desenvolvimento social e econômico** obtido a partir do avanço da indústria hidrelétrica no Brasil. O investimento nessa fonte tornou o país uma referência no mercado internacional e exportador de tecnologia para outros países.

Sobre a modernização das usinas hidrelétricas existentes são observadas algumas vantagens específicas:

- **Aumento da capacidade do sistema sem impactos socioambientais significativos**, uma vez que a capacidade do sistema aumenta sem que seja necessária a construção de novos projetos e implantação de reservatórios.
- Racionalização e **otimização do aproveitamento dos recursos hídricos**, aumentado a eficiência da geração da geração hidrelétrica para uma mesma vazão disponível.

Parque hidrelétrico atual

A hidroeletricidade é responsável por 58% da potência instalada atualmente no Brasil (ANEEL, 2021). O parque hidrelétrico existente é composto por 219 usinas hidrelétricas (UHEs) em operação, totalizando **103 GW de potência instalada**. A maior parte das UHEs existentes situa-se nas bacias do Paraná e Atlântico Sudeste, no Sul e Sudeste do Brasil. Em relação à modernização, o Brasil apresenta importante potencial, já que historicamente a hidroeletricidade apresenta papel primordial na geração elétrica. Levantamento realizado pela EPE (2019) identificou que cerca de 3,8 GW já foram adicionados ao sistema por meio de ações de modernização e há potencial para adicionar mais cerca de 11 GW de capacidade.



¹ O Projeto Balcar (Brasil, 2014) realizou medições e análises dos fluxos de gases de efeito estufa em 8 reservatórios de usinas hidrelétricas brasileiras em operação. Os resultados indicaram que, com exceção da UHE Balbina, as UHEs apresentam emissões de GEEs menores do que usinas termelétricas.

Expansão hidrelétrica nos próximos 10 anos

A expansão da oferta de energia elétrica prevê a **inserção de 5.201 MW ao parque hidrelétrico brasileiro** no horizonte decenal. Desse total, 254 MW serão oriundos de 3 UHEs contratadas, em fase de implantação, previstas para o primeiro período do horizonte (2022-2026) e 4.947 MW a serem obtidos através de uma hidrelétrica indicativa (650 MW) e ações de modernização e repotenciação de usinas hidrelétricas existentes (4.297 MW), no segundo período (2027-2031), chamado de período indicativo. A Figura 11 apresenta a distribuição espacial das UHEs previstas no PDE 2031, por região geográfica e pelo período de entrada em operação.

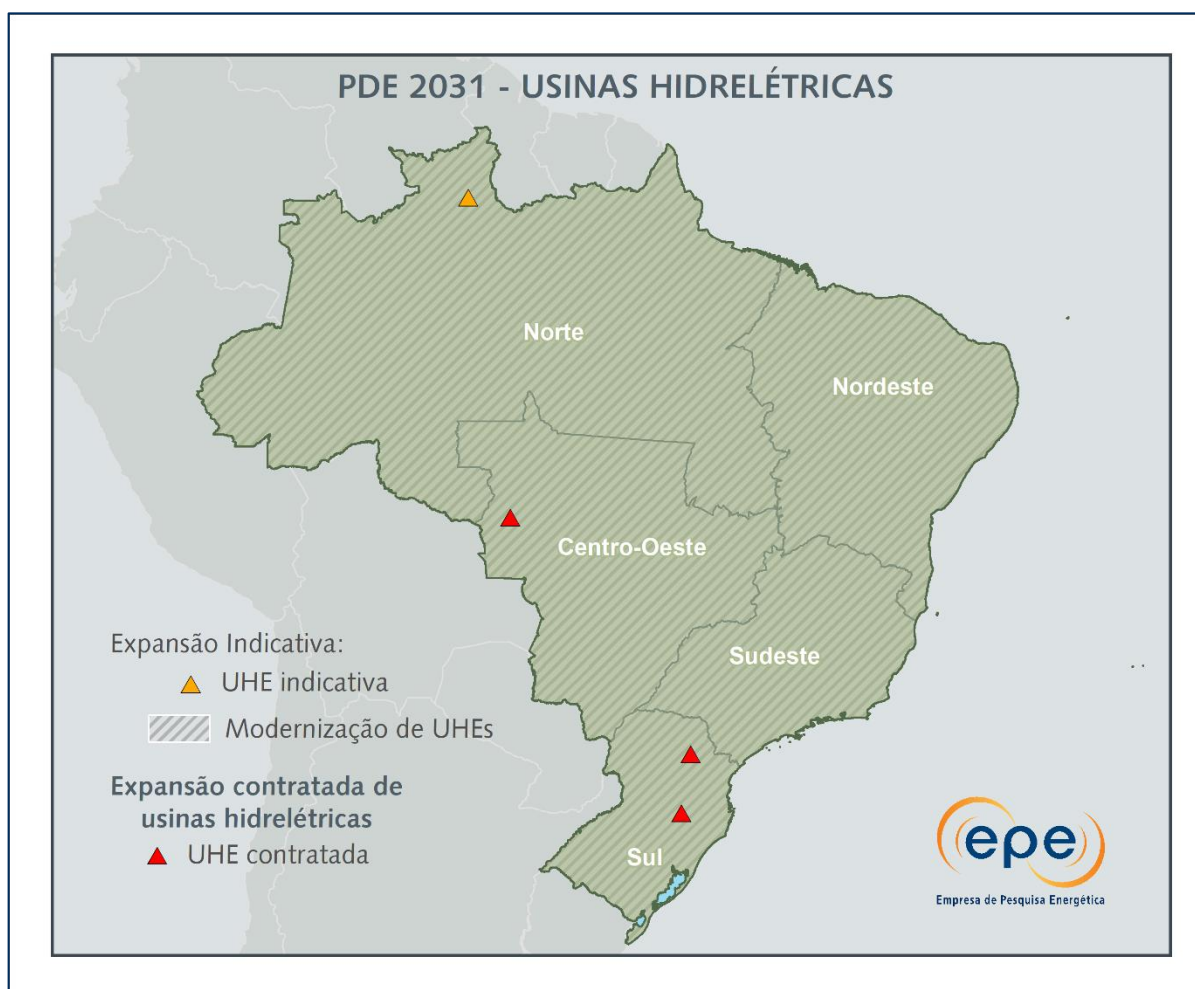


Figura 11 – Localização da expansão de usinas hidrelétricas no PDE 2031

A região Sul do país abriga dois projetos em implantação: a UHE Santa Branca (62 MW), situada na bacia do rio Paraná; e a UHE São Roque (142 MW), na bacia do rio Uruguai. O terceiro projeto em implantação, a UHE Juruena (50 MW), está na bacia do rio Juruena, região Centro-Oeste do Brasil. Já a expansão indicativa compreende: a UHE Bem Querer (650 MW), situada no Norte, na bacia do rio Branco; e as ações de modernização e repotenciação, esperadas para todas as regiões do país, devendo se concentrar naquelas com maior histórico de desenvolvimento hidrelétrico.

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão hidrelétrica

A expansão hidrelétrica decenal compreende três hidrelétricas contratadas (UHE Santa Branca, UHE São Roque e UHE Juruena) e uma indicativa (UHE Bem Querer), além da modernização de hidrelétricas existentes. Os impactos socioambientais associados as usinas contratadas, assim como as medidas de mitigação e os programas necessários para a implantação já foram objeto de avaliação por parte dos órgãos ambientais, que atestaram a viabilidade ambiental dos projetos. No entanto, notam-se algumas

questões determinantes para a implantação dessas usinas e por essa razão foram selecionadas como temas socioambientais relevantes. Para o projeto indicativo, que ainda está na fase de estudos, e para a modernização de usinas existentes, alguns temas também foram considerados relevantes, como veremos a seguir.

O tema **biodiversidade** foi considerado relevante para a região Norte, uma vez que a UHE Bem Querer interfere em uma região com grande heterogeneidade de ambientes. Também foi importante para a região Sul, dado que atualmente há um impasse em relação à autorização para supressão de vegetação, em área de Mata Atlântica, para a implantação da UHE Santa Branca. Nesse caso, o órgão ambiental estadual considerou a supressão inviável e solicitou arquivamento do acordo de cooperação técnica com o órgão ambiental federal, e este dará prosseguimento a análise no âmbito do processo de licenciamento ambiental.

No contexto de implantação dessas hidrelétricas, a perda de habitat está entre os principais impactos à biodiversidade. No caso da supressão de remanescentes de vegetação nativa do bioma Mata Atlântica, regulada pela Lei n. 11.428/2006, medidas mitigadoras são usualmente adotadas para evitar ou reduzir áreas sujeitas a supressão pelo projeto, e também compensar em termos quali e quantitativos a perda da vegetação. No caso da UHE Bem Querer o estudo de caracterização dos habitats e ocorrência de espécies permitirá o direcionamento das medidas mitigadoras, que podem envolver redução de área de vegetação a ser suprimida, resgates de indivíduos da flora e fauna terrestres e aquáticos, compensação florestal e apoio a ações de conservação de organismos aquáticos, por exemplo. Projetos hidrelétricos possuem ainda o compromisso de adquirir terrenos para o estabelecimento da área de preservação permanente no entorno do reservatório, que tem seu uso regulado pelo plano de conservação e uso público. Por fim, aplica-se a esses projetos a compensação pela perda de biodiversidade conforme estabelecido na Lei n. 9.985/2000.

O tema **povos e terras indígenas** também se destaca nas regiões Norte e Sul, pela UHE Bem Querer e pela UHE Santa Branca, respectivamente. No Norte, se justifica pela proximidade do projeto com terras indígenas demarcadas, ainda que não haja sobreposição com as mesmas, pela complexidade inerente ao tema e pelo reflexo no processo de licenciamento ambiental. No Sul, a relevância se dá por conta das repercussões no andamento do processo de implantação em função da bacia do rio Tibagi ter sido declarada território indígena. Embora a usina não tenha sobreposição com terras indígenas, e esteja a mais de 70 km das mesmas, o órgão ambiental, a Funai e o Ministério Público acordaram, no âmbito de uma Ação Civil Pública, a exigência da realização de Estudo do Componente Indígena (ECI) para todos os empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental com Estudo de Impacto Ambiental (EIA) na bacia do rio Tibagi.

No entorno do projeto da UHE Bem Querer há nove terras indígenas demarcadas, a distâncias que variam de 6 a 40 km². Esse cenário requer a busca por um processo de diálogo com as comunidades indígenas, desde seu planejamento até sua implantação e operação. Na atual etapa de planejamento do projeto, os critérios para elaboração do ECI estão descritos na Portaria Interministerial 60/2015, que, além de estabelecer as diretrizes de realização do referido estudo, regulamenta a atuação dos órgãos e entidades da Administração Pública Federal envolvidos no licenciamento ambiental.

O ECI tem como objetivo identificar e analisar os possíveis impactos de empreendimentos nas terras e povos indígenas. Especificamente no projeto da UHE Bem Querer, a Funai determinou que deveriam ser realizados dois estudos: i) das Terras Indígenas – TI São Marcos, Serra da Moça, Jaboti, Canauanim, Tabalascada, Malacacheta, Moscow, Manoa/Pium – que formam o ECI do Complexo Macuxi-Wapixana e ii) o ECI da TI Yanomami.

No contexto do ECI, exige-se a realização de diagnósticos sobre os modos de vida dos indígenas que indicam os elementos para conhecimento de aspectos como segurança alimentar, organização social, re-

² Em empreendimentos hidrelétricos de licenciamento federal propostos para áreas da Amazônia Legal, de acordo com a Portaria Interministerial n. 60/2015, devem ser estudadas as Terras Indígenas situadas em um raio de 40 km a partir dos eixos das barragens.

gulamentação fundiária, acesso a políticas públicas, situação de efetivação dos direitos dos povos indígenas, das condições ambientais relativas a flora e fauna, com especial atenção para ictiofauna, e, de forma geral, dos usos e sentidos atribuídos pelos indígenas ao território e aos seus modos de vida.

Idealmente, o ECI representa uma oportunidade de diálogo com as comunidades envolvidas, nos casos em que os atores concordam com esse processo. Quando realizado na fase de planejamento, são compartilhadas características do projeto e discutidos os impactos esperados da sua implantação e operação na região do entorno.

Com o diagnóstico pronto, inclusive com o mapeamento das potencialidades e ameaças às comunidades indígenas e seus territórios, o ECI apresenta propostas a serem incorporadas pelo projeto que resultem na eliminação, redução ou compensação dos impactos potenciais identificados. O detalhamento dessas medidas mitigadoras propostas acontece na fase seguinte do licenciamento ambiental, no Projeto Básico do Componente Indígena (PBAI). As medidas propostas devem ser discutidas com as comunidades para que sejam compatíveis com seus modos de vida e os planos de gestão do território.

No caso da UHE Santa Branca, a elaboração do ECI com um termo de referência que se aplica a qualquer empreendimento da bacia do rio Tibagi e em etapa avançada do licenciamento ambiental pode trazer complexidade ao processo e imprevistos ao cronograma de implantação da usina.

Na região Norte também são esperadas alterações significativas na **organização territorial** dos municípios afetados pela UHE Bem Querer, tanto em função do reassentamento involuntário de populações rurais e urbanas, como da pressão sobre a infraestrutura de equipamentos e serviços diante da atração populacional. As implicações dessas alterações na dinâmica socioeconômica se distribuem de forma heterogênea nos territórios desses municípios, o que reforça a importância do diagnóstico e prognóstico durante a elaboração do EIA.

No sentido de reduzir ou compensar os impactos resultantes desses processos são usualmente adotados o plano de comunicação social, o cadastro socioeconômico, a justa indenização e o suporte ao restabelecimento físico e econômico das populações afetadas, além de articulação institucional e investimento para reforço da infraestrutura sobrecarregada.









Por fim, para a modernização de UHEs existentes não são esperadas interferências socioambientais expressivas. A repotenciação de UHEs busca o aumento da eficiência das máquinas e envolve adição ou substituição de equipamentos ou pequenas intervenções na planta da usina existente. Dessa forma, a modernização de UHEs representa um aumento da produção de energia otimizando o aproveitamento do recurso hídrico disponível. Todavia, novos padrões operativos dos reservatórios para o atendimento à potência e requisitos de flexibilidade para o SIN podem alterar o regime hidrológico a jusante, suscitando a discussão sobre a conciliação da geração de energia com os diversos usos múltiplos existentes na bacia hidrográfica.

Em situações de escassez hídrica como a observada nos últimos anos, associada ao aumento de outros usos da água, é natural que se observe o aumento dos conflitos pelo uso dos recursos hídricos, especialmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste, trazendo desafios para a operação de UHEs. Tais situações podem se intensificar no futuro em decorrência de alterações climáticas e do aumento dos usos múltiplos da água. Pelos motivos levantados, o tema **recursos hídricos** foi considerado relevante para as regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste.

De modo a reduzir os conflitos pelo uso dos recursos hídricos, tem sido feita uma articulação entre o setor elétrico e os órgãos relacionados aos recursos hídricos para a discussão e a definição de ações buscando conciliar os diversos interesses dos usuários. Como fruto dessas articulações cada vez mais necessárias, podem ser citadas as seguintes medidas: mudanças nas condições de operação dos reservatórios, com o estabelecimento de novas restrições operativas ou flexibilização das existentes; e criação de câmaras, com o intuito de fortalecer a governança para o enfrentamento de cenários de escassez hídrica.




Portanto, os temas **biodiversidade, povos e terras indígenas, organização territorial e recursos hídricos** se mostram relevantes para a expansão hidrelétrica decenal. Estes temas estão apresentados na Tabela 4, conforme metodologia empregada na análise socioambiental integrada.


Tabela 4 – Síntese da análise socioambiental das usinas hidrelétricas do PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|----------------------|---|--|---|--|--|
| UHEs |  biodiversidade | |  biodiversidade | | |
| |  povos e terras indígenas | não há projetos planejados |  povos e terras indígenas | não há projetos planejados | não há projetos planejados |
| |  organização territorial | | | | |
| Modernização de UHEs |  interferências inexpressivas |  recursos hídricos |  interferências inexpressivas |  recursos hídricos |  recursos hídricos |

O Quadro 3 resume as principais interferências socioambientais relacionadas à expansão hidrelétrica no PDE 2031; os temas socioambientais associados a essas interferências, conforme metodologia da análise socioambiental integrada; a justificativa pela escolha da interferência na região na qual está prevista a expansão e as medidas mitigadoras relacionadas as interferências listadas.

Quadro 3 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão hidrelétrica

| Interferência | Tema | Região e justificativa | Medidas mitigadoras |
|---|---|---|---|
| inundação e supressão de vegetação nativa | biodiversidade  | N: projeto localizado em região com grande heterogeneidade de ambientes. S: impasse para emissão da autorização de supressão de vegetação. Judicialização do processo. | - Ajustes de projeto para evitar ou reduzir áreas de vegetação nativa sujeitas a supressão. - Medidas de minimização, como resgate de indivíduos da flora e fauna terrestres e aquáticos. - Medidas de compensação pela perda de vegetação, de habitat e da biodiversidade. - Estabelecimento de APP no entorno do reservatório. |
| interferências em povos e terras indígenas | povos e terras indígenas  | N: proximidade do projeto com terras indígenas demarcadas. S: exigida elaboração de ECI para o projeto localizado na bacia do rio Tibagi. Judicialização do processo. | - Medidas previstas no ECI, na etapa de projeto, e no Plano Básico Ambiental do Componente Indígena (PBAI), nas etapas de instalação e operação. |
| alagamento de áreas rurais e urbanas e atração populacional | organização territorial  | N: reassentamento involuntário de populações e pressão sobre infraestrutura de equipamentos e serviços. | - Plano de comunicação social, cadastro socioeconômico, indenização e restabelecimento físico e econômico das populações afetadas. - Articulação institucional e investimento para reforço da infraestrutura sobrecarregada. |

| Interferência | Tema | Região e justificativa | Medidas mitigadoras |
|--|--|--|--|
| aumento dos conflitos pelo uso da água | recursos hídricos  | SE, NE e CO: aumento de outros usos da água e possíveis mudanças no regime de operação das usinas. | - Estabelecimento de condições de operação dos reservatórios hidrelétricos. - Criação de câmaras técnicas em situações de conflito. |

Principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão hidrelétrica

Nos últimos PDEs nota-se uma redução gradual na indicação de usinas hidrelétricas para a expansão da geração de energia elétrica. Os leilões de UHEs também mostram essa redução, com apenas 4 UHEs vendidas³ (294 MW) nos últimos 7 anos. Esse quadro é resultado tanto do crescimento significativo de outras fontes, quanto dos diversos desafios associados à **implantação de novas usinas hidrelétricas**. Apesar de alguns desafios terem sido encaminhados nos últimos anos⁴, persistem dificuldades relacionadas à avaliação e ao controle dos impactos socioambientais, principalmente, em regiões sensíveis ou de alta complexidade sob a ótica de biodiversidade, áreas protegidas, comunidades tradicionais e recursos florestais. Alia-se a isso, a falta de integração e alinhamento das políticas setoriais e a judicialização de questões no decorrer do licenciamento ambiental, evidenciada nas múltiplas ações civis públicas instauradas pelo Ministério Público, implicando em insegurança e atrasos de cronograma na implantação dos projetos. As articulações e mobilizações sociais observadas também refletem uma resistência para a implantação de novas usinas.

A busca pelo diálogo com as partes interessadas e pela transparência na divulgação de informações se mostra fundamental na superação desse desafio. Nesse sentido, o setor elétrico reconheceu a importância de aproximar os órgãos federais responsáveis pelo planejamento, pela regulação e pela operação do sistema elétrico e aqueles responsáveis pelo licenciamento ambiental e pela gestão dos recursos hídricos para a identificação de problemas e soluções possíveis relacionadas à expansão das hidrelétricas e ao melhor aproveitamento do parque hidrelétrico existente. Dessa forma, iniciaram-se discussões entre as instituições, por meio de workshops⁵, e foram realizados inventários hidrelétricos participativos, envolvendo os órgãos ambientais desde a fase inicial de planejamento, ampliando, assim, a participação ao longo do processo e antecipando questões⁶.

Outro grande desafio tanto para a expansão decenal quanto para a expansão hidrelétrica futura, ou seja, projetos que venham a ser implementados em um horizonte além do PDE, é **compatibilizar a conservação da biodiversidade com a geração de energia**. A divulgação de guias e protocolos de sustentabilidade e a adoção de padrões de desempenho socioambientais contribuem para a difusão das melhores práticas internacionais nas etapas de planejamento, construção e operação de hidrelétricas. Nesses documentos⁷, a gestão do risco sobre a biodiversidade incorpora aspectos da manutenção dos recursos ambientais, valoração dos serviços ecossistêmicos, manejo de habitat e vazões ecológicas, entre outros.

³ Em 2015: UHE Tibagi Montante (32 MW) e UHE Itaocara (150 MW). Em 2016: UHE Santa Branca (62 MW) e em 2021: UHE Juruena (50 MW). Ressalta-se que a UHE Itaocara teve pedido de extinção da concessão e que a UHE Santa Branca até o momento não teve sua construção iniciada.

⁴ Desafios relacionados ao licenciamento ambiental: conflitos de competência entre União e estados, participação de órgãos envolvidos no licenciamento, identificação e qualificação da população atingida e baixa qualidade das avaliações de impacto ambiental. Para esses desafios foram dados encaminhamentos por meio de regulamentações diversas e proposição de guias de boas práticas (Lei Complementar n. 140, de 8 de dezembro de 2011; Decreto n. 8.437, de 22 de abril de 2015; Portaria Interministerial n. 60, de 24 de março de 2015; instruções Normativas específicas de cada órgão ou entidade envolvida no licenciamento ambiental; e guias de avaliação de impactos ambientais para empreendimentos de energia elaborados pelo Ibama entre 2018 e 2020).

⁵ Workshop de Integração de conhecimento sobre Planejamento, Regulação Setorial e Licenciamento Ambiental de Empreendimentos Hidrelétricos em outubro de 2021, com a participação do MME, EPE, ANEEL, ONS, ANA e Ibama.

⁶ Até o momento o inventário participativo só foi aplicado em bacias menores, com potencial de PCH, mas poderá ser estendido para inventários de UHEs.

⁷ How-to guide: Hydropower Biodiversity and Invasive Species (IHA, 2021), Quadro Ambiental e Social do Banco Mundial (Banco Mundial, 2016) e Quadro de Políticas Ambientais e Sociais (BID, 2020), Padrão de Desempenho n. 6: Conservação da Biodiversidade e Gestão Sustentável de Recursos Naturais Vivos (IFC, 2012), Good Practice Handbook - Environmental Flows for Hydropower Projects (World Bank Group, 2018).

No âmbito da compatibilização do planejamento hidrelétrico e da conservação da biodiversidade, discussões interministeriais ocorridas durante alguns anos buscavam alinhamento prévio, especialmente acerca da sobreposição de potencial hidrelétrico com unidades de conservação existentes e com áreas propostas para criação ou ampliação de UCs⁸.

Sem dúvida, outro desafio relevante do setor é a **exploração dos recursos hídricos em terras indígenas**, dada a falta de regulamentação do §3º do artigo 231º da Constituição Federal que trata deste aproveitamento. Devido à necessidade de compatibilizar a exploração dos recursos hídricos em terras indígenas com a garantia dos direitos de participação dos povos indígenas no processo decisório e nos resultados financeiros, o governo brasileiro vem trabalhando para consolidar instrumentos normativos que, a partir de diretrizes gerais, assegurem a segurança jurídica. Sendo assim, vale ressaltar os esforços, coordenados pelo Gabinete de Segurança Institucional (GSI) da Presidência da República, para a regulamentação do §3º do artigo 231, que culminou no Projeto de Lei n. 191/2020¹⁰, em debate no Congresso Nacional.

O setor também se depara com a necessidade de diretrizes formais para realização de Consulta Prévia, Livre e Informada aos povos indígenas e tradicionais, para a **exploração dos recursos hídricos próximos a terras indígenas**. Desde 2012, o governo tem se empenhado para sanar as indefinições¹¹ sobre os procedimentos de consulta prévia previstos na Convenção n. 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT)¹². Atualmente, o GSI coordena os trabalhos do Governo Federal para a definição de diretrizes para a elaboração de uma proposta normativa que garanta o direito de consulta livre, prévia e informada dessas comunidades, quando houver medidas legislativas ou administrativas suscetíveis de afetá-los. Espera-se que uma normatização traga clareza e segurança jurídica para lidar com a questão.

Por último, cabe ainda pontuar os desafios associados à **gestão dos usos múltiplos da água**. A conciliação da utilização dos recursos hídricos para a geração de energia hidrelétrica com os diversos usuários da água, evitando possíveis conflitos, é uma questão cada vez mais complexa. A questão se agrava em regiões com grande demanda, em áreas de baixa disponibilidade de água e, em especial, em períodos de escassez hídrica, como o vivido no ano de 2021.

Os conflitos tendem a aumentar, considerando que a demanda por água no Brasil é crescente, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Nas últimas duas décadas estima-se que a demanda de usos consuntivos, como irrigação e abastecimento humano, aumentou aproximadamente 80% e a previsão é de que ocorra um acréscimo de 24% na demanda até 2030. Além dos usos consuntivos, há também os usos não consuntivos da água, como a navegação e turismo (ANA, 2019).

Particularmente para a geração hidrelétrica, o aumento dos outros usos da água nas bacias hidrográficas pode resultar tanto na redução da produção de energia, em função do aumento das retiradas para os usos consuntivos a montante das hidrelétricas; quanto na ampliação da inflexibilidade da geração hidrelétrica, por meio do estabelecimento de restrições operativas às UHEs.

⁸ Em 2017, o MME articulou junto à Casa Civil da Presidência da República, MMA e ICMBio, gestão para manifestação prévia à edição de decretos, buscando sempre que possível a compatibilização do planejamento energético com a política de conservação ambiental. Dessa forma, em 2018, o MME se manifestou sobre proposta de criação ou de ampliação de 27 unidades de conservação. Entretanto, de 2019 até o momento não houve pedido para análise quanto à criação/ampliação de unidades de conservação.

⁹ Estabelece a obrigatoriedade de autorização do Congresso Nacional para a efetivação de aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais em terras indígenas ouvidas as comunidades afetadas, ficando-lhes assegurada participação nos resultados da lavra, na forma da lei.

¹⁰ Dentre outros temas, no PL 191/2020 foram consolidadas as condições específicas para aproveitamentos de potenciais de energia hidráulica; os critérios mínimos para realização de consultas; o procedimento administrativo para autorização do Congresso Nacional; a participação nos resultados do aproveitamento de energia hidráulica; e a indenização pela restrição de usufruto de terras.

¹¹ Definição de sujeitos de direitos, dos responsáveis pela realização das consultas, dos meios de validação, dentre outras.

¹² O Decreto n. 10.088/2019 consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo Federal que dispõem sobre a promulgação de convenções e recomendações da OIT ratificadas pela República Federativa do Brasil. O anexo LXXII apresenta a Convenção n. 169 da OIT sobre Povos Indígenas e Tribais (adotada em Genebra, em 1989, e promulgada no Brasil, em 2004).

Como exemplo de ações para conciliar os usos da água que impactaram a geração hidrelétrica, podem ser citadas: a revisão do marco regulatório para o uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São Marcos (Resolução Conjunta ANA, ADASA, IGAM, SEMAD/MG, SEMAD/GO n. 109/2021); e as mudanças ocorridas em 2020 nas condições para a operação do sistema hídrico do rio Tocantins (Resolução ANA n. 70/2021). Tais alterações são precedidas de consulta pública nas quais a EPE e diversas entidades do setor vem apresentando suas contribuições.


Por outro lado, o risco de abastecimento de energia devido à situação excepcional de escassez hídrica ocorrida em 2021 revelou a importância de se discutir ações para flexibilizar restrições operativas a fim de se manter as condições de armazenamento do SIN no período seco. Nessa linha, com intuito de fortalecer a governança para o enfrentamento da crise hídrica, foi criada a Câmara de Regras Excepcionais para Gestão Hidroenergética (CREG), que estabeleceu a articulação necessária entre os órgãos e entidades responsáveis pelas atividades dependentes dos recursos hídricos (MME, Aneel, ANA, agentes de geração hidrelétrica, órgãos ambientais e outros setores usuários de recursos hídricos). No âmbito da CREG foram discutidas e implementadas flexibilizações de restrições operativas de hidrelétricas a exemplo das UHEs Jupuíá e Porto Primavera, na bacia do rio Paraná, região de grande importância para o armazenamento de energia do sistema elétrico brasileiro. Essas flexibilizações foram realizadas de maneira gradual, tendo os impactos sobre o meio ambiente e os diversos usuários da água devidamente monitorados e mitigados.



Considerando a problemática dos usos múltiplos da água, a EPE vem se articulando com as demais instituições envolvidas para entender e discutir as motivações das restrições operativas impostas às usinas hidrelétricas e a governança sobre o uso do recurso hídrico. Ao mesmo tempo, também procura aprimorar sua representação nos modelos do planejamento do SIN. Essas iniciativas visam a melhoria da consideração das restrições operativas nos modelos de planejamento energético de médio e longo prazo e o desenvolvimento do Plano de Recuperação dos Reservatórios de Regularização, mencionado na Lei n. 14.182/2021.

Cumprir destacar, ainda, que se encontra em elaboração o novo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH 2022-2040), importante instrumento para a gestão de recursos hídricos no País, sob coordenação do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) com o apoio técnico da ANA. O setor elétrico participa da discussão contribuindo com as questões relativas a energia, em especial, hidroeletricidade.

O Quadro 4 resume os principais desafios socioambientais e as iniciativas, do setor de energia, associadas. Ressalta-se que os desafios apresentados se referem a todo o potencial hidrelétrico e não especificamente à expansão indicada no PDE 2031.

Quadro 4 – Principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão hidrelétrica

| Desafio | Iniciativas |
|---|---|
| <p>Implantação de novas usinas hidrelétricas</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Discussão entre os órgãos federais responsáveis pelo planejamento, regulação e operação do sistema elétrico e aqueles responsáveis pelo licenciamento ambiental e gestão dos recursos hídricos para a identificação dos problemas e soluções potenciais relacionadas à expansão hidrelétrica. - Elaboração de inventários hidrelétricos participativos, envolvendo o setor elétrico e os órgãos ambientais, para bacias menores, com potencial de PCH. |
| <p>Compatibilizar a conservação da biodiversidade e a geração de energia</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - Adoção de guias e protocolos de sustentabilidade para projetos hidrelétricos evidenciando o comprometimento com a biodiversidade. - Articulação interministerial acerca da sobreposição de potencial hidrelétrico com unidades de conservação existentes e com áreas propostas para criação ou ampliação de UCs. |

| Desafio | Iniciativas |
|--|--|
| Exploração do recurso hídrico próximo e/ou em terras indígenas  | <ul style="list-style-type: none"> - Esforços para a regulamentação do §3º do art. 231 da CF que culminou no PL 191/2020, em debate no Congresso Nacional. - Esforços para a definição de diretrizes para a realização de consulta nos moldes da Convenção n. 169 da OIT, por meio da elaboração de proposta normativa, pelo Governo Federal. |
| Gestão dos usos múltiplos da água  | <ul style="list-style-type: none"> - Manifestações em Consultas Públicas para revisão de marcos regulatórios e alterações nas condições de operação de reservatórios. - Articulação para flexibilização das restrições operativas em meio a crise hídrica de 2021. - Envolvimento em estudos sobre restrições operativas: motivações, governança e representação nos modelos de planejamento do SIN. - Participação do setor elétrico nas discussões para elaboração do novo PNRH, promovidas pelo MDR e pela ANA. |

Principais oportunidades socioambientais relacionadas à expansão hidrelétrica

A ideia de **repotenciação e modernização de UHEs** ganhou força nos últimos anos com as crescentes dificuldades para se implantar novas usinas e devido à possibilidade de se incrementar a capacidade hidrelétrica instalada por meio da **otimização de recursos para a geração de energia** e basicamente sem as interferências e os riscos associados à construção de novas UHEs.

Com intuito de discutir a repotenciação e a modernização de UHEs, a EPE avaliou um grupo de usinas existentes e, como resultado, apontou ganhos de energia e capacidade para o SIN, bem como outros efeitos positivos, que poderiam ser alcançados com tais medidas (EPE, 2019). Outro ponto ressaltado no estudo foi o potencial brasileiro ao considerarmos a importância, a dimensão e a idade do parque hidrelétrico existente. Nesse rumo, nos últimos dois anos, o PDE vem destacando o potencial a ser explorado por meio de ações de repotenciação e modernização e no PDE 2031 tais ações representaram um percentual considerável da expansão hidrelétrica prevista para o período do estudo.

Como visto anteriormente, a otimização do aproveitamento do recurso hídrico aprimorará os níveis de confiabilidade e eficiência do parque hidrelétrico existente. Para além das melhorias no sistema energético, a opção por repotenciar e modernizar representa uma grande oportunidade socioambiental na medida em que se evitam as interferências socioambientais associadas à construção de novos projetos e se busca um uso mais eficiente dos recursos naturais, sobretudo do recurso hídrico.

Iniciativas recentes mostram uma movimentação do setor hidrelétrico para a modernização de UHEs. Atualmente estão sendo ampliadas duas usinas hidrelétricas em operação: a UHE Coaracy Nunes, através da instalação de uma máquina em um poço existente, e a UHE Curuá-Una, por meio da construção de um novo circuito hidráulico. Também está em andamento o processo de modernização das instalações da UHE Itaipu Binacional e das UHE Paulo Afonso II e Paulo Afonso IV. Entretanto, de modo a alavancar esse novo mercado, ainda são necessários aprimoramentos nos aspectos regulatórios e nos instrumentos de incentivos econômicos capazes de mobilizar os empreendedores para esse fim (EPE, 2021a).

Outra oportunidade interessante aos agentes é o **investimento em projetos que revertam em benefícios socioambientais adicionais**. Nos últimos anos, a dependência das hidrelétricas em relação aos serviços ecossistêmicos tem se tornado aspecto fundamental para a gestão socioambiental das usinas. Neste panorama, ficaram mais claras as oportunidades que surgem por meio de ações voltadas para conservação da natureza e seus múltiplos benefícios. Resumidamente, as empresas têm adotado medidas voluntárias adicionais buscando ganhos líquidos de biodiversidade a fim de melhorar a gestão dos recursos e atender padrões definidos por investidores ou da própria empresa. Os programas abarcam ganhos relacionados à biodiversidade em si e aos serviços ecossistêmicos, contribuindo para ampliar a resiliência

e a capacidade de adaptação do sistema ambiental e tornando usinas hidrelétricas menos vulneráveis a alterações climáticas, por exemplo.

No âmbito dessas soluções, destaca-se a realização de programas de Pagamento por Serviços Ambientais (PSAs), recentemente ancorados pela Lei 14.119/2021¹³. Cabe mencionar propostas como o PSA Serra da Mesa e Simplício e o P&D UHE Três Irmãos. O programa “Cultivando Água Boa” da UHE Itaipu Binacional, premiado pela ONU em 2015 como melhor prática de gestão em recursos hídricos, é um exemplo de arranjo de PSA de reconhecido sucesso que pode impulsionar novos projetos.

O Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) tem sido o interlocutor das empresas brasileiras com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB)¹⁴, por meio da Iniciativa Brasileira de Negócios e Biodiversidade. Neste contexto, cabe destacar a Eletrobrás que é signatária do Compromisso Empresarial Brasileiro para a Biodiversidade (lançado em 2019) e que, dentre outras, definiu metas como: potencializar ações de conservação e recuperação e buscar um impacto líquido positivo na biodiversidade até 2025; e inserir o tema de biodiversidade na estratégia de negócios da empresa (CEBDS, 2021).

A construção de um cenário de negócios cada vez mais sustentável e competitivo requer um maior envolvimento e comprometimento dos empreendedores com a comunidade local e com a manutenção dos recursos ambientais e serviços ecossistêmicos na região. Nesse sentido, está a possibilidade de promover a sustentabilidade da região e agregar valor socioambiental ao projeto por meio do atendimento aos padrões de desempenho de sustentabilidade ambiental definidos por instituições financiadoras como a *International Finance Corporation* (IFC) e as signatárias dos Princípios do Equador. Podem ser citados os exemplos da UHE Santo Antônio, que atendeu a padrões de desempenho de sustentabilidade ambiental do IFC, e das UHEs Santo Antônio e Teles Pires, que são signatárias dos Princípios do Equador.

Todos os mecanismos mencionados estão alinhados com uma conjuntura internacional que trata e discute questões relacionadas à biodiversidade. Instituições que representam investidores, empresas, governos e sociedade civil crescentemente reconhecem a relevância do tema em função de sua interrelação com a qualidade de vida humana e do meio e buscam estratégias para avançar em soluções que incorporem a biodiversidade. Os tratados internacionais como a CDB, a Agenda de Desenvolvimento Sustentável – Agenda 2030 e o Acordo de Paris (2015), dentre outros, consolidam esse movimento por meio de compromissos voluntários e propostas de metas serem alcançadas.

Outro ponto que merece destaque é que a geração de energia renovável, de baixa emissão de GEE, permite que as UHEs se beneficiem de **instrumentos financeiros voltados para a descarbonização**, como os Certificados de Energia Renovável (RECs). Para o futuro é esperada demanda crescente por esse tipo de instrumento à medida que as empresas, de forma geral, apresentem metas voluntárias de redução de emissões. Adicionalmente, a criação de mercado regulado de carbono está em discussão pelo MME e EPE (EPE, 2021b) com base na Lei n. 14.120/2021, que em seu artigo 4º determina que o Poder Executivo federal definirá diretrizes para a implementação de mecanismos para a consideração dos benefícios ambientais no setor elétrico. Esse mercado beneficiaria todas as fontes de baixa emissão, como as UHEs.

O Quadro 5 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão de UHEs no PDE 2031 e a conjuntura favorável para aproveitar as oportunidades identificadas.

¹³ Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis n. 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política.

¹⁴ A CDB é um tratado da Organização das Nações Unidas e um dos mais importantes instrumentos internacionais relacionados à biodiversidade. A Convenção foi ratificada e promulgada no Brasil pelo Decreto Federal n. 2.519/1998.

Quadro 5 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão hidrelétrica

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|---|---|
| Otimização de recursos para a geração de energia (modernização de UHEs) | <ul style="list-style-type: none"> - Publicação da Nota Técnica da EPE “Repotenciação e Modernização de Usinas Hidrelétricas - Ganhos de eficiência, energia e capacidade instalada”. - Indicação de ações de repotenciação e modernização de UHEs na expansão apresentada nos últimos PDEs. - Ampliação e modernização de usinas hidrelétricas em operação. |
| Investimento em projetos que revertam em benefícios socioambientais adicionais | <ul style="list-style-type: none"> - Lei 14.119/2021 que institui a Política Nacional de PSA. - Compromisso Empresarial Brasileiro para a Biodiversidade, lançado em 2019. - Padrões de desempenho de sustentabilidade definidos por instituições financeiras como IFC e as signatárias dos Princípios do Equador. - Tratados internacionais: Convenção sobre Diversidade Biológica, Agenda 2030 e Acordo de Paris. |
| Instrumentos financeiros voltados para a descarbonização | <ul style="list-style-type: none"> - Emissão de certificados de Energia Renovável (RECs). - Criação de mercado regulado de carbono em discussão pelo MME e EPE com base na Lei n. 14.120/2021. |

Indicadores socioambientais da expansão hidrelétrica

Com o objetivo de representar os impactos e benefícios da expansão hidrelétrica do PDE 2031 foram avaliados os seguintes indicadores socioambientais¹⁵: perda de vegetação nativa, transformação de ambiente lótico em lêntico, interferência em unidade de conservação, população afetada, interferência em terra indígena, interferência na infraestrutura, geração de empregos, incremento permanente na arrecadação municipal (compensação financeira) e incremento temporário na arrecadação municipal (ISS).

Destaca-se que os indicadores foram calculados para a expansão contratada, que compreende três hidrelétricas, e para um projeto previsto na expansão indicativa. A parcela da expansão indicativa composta por modernização de hidrelétricas não foi considerada uma vez que não se tem dados suficientes para cálculo dos indicadores.

Os indicadores apresentados na Tabela 5 não abordam todas as questões relativas à UHEs, mas buscam representar os principais impactos e benefícios de âmbito local que são frequentemente associados à implantação de projetos hidrelétricos.

¹⁵ Os indicadores têm como base a metodologia da avaliação socioambiental de UHEs (EPE, 2012). Os indicadores foram selecionados considerando os principais impactos e benefícios associados à implantação de hidrelétricas, além de outros aspectos como sua mensuração e a existência e a qualidade de dados.

Tabela 5 – Indicadores socioambientais da expansão hidrelétrica contratada

| Indicadores Ambientais | |
|---|---|
| Área alagada (km ²) | 619 |
| Área alagada por potência instalada (km ² /MW) | 0,69 (UHEs existentes: 0,44 km ² /MW) |
| Perda de vegetação nativa (km ²) | 363 |
| Perda de vegetação nativa por MW (km ² /MW) | 0,40 |
| Transformação do ambiente lótico em lêntico (km) | 496 |
| N. de UHEs com interferência em UC de proteção integral | nenhuma das 4 UHEs |
| N. de UHEs com interferência em UC de uso sustentável | 1 das 4 UHEs |
| Indicadores Socioeconômicos | |
| População diretamente afetada (hab.) | 1.368 |
| População diretamente afetada por MW (hab./MW) | 1,52 |
| Interferência na infraestrutura (população atraída/população dos municípios) | 0,42 |
| N. de UHEs que interferem em quilombos | nenhuma das 4 UHEs |
| N. de UHEs que interferem diretamente em TI | nenhuma das 4 UHEs |
| N. de UHEs situadas até 40 km de TI na Amazônia Legal e 15 km nas demais regiões | 1 das 4 UHEs |
| Empregos diretos gerados no pico das obras ⁽¹⁾ | 9.140 |
| Empregos diretos gerados no pico das obras por MW (empregos/MW) | 10,11 |
| Compensação financeira em 2031 (R\$ milhões) ^{(2) (3)} | 23,17 (1,2% da CF paga em 2020 por todas as UHEs em operação) |
| Compensação financeira para os estados no decênio (R\$ milhões) ⁽²⁾ | 15 |
| Compensação financeira para os municípios no decênio (R\$ milhões) ⁽²⁾ | 39 |
| ISS gerado nas obras no decênio (R\$ milhões) | 165 |

Notas: (1). Esse dado considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras para as 4 UHEs, ou seja, há empregos gerados ao longo do período que não estão sendo considerados. (2). Considera somente a geração das usinas cuja operação se inicia no horizonte deste PDE. Os montantes de compensação financeira foram calculados considerando a TAR 2021 (R\$ 76,00) para todo o horizonte decenal. (3). Montante de arrecadação, no ano de 2031, da compensação financeira definida pela Lei n. 9.884/2000, considerando as parcelas destinadas aos estados, municípios e à União.

4.2 Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas

Benefícios das PCHs e CGHs

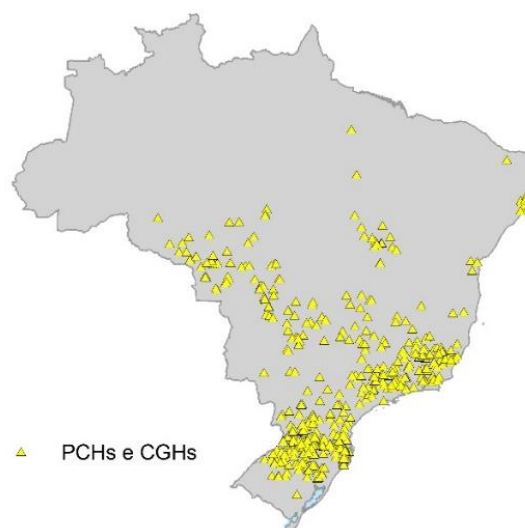
- É fonte de energia elétrica **renovável** e de **baixo custo de operação**.
- Apresenta **baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE)** e contribui com a estratégia de redução de emissões proposta na Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).
- Contribuem para a estabilidade da operação do sistema elétrico, já que possuem geração previsível, com alguma flexibilidade proporcionada pelos reservatórios, além de outros serviços prestados.
- São geralmente construídas em pequenos e médios rios, **próximas aos centros consumidores de energia**, o que reduz custos e perdas no sistema, uma vez que não é necessária a construção de extensas linhas de transmissão.
- O elevado fator de capacidade proporciona também o melhor aproveitamento da infraestrutura de transmissão de energia.
- A implantação dos projetos **movimenta a economia das cidades** e, como são desenvolvidas com conhecimento, tecnologia, equipamentos e materiais totalmente nacionais, **promovem o desenvolvimento econômico e a geração de empregos no país**, ao longo de toda a cadeia produtiva.
- Apresentam elevada vida útil, que pode superar os 100 anos sem a necessidade de grandes investimentos. Este ponto garante uma pegada de carbono ainda menor para a fonte.
- Possuem reservatórios com pequenas áreas alagadas, operados normalmente a fio d'água. Esta condição faz com que os impactos socioambientais frequentemente relacionados à formação de reservatórios, como a interferência em áreas de vegetação nativa ou em propriedades/população, sejam menores. Além disso, permitem os usos múltiplos dos recursos hídricos.

Parque de PCHs e CGHs atual

A capacidade instalada de PCHs e CGHs no Brasil é de **6.335 MW**, valor que representa **3,6%** de toda a capacidade do país (SIGA ANEEL, maio/2021). Essa potência é proveniente de 424 PCHs e outras 733 CGHs, localizadas principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país.

Expansão de PCHs e CGHs nos próximos 10 anos

Para todo horizonte decenal é prevista a **expansão de 3.335 MW** de potência instalada, o que representa avanço de 53% em relação ao parque atual. Na primeira metade do horizonte, é considerada a entrada de **635 MW de potência, distribuídos em 47 PCHs e CGHs já contratadas**, e que tem seu início de operação previsto para ocorrer entre 2022 e 2026. Já a partir de 2024, é estimada a entrada de outros **2.700 MW de potência instalada (expansão indicativa)** nos subsistemas Sudeste/Centro-Oeste e Sul. Além desse montante poderá haver expansão de CGHs que se enquadram como geração distribuída nos termos da Resolução Normativa Aneel n. 687/2015.



▲ PCHs e CGHs

Nota-se que, para todo o horizonte decenal, a maior parte da expansão, contratada e indicativa, ocorrerá nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país. No Norte e no Nordeste, a expansão é pouco expressiva, sendo que o empreendimento planejado para a região Norte ocorre a partir da utilização de reservatório já existente para outra finalidade. A Figura 12 indica a localização da expansão planejada.



Figura 12 – Localização da expansão de PCHs e CGHs no PDE 2031

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão de PCHs e CGHs

As principais interferências socioambientais da expansão da fonte no horizonte do Plano dizem respeito à **biodiversidade**, em função dos possíveis impactos dos projetos na vegetação nativa e na fauna aquática. Essas interferências estão relacionadas aos efeitos cumulativos e sinérgicos resultantes da concentração de projetos em um mesmo rio ou bacia hidrográfica e são particularmente importantes para as **regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste**, haja vista a expansão prevista e a grande quantidade de barragens já existentes.

Ainda que as áreas alagadas pela implantação dos projetos sejam relativamente pequenas, há interferência na vegetação marginal dos rios, ambientes que muitas vezes são os principais corredores de vegetação nativa da região e possuem grande importância ecológica. A isso, acrescenta-se o alto nível de ameaça do bioma Mata Atlântica. Sobre o assunto, é importante ressaltar a necessidade de que os empreendimentos atendam à Lei da Mata Atlântica (Lei Federal n. 11.428/2006) que exige a compensação da vegetação suprimida no bioma Mata Atlântica em área equivalente aquela retirada e em condições

ecológicas equivalentes. Também se pode citar a necessidade de instituição de Área de Proteção Permanente (APP) no entorno dos reservatórios, de forma que os projetos implantados contribuem para o aumento da vegetação na região.


No que diz respeito à fauna aquática, a implantação de um conjunto de empreendimentos em uma mesma bacia hidrográfica pode causar a fragmentação dos rios na medida em que são construídas barreiras ao deslocamento dos peixes migradores. Os projetos, em geral, são implantados em rios de menor porte e regiões de cabeceira das bacias hidrográficas, áreas importantes para a fauna aquática por serem estratégicas para a reprodução de peixes. Pode haver também alterações no fluxo hidrológico e no transporte de sedimentos. Para contornar essas interferências existe a possibilidade de se implantar Sistema de Transposição de Peixes (STP) nos rios em que ocorram espécies migradoras. No entanto, é frequente a instalação de usinas nas cabeceiras dos rios e em locais que se apresentam como barreira natural ao deslocamento de peixes, para os quais não são necessários/recomendados STPs. Durante as fases de construção e operação dos empreendimentos, é usualmente realizado o monitoramento das espécies da ictiofauna e, quando verificada a necessidade, são propostas ações de manejo.

Com base na análise apresentada acima, o tema socioambiental **biodiversidade** foi considerado relevante para a expansão das PCHs e CGHs no PDE 2031, conforme apresentado na Tabela 6. Já o Quadro 6 resume as principais interferências socioambientais relacionadas à expansão de PCHs e CGHs no PDE 2031. Além disso, conforme metodologia da análise socioambiental integrada, são apresentados os temas e justificativas para escolha da interferência na região na qual está prevista a expansão e, por último, às principais medidas mitigadoras relacionadas às interferências listadas.

Tabela 6 – Síntese da análise socioambiental das PCHs e CGHs do PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|-------------|---|---|---|---|---|
| PCHs e CGHs |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |  biodiversidade |  biodiversidade |  biodiversidade |

Quadro 6 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão de PCHs e CGHs

| Interferência | Tema | Região e justificativa | Medidas mitigadoras |
|--|---|---|--|
| interferência em vegetação nativa (Mata Atlântica) e na fauna aquática (fragmentação dos rios) | Biodiversidade  | S: quantidade de projetos e a relevância ecológica dos remanescentes de Mata Atlântica ainda existentes, tendo em vista o grau de ameaça do bioma. S, SE e CO: concentração de empreendimentos planejados e existentes em uma mesma bacia, podendo gerar efeitos cumulativos e sinérgicos em função de projetos instalados em cascata. | - Compensação da vegetação suprimida no bioma Mata Atlântica, conforme legislação específica. Reposição florestal pela supressão de vegetação. - Instituição de APP no entorno do reservatório. - Possibilidade de implantação de Sistema de transposição de peixes (STP) nos rios em que ocorram espécies migradoras. Vale ressaltar, no entanto, a frequente instalação de usinas nas cabeceiras dos rios e locais que se apresentam como barreira natural ao deslocamento de peixes. - Monitoramento de espécies da ictiofauna e, quando necessário, indicação do manejo adequado. |

Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão de PCHs e CGHs

O **processo de licenciamento ambiental** é um dos desafios que devem ser discutidos para ampliar a participação da fonte na matriz. Na maioria dos casos, segue os mesmos ritos processuais de empreendimentos hidrelétricos de maior porte, sendo exigidos complexos Estudos de Impacto Ambiental. Nesse processo, há, ainda, a necessidade de manifestação de outros órgãos, como Funai, Iphan e Fundação Cultural Palmares.

Há também o fato de cada unidade da federação ter sua própria legislação ambiental. Assim, os procedimentos de licenciamento são heterogêneos. As diversas exigências implicam em processos longos, complexos e, por vezes, imprevisíveis.

Sobre o licenciamento ambiental, existem iniciativas que visam dar celeridade, transparência, objetividade e reduzir os custos envolvidos nos processos, como as visitas técnicas aos órgãos estaduais de meio ambiente realizadas pelo MME com o objetivo de apresentar as vantagens do desenvolvimento de projetos de PCHs e para difusão do trabalho da Aneel de elaboração de inventários participativos.

Para tratar sobre a otimização e homogeneização dos procedimentos de licenciamento ambiental de PCHs nas unidades da federação, a Associação Brasileira Estadual de Meio Ambiente (Abema) criou em 2019 o GT-ENERGIA com a participação de representantes dos órgãos ambientais estaduais, MME, Aneel e ANA. A expectativa é de que os órgãos ambientais analisem a carteira de PCHs que aguardam licenciamento ambiental bem como realizem um mapeamento das bacias hidrográficas para desenvolvimento de inventário hidrelétrico participativo e conseqüentemente, possíveis de implantação de PCHs.

Sobre os estudos de inventário hidrelétricos participativos, seu objetivo é ampliar a participação de representantes das instituições relacionadas ao meio ambiente no processo de estudos para implantação de empreendimentos. Fato que resulta em maior segurança para os empreendedores uma vez que podem antecipar a discussões de questões que podem vir a dificultar o processo de licenciamento ambiental. Como projeto piloto, foi aprovado o estudo do rio Pardo, em Matos Grosso do Sul, ação integrada entre Aneel e Imasul. Atualmente, há estudos em andamento no RS e SC e a Aneel tem tratativas avançadas para desenvolvimento de inventários participativos em parceria com órgãos ambientais de outros estados (PA, PR e GO).

Outro desafio diz respeito a **compatibilizar a conservação ambiental e a geração de energia**, sobretudo em regiões em que ocorre uma grande concentração de projetos. Para lidar com essa questão algumas iniciativas têm sido desenvolvidas, como a elaboração de estudos mais abrangentes para a definição e avaliação dos locais onde serão implantados os projetos, à exemplo da Avaliação Ambiental Integrada (AAI) e do Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica (EIBH). Esses instrumentos visam avaliar a implantação de um conjunto de empreendimentos em uma mesma bacia hidrográfica, considerando os efeitos cumulativos e sinérgicos dos impactos socioambientais ocasionados pelos projetos hidrelétricos. Neles busca-se avaliar a região de maneira mais abrangente e não individualmente por projeto.


Como exemplo, para projetos no estado de Minas Gerais é necessária a elaboração da AAI como instrumento de apoio ao planejamento da implantação de novos empreendimentos hidrelétricos (UHEs e PCHs) situados em bacias classificadas como prioritárias (resolução Semad/MG n. 2777/2019). Já em Santa Catarina (Lei n. 14.652/2009) é obrigatória para UHEs e em casos específicos para PCHs. Por sua vez, o estado de Goiás exige o Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica (EIBH) previamente ao licenciamento ambiental e, em alguns casos, AAI para sub-bacias (Instrução Normativa SEMARH/GO n. 3/2015).

No caso de alguns estados, há ainda o estabelecimento de áreas não passíveis ao processo de licenciamento ambiental para as PCHs e CGHs, como realizado pelo Rio Grande do Sul (Resolução Consema n. 388/2018 do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul). Por um lado, este tipo de iniciativa reduz o risco do empreendedor em desenvolver estudos em áreas de maior sensibilidade socioambiental; mas, por outro lado, elimina a possibilidade de desenvolver projetos eventualmente técnico e socioambientalmente viáveis.

Outra iniciativa veio da Agência Nacional de Águas (ANA), que realizou, no âmbito do Plano de Recursos Hídricos da Região Hidrográfica do Paraguai – PRH Paraguai, os Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos na Região Hidrográfica do Paraguai – RH Paraguai. Esses estudos estão subsidiando as ações de gestão dos recursos hídricos da bacia e orientando a implantação de PCHs na região.

O Quadro 7 resume os principais desafios relacionados à expansão de PCHs e CGHs no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

Quadro 7 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão de PCHs e CGHs

| Desafio | Iniciativas |
|---|--|
| Complexidades relacionadas ao processo de licenciamento ambiental | <ul style="list-style-type: none"> - Criação do GT-ENERGIA, da Abema, com o objetivo de discutir os instrumentos de planejamento e licenciamento ambiental de PCHs. - Estudos de Inventário Hidrelétricos participativos em parceria entre Aneel e órgãos ambientais. |
| Compatibilizar a conservação ambiental e a geração de energia  | <ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de Estudos mais abrangentes para a avaliação do conjunto de projetos, à exemplo de AAI e EIBH. - Estabelecimento de áreas não passíveis ao processo de licenciamento ambiental para as PCHs e CGHs, caso do Rio Grande do Sul. - Estudos de Avaliação dos Efeitos da Implantação de Empreendimentos Hidrelétricos na Região Hidrográfica do Paraguai – RH Paraguai, da ANA. |

Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão de PCHs e CGHs

O aproveitamento de reservatórios construídos para outros fins, como o abastecimento de água, para a geração de energia, além da possível reativação ou repotenciação de empreendimentos existentes, se revela como uma oportunidade de otimização do uso dos recursos hídricos e de aumento da geração de energia. Como exemplo podemos citar o caso da PCHs Manuel Alves, no Tocantins.

O fato das PCHs e CGHs serem uma fonte renovável e de baixa emissão de GEE já permite que elas se beneficiem de instrumentos financeiros para descarbonização como os Certificados de Energia Renovável (REC). Para o futuro é esperado que a demanda por esse tipo de instrumento aumente à medida que as empresas de forma geral apresentem metas voluntárias de redução de emissões. Adicionalmente, a criação de mercado regulado de carbono está em discussão pelo MME e EPE (EPE, 2021) com base na Lei n. 14.120/21, que em seu artigo 4º determina que o Poder Executivo federal definirá diretrizes para a implementação de mecanismos para a consideração dos benefícios ambientais no setor elétrico. Esse mercado beneficiaria as fontes de baixa emissão, como as PCHs e CGHs, como emissoras de créditos de carbono.

A implantação de PCHs e CGHs traz a oportunidade de recuperação ambiental da região em que os empreendimentos estão inseridos, especialmente as margens e cabeceiras dos rios. Essa recuperação pode estar associada a um programa de Pagamento por Serviços Ambientais - PSA ou ainda ampliar os investimentos para geração de ICMS Ecológico. Destaca-se ainda que o monitoramento ambiental contínuo realizado pelos empreendimentos permite a promoção de ações de conservação do recurso hídrico e da biodiversidade.

O Quadro 8 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão de PCHs e CGHs no PDE 2031 e a conjuntura favorável para aproveitar as oportunidades identificadas.

Quadro 8 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão de PCHs e CGHs

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|--|--|
| Otimização do uso dos recursos hídricos por meio da instalação de projetos em reservatórios existentes, além da reativação e repotenciação de PCHs | - Viabilização recente de projetos que utilizam reservatórios construídos para outros fins. |
| Instrumentos financeiros voltados para a descarbonização | - Demanda do mercado por Certificados de Energia Renovável (REC) e avanço das discussões relacionadas à precificação de carbono pela sociedade e governo |
| Recuperação da vegetação nativa no entorno dos empreendimentos, com benefícios socioambientais adicionais | - Possível implantação de programas de pagamento por serviços ambientais |

Indicadores socioambientais da expansão de PCHs e CGHs

Para representar, ainda que de modo simplificado, as alterações decorrentes da implantação das PCHs e CGHs planejadas são avaliados dois indicadores socioambientais (Tabela 7).

O primeiro é relativo à área dos reservatórios previstos e representa principalmente os impactos nos meios físico e biótico, tais como a perda de vegetação e as interferências sobre a biodiversidade local. Foi adotada para a expansão prevista a relação da área alagada por potência instalada de 0,10 km²/MW, valor obtido a partir de dados de PCHs constantes nos PDEs mais recentes. Para comparação, essa mesma relação para as UHEs é de 0,44 km²/MW.

O segundo indicador se refere aos empregos diretos gerados no pico das obras. Representam, em princípio, o aumento das oportunidades de trabalho e a dinamização da economia dos locais onde estes projetos se inserem. Ao longo do horizonte decenal é esperada a geração de cerca de 66.700 empregos diretos, considerando os trabalhadores no pico da obra de cada projeto. Esta estimativa considerou o valor de 20 empregos para cada MW instalado, valor médio obtido com base em informações de PCHs cadastradas em leilões de energia. Esse dado considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras, ou seja, há empregos gerados ao longo do período que não estão sendo contabilizados.

Tabela 7 – Indicadores socioambientais da expansão de PCHs e CGHs

| Indicadores Ambientais | |
|---|----------|
| Área alagada (km ²) | 333,5 |
| Área alagada por potência instalada (km ² /MW) | 0,10 |
| Indicadores Socioeconômicos | |
| Empregos diretos gerados no pico das obras | 66,7 mil |
| Empregos diretos gerados durante a operação (empregos/MW) | 20 |

4.3 Termelétricas de fontes não renováveis

Benefícios das termelétricas de fontes não renováveis

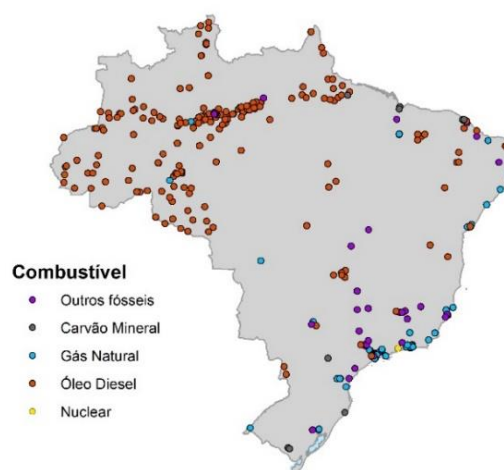
- Apresentam características técnicas que trazem ganhos de confiabilidade ao sistema elétrico e aumentam a **segurança energética** do país.
- Possibilitam a **otimização dos recursos energéticos** no sistema interligado nacional (SIN) compensando as variabilidades e sazonalidades de outras fontes.
- Apesar da disponibilidade e transporte de combustível serem fatores relevantes para a locação das usinas, possuem **flexibilidade locacional**, permitindo implantar as usinas em áreas próximas aos centros de carga, reduzindo custos, perdas e impactos socioambientais inerentes a extensas linhas de transmissão.
- Necessitam de **áreas relativamente pequenas** quando comparadas a outras fontes de energia, fato que, associado à flexibilidade locacional, evita conflitos pelo uso do solo e possibilita a seleção de locais com menor sensibilidade socioambiental para sua implantação. Nesse sentido, é frequente a instalação desses empreendimentos dentro de complexos industriais ou portuários já estabelecidos.
- Existem benefícios econômicos e sociais associados à implantação e operação dos projetos termelétricos, relacionados à **geração de empregos** diretos e indiretos, ao aumento da demanda por bens e serviços, e ao aumento da arrecadação tributária, contribuindo para o dinamismo econômico da região de implantação do empreendimento.
- A depender do tipo de combustível utilizado, existem benefícios específicos adicionais. O **gás natural** se destaca entre os combustíveis fósseis por apresentar menor emissão de poluentes atmosféricos e de gases de efeito estufa (GEE). A **termonuclear** não emite diretamente poluentes atmosféricos, nem GEE, já que o calor necessário para a geração de energia elétrica não provém da queima de combustíveis, e sim da fissão nuclear.

Parque termelétrico não renovável atual

De acordo com o Sistema de Informações da Geração da ANEEL (ANEEL, 2021) a potência das usinas não renováveis outorgadas em operação no país é de cerca de **15 GW para gás natural** (66 usinas), **3 GW para carvão mineral** (11 usinas), **3 GW para óleo diesel** (240 usinas), **5 GW para demais fósseis** (53 usinas) e **2 GW para nuclear** (2 usinas).

Expansão termelétrica nos próximos 10 anos

Neste decênio está prevista a entrada de **30.078 MW de novas usinas térmicas a gás natural, diesel, gás de refinaria e nuclear** (Figura 13). Na expansão contratada é prevista a entrada de 5.054 MW de potência, distribuídos em 11 UTEs, das quais sete a gás natural (3.321 MW), duas a diesel (288 MW), uma nuclear (1.405 MW) e uma a gás de refinaria (40 MW). Já para a expansão indicativa estão previstos 25.024 MW, sendo 22.624 MW de UTEs a gás natural distribuídas nos seguintes subsistemas: 10.084 MW no Sudeste/Centro-Oeste, 7.822 MW no Sul, 2.051 MW no Nordeste, 2.500 MW no Norte e 166 MW em Manaus. O restante está dividido em 1.000 MW de nuclear no subsistema Sudeste/Centro-Oeste e 1.400 MW de carvão mineral



no Sul. Ressalta-se que o contexto de expansão do Carvão Mineral é peculiar, já que é previsto o descomissionamento de usinas antigas a partir de 2027. Além disso, quatro usinas a gás natural existentes venderam 1.103 MW em leilão, dentre elas uma usina ainda contará com ampliação adicional de 92 MW.

As unidades previstas para a primeira metade do decênio estão localizadas predominantemente na região costeira, próximas ao centro de carga ou da fonte de combustível, como infraestruturas de gás natural para as usinas a gás natural. Já a expansão indicativa contempla todas as regiões, mas as maiores capacidades instaladas se encontram nas regiões Sudeste e Sul, locais de maior demanda (Figura 13).

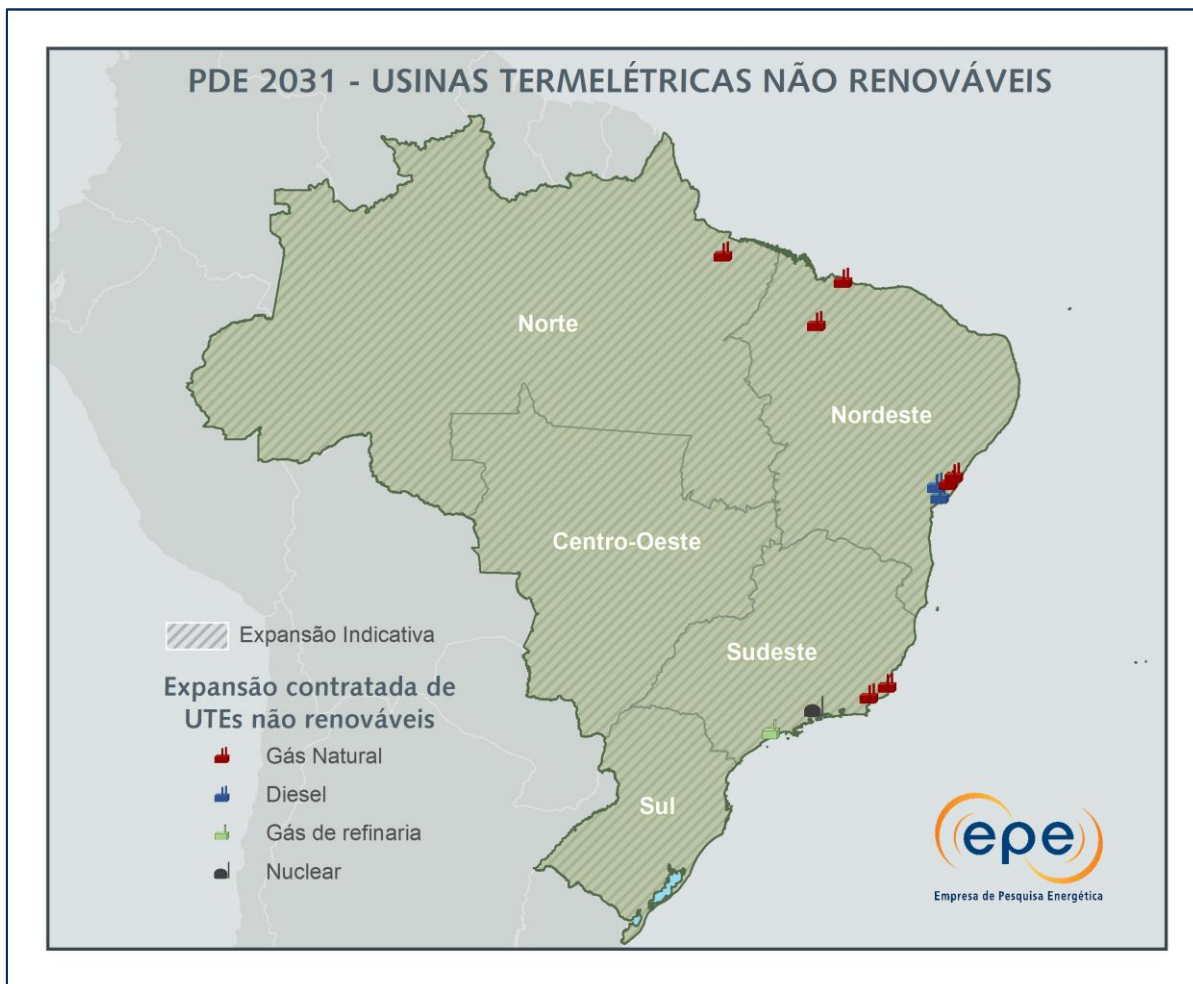


Figura 13 – Localização da expansão termelétrica de fontes não renováveis no PDE 2031

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão termelétrica de fontes não renováveis

As principais interferências socioambientais de usinas termelétricas não renováveis envolvem a emissão de poluentes atmosféricos e de GEE, alteração na disponibilidade de água e a geração de resíduos. Ainda que estas e outras interferências sejam mitigáveis, usualmente gerenciadas no âmbito dos projetos e observadas no licenciamento ambiental, vale destacar alguns temas socioambientais relevantes para a expansão prevista.

A primeira interferência destacada corresponde às **emissões de poluentes atmosféricos** oriundas da queima de combustíveis fósseis que podem alterar a qualidade do ar local e trazer consequências à saúde pública. Dentre as medidas mitigadoras utilizadas estão a seleção de local com dispersão atmosférica favorável e afastado de núcleos populacionais, combinado com uso de tecnologias eficientes, equipamentos de abatimento de emissões e monitoramento adequado. Ressalta-se que essas medidas são definidas no licenciamento ambiental considerando a legislação vigente¹⁶ sobre limites de emissões e qualidade do ar, e pode incluir restrições adicionais a depender das especificidades locais. Neste sentido, o

¹⁶ Resoluções CONAMA n. 382/2006, n. 436/2011, n. 491/2018.

tema **qualidade do ar** foi considerado relevante para as regiões Sul e Sudeste, pois apesar do predomínio de usinas a gás natural, combustível menos poluente entre os fósseis, as regiões apresentam grandes centros urbanos e industriais com qualidade do ar afetada. Em relação a expansão de Carvão Mineral na região Sul, é esperada a diminuição da pressão sobre a qualidade do ar, já que as tecnologias utilizadas nas novas usinas são menos poluentes do que as usinas antigas, que serão descomissionadas ao longo do horizonte decenal.



Sobre as **emissões de GEE**, cujos impactos são em escala global, é importante que os empreendimentos realizem inventários de emissões e busquem soluções de redução e compensação. Dentre as medidas possíveis estão a substituição total ou parcial por combustíveis de baixa emissão, uso de equipamentos mais eficientes, uso de tecnologias de captura e armazenamento ou uso de carbono (CCS e CCUS), e, como última alternativa na hierarquia de mitigação, a compensação das emissões como pelo investimento em projetos de conservação e restauração florestal.

Em relação à **alteração na disponibilidade de água**, cabe ressaltar que a instalação de projetos em locais onde o balanço hídrico é desfavorável, seja pela baixa disponibilidade de água ou pela elevada demanda de outros usuários, pode ocasionar conflitos pelo seu uso. Para minimizar os conflitos é importante selecionar local com disponibilidade hídrica adequada, que as outorgas concedidas considerem os usos múltiplos, e que sejam aplicadas boas práticas que minimizem o consumo de água doce, tais como o uso de fontes alternativas (água do mar, por exemplo) e reúso da água, além do emprego de tecnologias de resfriamento que requeiram menos água, como sistemas a ar ou híbridos ar-água. Por este motivo, tendo em vista a magnitude da expansão projetada para o decênio, o tema **recursos hídricos** foi considerado relevante para as regiões Sudeste, Sul e Nordeste.

Por fim, considerando a expansão dos projetos term nucleares previsto no decênio na região Sudeste é importante mencionar a interferência de **geração de resíduos radioativos** pela sua elevada periculosidade. O acondicionamento e disposição das diferentes classes de resíduos radioativos são regidos por legislação específica e sujeitos a fiscalização, além disso as medidas para o seu gerenciamento são tratadas e acompanhadas tanto no licenciamento ambiental quanto no licenciamento nuclear das atividades. No caso de Angra 3, os combustíveis nucleares irradiados (alta atividade) serão armazenados inicialmente em piscina próxima ao reator, indo, em seguida, para armazenamento complementar, e, por fim, para a destinação final (armazenagem ou reprocessamento) (ELETRONUCLEAR, 2014). A estimativa de quantidade gerada durante toda sua vida útil (40 anos) é de 10.880 kg de urânio 235 e 12.640 kg de plutônio total (ELETRONUCLEAR, 2015). Os demais resíduos de média e baixa atividade são armazenados em depósitos locais. Desta forma, ainda que haja gerenciamento e fiscalização do armazenamento e disposição dos resíduos radioativos, o tema **resíduos** foi considerado relevante para a expansão prevista no Sudeste pela sua periculosidade.




De acordo com a análise apresentada acima, dois temas socioambientais foram considerados relevantes no contexto do Plano, a saber: **qualidade do ar, recursos hídricos e resíduos**. Estes temas estão sintetizados na Tabela 8, conforme metodologia empregada na análise socioambiental integrada.

Tabela 8 – Síntese da análise socioambiental das usinas termelétricas de fontes não renováveis do PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|--------------|---|--|--|--|---|
| UTES fósseis |  interferências inexpressivas |  recursos hídricos |  qualidade do ar  recursos hídricos |  qualidade do ar  recursos hídricos |  interferências inexpressivas |
| UTE nuclear | não há projetos planejados | não há projetos planejados | não há projetos planejados |  resíduos | não há projetos planejados |

O Quadro 9 resume as principais interferências socioambientais relacionadas à expansão termelétrica no PDE 2031; os temas socioambientais associados a essas interferências, conforme metodologia da análise socioambiental integrada; a justificativa pela escolha da interferência na região na qual está prevista a expansão e, por último, as medidas mitigadoras relacionadas às interferências listadas.

Quadro 9 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão termelétrica de fontes não renováveis

| Interferência | Tema | Região e justificativa | Medidas mitigadoras |
|--|--|---|--|
| emissão de poluentes atmosféricos e emissão de GEE | qualidade do ar  | S e SE: magnitude da expansão em regiões com qualidade do ar já afetada | Poluentes atmosféricos locais: seleção de local com dispersão atmosférica favorável e afastado de receptores importantes, combinado com uso de tecnologias eficientes, equipamentos de abatimento de emissões e monitoramento adequado. Para a redução das emissões de GEE: substituição total ou parcial por combustíveis de baixa emissão, uso de equipamentos mais eficientes, uso de tecnologias de captura e armazenamento ou uso de carbono (CCS e CCUS), e compensação de emissões |
| alteração na disponibilidade de água | recursos hídricos  | S, SE e NE: magnitude da expansão em regiões com balanço hídrico desfavorável | Seleção locacional, consideração dos usos múltiplos nas outorgas; adoção de boas práticas que minimizem o consumo de água doce, tais como o uso de fontes alternativas (água do mar, por exemplo) e reuso da água, além do emprego de tecnologias de resfriamento que requeiram menos água como sistemas a ar ou híbridos ar-água |
| geração de resíduos radioativos | resíduos  | SE: elevada periculosidade do resíduo | Acondicionamento e disposição das diferentes classes de resíduos radioativos segundo legislação específica e conforme estabelecido no licenciamento ambiental e nuclear. |

Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão termelétrica de fontes não renováveis

Um dos principais desafios para as termelétricas que utilizam combustíveis fósseis é a **redução das emissões de GEE** para minimizar as consequências das mudanças climáticas. Observa-se o aumento e predomínio da participação do gás natural na expansão prevista de UTEs, o que já é positivo pelo fato de ser o combustível fóssil com menor emissão de GEE. Sobre o carvão mineral, apesar de ser o combustível de maior emissão, as novas usinas previstas apresentam maior eficiência do que as usinas antigas, que serão descomissionadas ao longo do horizonte decenal. No entanto, é importante que se ampliem os esforços para reduzir essas emissões com aumento de eficiência, desenvolvimento de tecnologias de remoção de carbono com custos baixos, como captura e armazenamento e uso de carbono (CCS ou CCUS), mecanismos de compensação das emissões, além do incentivo à substituição por combustíveis renováveis ou de baixa emissão. Ressalta-se que, com o lançamento do Programa Novo Mercado de Gás e a criação do Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural, existe expectativa de avanços na participação do gás natural inclusive no setor elétrico (BRASIL, 2019 e MME, 2021a). Sobre o carvão mineral, o Programa para Uso Sustentável do Carvão Mineral Nacional, detalhado na Portaria n. 540/GM/MME/2021 (MMA, 2021b), almeja promover a redução da intensidade de emissões de gases de efeito estufa da geração termelétrica a carvão, além fomentar a recuperação do passivo ambiental.

Ainda existem as discussões sobre a implementação de um mecanismo de precificação de carbono no país no âmbito da Lei n. 14.120/2021 sobre a consideração de benefícios ambientais no setor elétrico, também sobre a criação do Sistema Brasileiro de Registro e Comércio de Emissões de Gases de Efeito

Estufa (SBRC-GEE) com o Projeto de Lei (PL) n. 2.148, de 2015, que podem se desdobrar na futura regulação dos GEE de setores incluídos no seu escopo. A implementação de um mecanismo de precificação de carbono é um instrumento considerado importante para impulsionar a redução das emissões. Deste modo, para atender os compromissos climáticos do país é essencial que avaliar e articular a implementação das possíveis políticas e instrumentos, como a precificação de carbono, com os diferentes agentes setoriais.

A **redução da demanda de água** também é um desafio, especialmente para implantação de projetos que necessitem da captação de água doce em regiões que apresentem criticidade hídrica. Em 2020, a água retirada por termelétricas nas bacias hidrográficas foi de 92 m³/s¹⁷ e representou 3% da retirada total de usos consuntivos (ANA, 2021). Ainda que a representatividade seja baixa, considerando que a demanda pelo uso de água no país é crescente, que existem regiões que apresentam baixos níveis de segurança hídrica e que a expansão termelétrica prevista é significativa, é fundamental que se busque minimizar possíveis conflitos pelo uso da água doce. É importante observar a disponibilidade hídrica na região de implantação do empreendimento e que as tecnologias de baixo consumo de água continuem a serem desenvolvidas e implementadas, além da utilização de fontes alternativas de água, como água do mar, reúso e outras medidas citadas anteriormente.




Outro desafio para as UTEs não renováveis diz respeito à **aceitação da sociedade**. Para as usinas a combustíveis fósseis, em função do contexto atual de discussão de mudanças climáticas e transição energética, há questionamentos quanto a geração de energia por meio de fontes emissoras de GEE. Para a fonte nuclear, os questionamentos estão relacionados ao risco percebido sobre a fonte. Sendo assim, estratégias de comunicação para informar a sociedade sobre seus benefícios socioambientais e das medidas de mitigação dos riscos podem auxiliar à sua aceitação.

Por fim, para as term nucleares, ainda existe o desafio da **destinação do material radioativos**. Sobre o gerenciamento de rejeitos radioativos, a CNEN tem a incumbência legal de construir o Repositório Nacional de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (RBMN). Sobre os rejeitos de alta atividade, combustíveis irradiados, a Eletronuclear está construindo, no complexo nuclear de Angra, uma Unidade de Armazenamento a Seco (UAS), para receber o combustível irradiado atualmente armazenado nas piscinas das usinas de Angra I e II. Com relação ao longo prazo, a política brasileira ainda é de postergar a decisão sobre o reprocessamento ou armazenamento definitivo, mantendo-os em estoque (CNEN, 2021). Sendo assim, é importante comunicar sobre o andamento do processo de implantação do RBMN e das perspectivas sobre a disposição final ou reprocessamento do combustível irradiado.

O Quadro 10 resume os principais desafios relacionados a expansão termelétrica no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

¹⁷ Aproximadamente 2,9 trilhões de L/ano.

Quadro 10 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão termelétrica de fontes não renováveis

| Desafio | Iniciativas | Recomendações |
|--|--|---|
| <p>Redução das emissões de GEE para minimizar mudanças climáticas</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - Programa para Uso Sustentável do Carvão Mineral Nacional, detalhado detalhando na Portaria MME n. 540/2021 - Discussões sobre a implementação de mecanismo de precificação de carbono no país no âmbito da Lei 14.120/2021 e do PL 2.148/2015 | <ul style="list-style-type: none"> - Incentivar o desenvolvimento e aplicação de tecnologias de CCS/CCUS ou SBN. - Incentivar a utilização de combustíveis renováveis ou de baixa emissão de GEE. - Avaliar e articular a implementação das possíveis políticas e instrumentos, como a precificação de carbono, com os diferentes agentes setoriais. |
| <p>Redução da demanda de água</p>  | | <ul style="list-style-type: none"> - Atentar sobre a disponibilidade hídrica na região de implantação do empreendimento Incentivar a adoção de medidas e tecnologias para a redução do consumo de água |
| <p>Aceitação da sociedade</p> | | <ul style="list-style-type: none"> - Implementar estratégias de comunicação para informar a sociedade sobre seus benefícios socioambientais e das medidas de mitigação dos riscos |
| <p>Disposição final de resíduos radioativos</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - CNEN tem a incumbência legal de construir o Repositório Nacional de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação (RBMN). - Política brasileira sobre rejeitos de alta atividade é mantê-los em estoque. | <ul style="list-style-type: none"> - Comunicar sobre o andamento do processo de implantação do RBMN e das perspectivas da disposição final ou reprocessamento |

Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão termelétrica de fontes não renováveis

A Lei n. 14.182/2021, que dispõe sobre a desestatização da Eletrobras, estipulou a contratação de UTEs a gás natural com alta inflexibilidade em regiões que não contam com malha de gás. A instalação dessas novas usinas termelétricas pode trazer oportunidade de desenvolvimento socioeconômico nessas regiões pela implantação da infraestrutura de transporte e oferta de gás natural.

As discussões sobre a implementação de mecanismo de precificação de carbono no país no âmbito da Lei n. 14.120/2021 e do PL n. 2.148/2015, citados anteriormente, também apresentam oportunidades socioambientais pela arrecadação de recursos e investimento em projetos, como de compensação de emissões de GEE. Ressalta-se que o desenvolvimento de projetos de compensação pode trazer vários co-benefícios além do carbono, tais como melhora da biodiversidade, redução de erosão, manutenção de recursos hídricos, geração de empregos, desenvolvimento da cadeia de bioeconomia, entre outras.

O Quadro 11 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão termelétrica de fontes não renováveis no PDE 2031 e a conjuntura favorável para aproveitar as oportunidades identificadas.

Quadro 11 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão termelétrica de fontes não renováveis

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|---|--|
| Desenvolvimento socioeconômico de regional pela instalação e disponibilidade da infraestrutura de transporte de gás natural | - A Lei 14.182/2021, que dispõe sobre a desestatização da Eletrobras, estipulou a contratação de UTEs a gás natural com alta inflexibilidade em regiões que não contam com malha de gás. |
| Geração de benefícios socioambientais na arrecadação de recursos e investimentos em projetos, como de compensação de emissões de GEE | - Discussões sobre a implementação de mecanismo de precificação de carbono no país no âmbito da Lei 14.120/21 e do PL 2.148/2015. |

Indicadores socioambientais da expansão termelétrica de fontes não renováveis

No presente plano são propostos três indicadores socioambientais para representar, ainda que de modo simplificado, as alterações decorrentes da implantação das termelétricas planejadas (Tabela 9).

O primeiro é relativo à média anual das emissões de gases de efeito estufa no Sistema Interligado Nacional no período de 2022-2031. O segundo reflete estimativa de captação e consumo de água em 2031. Já o terceiro indicador se refere aos empregos diretos gerados no pico das obras e durante a operação das usinas. Ressalta-se que os benefícios econômicos e sociais advindos da contratação de mão de obra poderão ser maximizados se forem priorizadas contratações locais ou regionais.

Tabela 9 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica de fontes não renováveis

| Indicadores Ambientais | |
|--|-------------------------|
| Emissões de GEE no SIN (média anual, 2022-2031) | 25 MtCO ₂ eq |
| Captação de água em 2031 (bilhões de L/ano) ⁽¹⁾ | 144 |
| Consumo de água em 2031 (bilhões de L/ano) ⁽¹⁾ | 114 |
| Indicadores Socioeconômicos | |
| Empregos diretos gerados no pico das obras | 52 mil |
| Empregos diretos gerados durante a operação | 5 mil |

Notas: (1) Cálculo com base nos fatores de consumo e captação por tipo de tecnologia e sistema de resfriamento de ANA (2019) considerando: (i) despacho 60% durante o ano. (ii) exclusão dos projetos que preveem uso de água salgada e nuclear; e (iii) tecnologia de resfriamento por torres úmidas.

(2) Cálculo dos empregos baseado no somatório das previsões informadas nos estudos ambientais dos empreendimentos contratados complementado por estimativas a partir de valores médios informados em estudos ambientais de projetos por tipo de UTEs.

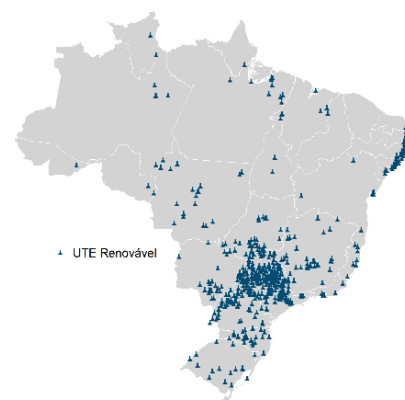
4.4 Termelétricas renováveis

Benefícios das termelétricas renováveis

- As UTEs renováveis possuem alta **disponibilidade de recursos** em todas as regiões brasileiras, inclusive nos centros de carga e nos sistemas isolados. A distribuição dos recursos proporciona **flexibilidade locacional** para essas UTEs;
- Podem ser utilizados **resíduos como recursos energéticos**, o que é especialmente positivo para a problemática da disposição inadequada de resíduos e os impactos decorrentes;
- A geração a partir do bagaço de cana **otimiza a infraestrutura existente**, aumenta a eficiência do processo e pode complementar à geração hidrelétrica, dada a disponibilidade no período seco;
- A grande variedade de tipos de substratos e combustíveis traz como ponto positivo a **versatilidade** na escala das plantas e nos modelos de negócio, podendo ser representativa para a geração centralizada e isolada, a autoprodução e a geração distribuída;
- As UTEs contribuem para a **segurança energética** do sistema já que é possível uma geração constante e distribuída.
- A fonte possui potencial de **geração de emprego e renda** no interior do país, especialmente em zonas rurais.
- A fonte é renovável e suas emissões de gases de efeito estufa na geração são consideradas nulas, contribuindo para uma trajetória energética de baixo carbono.

Parque termelétrico renovável atual

Atualmente no Brasil, a capacidade instalada de geração a partir da UTEs renováveis totaliza 15,7 GW (ANEEL, 2021). Cerca de 76% dessa capacidade utiliza o bagaço de cana-de-açúcar como combustível. Termelétricas a licor negro respondem por 16%. O restante é composto por: UTEs a biomassa florestal (5%), que inclui cavaco, lenha e resíduos florestais; UTEs a partir de RSU (1%); e outros combustíveis (1%).



Expansão termelétrica renovável nos próximos 10 anos

A expansão total estimada para o horizonte decenal é de cerca de **2.060 MW**. Deste total, no período entre 2022 e 2026, **1.359,1 MW já estão contratados** e distribuídos em 21 UTEs novas (1.152,4 MW) e 7 UTEs existentes que estão sendo ampliadas (206,7 MW). A expansão para o período indicativo (2026 a 2031) é de 700 MW. Os tipos de combustível utilizado nas UTEs estão discriminados na Tabela 10.

Tabela 10 – UTEs renováveis contratadas (2022-2026) por tipo de combustível e potência

| Combustível | Potência (MW) | UTES | % |
|------------------|---------------|------|-----|
| Bagaço de cana | 666,4 | 18 | 49 |
| Licor negro | 362,7 | 2 | 27 |
| Cavaco/resíduos | 297,3 | 4 | 22 |
| RSU (biogás) | 32,7 | 4 | 2 |
| Total contratado | 1.359,1 | 28 | 100 |

As 21 novas UTEs se concentram predominantemente na região Sudeste, nos estados de São Paulo (7) e Minas Gerais (4), mas há usinas planejadas para as outras regiões, com exceção da região Norte. A maioria das usinas ampliadas também está no Sudeste e dessas, seis são usinas a bagaço e duas a RSU. Já na expansão indicativa, que deverá se localizar nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, são previstos 400 MW de usinas a bagaço de cana e 300 MW de termelétricas a partir de incineração de resíduos sólidos urbanos. A Figura 14 apresenta a expansão.

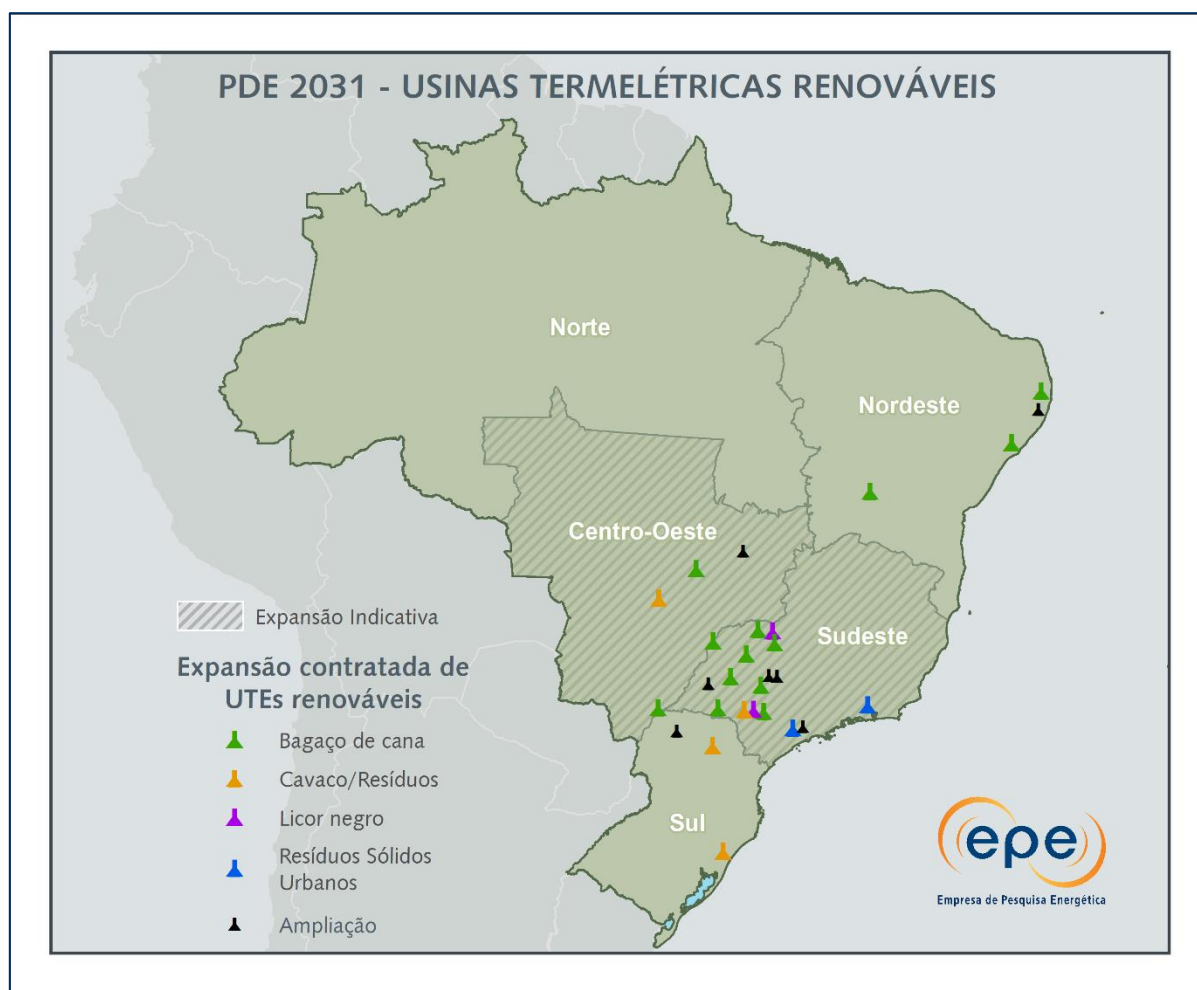


Figura 14 – Localização da expansão termelétrica renovável no PDE 2031

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão termelétrica renovável

As interferências relativas à expansão de UTEs renováveis foram consideradas inexpressivas devido ao fato delas muitas vezes representarem justamente uma forma de mitigar e evitar possíveis problemas ambientais por conta de resíduos que, na maioria dos casos, seriam descartados de maneira inadequada.

Como o PDE 2031 não sinaliza a expansão de área para produção da biomassa com fins energéticos, estima-se que não ocorra conflitos para uso do solo, o que poderia ser uma interferência socioambiental significativa.

De qualquer forma, mesmo que as interferências não tenham sido consideradas relevantes, é necessário destacar alguns aspectos no contexto da expansão de termelétricas renováveis, tais como a emissão de poluentes atmosféricos, o consumo de água e a geração de resíduos e efluentes.

Sobre a emissão de poluentes atmosféricos, principalmente material particulado, este impacto é facilmente mitigado com o uso de equipamentos de controle, de forma a atender a legislação ambiental. Vale ressaltar que as usinas a biomassa normalmente se encontram em áreas rurais onde geralmente não há problemas relacionados à qualidade do ar.

No que se refere aos recursos hídricos, este é um tema geralmente importante para as usinas termelétricas. Dependendo da tecnologia de resfriamento adotada, caso haja consumo de água que impacte na disponibilidade para outros usos, sobretudo na região Sudeste, onde já há grande pressão sobre os recursos hídricos, podem ocorrer conflitos relacionados ao uso da água. Particularmente as usinas a bagaço de cana, que estão inseridas nas plantas de produção de açúcar e etanol, o consumo de água específico na unidade de cogeração é pequeno comparado ao consumo total da usina. Como a maioria das usinas têm buscado minimizar o consumo de água em seus processos, o quantitativo de recurso hídrico utilizado para geração elétrica a partir do bagaço não tem sido expressivo.

Quanto à geração de resíduos e efluentes, é importante destacar que grande parte desses biocombustíveis tem origem residual e seu aproveitamento energético promove melhor gestão de resíduos e efluentes, que são temas críticos no país. Obviamente, é fundamental que os empreendimentos sigam as legislações e normativas para uma adequada gestão durante sua instalação e operação. Dessa forma, as interferências socioambientais mencionadas são consideradas pouco expressivas no contexto regional, o que não significa que não mereçam atenção no nível local.

A Tabela 11 apresenta a síntese da análise socioambiental das termelétricas renováveis do PDE 2031. Como pode ser observado, as interferências dessa fonte foram consideradas inexpressivas no contexto das regiões onde está prevista a expansão.

Tabela 11 – Síntese da análise socioambiental das usinas termelétricas renováveis do PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|--------------------|----------------------------|---|---|---|---|
| UTE bagaço de cana | não há projetos planejados | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas |
| UTE a licor negro | não há projetos planejados | não há projetos planejados | não há projetos planejados | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas | não há projetos planejados |
| UTE cavaco/lenha | não há projetos planejados | não há projetos planejados | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas |
| UTE – RSU | não há projetos planejados | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas | não há projetos planejados | <input type="checkbox"/> interferências inexpressivas | não há projetos planejados |

Nota: UTE – RSU representam todas as usinas que utilizam RSU como combustível para gerar energia elétrica, seja a partir da produção de biogás ou de incineração.

Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados a termelétricas renováveis

Apesar do bagaço de cana representar a maior parte do montante de energia da expansão das termelétricas renováveis, não foram verificados desafios significativos para o aproveitamento desse combustível. Os principais desafios socioambientais para a expansão das termelétricas renováveis estão relacionados à **gestão eficiente dos resíduos** sólidos urbanos e dos efluentes domésticos. Especialmente considerando o contexto de serviço de coleta seletiva incipiente, da disposição inadequada e do grande déficit no saneamento básico no Brasil, os grandes problemas no horizonte decenal estão no melhor aproveitamento dos RSUs.

De acordo com o SNIS (2020a), do total de 65,11 milhões de toneladas de resíduos coletados no país em 2019, apenas 305 mil toneladas (0,47%) foram enviadas para centros de compostagem e estima-se

que apenas 1,04 milhão de toneladas (1,6%) de resíduos recicláveis secos foram recuperados. Além disso, do total de resíduos coletados, aproximadamente 48,1 milhões de toneladas (73,9%) foram dispostas em aterros sanitários e 15,9 milhões de toneladas (24,4%) dispostas em unidades de disposição final consideradas inadequadas (aterros controlados e lixões), o que é proibido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Sobre o saneamento, de acordo também com relatório do SNIS (2020b), quanto ao tratamento dos esgotos, observa-se que o índice do país chega a 49,1% para a estimativa dos esgotos gerados e 78,5% para os esgotos que são coletados. Os dados demonstram o expressivo potencial que existe no país para gerar biogás a partir da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos e do lodo de estações de tratamento de esgoto. Políticas públicas poderiam ser implementadas para incentivar que passivos ambientais se transformassem em recursos energéticos em inúmeras cidades brasileiras.

A expansão do biogás é fortemente condicionada pela melhoria na gestão de resíduos e efluentes. É importante ressaltar que a PNRS (BRASIL, 2010) estabelece o envio para aterros sanitários apenas de rejeitos, estimulando a minimização do aterramento de resíduos orgânicos. No entanto, na prática, quase a totalidade de resíduos orgânicos é aterrada, não sendo difundida a utilização de biodigestores para gerar energia elétrica a partir da fração orgânica dos RSU, que seria uma alternativa mais alinhada com a PNRS. A maioria dos projetos de geração de biogás no país, utilizam o gás de aterro para geração de eletricidade a partir do biogás.

Outra iniciativa relevante para a gestão de resíduos é a Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999). A consciência e o envolvimento da sociedade sobre os resíduos gerados, bem como sobre os benefícios socioambientais do seu tratamento, de sua redução e reutilização é fundamental. O fortalecimento da educação ambiental nas escolas desde o ensino fundamental abre uma ampla perspectiva para que as próximas gerações tenham mais consciência sobre os problemas ambientais relativos a má gestão dos RSU. Quanto maior o nível de preocupação e conscientização da sociedade, maiores as chances de uma atuação para o cumprimento dos ODS 3 (Saúde e Bem-estar), 6 (Água limpa e saneamento), 7 (Energia acessível e limpa), 11 (Cidades e comunidades sustentáveis) e 12 (Consumo e produção responsáveis), que se relacionam ao tema de RSU.

De forma resumida, pode-se concluir que para viabilizar o aproveitamento energético de resíduos, há necessidade de superar importantes gargalos de infraestrutura existentes no país e promover uma gestão ambiental adequada. Além disso, a expansão energética a partir de resíduos é fortemente condicionada pela efetividade de políticas públicas e de controle.

O Quadro 12 resume o principal desafio relacionado a expansão termelétrica no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

Quadro 12 – Principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão termelétrica renovável

| Desafio | Iniciativas | Recomendações |
|--------------------------------------|---|--|
| Gestão eficiente dos resíduos | Política Nacional de Resíduos Sólidos | - Maior comprometimento público e privado com o saneamento e gestão de resíduos |
| | Política Nacional de Educação Ambiental | - Maior sensibilização ambiental sobre problemática de resíduos - Associar melhor gestão de resíduos à agenda climática |

Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão termelétrica renovável

Foram identificadas três oportunidades socioambientais relacionadas à expansão termelétrica renovável: a geração de energia a partir de RSU e efluentes domésticos; o aproveitamento energético de resíduos agropecuários e florestais; e a emissão de créditos de carbono e certificados de energia limpa.

A principal oportunidade socioambiental é a **geração de energia a partir de RSU e efluentes domésticos**, visto que seu desenvolvimento proporcionaria significativas melhorias socioambientais. Hoje, em muitas localidades do país, RSU e efluentes representam problemas socioambientais críticos. A utilização desses substratos para geração de biogás pode ser considerada uma solução eficiente para transformar resíduos em recursos energéticos e ajudar na promoção do saneamento no país e na melhor gestão de resíduos.

Cabe citar ainda a importância e o ganho socioambiental da produção de biogás a partir de diferentes resíduos orgânicos utilizando biodigestores. Além de diminuir o envio desses componentes para aterros ou lixões, é gerado o digestato, que é um rico biofertilizante. Seu uso como adubo pode reduzir ainda as emissões associadas à produção de fertilizantes fósseis, que hoje tem seu uso difundido no meio rural. De acordo com BNDES (2017), há um déficit estrutural na demanda por macronutrientes no mercado brasileiro decorrente da expressividade do agronegócio e das restrições estruturais da indústria de produção de fertilizantes no país. Neste sentido, o uso do digestato poderia ajudar a reduzir esse déficit e ainda ser mais uma fonte de receita dos modelos de negócio de produção de biogás a partir do uso de biodigestores.

Na transformação de passivo ambiental em um ativo energético ocorre inevitavelmente a imputação de um valor econômico atrelado a esse atributo socioambiental. Trata-se de um valor que atualmente não é captado nos leilões de energia, por exemplo, deixando ainda as tipologias de empreendimento que usam resíduos como combustível energético pouco competitivas em relação a outras fontes de energia.

Neste sentido, estimular a melhor gestão de resíduos no país e a ampliação da coleta e tratamento de esgoto são caracterizados como desafios, mas também como oportunidades, visto que a melhoria desses serviços poderia incorporar a geração de energia a partir de resíduos orgânicos gerando modelos de negócios sustentáveis e melhoramento de aspectos sociais, ambientais e econômicos para a sociedade brasileira.

Apesar de avanços no ambiente institucional, tais como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), linhas de financiamento que contemplam o aproveitamento energético de resíduos, projetos para obtenção de crédito de carbono e, mais recentemente, o novo marco do saneamento (Lei n. 14.026/2020), ainda há espaço para crescimento da geração de energia elétrica a partir de resíduos, especialmente no que se refere ao biogás.

Como o Brasil é um país agroexportador, destaca-se o potencial e os cobenefícios socioambientais do **aproveitamento energético de resíduos agropecuários e florestais**. Há uma diversidade de resíduos agropecuários que poderiam ser direcionados para geração de energia a partir do biogás, por exemplo. Os processos produtivos sempre promoveram a geração de uma imensa quantidade de resíduos que podem deixar de ser um problema e se tornar uma solução ambiental, social e econômica e ainda gerar energia mais limpa e renovável.

Especificamente na indústria sucroenergética, onde se concentra o maior potencial de geração de biogás no país (EPE, 2018a), a vinhaça é um resíduo importante devido aos grandes volumes gerados e seu manejo adequado evita a contaminação do meio físico. Atualmente grande parte da vinhaça é usada para fertirrigação. Entretanto, aproveitá-la por meio da biodigestão anaeróbica, para produção de biogás, se apresenta também como uma oportunidade ambiental, econômica e social. O potencial energético é tão considerável que já foi cunhado o termo “pré-sal caipira” para destacar sua relevância (BNDES, 2021).

Recentemente, uma planta, vencedora de um leilão de energia elétrica, começou a operar no interior de São Paulo e espera-se que ela estimule novos empreendimentos usando os mesmos substratos

para geração de biogás no país. Com a difusão de modelos de negócio que usem a torta de filtro e a vinhaça como substrato, estimula-se a lógica circular e evita-se impactos ambientais e o desperdício de ricos insumos energéticos.

Há também um potencial energético significativo a partir de biomassa residual oriunda de florestas, gerada nas atividades de manejo e processamento de madeira. O aproveitamento desse tipo de resíduo pode ser especialmente interessante para a região Amazônica, onde está a maior parte dos sistemas isolados que são basicamente atendidos por termelétricas a óleo diesel. Segundo a EPE (2018b), nesta região esse potencial atinge 2,5 GW. Além de substituir o combustível fóssil, há possibilidade de agregar valor e promover a atividade de manejo florestal sustentável.

Por fim, dada a sua natureza, os projetos de termelétricas renováveis são fortes candidatos para a **emissão de créditos de carbono**, dependendo do sistema de precificação a ser implementado. Além de evitar a emissão de GEE a partir de sua captação para geração energética, há possibilidade de remover carbono atmosférico a partir de plantios florestais (EPE, 2020). A criação de mercado de carbono vem sendo promovida por MME e EPE com base na Lei n. 14.120, de 1º de março de 2021, que em seu artigo 4º determina que o Poder Executivo federal definirá diretrizes para a implementação de mecanismos para a consideração dos benefícios ambientais no setor elétrico. A **emissão de certificados de energia renovável** é mais um mecanismo que pode ser uma oportunidade para UTEs renováveis. O I-REC Service é um sistema global projetado para contabilizar carbono. Uma empresa que deseja ser emitente de certificados de energia renovável (RECs) passa por uma auditoria documental pelo emissor local (cada REC equivale a 1MWh de energia gerada) (Instituto Totum, 2021).

É importante ressaltar também a existência de financiamentos específicos para apoio a investimentos em geração e distribuição local de energia renovável, no desenvolvimento tecnológico e na cadeia produtiva do setor de energias renováveis, tais como o Fundo Clima, gerido pelo BNDES.

O Quadro 13 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão termelétrica renovável no PDE 2031 e a conjuntura favorável para aproveitar as oportunidades identificadas.

Quadro 13 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão termelétrica renovável

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|---|---|
| Geração de energia a partir de RSU e efluentes domésticos | - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Portaria MME n. 10/2021 - Marco do Saneamento Básico - Lei n. 14.026/2020 |
| Aproveitamento energético de resíduos agropecuários e florestais | - Demanda crescente por fertilizante agrícola - Fundo Clima |
| Emissão de créditos de carbono e certificados de energia limpa | - Lei n. 14.120/2021, que prevê a definição de diretrizes para a consideração dos benefícios ambientais no setor elétrico, podendo incentivar a criação de um mercado de carbono regulado - Sistema de emissão de certificados de energia renovável (RECs) |

BOX 1 – UTES A RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

É importante ressaltar a diferença existente entre termelétricas a biomassa, como bagaço de cana e cavaco de madeira, e empreendimentos de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos. Enquanto o primeiro utiliza apenas resíduos orgânicos como combustível, empreendimentos de recuperação de RSU utilizam diferentes tipologias de resíduos, entre elas, itens não renováveis.

O aproveitamento energético de RSU pode seguir diferentes rotas tecnológicas, como a produção de biogás de aterro ou gás de lixo que ainda pode ser purificado para se transformar em biometano e servir como substituto do gás natural. A geração de eletricidade pode ser a partir da queima do biogás ou da incineração do RSU. Outra possibilidade é utilizar o calor gerado nos próprios processos.

Em 2019, foi estabelecida a Portaria Interministerial n. 274/2019 que disciplinou o uso de Usinas de Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos (URE), que são qualquer unidade dedicada ao tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com recuperação de energia térmica gerada pela combustão, com vistas à redução de volume e periculosidade, preferencialmente associada à geração de energia térmica ou elétrica. Essa tipologia inclui o tratamento por oxidação térmica e outros processos, tais como pirólise, gaseificação ou processos de plasma. No caso desta tecnologia, diferentes tipologias de resíduos (não apenas orgânicos) são utilizados para geração de energia. A portaria reconhece a importância desta tecnologia no tratamento de resíduos no país.

Recentemente, a Portaria MME n. 10/2021 que instituiu o Leilão de Energia Nova A-5 contemplou a participação de empreendimentos de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos.

Indicadores socioambientais da expansão termelétrica renovável

Do ponto de vista socioeconômico, deve-se observar a geração de emprego e renda com crescimento da economia local, especialmente quando projetos estruturantes são instalados em regiões pouco desenvolvidas, como no meio rural. Com a expansão prevista no decênio, estima-se a geração de aproximadamente 4.927 empregos diretos na construção de UTEs renováveis. A Tabela 12 apresenta os principais indicadores socioambientais da expansão de termelétricas renováveis.

Tabela 12 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica renovável

| Indicadores Socioeconômicos | |
|---|-------|
| Média de empregos diretos gerados na construção por potência (emprego/MW) | 4,4 |
| Total de empregos diretos gerados na construção | 4.927 |

Nota: Cálculo dos empregos baseado no somatório das previsões informadas em estudos ambientais e outros documentos apresentados nos Leilões de Energia Elétrica do Ambiente de Contratação Regulada – ACR. O conjunto considerado foram os empreendimentos contratados e o indicativo do horizonte decenal do PDE 2031.

4.5 Eólicas

Benefícios das eólicas

- A energia eólica é **renovável**.
- **Não emite gases poluentes e de efeito estufa** em seu processo de geração de energia.
- **Permite que os terrenos dos parques eólicos tenham outros usos**, tais como a agricultura e a pecuária.
- Gera **empregos diretos**¹, especialmente durante a construção. Há efeitos positivos também sobre os **empregos indiretos** e sobre empresas pequenas e médias, efeitos que podem durar até dois anos após a implantação de parques eólicos nos municípios, trazendo maior **dinamismo à economia** local. Além disso, já foi demonstrado incremento significativo, de cerca de 20%, no PIB (entre 1997 e 2017) e no IDH-M (entre 2000 e 2010) nos municípios com parques eólicos em relação a municípios sem parques do mesmo estado, ou seja, **evolução no orçamento municipal e nas condições de saúde, educação e renda** impulsionados pela presença dos parques².
- Apesar de possuir um perfil de geração variável, a exploração da energia eólica no Brasil tem contribuído de forma relevante para a **segurança operativa do SIN**, na medida em que sua geração reduz a necessidade de uso dos reservatórios hídricos e de acionamento de usinas térmicas nos períodos de hidrologia desfavorável.

As usinas eólicas, em especial aquelas localizadas na região Nordeste, proporcionam **complementariedade com a geração hidráulica**, devido às condições favoráveis de geração de energia no período considerado seco para o SIN.

¹Os empregos da cadeia eólica estão em sua maioria na região Nordeste e poderão alcançar 85% da O&M e 60% da fabricação nessa região. Nota-se um perfil técnico dos empregados da cadeia, com 60% com nível médio de formação, o que demonstra a importância do ensino técnico. As mulheres representam pelo menos 20% dos empregos da cadeia eólica, com participação crescente (Cognitio/GIZ, 2020). Também se observa aumento da massa salarial nos setores de construção, transporte e logística (Rodrigues *et al.*, 2019).

²Simas e Paca (2014); Gonçalves *et al.* (2020); GO Associados (2020).

Parque eólico atual

Trata-se da fonte que mais tem crescido no Brasil, alcançando o patamar de terceira maior fonte geradora de energia na matriz elétrica brasileira. Esse crescimento reflete a participação da fonte em 23 leilões de energia entre os anos de 2009 e 2020. Atualmente o país dispõe de 801 parques eólicos em operação distribuídos em 113 municípios localizados, predominantemente, nas regiões Nordeste (87%) e Sul (12%) do país, totalizando **21.113 MW de potência instalada** (ANEEL, 2021).

Expansão eólica nos próximos 10 anos

A expansão eólica no PDE 2031 é relativa somente a projetos *onshore* e prevê-se a **inserção de 10.689 MW** adicionais de potência, havendo expansão contratada até o ano de 2025. Para o primeiro ciclo do horizonte decenal, está prevista a instalação de **183 novos parques eólicos**, que adicionarão 6.345 MW ao sistema. Destaca-



se que toda a potência contratada está concentrada em parques localizados nos estados da região Nordeste. Entre 2028 e 2031 está prevista ainda **expansão indicativa de 4.344 MW também no subsistema Nordeste**. A Figura 15 apresenta a localização dos parques eólicos contratados no horizonte decenal, assim como a representação das áreas com previsão da expansão indicativa.



Figura 15 – Localização da expansão eólica no PDE 2031

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão eólica

Inicialmente é importante destacar que as principais questões ambientais associadas a projetos eólicos estão normatizadas pela Resolução Conama n. 462/2014, conferindo maior previsibilidade ao licenciamento ambiental desses empreendimentos. O cumprimento das especificações trazidas por essa normativa, tanto pelos órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento, como por parte dos empreendedores, possui potencial para reduzir os impactos ambientais causados por esses projetos, além de apontar para os principais desafios relacionados a sua gestão ambiental. Portanto, a aplicação prática dessa resolução deve ser continuamente incentivada.

Apresentam-se, a seguir, as principais interferências associadas à fonte eólica e as medidas mitigadoras adotadas. O levantamento das medidas mitigadoras foi realizado com base nas condicionantes de licenças ambientais emitidas por órgãos ambientais da região Nordeste para parques eólicos cadastrados nos leilões de energia em 2019, 2020 e 2021.

As interferências sobre a avifauna estão entre as principais preocupações ambientais associadas a parques eólicos. Os processos impactantes incluem a alteração e perda de habitat, o efeito barreira e o risco de colisões. A tendência do aumento da altura das torres e do diâmetro dos rotores, que vem sendo observada para os aerogeradores (Tolmasquim, 2016), deve implicar na elevação do risco de colisão (ICMBio, 2020). Destaca-se que alguns parques eólicos que fazem parte da expansão contratada serão

instalados no litoral e no interior da região Nordeste, podendo coincidir com rotas migratórias regulares de aves (Rota Atlântica e Rota Nordeste, respectivamente) (ICMBio, 2020). Além do aumento das dimensões dos aerogeradores, também tem havido uma tendência de instalação de parques em serras (Oliveira, 2021), o que demanda maior cuidado em definir a disposição dos aerogeradores, para minimizar o risco de colisão (ICMBio, 2020).

A incidência de morte por barotrauma em morcegos, particularmente sobre as espécies que capturam seu alimento (p.ex., insetos) durante o voo e daquelas que possuem hábitos migratórios, também é um dos impactos comumente relatados para parques eólicos. Para a região Nordeste, a principal preocupação é com a carência de dados de distribuição das espécies de morcegos (Bernard *et al.*, 2014), especialmente em áreas onde há expansão contratada prevista, como no interior da Bahia e do Piauí. Outra preocupação é que o licenciamento estadual necessita de diretrizes mais robustas para uma avaliação de impactos mais adequada sobre os morcegos (Barros, 2019).

Devido à **interferência na fauna**, o tema **Biodiversidade** foi destacado para a expansão eólica na região Nordeste. Pôde-se observar que os órgãos ambientais brasileiros, em geral, solicitam que sejam realizados programas de monitoramento e resgate de fauna durante a operação dos parques eólicos. Alguns órgãos solicitam ainda que sejam feitos levantamentos de espécies previamente à instalação, além de distanciamento entre aerogeradores e locais de relevância para a fauna.

A supressão de vegetação nativa é uma questão importante quando se trata de projetos eólicos, especialmente por conta da necessidade de abertura de estradas na fase de instalação desses empreendimentos, assim como para a construção de vias de acesso entre os aerogeradores. Na região Nordeste, esta questão se torna ainda mais delicada devido às possíveis interferências diretas sobre as diferentes fisionomias vegetais encontradas na região, além da instalação de projetos eólicos em unidades de conservação de uso sustentável. As condicionantes das licenças ambientais frequentemente exigem o resgate de flora, o controle do desmatamento durante a instalação (buscando respeitar as áreas de preservação permanente) e a condução de Programas de Recuperação de Áreas Degradadas e de Reposição Florestal. A perda de habitat para espécies da fauna com a supressão da vegetação é abordada pelas condicionantes supramencionadas com propostas de Planos de conservação direcionados a espécies raras, endêmicas, ameaçadas ou de interesse cultural (como a *Zenaida auriculata*, avoante).

Tomando como referência o cenário de expansão contratada para a fonte eólica, observa-se que a maior parte da expansão ocorrerá em regiões do semiárido nordestino, locais predominantemente formados por vegetação xerófila típica da Caatinga, bioma rico em biodiversidade e ameaçado pelo desmatamento (MMA, 2020). Além disso, convém destacar que alguns parques eólicos serão instalados em áreas de Mata Atlântica, fato que requer atenção especial quando da realização de supressão de vegetação nativa por conta da existência de legislação específica sobre o tema (Lei n. 11.428/2006). Nesse sentido, também destacam-se as interferências **perda e alteração de habitat** e **interferência em UC** igualmente associadas ao tema **Biodiversidade**.

Impactos visuais sobre a paisagem são comumente descritos nos estudos ambientais de empreendimentos eólicos, sendo comum encontrar diferentes percepções quanto à sua natureza (positiva ou negativa) (Espécie *et al.*, 2018). Esse tipo de impacto obtém dimensão adicional se os locais onde os projetos eólicos forem instalados representarem cenários de notável beleza cênica ou possuírem vocação natural para atividades de turismo e lazer. Dessa forma, o **impacto visual na paisagem** sobre o tema **Paisagem** foi considerado relevante para o Nordeste brasileiro devido à previsão de projetos para a região de chapada do interior do estado da Bahia, no âmbito da expansão contratada para a fonte, onde está localizado o relevante ponto turístico do Parque Nacional da Chapada Diamantina. Condicionantes associadas à mitigação desse impacto foram pouco frequentes nas licenças pesquisadas. Nos casos verificados, foi estabelecida vedação de instalação dos aerogeradores, e demais obras de infraestrutura, sobre dunas, em banhados, nas proximidades de praias e em outras áreas consideradas de interesse.

Nos últimos anos, vem sendo levantadas preocupações com as interferências da implantação dos empreendimentos eólicos nos **modos de vida de comunidades locais**. Dentre as situações que merecem




destaque está a do impedimento do acesso e uso de áreas que, antes da implantação dos parques, eram utilizadas pela população local em sua busca de recursos para subsistência e lazer. Nas faixas litorâneas do Nordeste, alguns estudos apontam que pescadores artesanais tiveram suas atividades prejudicadas por restrições aos acessos que, anteriormente, eram utilizados como caminho à praia (Silva, 2014; Araújo, 2015; Gê *et al.*, 2019). Gorayeb *et al.* (2016) indicam que essa dificuldade também vem sendo observada no acesso às lagoas interdunares que, por terem sido parcialmente aterradas, deixaram de ser os locais preferenciais de pesca dos moradores dessas comunidades nos meses em que a pescaria em alto mar não poderia ser realizada. Processo semelhante também tem sido observado no interior do Nordeste, onde já houve registro do surgimento de conflitos por conta da implantação de parques eólicos em terras devolutas do norte da Bahia que passaram a ser ocupadas e cercadas, algumas vezes por grileiros, para seu posterior arrendamento (Bastos, 2017). Tal ocorrência tem causado o impedimento do acesso dos moradores da região às áreas antes utilizadas para a atividade agropastoril, coleta de frutos e lenha, além do acesso à água.

Brannstrom *et al.* (2017) alertam que impactos diretos e de restrição de acesso a ambientes ou recursos naturais utilizados por comunidades locais tendem a criar conflitos que podem se transformar em desafio político mais amplo para o desenvolvimento contínuo da energia eólica. Dentre os 183 projetos eólicos que fazem parte da expansão contratada, a maior parte será instalada em municípios do interior da Bahia (75 parques) e no Rio Grande do Norte (67 parques), estados que já possuem parques eólicos em operação, alguns deles em locais onde já houve registro de conflitos como os citados nos parágrafos anteriores. Também são observados novos projetos eólicos para municípios nos estados da Paraíba, Pernambuco, Ceará e Piauí. Por conta de possíveis interferências na dinâmica territorial e nos modos de vida de populações locais o tema **Organização Territorial** também foi considerado relevante para a expansão eólica neste ciclo.

Para mitigação dos impactos nos aspectos socioeconômicos, as condicionantes de licença exigem Programas de Comunicação Social e de Educação Ambiental. Menos frequentemente, também são solicitados Programas de Responsabilidade Social que podem tratar, por exemplo, da capacitação de mão-de-obra local, da garantia de acesso a locais relevantes para as comunidades, além de apoio a arranjos produtivos locais e parcerias público-privadas que visem a preparação da municipalidade para lidar com aumento populacional relacionado à chegada dos novos projetos. Ações de responsabilidade social também são desenvolvidas por iniciativa das empresas, como descritos no item a seguir (Desafios, iniciativas e recomendações).




A geração de ruído (durante as obras e na operação) e sombreamento são interferências abordadas por alguns órgãos ambientais por meio da solicitação de distanciamento entre os aerogeradores e residências ou de edificações de permanência prolongada (unidades de saúde e escolas) e de programas de controle e monitoramento de ruído. A poluição sonora continua sendo apontada como um dos impactos locais dessa tipologia de empreendimento (Confessor *et al.*, 2019), apesar de toda evolução observada na tecnologia e *design* dos motores ao longo do tempo (Sacramento *et al.*, 2013). Embora o atendimento à Resolução Conama n. 462/2014 tenda a evitar ou minimizar essa interferência, posto que estabelece e detalha os índices de ruído para empreendimentos instalados a menos de 400 m de distância de residências, o setor deve buscar novas estratégias para a mitigação desse impacto, visando estabelecer o conforto acústico das comunidades localizadas no entorno de parques eólicos, já que o ruído emitido pelas turbinas pode se propagar para além da distância estabelecida (Rodriguez, 2019). Portanto, sugere-se um contínuo aprimoramento tecnológico e do planejamento na alocação dos parques, tendo em vista evitar a poluição sonora.

Tabela 13 - Síntese da análise socioambiental das usinas eólicas do PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|--------|----------------------------|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Eólica | não há projetos planejados |  Biodiversidade  Org. territorial  Paisagem | não há projetos planejados | não há projetos planejados | não há projetos planejados |

O Quadro 14 resume as principais interferências relacionadas à expansão eólica no PDE 2031; os temas socioambientais associados a essas interferências, conforme metodologia da análise socioambiental integrada; a justificativa pela inserção da interferência na região na qual está prevista a expansão e, por último, as medidas mitigadoras relacionadas às interferências listadas. Para esta fonte, as medidas mitigadoras listadas foram baseadas nas condicionantes de licenças ambientais emitidas para parques eólicos cadastrados nos Leilões de energia realizados em 2019.

Quadro 14 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão eólica

| Interferência | Tema | Região e justificativa | Medidas mitigadoras |
|---|--|--|---|
| interferência na fauna perda e alteração de habitat interferência em UC | Biodiversidade  | NE: interferência sobre a fauna alada e vegetação nativa, no litoral e interior | Programas de Monitoramento Programas de Recuperação de Áreas Degradadas e de Reposição Florestal |
| impacto visual na paisagem | Paisagem  | NE: interferência sobre locais com potencial turístico | Vedação da implantação em áreas de interesse |
| alteração do modo de vida das comunidades locais | Organização territorial  | NE: restrição de acesso a ambientes ou recursos naturais, no interior e no litoral | Comunicação Social e Educação Ambiental |

Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão eólica

Aprofundar o conhecimento relacionado às espécies de aves e morcegos que habitam a região dos empreendimentos eólicos, desde a etapa do planejamento, deve ser incentivado como forma de subsidiar a adoção das medidas mais adequadas para evitar, mitigar e compensar os impactos comumente relacionados a esses projetos. Dentre as estratégias adotadas no contexto internacional, têm-se: (i) a instalação de radar para rastreamento de bandos de aves migratórias, a fim de permitir paradas programadas dos aerogeradores (Strix, 2022); (ii) o uso de ultrassom para afastar morcegos do entorno dos parques eólicos; e (iii) a redução da velocidade das turbinas nos horários de maior atividade de morcegos (Berthinussen *et al.* 2019). Para empreendimentos no sul do Brasil, Falavigna *et al.* (2017), baseada nas características das espécies presentes na região, desenvolveu um índice de risco de colisão das aves que pode orientar medidas mitigadoras. Recomenda-se aos órgãos estaduais de meio ambiente que seja observada a Resolução Conama n. 462 (Brasil, 2014), que propõe que sejam realizados EIA para parques eólicos localizados em ambientes sensíveis, de modo a melhorar o dimensionamento dos impactos e, conseqüentemente, a proposição de medidas de controle, mitigação e compensação. Além disso, é fundamental monitorar carcaças encontradas em sua fase de operação e a partir de protocolos estabelecidos com universidades ou institutos de pesquisa. A minimização da supressão da vegetação nativa tem sido a preocupação de algumas empresas na instalação de parques no Nordeste (Neoenergia,

2019). No entanto, a expansão da fonte, somada aos parques eólicos já existentes, tem despertado a atenção sobre os possíveis efeitos cumulativos e sinérgicos na perda do habitat utilizado para nidificação pela avoante (*Zenaida auriculata* - espécie de ave migratória), em decorrência da supressão de vegetação provocada pela concentração de parques eólicos no semiárido do Rio Grande do Norte (Santos e Miller, 2018). A baixa capacidade de regeneração da vegetação xerófila, quando comparada aos demais tipos vegetacionais, é fator que amplia os desafios relacionados à gestão ambiental dos impactos causados por projetos eólicos instalados nessas localidades. Quanto à cumulatividade, é recomendável aprimorar os estudos de licenciamento para que não negligenciem esse atributo de impacto ambiental (Espécie *et al.*, 2018). A elaboração de estudos regionais que avaliem as eventuais cumulatividades e sinergias entre os projetos, também é recomendada. Essas preocupações compõem o desafio de **compatibilizar a geração de energia com a conservação da biodiversidade**, ao qual o setor eólico responde com as iniciativas mencionadas anteriormente.

Em relação ao desafio da **responsabilidade social** que se impõe ao setor, os empreendedores devem estar atentos e promover o estabelecimento de boas práticas de coexistência entre o empreendimento e as comunidades locais, passando pela questão da franquia do acesso a recursos naturais para subsistência e lazer da comunidade local, assim como questões do ruído produzido pelos aerogeradores e do acesso ao serviço de eletrificação (Meireles *et al.* 2013). Nesse sentido, o desenvolvimento de estratégias de comunicação e participação social que ocorram desde as etapas iniciais do planejamento dos projetos e que promovam a participação ativa das comunidades locais deve ser percebido como forma de reduzir assimetrias de poder e de promover relações transparentes entre empreendedores e a população local, especialmente nos municípios que já possuem algum parque eólico em operação (Pereira *et al.* 2019). Como exemplo pode ser citada a iniciativa de estabelecimento de um Plano de Comunicação com a comunidade, desde as etapas iniciais do projeto, em prol do engajamento das partes interessadas visando o desenvolvimento participativo de programas e projetos sociais relacionados ao empreendimento que contemplem as principais demandas das comunidades e onde estejam previstos, inclusive, ajustes na disposição dos aerogeradores para minimizar interferências sobre a comunidade (Mazzola e Marques, 2017). Também é interessante mencionar a promoção da gestão social dos empreendimentos por meio da avaliação da sua aceitação pelas comunidades de entorno, o que fornece subsídio para a elaboração de planos de relacionamento que sejam mais adequados à realidade local (Viana & Costa, 2019).

Nos últimos anos, empresas do setor eólico têm investido em programas socioambientais que levem benefícios para as comunidades que vivem no entorno desses projetos e que vão além das medidas exigidas no licenciamento ambiental (como exemplos: Renova Energia 2013, Casa dos Ventos 2016, Engie 2018 e Votorantim 2019 – Relatórios de sustentabilidade). Experiências bem sucedidas relativas à implementação desses programas estão, normalmente, relacionadas ao delineamento de ações efetivas de engajamento das partes interessadas, tais como moradores das comunidades locais e representantes governamentais, desde a sua concepção até a sua implementação e monitoramento (Culhari e Serejo, 2018). Um exemplo prático é o programa de reflorestamento da Rio Energy que utiliza espécies nativas da Caatinga, objetiva saldo positivo de área reflorestada em relação à vegetação suprimida e que envolve as comunidades locais, gerando emprego e renda (Meireles, 2021). Além das iniciativas na escala de projeto, a elaboração de estudos estratégicos em escala regional e iniciativas coordenadas entre empreendedores que atuem na mesma região, podem otimizar o processo de diálogo com as comunidades locais, diálogo que é, normalmente, pulverizado no âmbito de cada empreendimento.

Há ainda mecanismos financeiros que estimulam as empresas a desenvolverem projetos sustentáveis e alinhados a políticas públicas de geração de emprego e renda, e de educação e saúde. Tais projetos se desenvolvem além das obrigações legais (condicionantes de licenciamento ambiental). O financiamento concedido pelo BNDES para a implantação de projetos eólicos possibilita acesso a recursos financeiros do Subcrédito Social, que resulta em um grande número de beneficiários indiretos desses projetos (BNDES, 2018). Um exemplo de programa social que utilizou essa linha de financiamento foi desenvolvido por empreendedores de parques eólicos implantados em municípios do RN e BA que, em parceria com o Sebrae, promoveram ações de capacitação e de estímulo ao empreendedorismo e à

difusão das tecnologias sociais de produção e gestão de boas práticas no âmbito da agricultura familiar (EDP, 2019). Também pode ser citada a utilização dessa linha de financiamento para projetos de saneamento rural associado a quintais produtivos em comunidades rurais do Rio Grande do Norte (Cubek & Koga, 2019).

Adicionalmente, tem-se observado, como tendência, a incorporação de políticas de salvaguardas socioambientais e de sustentabilidade, comumente difundidas por alguns bancos que participam do financiamento de projetos eólicos no Brasil. A adoção de tais políticas, no decorrer do desenvolvimento de determinados empreendimentos eólicos, tem possibilitado não somente a ampliação das formas de mitigação dos impactos ambientais por eles causados, mas também a redução de riscos para o empreendedor (p.ex., de atrasos no cronograma das obras, resultando em eventuais multas ao projeto).

A regularização fundiária poderia evitar novos conflitos e minimizar os pré-existentes e que se agravam com a chegada dos parques eólicos em municípios do Nordeste. Uma recente iniciativa nesse sentido foi a publicação da Instrução Normativa Conjunta SDE/SDR/CDA/PGE 01/2020 do estado da Bahia que estabelece o “procedimento de regularização fundiária em terras devolutas estaduais com potencial de geração de energia eólica”, dando preferência aos ocupantes, incluindo as comunidades tradicionais de fundos e fechos de pastos, e às comunidades tradicionais remanescentes de quilombos.



A interferência na paisagem, em especial os efeitos cumulativos de vários empreendimentos numa mesma região, é uma questão pouco abordada pelos órgãos ambientais e nas discussões das questões socioambientais que permeiam o setor. Convém destacar iniciativas governamentais relacionadas à gestão territorial instituídas no Brasil com o intuito de evitar o impacto visual causado por parques eólicos e os eventuais empecilhos à expansão turística em áreas costeiras. Como exemplo, tem-se a iniciativa do município de São Miguel do Gostoso, localizado no Rio Grande do Norte, que sancionou a Lei Municipal n. 255/2014, que limita em 2 km, a partir da linha preamar, a distância para implantação de aerogeradores e outras estruturas com altura superior a 50 metros de altura (Larissa, 2014). A medida permanece válida até que venha a ser realizado o Plano de Zoneamento Ecológico-Econômico do município. Outra iniciativa que merece destaque, tem sido a realização de análises de intervisibilidade para projetos eólicos no âmbito do licenciamento ambiental praticado no Brasil, que possui potencial de fornecer subsídios para a avaliação do impacto causado por esses projetos principalmente em áreas que possuem vocação turística (Lactec, 2014; Siefert e Santos, 2016). Além de favorecer a proposição de formas adequadas para a mitigação do impacto, o uso dessa ferramenta pode auxiliar na comunicação sobre os impactos causados pelo projeto entre os empreendedores e as demais partes interessadas. É recomendada a elaboração de estudos que contemplem o impacto que a inserção de empreendimentos eólicos possa gerar sobre o turismo e sobre o valor cultural dos elementos da paisagem, para subsidiar o melhor layout para cada empreendimento e para o conjunto de parques eólicos em uma região, bem como para medidas mitigadoras ou compensatórias, de modo a **minimizar efeitos cumulativos sobre a paisagem**.

Outro desafio que se apresenta é de **ampliar a capacidade de empregar mão de obra local na cadeia eólica**, cujo perfil é predominantemente técnico. Nesse sentido, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai) tem promovido iniciativas de capacitação no setor eólico, notadamente nos estados da Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte (SENAI, 2021 a, b e c).

Recentemente, todas essas ações promovidas pelos agentes em prol do meio ambiente, da sociedade e da governança têm sido referidas como “iniciativas ASG” (*Ambiental, Social e Governança*), especialmente no contexto da discussão da transição energética.

O Quadro 15 resume os principais desafios relacionados a expansão eólica no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

Quadro 15 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão eólica

| Desafio | Iniciativas | Recomendações |
|---|---|---|
| <p>Compatibilizar a geração de energia com a conservação da Biodiversidade</p>  | <p>Rastreamento de bandos por radar e paradas programadas; uso de ultrassom para afastar morcegos da área do parque; redução da velocidade das turbinas nos horários de maior atividade de morcegos; levantamento da avifauna no entorno do parque e classificação das espécies quanto ao risco de colisão; minimizar supressão de vegetação na instalação</p> | <p>Aprimorar os estudos de licenciamento para que não negligenciem a cumulatividade de impactos; elaboração de estudos regionais que avaliem as eventuais cumulatividades e sinergias entre os projetos</p> |
| <p>Compatibilizar a geração de energia com a responsabilidade social</p> | <p>Plano de comunicação e desenvolvimento participativo de programas e projetos sociais; promoção da gestão social dos empreendimentos; programas socioambientais para além das condicionantes de licenciamento ambiental; Subcrédito Social do BNDES; políticas de salvaguardas socioambientais e de sustentabilidade como critérios para financiamento; regularização fundiária</p> | <p>Elaborar estudos estratégicos em escala regional e promover iniciativas coordenadas entre empreendedores que atuem na mesma região para otimizar o processo de diálogo com as comunidades locais</p> |
| <p>Minimizar efeitos cumulativos sobre a paisagem</p>  | <p>Iniciativas governamentais relacionadas à gestão territorial; análises de intervisibilidade</p> | <p>Estudos ambientais que contemplem o impacto sobre o turismo e sobre o valor cultural dos elementos da paisagem, para subsidiar o melhor layout para cada empreendimento e para o conjunto de parques eólicos em uma região</p> |
| <p>Ampliar a capacidade de empregar mão de obra local na cadeia eólica</p> | <p>Iniciativas de capacitação do SENAI</p> | |

Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão eólica

Foram vislumbradas três oportunidades socioambientais associadas à expansão eólica prevista para o decênio: **geração de empregos na gestão de resíduos do descomissionamento**; **emissão de créditos de carbono e certificados de energia limpa**; e a **realização de programas de reflorestamento coordenados**.

Entre 2026 e 2031, prevê-se o descomissionamento de 1GW de potência e, com isso, a geração de resíduos necessitará de gestão adequada. Apesar de haver um desafio associado aos **resíduos** gerados, principalmente no que concerne às pás dos aerogeradores, o **descomissionamento** se configura como um nicho de mercado que poderá ser aproveitado, com geração de empregos. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, em seu artigo 9º, estabelece diretriz da seguinte ordem de prioridade para destinação dos resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento, disposição final adequada de rejeitos (Brasil, 2010). Adicionalmente, a nota técnica EPE “Empreendimentos eólicos ao fim da vida útil: Situação Atual e Alternativas Futuras”, traz recomendações para a destinação adequada de resíduos, seja na repotenciação ou no descomissionamento (EPE, 2021a).

O fato de a geração eólica não emitir gases de efeito estufa induziu a implementação de mecanismos financeiros que permitem o reconhecimento desse benefício. A **emissão de certificados de energia renovável** é um desses mecanismos. O I-REC Service é um sistema global de rastreamento de atributos ambientais de energia projetado para facilitar a contabilidade confiável de carbono. Uma empresa que deseja ser emitente de certificados de energia renovável (RECs) passa por uma auditoria documental pelo emissor local (cada REC equivale a 1MWh de energia gerada) (Instituto Totum, 2021). Outro mecanismo é a criação de **mercado de carbono**, discussão que vem sendo promovida por MME e EPE (EPE, 2021b) com base na Lei n. 14.120, de 1º de março de 2021, que em seu artigo 4º determina que o Poder Executivo

federal definirá diretrizes para a implementação de mecanismos para a consideração dos benefícios ambientais no setor elétrico. Esse mercado beneficiaria a fonte eólica como emissora de créditos de carbono.

Programas de reflorestamento coordenados entre empreendimentos na mesma região trariam ganho de escala financeira (custos de implementação) e ambiental (criar corredores ou remanescentes maiores de vegetação nativa). A Resolução Conama 462/2014, em seu Anexo 1, item 7, estabelece: “Os impactos serão avaliados considerando as áreas de influência definidas. Na avaliação dos impactos sinérgicos e cumulativos deverão ser considerados os usos socioeconômicos existentes nas áreas de influência direta e indireta, de forma a possibilitar o planejamento e integração efetiva das medidas mitigadoras”. Importante notar que alguns órgãos ambientais já trazem a preocupação com a paisagem ecológica nas condicionantes de licença, por exemplo, ao solicitar um plano de conectividade entre os elementos da paisagem ou ao indicar que a reserva legal do empreendimento deva ser contígua à de empreendimentos vizinhos ou de área de preservação permanente.

O Quadro 16 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão eólica no PDE 2031 e à conjuntura favorável para aproveitar as oportunidades identificadas.

Quadro 16 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão eólica

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|--|--|
| Geração de empregos e benefícios na gestão e aproveitamento dos resíduos gerados no descomissionamento / repotenciação de parques | <ul style="list-style-type: none"> - Política Nacional dos Resíduos Sólidos - Nota técnica EPE “Empreendimentos eólicos ao fim da vida útil: Situação Atual e Alternativas Futuras”, com recomendações para a destinação adequada de resíduos |
| Emissão de créditos de carbono e certificados de energia limpa | <ul style="list-style-type: none"> - Lei n. 14.120/2021, que prevê a definição de diretrizes para a consideração dos benefícios ambientais no setor elétrico, podendo incentivar a criação de um mercado de carbono regulado - Sistema de emissão de certificados de energia renovável (RECs) |
| Programas de reflorestamento integrados entre empreendimentos na mesma região | <ul style="list-style-type: none"> - Resolução Conama 462/2014, Anexo 1, item 7, indica que a avaliação dos impactos sinérgicos e cumulativos deverá considerar os usos socioeconômicos existentes nas áreas de influência direta e indireta, de forma a possibilitar o planejamento e integração efetiva das medidas mitigadoras - Há condicionantes de licenças que trazem a preocupação com a conectividade na paisagem ecológica |

BOX 2 – EÓLICA OFFSHORE

Neste PDE 2031, a discussão a respeito do hidrogênio mereceu destaque com um Capítulo específico e o hidrogênio verde potencialmente será viabilizado no Brasil pelo desenvolvimento da fonte eólica *offshore*, que, por sua vez, foi fonte candidata à expansão da matriz elétrica, apesar de não ter sido selecionada, devido aos seus custos ainda elevados.

Observam-se, nos últimos dois anos, esforços de estudos e análises da eólica *offshore*, no sentido de entender seus desafios e oportunidades. O Roadmap Eólica *Offshore* Brasil (EPE, 2020) apontou potencial de cerca de 700GW, além de ter indicado desafios regulatórios e perspectivas.

No que concerne aos aspectos socioambientais, o Ibama elaborou um estudo de *benchmarking* e o TR padrão para o licenciamento ambiental dessa tipologia, a qual já se apresenta na forma de 23 processos de licenciamento (até 01/09/21 – Ibama 2021).

O Ibama indica a importância de se considerar os usos múltiplos do espaço marinho no licenciamento, de forma a evitar/dirimir conflitos, o que pode onerar o processo enquanto não houver ordenamento desse território. Nesse sentido, vale ressaltar que a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) vem desenvolvendo o Planejamento Espacial Marinho (PEM) (CIRM, 2021).

Indicadores socioambientais da expansão eólica

Os principais indicadores socioambientais da geração eólica selecionados foram: área ocupada pelos parques eólicos, sobreposição com áreas legalmente protegidas e número de vagas de empregos diretos gerados (Tabela 14). Para a área ocupada, foi utilizado o cálculo proposto por GO Associados (2020): $[0,064 \times (\text{potência instalada} \times 8,3)]$, para aerogeradores com 1,5 MW de potência ou valor superior.

Dos 183 parques eólicos previstos nos primeiros anos do horizonte decenal, dois irão interferir em uma Unidades de Conservação (UC) de uso sustentável, a Área de Proteção Ambiental (APA) Lago do So Bradinho, na Bahia. Não há previsão de sobreposição com UC de proteção integral, Terras Indígenas ou Terras Quilombolas.

Para estimar o total de empregos gerados, foram obtidos os números de empregos a serem gerados na fase de construção declarados nos estudos ambientais dos complexos eólicos vencedores de Leilões de Energia entre 2009 e 2021. A partir desse levantamento, chegou-se ao índice médio de 6,15 empregos/MW de potência planejada. Estima-se que, com isso, serão gerados cerca de 66 mil empregos diretos no horizonte decenal.

Tabela 14 – Indicadores socioambientais da expansão eólica

| Indicadores Ambientais | |
|---|---------------------------------|
| Área total dos parques eólicos (km ²) | 56,78 |
| Número de parques eólicos com interferência em UC de uso sustentável* | 2 dentre os 183 parques eólicos |
| Número de parques eólicos com interferência em UC de proteção integral* | Nenhum dos 183 parques eólicos |
| Indicadores Socioeconômicos | |
| Número de parques eólicos com interferência direta em TI ou TQ* | Nenhum dos 183 parques eólicos |
| Empregos diretos (empregados/MW) | 6,5 |
| Empregos diretos gerados na construção | 66 mil |

Nota: *Indicadores referentes aos parques que compõem a expansão contratada, calculados com base em: MMA (2020), Funai (2020) e Incra (2020).

4.6 Usinas Solares Fotovoltaicas

Benefícios das usinas solares fotovoltaicas

- Na geração fotovoltaica, a radiação solar é convertida diretamente em eletricidade. Durante a fase de operação das usinas, a **utilização de fonte de energia renovável, abundante e gratuita** permite que sejam evitados custos e impactos socioambientais relacionados à obtenção de combustíveis, não sendo necessário também o gerenciamento de recursos energéticos escassos.
- Ainda que a irradiação solar seja um fator relevante para a localização das usinas, sua implantação apresenta **flexibilidade locacional**. Essa característica permite a seleção de áreas de menor sensibilidade socioambiental, como por exemplo, terrenos antropizados ou locais degradados.
- Os sistemas de geração fotovoltaica utilizam **tecnologia modular**, sendo possível a construção de usinas com arranjos diferenciados, como por exemplo, instalações flutuantes. O desenvolvimento de projetos adaptados ao contexto local pode favorecer a minimização de interferências socioambientais. A tecnologia modular possibilita ainda a Geração Distribuída (GD) de energia (Box 2) e a hibridização com outras fontes, com o aproveitamento de instalações elétricas já existentes.
- Após implantadas, as usinas fotovoltaicas possuem baixo potencial de impacto socioambiental e durante a operação **não há emissão de poluentes e gases de efeito estufa**.
- A instalação das usinas fotovoltaicas demanda **tempo reduzido de instalação**, contribuindo para que as interferências socioambientais decorrentes das obras civis sejam minimizadas.
- A **geração de empregos** pode ter abrangência tanto local (fase de construção, principalmente) quanto nacional, considerando toda a cadeia de valor fotovoltaica (compreende fabricantes e fornecedores de bens, além de todos os serviços relacionados ao segmento).
- O incremento na arrecadação de tributos, o aumento na demanda por produtos e serviços e o arrendamento ou aquisição de terras têm o potencial de proporcionar **dinamização socioeconômica regional**, principalmente em locais de menor renda per capita, onde o recurso solar pode atingir elevados níveis de rendimento energético, como, por exemplo, no semiárido brasileiro (INPE, 2017).

Parque solar fotovoltaico de geração centralizada atual

O parque solar fotovoltaico existente é composto por 132 UFVs em operação¹⁸ totalizando cerca de **4,6 GW de potência outorgada** (ANEEL, 2021).

A maior parte das UFVs existentes (cerca de 71%) situa-se na região Nordeste do país, enquanto as demais estão localizadas na região Sudeste, com exceção de uma UFV situada no Norte.



¹⁸Considera somente unidades geradoras com tipo de atuação classificado pela Aneel como "Autorização" e UFVs consideradas no PDE com entrada em operação prevista para o ano de 2021.

Expansão fotovoltaica de geração centralizada nos próximos 10 anos

Para este decênio, que incorpora os impactos decorrentes da pandemia do Covid-19, é previsto incremento (em capacidade instalada) de **5.813 MW de usinas fotovoltaicas**. Na expansão contratada (2022-2026), prevê-se a entrada de cerca de **3.113 MW** de potência, distribuídos em **92** empreendimentos. Já para a expansão indicativa, estão previstos **2.700 MW**, com Usinas Fotovoltaicas (UFVs) localizadas, exclusivamente, no subsistema Sudeste/Centro-Oeste.

As unidades previstas para a primeira metade do decênio (UFVs contratadas) estão localizadas em maior parte no Nordeste do Brasil (56%), enquanto as demais se situam no Sudeste (Figura 16). De forma geral, os empreendimentos se localizam na região do semiárido brasileiro, geralmente em locais afastados dos grandes núcleos urbanos. A média de população dos municípios onde serão construídas as UFVs contratadas é de cerca de 40 mil habitantes¹⁹, sendo que as instalações se localizam majoritariamente no meio rural, próximo a cidades de pequeno porte.

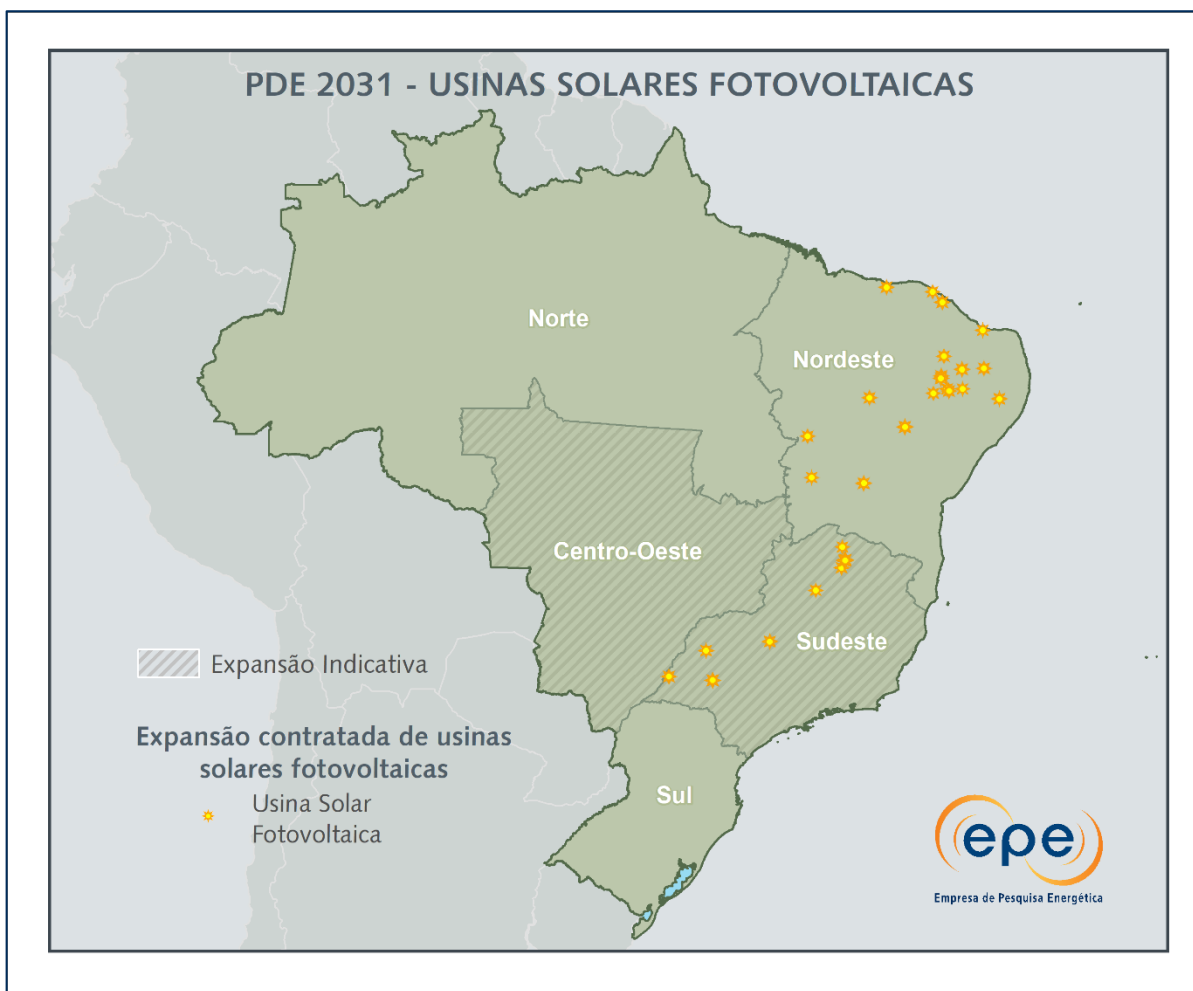


Figura 16 – Localização da expansão solar fotovoltaica no PDE 2031

¹⁹Valor calculado a partir de dados disponibilizados no portal IBGE Cidades (IBGE, 2021). Não considera 5 UFVs situadas no município de Fortaleza.

BOX 3 – ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Em 2020, a expansão da oferta de eletricidade pela fonte solar distribuída superou o incremento gerado por cada uma das fontes centralizadas no mesmo ano (EPE, 2021). A sua distribuição espacial pelo país é muito influenciada pela atratividade econômica (financiamento e tarifas).

Do ponto de vista socioambiental, destaca-se o aproveitamento dos equipamentos urbanos já construídos (prédios, casas, estacionamentos etc.), evitando implicações fundiárias e minimizando impactos de obras. Em áreas rurais ou periurbanas, pode ser implantada em terrenos de menor sensibilidade socioambiental, tais como áreas degradadas ou pastagens. Ela permite ainda a ampliação do acesso a eletricidade em regiões remotas, sem a necessidade de extensas linhas de transmissão, promovendo inclusão socioeconômica.

Para além desses, há outros benefícios econômicos e sociais, tais como, a geração de empregos diretos e indiretos que, segundo estimativas, estão distribuídos atualmente por mais de 16 mil empresas integradoras fotovoltaicas em todo o país (GREENER, 2021), além do aumento da arrecadação tributária e da demanda por bens e serviços.

A sua expansão está acelerando as transformações estruturais no setor elétrico, porém os impactos socioambientais positivos e negativos ainda não estão totalmente dimensionados. Nota-se que a destinação correta de resíduos, gerados ao final da vida útil ou por meio de avarias e trocas precoces, representa um grande desafio que demanda soluções de economia circular, regulação e fiscalização. Como as unidades de geração estão geograficamente dispersas, há um aumento da complexidade para a gestão desses resíduos.

O acordo setorial de resíduos eletroeletrônicos de 2019, firmado no âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que abrange os módulos fotovoltaicos, já representa um avanço para a formação da cadeia para coleta, reciclagem e disposição adequada desse tipo de resíduo. No entanto, muito precisa avançar e é necessário ressaltar a importância da consolidação de mecanismos regionalizados de atuação, indispensável para que os resíduos efetivamente tenham um destino adequado, além da atribuição de responsabilidade compartilhada entre os atores envolvidos.

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão solar fotovoltaica centralizada




A principal interferência socioambiental de usinas fotovoltaicas envolve a supressão de vegetação nativa, que pode contribuir para a perda de biodiversidade local. Ainda que esta e outras interferências sejam mitigáveis e usualmente gerenciadas no âmbito dos projetos, dependendo da sensibilidade da região de implantação das usinas, vale destacar os aspectos socioambientais mais relevantes.

A **perda de biodiversidade** é considerada tema relevante para a expansão da fonte na região Nordeste (Tabela 15), conforme metodologia empregada na análise socioambiental integrada. Os locais dos projetos das usinas contratadas para essa região frequentemente possuem sobreposição com remanescentes de vegetação nativa de caatinga²⁰, bioma em avançado processo de desmatamento e um dos ecossistemas menos protegidos do país – menos de 2% de seu território é delimitado por unidades de conservação do grupo de Proteção Integral (FUNDAJ, 2019). A biodiversidade pode ser afetada ainda pelo uso de herbicidas²¹, quando estes são aplicados no solo para impossibilitar eventual interferência da vegetação rasteira sobre os painéis. Além disso, cerca de um terço da região Nordeste é atingido por processos de desertificação com diferentes graus de intensidade (SÁ *et al.*, 2010) e a remoção expressiva de vegetação nativa, conforme já verificado na instalação de UVFs, pode agravar essa dinâmica.

²⁰Fato evidenciado por meio de inspeção visual de imagens de satélite. delimitação da área dos empreendimentos apresentada nos estudos ambientais e análise de dados de uso do solo disponibilizados pelo MapBiomias (MAPBIOMIAS, 2019).

²¹Já há linhas de herbicidas específicos para serem usadas em plantas solares fotovoltaicas ofertadas por grandes empresas, sendo necessário atenção sobre impactos ambientais do uso de tais produtos.

Tabela 15 – Síntese da análise socioambiental das usinas fotovoltaicas do PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|------|----------------------------|---|----------------------------|---|---|
| UFVs | não há projetos planejados |  biodiversidade | não há projetos planejados |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |

Para minimização desses impactos, a retirada da vegetação nativa deve ocorrer somente quando estritamente necessário, mediante autorização concedida pelos órgãos ambientais e obedecendo às legislações aplicáveis. Adicionalmente, devem ser realizadas ações de conservação e manutenção de reservas legais e Áreas de Preservação Permanente (APPs) exigidas por lei, preferencialmente mantendo conectividade entre os fragmentos de vegetação (Quadro 17). Como medida compensatória, pode ser realizado plantio de espécies da flora nativa, atendendo às exigências legais de reposição vegetal.

Há duas interferências que ainda não se configuram como relevantes, mas que demandam atenção e acompanhamento. A primeira está relacionada com o histórico regional de **baixa disponibilidade hídrica** na região do semiárido brasileiro, onde já existem restrições e conflitos pelo uso da água, e em um cenário de escassez hídrica, a necessidade de uso da água durante a operação das usinas pode se tornar relevante para a fonte. Em alguns dos estudos ambientais de UFVs participantes de leilões da Aneel até o ano de 2018, verificou-se que são apresentadas estimativas do consumo de água para a limpeza dos painéis, com o objetivo de avaliar se os recursos hídricos locais serão suficientes para o uso sustentável, permitindo um manejo planejado. Nesse sentido, há órgãos ambientais que estabelecem, nas licenças ambientais, condicionantes para disciplinar o uso dos recursos hídricos, como a restrição da supressão vegetal em APPs de rios, a recuperação de nascentes e a exigência de outorga de uso da água quando cabível.


A segunda contempla a **geração de resíduos**, que pode resultar na contaminação do solo e das águas subterrâneas caso os componentes dos sistemas fotovoltaicos não sejam corretamente reutilizados, reciclados ou descartados. Mundialmente, pouca atenção tem sido dada aos impactos potenciais sobre a saúde humana e o meio ambiente por conta do gerenciamento inadequado de sistemas fotovoltaicos em final de vida útil (SALIM et al., 2019). Pelo fato do contexto brasileiro de gestão de resíduos necessitar ainda de aprimoramentos, a abordagem dessa questão é de grande relevância no horizonte decenal.

Os módulos fotovoltaicos atualmente são projetados para durar cerca de 30 anos (IRENA, 2016). Porém, o descarte de módulos não ocorre exclusivamente ao final de sua vida útil, pois outros fatores podem promover seu desuso precoce, como, por exemplo, avarias durante o transporte (entre importadoras, distribuidoras e integradoras), acidentes na instalação/operação de sistemas fotovoltaicos e mesmo por substituição por módulos mais eficientes.

Essa questão assume importância ainda maior no Nordeste, por conta de a região abrigar a maioria das usinas e apresentar fragilidades no ambiente institucional e na implementação das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Tal aspecto pode dificultar a gestão adequada dos componentes descartados pelas usinas, principalmente painéis fotovoltaicos danificados ou ao final da vida útil. Em análise dos estudos ambientais de usinas vencedoras dos leilões de energia elétrica do ambiente regulado, foi identificado que apenas 13% dos estudos ambientais de UFVs contratadas em leilões entre 2014 e 2018 abordaram a fase de descomissionamento na avaliação de impactos (SILVA et al., 2019). Para a correta adoção de medidas de mitigação, destaca-se a importância de uma abordagem antecipada, incorporando a perspectiva da economia circular desde o *design* e produção das placas e demais componentes até ações para o descarte correto dos resíduos eletroeletrônicos gerados na instalação, operação e descomissionamento das UFVs. A inclusão de condicionantes específicas à gestão de resíduos nas licenças ambientais, demonstra a importância dada pelos órgãos ambientais a esse tema na gestão ambiental das usinas.

É importante mencionar que a maior parte dos estudos ambientais das UFVs contratadas em licitações da Aneel até 2018 identificou outros impactos socioambientais da geração fotovoltaica centralizada, relacionados principalmente às interferências típicas de obras civis de empreendimentos de grande porte. Como exemplo, podem ser citados: intensificação de processos erosivos; geração de expectativas na população; perturbação da fauna; poluição sonora; alteração na qualidade do ar e do solo; dentre outros (SILVA *et al.*, 2019). Cumpre ressaltar ainda que as interferências socioambientais são diretamente influenciadas pelo contexto local e arranjo dos empreendimentos. UFVs flutuantes em reservatórios, por exemplo, podem causar modificações no ecossistema aquático devido ao sombreamento ocasionado pela disposição dos painéis sobre o corpo d'água (EPE, 2020). Os Projetos Básicos Ambientais (PBAs) e as experiências na construção e funcionamento dos parques poderão fornecer informações para avaliações mais criteriosas e detalhadas sobre as interferências socioambientais.

Quadro 17 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão fotovoltaica centralizada

| Interferência | Tema | Região e justificativa | Medidas mitigadoras |
|-------------------------------|---|---|---|
| Supressão de vegetação nativa | Biodiversidade  | NE: região que abriga maior parte da expansão contratada, onde UFVs se sobrepõem à remanescentes de vegetação nativa da caatinga. | -Retirada da vegetação somente quando estritamente necessário. -Conservação e manutenção de reservas legais e Áreas de Preservação Permanente exigidas por lei. -Plantio de espécies da flora nativa como medida compensatória. |

Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão fotovoltaica centralizada

A **conservação de remanescentes de vegetação nativa** é um desafio importante na expansão das usinas solares fotovoltaicas, principalmente no bioma Caatinga. Os Programas de Ação Estadual (PAEs) de combate à desertificação, já institucionalizados em diversos estados do Nordeste, são iniciativas relevantes para a conservação da vegetação (MMA, 2020). Para além deles, algumas ações podem ser recomendadas, tais como: o aprimoramento da gestão territorial na região visando à conservação dos remanescentes de vegetação nativa; a ampliação da extensão de áreas protegidas por meio de novas unidades de conservação; a criação de legislação específica para proteção da vegetação nativa nos biomas Cerrado e Caatinga; e, por fim, a elaboração de políticas públicas específicas para priorizar a localização de usinas fotovoltaicas em áreas antropizadas²², evitando a supressão que vem ocorrendo na instalação.

A **gestão do consumo de água** na limpeza dos painéis fotovoltaicos torna-se relevante para as usinas em fase de planejamento, instalação ou operação, especialmente nos locais com histórico de déficit hídrico. Nesse sentido, caso a opção para a limpeza das placas solares da usina solar fotovoltaica não seja água, há alternativas tecnológicas. Existem pesquisas em andamento sobre produtos químicos que proporcionam a redução do acúmulo de sujeira sobre os painéis, além de outras iniciativas voltadas ao desenvolvimento de equipamentos e processos que dispensam água para limpeza, tais como, autolimpeza mecânica, autolimpeza eletrostática, e utilização de ar pressurizado (CHITEKA, 2020 e SARAVANAN, 2018). É importante mencionar também a relevância da elaboração e revisão contínua de instrumentos de planejamento socioambientais e de recursos hídricos, como o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE), os planos estaduais de recursos hídricos e os planos de bacia hidrográfica. A partir da identificação das potencialidades e limitações de recursos hídricos, estes instrumentos podem buscar a construção de normativas e procedimentos específicos que orientem a implantação das usinas de forma mais sustentável quanto à utilização da água. Adicionalmente, recomenda-se especial atenção dos agentes do setor e dos

²² Em relação às áreas antropizadas, convém destacar que a extensão territorial de áreas de pastagens degradadas no Nordeste brasileiro é da ordem de quatro milhões de hectares (IBGE, 2017) e elas poderiam ser utilizadas para o estabelecimento de empreendimentos fotovoltaicos (Nobre *et al.*, 2019).

órgãos ambientais em regiões de déficit hídrico para impedir o agravamento de questões relacionadas ao tema.

Conforme mencionado, a **gestão de resíduos eletroeletrônicos** também demanda atenção dentro do horizonte decenal. As usinas em construção e operação já enfrentam o desafio de destinar corretamente os equipamentos danificados, pois no país ainda não há estruturada uma cadeia para reciclagem desses materiais. De acordo com Irena (2016), as estimativas de descarte de placas fotovoltaicas no Brasil apontam para 2.500 e 18.000 toneladas em 2030 e 2040²³, respectivamente. Destaca-se que essas estimativas não contemplam as substituições precoces de placas²⁴, que poderão ser incentivadas por fatores como o aumento da eficiência das placas, o balanço positivo na venda de energia para a rede, incentivos no financiamento e queda nos preços dos sistemas (ATASU, 2021). Além disso, de acordo com Salim *et al* (2019), os principais limitadores à correta destinação dos resíduos eletroeletrônicos do setor fotovoltaico são a indisponibilidade de regulamentos e incentivos, a falta de conhecimento das opções de destinação correta e a falta de infraestruturas de reciclagem. Portanto, a expansão da fonte solar demanda o estabelecimento de uma cadeia de reciclagem específica, a exemplo do que já acontece na Europa.

Atualmente, há diversas iniciativas de pesquisa em novas tecnologias, voltadas para o aumento da durabilidade, da eficiência e da vida útil, além de melhorias no *design* dos equipamentos e sistemas fotovoltaicos (IRENA, 2019), as quais poderão promover a redução do volume de resíduos descartados e a ampliação da reciclagem e reutilização dos componentes das placas fotovoltaicas. Nesse contexto, algumas recomendações importantes podem ser indicadas, tais como: consolidar a aplicação da PNRS; ampliar a fiscalização sobre a disposição final correta; garantir que os estudos ambientais realizem a avaliação do impacto de geração de resíduos, estabelecendo planos de gestão de resíduos; e, por fim, promover a criação de arranjos institucionais para a implementação de uma cadeia de reciclagem/reutilização dos resíduos dos sistemas fotovoltaicos no país. Também podem ser indicadas a promoção de iniciativas de cooperação internacional e a elaboração de um arcabouço legal específico, como no caso da União Europeia²⁵. A implementação de uma normativa semelhante no Brasil seria importante, já que aproximadamente 96% dos módulos no país em 2020 foram importados (GREENER, 2021).

Um outro tema relevante são os **aprimoramentos no licenciamento e na legislação ambiental** necessários num contexto de expansão acentuada. De acordo com estudo recente, até o presente momento não existem normas específicas de abrangência nacional para empreendimentos de geração de energia por fonte solar. No entanto, nos âmbitos estadual, distrital e municipal diversas normas específicas têm sido editadas e apresentam grande diversidade dos critérios de enquadramento, tanto em relação ao porte e potência, quanto aos procedimentos adotados no licenciamento ambiental. Uma normativa nacional para a fonte solar poderia padronizar conceitos e critérios para exigências ambientais, agregar eficiência aos procedimentos realizados pelos órgãos licenciadores, além de possibilitar maior segurança jurídica aos empreendedores responsáveis pela implantação dos projetos solares (Eletrobras e EPE, 2021).

Por fim, é necessário informar sobre a existência de outros pontos de atenção relacionados à fonte, tais como a gestão de impactos cumulativos e sinérgicos nas usinas híbridas, a garantia da qualidade dos estudos ambientais e a capacitação aliada à promoção da diversidade, da mão-de-obra.

O Quadro 18 a seguir resume os principais desafios relacionados à expansão da fonte solar fotovoltaica centralizada no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

²³Valores relativos a um cenário de descarte apenas ao final da vida útil dos painéis (incluem geração fotovoltaica centralizada e distribuída), obtidos no estudo *End of Life Management – Solar Photovoltaic Panels* (IRENA, 2016).

²⁴O fenômeno das substituições precoces de painéis fotovoltaicos já ocorre nos EUA (ATASU, 2021) e na Austrália (MATHUR *et al*, 2021).

²⁵A União Europeia (UE) estabeleceu, em 2012, a diretiva *Waste Electrical and Electronic Equipment* (EC, 2020). Essa diretiva exige que todos os produtores, que fornecem painéis fotovoltaicos para o mercado da UE, financiem os custos de coleta e reciclagem no final da vida útil de painéis fotovoltaicos comercializados no mercado na Europa. Ela abrange, inclusive, produtores localizados fora da UE.

Quadro 18 – Principais desafios e iniciativas socioambientais relacionados à expansão fotovoltaica centralizada

| Desafio | Iniciativas | Recomendações |
|--|--|--|
| <p>Conservação dos remanescentes de vegetação nativa</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - Programas de Ação Estadual de Combate à Desertificação. | <ul style="list-style-type: none"> - Aumentar a extensão de áreas protegidas por meio da criação de unidades de conservação. - Criar legislações específicas para proteção da vegetação nativa nos biomas cerrado e caatinga. - Elaborar instrumentos de gestão territorial e outras políticas públicas que incentivem a implantação das usinas em áreas antropizadas. |
| <p>Gestão do consumo de água na limpeza dos painéis fotovoltaicos</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - Pesquisas com aplicação de produtos químicos sobre os painéis para redução do acúmulo de sujeira. - Pesquisas com equipamentos que não utilizam água para limpeza dos painéis (mecanismos automatizados, funcionamento por ar pressurizado, e outros). | <ul style="list-style-type: none"> - Elaborar o Zoneamento Ecológico Econômico. - Criar políticas públicas específicas que reforcem a importância do tema junto aos agentes do setor. - Criar normativas mais restritivas para proteger as regiões com histórico de déficit hídrico. |
| <p>Gestão de resíduos eletrônicos</p>  | <ul style="list-style-type: none"> - Licenças ambientais contendo condicionantes específicas para o tratamento desse tipo de impacto. - Pesquisas com tecnologias voltadas ao aumento da durabilidade, eficiência, vida útil e melhorias em design. - Iniciativa privada pioneira oferecendo soluções de logística reversa ao setor fotovoltaico. | <ul style="list-style-type: none"> - Consolidar a aplicação da PNRS. - Ampliar a fiscalização sobre a disposição final correta. - Promover a criação de arranjos institucionais para viabilizar a implementação de uma cadeia de reciclagem/reutilização dos sistemas fotovoltaicos. - Garantir que os Estudos Ambientais estabeleçam Planos de Gestão de Resíduos. - Promover iniciativas de cooperação internacional. - Elaborar arcabouço legal específico. |
| <p>Licenciamento Ambiental</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Normas estaduais e municipais definindo critérios para enquadramento das usinas por meio do porte e potência. | <ul style="list-style-type: none"> - Normativa nacional específica para a fonte solar que traga padronização de conceitos, critérios e segurança jurídica. |

Principais oportunidades socioambientais relacionadas à expansão da geração fotovoltaica centralizada

Em relação as oportunidades socioambientais da expansão da geração fotovoltaica centralizada, pode ser mencionado o **aproveitamento de áreas degradadas** existentes no país, localizadas em regiões de alto potencial solarimétrico, e que poderiam ser utilizadas para a instalação desta tipologia de empreendimento. Neste sentido, a realização de estudos, que indicassem áreas de menor complexidade socioambiental e que tenham alto potencial de geração e viabilidade para escoamento elétrico, poderia contribuir para o direcionamento da expansão da fonte com o mínimo de interferências sobre a vegetação nativa.

A **hibridização das fontes** é uma oportunidade especial para a Solar, que apresenta sinergias construtivas e operativas com outras fontes. Pode-se mencionar a sinergia horária com a eólica e a complementariedade com usinas térmicas e em reservatórios de UHEs. Como exemplos, destacam-se a usina híbrida eólica e solar em Tacaratu (PE), com capacidade instalada total de 89,9 MW, em operação desde 2015²⁶ e a usina Solar Flutuante no Reservatório de Sobradinho (BA)²⁷. Recentemente, a Aneel publicou a Resolução Normativa n. 954²⁸, que alterou o marco regulatório anterior, com o objetivo promover e viabilizar os investimentos nos arranjos híbridos.

Outra oportunidade da expansão solar é utilizar a fonte como um meio para **prover energia renovável em áreas isoladas**, contribuindo para a promoção do desenvolvimento socioeconômico de regiões vulneráveis, reduzindo a pobreza energética²⁹ e a dependência de combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito estufa associadas.

Já a emissão dos Renewable Energy Certificates (RECs) ou **Certificados de Energia Renovável**, pelas usinas solares fotovoltaicas, são uma oportunidade para geração de receitas e incentivo aos investimentos em renováveis. Os RECs podem atender a diversas plataformas de relato de resultados socioambientais, como RE 1000, Protocolo GHG, CDP, GRI etc.³⁰. Também permitem a rastreabilidade da energia consumida e facilitam a contabilidade de carbono compatível com vários padrões internacionais. Adicionalmente, a energia solar fotovoltaica pode gerar **créditos de carbono** e promover novas oportunidades de negócios para mitigação e inovação tecnológica, no setor de renováveis, fortalecendo a trajetória de baixo carbono da economia brasileira.

Para finalizar, a **gestão de resíduos eletroeletrônicos** da cadeia solar fotovoltaica constitui uma nova oportunidade de mercado no país, levando-se em conta os princípios da economia circular, onde a não geração e a reutilização de resíduos são priorizadas³¹. Materiais raros, como rutênio, gálio, índio e telúrio são componentes essenciais em painéis fotovoltaicos e uma estratégia de reutilização poderia não apenas prevenir/mitigar problemas ambientais, mas também reduzir a demanda por materiais de terras raras. Neste sentido, é importante que haja o fomento de um setor de reciclagem especializado no país, contribuindo também para geração de empregos e renda. De acordo com Goe e Gaustad (2016), as instalações de reciclagem localizadas perto de empreendimentos fotovoltaicas representariam uma boa solução em termos ambientais e também tecnológicos. Atualmente, no Brasil foi constatada apenas uma empresa especializada em reciclagem de componentes de módulos fotovoltaicos, localizada no estado de São Paulo. A maior parte das UFVs, porém, se concentram na região nordeste.

O Quadro 19 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão de UFVs no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

Quadro 19 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão fotovoltaica centralizada

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|---|---|
| Aproveitamento de áreas degradadas | - Existência de áreas degradadas em regiões de alto potencial solarimétrico. |
| Incentivos à hibridização | - Existência de parques instalados que geram energia a partir de outras fontes (hidro e eólica, por exemplo) e que poderiam ter produção de energia solar fotovoltaica. |

²⁶ <https://bit.ly/3e1xxq1>

²⁷ O maior projeto de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação P&D+I do País em geração solar sobre a água. <https://bit.ly/3dZlmwL>

²⁸ <https://bit.ly/32iofn6>

²⁹ Os indivíduos energeticamente pobres são aqueles que, em geral não acessam serviços de energia de acordo com as suas reais necessidades sociais e materiais básicas para a manutenção da sua qualidade de vida e bem-estar.

³⁰ Adaptado de <https://recbrazil.com.br/certificacoes.html>. Acesso em 14/12/2021.

³¹Segundo Irena (2016), o índice de recuperação dos painéis possui rendimentos maiores que 85% da massa total.

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|---|---|
| Atendimento de áreas isoladas | - Com o crescente comprometimento com a redução de emissões, o atendimento de áreas isoladas com fontes renováveis se torna importante. |
| Gestão de resíduos e incentivo para setor de reciclagem de componentes eletroeletrônicos | - Estimativa de expressiva quantidade de placas que deverão ser reutilizadas/recicladas no médio/longo prazo indicando potencial de mercado. |
| Economia Circular | - Momento de mudanças nos paradigmas da economia linear trazendo oportunidades para a redução do uso de matéria-prima e de energia por meio de novas estratégias, modelos de negócios, materiais, design, reutilização, entre outros. |
| Emissão de Certificados de Energia Renovável e créditos de carbono | - Certificação de renováveis em fase de ascensão. Solar em destaque no mercado de crédito de carbono. |

Indicadores socioambientais da expansão da geração fotovoltaica centralizada

Os indicadores socioambientais têm como base um banco de informações que reúne dados dos estudos ambientais de todas as usinas solares fotovoltaicas contratadas em leilões já realizados. Um dos indicadores apresentados é o índice de área ocupada por potência instalada. O resultado aponta que a área média necessária para a produção de 1 MW é aproximadamente 0,03 km², ou 3 hectares (Tabela 16). O segundo indicador se refere à área total das plantas fotovoltaicas do horizonte decenal, que é calculado a partir da multiplicação do primeiro indicador pela expansão prevista (5.813 MW). Assim, estima-se que as usinas fotovoltaicas ocuparão aproximadamente 164 km² no período considerado.

No caso do indicador de empregos, é considerado apenas o número de empregos diretos gerados no pico das obras. Este indicador é resultado da multiplicação da média de empregos diretos gerados por potência de todos os empreendimentos já contratados (2,9/MW) pela expansão prevista no PDE 2031.

Tabela 16 – Indicadores socioambientais da expansão solar fotovoltaica

| Indicadores Ambientais | |
|--|------------------------------------|
| Área média necessária para a produção de 1 MW | 0,03 km ² ou 3 hectares |
| Área ocupada pela expansão de usinas fotovoltaicas no horizonte decenal (km ²) | 164 |
| Indicadores Socioeconômicos | |
| Empregos diretos gerados no pico das obras | 16.700 |

Nota: A base de cálculo são as informações declaradas nos estudos ambientais de todas as usinas vencedoras dos Leilões de Energia Elétrica do Ambiente de Contratação Regulada – ACR e a expansão indicativa.

4.7 Transmissão de energia elétrica

Benefícios da transmissão de energia elétrica

- O Sistema Interligado Nacional (SIN) é formado por uma extensa malha de linhas de transmissão (LT) que atuam em tensão igual ou superior a 230 kV, denominada Rede Básica, com a função de conectar as fontes geradoras de energia aos centros de consumo. Por interligar as usinas hidrelétricas, possibilita a otimização dessa geração a partir do aproveitamento da sazonalidade dos regimes hidrológicos das bacias hidrográficas, que se complementam ao longo do ano. Dessa forma, é necessário ter um sistema de transmissão interligado para garantir a **gestão do despacho de geração**, que considera o armazenamento de água no conjunto dos reservatórios das usinas hidrelétricas, proporcionando ganhos significativos na geração de energia para o país.
- Com o aumento da participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira, a expansão do sistema de transmissão possibilita o **aproveitamento do potencial de geração eólica e solar** localizado longe dos centros de carga. Toda essa expansão configura um cenário que demanda soluções robustas na Rede Básica para o escoamento dessa produção.
- Outra função importante das LTs é prover **segurança e confiabilidade ao SIN**, garantindo que mesmo em eventos de perda de elementos da Rede Básica o sistema seja capaz de suportar o atendimento à carga sem interrupção.

Sistema de transmissão de energia elétrica atual

O Brasil possui atualmente uma extensão de **166.111 km de linhas de transmissão**, considerando as linhas em operação da Rede Básica, conexões de usinas, interligações internacionais e 190 km instalados no sistema isolado de Roraima (MME, 2021). Desse total, destacam-se as classes de tensão de 230 kV e de 500 kV, como as mais representativas em termos quantitativos, e as classes de tensão de 600 kV e 800 kV, em corrente contínua, como as mais extensas.

A maior parte do Sistema Elétrico Brasileiro está conectado ao SIN, que é responsável por quase todo o suprimento elétrico do país, integrando as diferentes fontes de geração de energia. O restante faz parte dos sistemas isolados, cuja carga total corresponde a cerca de 1% do SIN, que estão localizados majoritariamente na região Norte, principalmente nos estados do Amazonas e Roraima (EPE, 2021b).

Segundo dados do ONS (2021), 63% da capacidade instalada de geração do SIN são provenientes de usinas hidrelétricas, sendo que nos últimos anos as fontes alternativas vêm ganhando importância, com destaque às usinas eólicas (9,4%), que apresentaram forte crescimento, principalmente nas regiões Nordeste e Sul.

Expansão da transmissão nos próximos 10 anos

Levando em conta as incertezas inerentes ao processo de planejamento, os estudos elétricos consideraram três cenários para a expansão do sistema de transmissão. A diferença entre eles se dá pela



hipótese de implantação de empreendimentos sem outorga, mantendo-se a previsão dos empreendimentos já outorgados. Sendo assim, o cenário otimista considera a implantação de todos os empreendimentos sem outorga, de acordo com a data de necessidade original prevista nos estudos de planejamento. O cenário de referência, utilizado neste PDE, é uma variação do cenário otimista, considerando uma reavaliação da data de necessidade dos empreendimentos. Por fim, o cenário pessimista desconsidera os empreendimentos sem outorga.

A expansão da rede básica de transmissão de energia elétrica, baseada no cenário de referência, entre os anos 2022 e 2031 prevê a implantação de **33.633 km**, ou seja, uma expansão de 20% na extensão do sistema. Desse total, 17.361 km (aproximadamente 52%) estão previstos para entrar em operação até 2026, ou seja, no primeiro quinquênio do horizonte decenal.

O conjunto de LTs planejadas apresenta empreendimentos em diferentes etapas de planejamento, muitos dos quais ainda nas fases iniciais dos estudos, não possuindo uma configuração locacional precisa. Contudo, ressalta-se que na etapa de planejamento desses empreendimentos procura-se desviar das áreas mais complexas do ponto de vista socioambiental, evitando-se, dessa forma, impactos socioambientais significativos. No conjunto de empreendimentos planejados, mais de 65% estão na etapa de Relatório R3 (Definição da Diretriz de Traçado e Análise Socioambiental) ou DUP (Declaração de Utilidade Pública).

A análise socioambiental da expansão da transmissão neste PDE 2031 busca antecipar as principais questões socioambientais do conjunto de LTs da Rede Básica planejado nos estudos da expansão do sistema elétrico, conforme as especificidades de cada região. As premissas consideradas na análise socioambiental, em razão da escala de análise, não contemplaram os seccionamentos planejados nas proximidades das subestações, tampouco os projetos de recapacitação e recondutoramento. Para as LTs em circuito duplo e os bipolos de corrente contínua contabilizou-se apenas um único circuito ou polo. Além disso, há empreendimentos no fim do horizonte (indicativo) cujos estudos de planejamento ainda não foram iniciados, não havendo representação espacial deles. Partindo dessas premissas, o universo considerado nesta análise socioambiental corresponde a 269 linhas (25.086 km de extensão).

A Figura 17 apresenta a configuração de referência para o sistema de transmissão planejado e sua distribuição nas diferentes regiões do território nacional, bem como a localização das terras indígenas e das unidades de conservação. Já a Tabela 17 mostra a distribuição das LTs planejadas no PDE 2031 considerando a extensão por região geográfica.

Tabela 17 – Extensão das linhas de transmissão por região

| EXTENSÃO DAS LTS POR REGIÃO (KM) | | | | | Total (km) |
|----------------------------------|----------|--------------|---------|-------|---------------|
| Norte | Nordeste | Centro-Oeste | Sudeste | Sul | |
| 4.686 | 3.917 | 1.524 | 9.951 | 5.008 | 25.086 |

Destaca-se neste PDE 2031 o incremento significativo de LTs na região Sudeste, sendo a única região a apresentar aumento na extensão de LTs planejadas em relação ao PDE anterior. As demais regiões tiveram redução na extensão das LTs, em especial as regiões Nordeste e Sul.

Nesse cenário, observamos a expansão da Rede Básica ocorrendo na região Norte com a interligação Manaus – Boa Vista e a integração dos principais centros urbanos do Acre ao SIN. Destacam-se, também, na região Norte, o atendimento a Rio Branco, às regiões metropolitanas de Belém e Manaus e ao oeste do Pará, o reforço à região de Novo Progresso (PA) e à capital Macapá, além do escoamento do potencial de geração fotovoltaica e hidráulica da região de Dianópolis (TO).

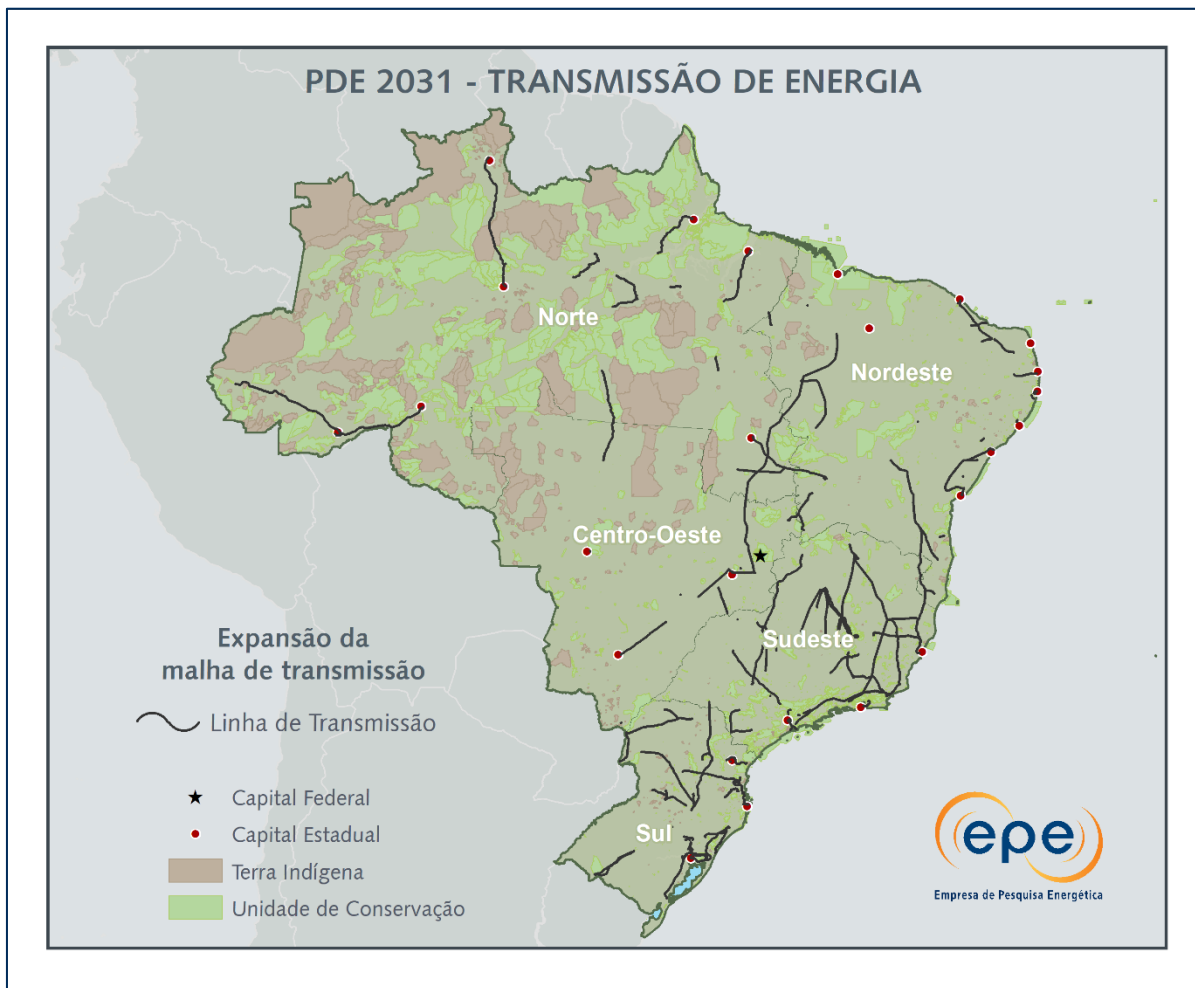


Figura 17 - Linhas de transmissão planejadas no PDE 2031 e áreas legalmente protegidas

No Nordeste do país, a expansão da rede de transmissão é planejada, sobretudo, para o escoamento do potencial de energia eólica, térmica e fotovoltaica, atendimento às regiões metropolitanas de Aracaju, Fortaleza, João Pessoa, Maceió e Salvador e suprimento às cargas do extremo oeste da Bahia e do sul do Maranhão.

No Centro-Oeste, destacam-se as obras de reforço para atendimento à região central dos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás, e o bipolo 800 kV Graça Aranha – Silvânia para escoamento de excedentes de energia da região Nordeste.

No Sudeste, as linhas destinam-se principalmente ao escoamento do potencial solar do norte de Minas Gerais, novo epicentro da energia solar no Brasil, ao reforço ao subsistema, visando ao aumento da confiabilidade em decorrência do incremento das cargas, como no litoral paulista e, também, para escoar a energia das usinas termelétricas do norte do estado do Rio de Janeiro e do Espírito Santo.

Na região Sul têm destaque as LTs para escoamento da energia gerada em parques eólicos, reforço ao subsistema, atendimento à região serrana do Rio Grande do Sul, às regiões norte, oeste e o Vale do Itajaí em Santa Catarina e às regiões metropolitanas de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre.

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão transmissão

As principais interferências socioambientais da implantação de linhas de transmissão variam entre as regiões em função da diversidade de ambientes atravessados e das distintas características de cada bioma. Diante dessas diferenças regionais, a análise socioambiental considerou, além das áreas protegidas (unidades de conservação, terras indígenas e terras quilombolas) e assentamentos do Incra, que apresentam limites bem definidos para a estimativa das interferências, o uso e ocupação do solo. Este indicador engloba áreas sensíveis como, por exemplo, áreas cobertas com vegetação nativa e áreas urbanas e

periurbanas, que demandam medidas para mitigação dos possíveis impactos socioambientais na construção e operação do empreendimento.

As informações relativas à extensão das LTs planejadas no horizonte decenal que incidem em unidade de conservação (UC), terra indígena (TI), terra quilombola (TQ) e assentamento do Incra, por região geográfica são apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 – Extensão das linhas de transmissão planejadas em áreas com restrição socioambiental

| Tipo de área atravessada | Extensão da LTs por região (Km) | | | | | Total (Km) |
|--------------------------|---------------------------------|----------|--------------|---------|-----|------------|
| | Norte | Nordeste | Centro-Oeste | Sudeste | Sul | |
| UC proteção integral | 0 | 2 | 0 | 9 | 0 | 11 |
| UC uso sustentável | 153 | 244 | 0 | 265 | 238 | 900 |
| Terra indígena | 122 | 0 | 0 | 0 | 0 | 122 |
| Terra quilombola | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Assentamento do Incra | 857 | 96 | 83 | 75 | 19 | 1.130 |

Nota: Indicadores estimados a partir de: FUNAI, 2021; Incra, 2021a; INCRA 2021b; MMA, 2021

Na **região Norte**, o tema **povos e terras indígenas** é considerado relevante devido, principalmente, à sobreposição de uma LT em Terra Indígena, além de outras quatro linhas que passam a menos de 8 km de distância de TIs. De acordo com a Portaria Interministerial n. 60/2015³², os limites de distâncias das TIs – 8 km na Amazônia Legal e 5 km nas demais regiões – são considerados como referência para a realização ou não, no âmbito do licenciamento ambiental, de estudo específico sobre as comunidades indígenas (Estudo do Componente Indígena – ECI). O tema foi considerado relevante diante da **complexidade envolvida no processo de licenciamento** da LT Lechuga – Equador (trecho da interligação Manaus – Boa Vista), considerada estratégica por permitir ao estado de Roraima receber energia do SIN.

BOX 4 - A INTERLIGAÇÃO MANAUS – BOA VISTA

A Interligação Manaus – Boa Vista foi licitada em 2011 e o seu traçado atravessa a terra indígena Waimiri – Atroari em busca do apoio viário da BR -174, única rodovia existente na região. O desvio da terra indígena implicaria na construção da LT em áreas muito remotas demandando a abertura de novos acessos que gerariam vetores de desmatamento, e foi considerada uma alternativa de traçado de maior impacto ambiental pelo órgão ambiental licenciador.

O trâmite da questão indígena provocou um grande atraso no licenciamento sendo essa LT inicialmente prevista para o ano de 2016. Cabe mencionar que essa interligação é considerada estratégica por permitir que o estado de Roraima receba energia do SIN, sendo Boa Vista atualmente atendida pela energia de usinas termelétricas a óleo diesel gerando um alto custo financeiro e ambiental.

A questão, no entanto, parece estar caminhando para uma resolução. Em setembro de 2021, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), que aguardava a manifestação da Fundação Nacional do Índio (Funai), emitiu licença de instalação para LT Manaus-Boa Vista.

No Nordeste, a biodiversidade é um tema relevante tendo em vista o atual estágio de antropização e fragmentação dos biomas Caatinga e Mata Atlântica, especialmente na região litorânea, onde ocorre parte da expansão associada ao reforço das regiões metropolitanas, e para o escoamento de energia dos parques eólicos nas demais áreas.

Na região Sudeste, destaca-se o tema biodiversidade, particularmente a interferência da expansão da transmissão em remanescentes de Mata Atlântica. Esse tema foi considerado importante na região,

³² Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal envolvidos no licenciamento ambiental federal.

diante das ameaças ao bioma, que de forma geral apresenta paisagem fragmentada, com poucas áreas cobertas por vegetação nativa. Nesse contexto, vale citar que, devido à sua importância, os remanescentes de vegetação nativa da Mata Atlântica são protegidos por legislação específica (Lei n. 11.428/06, regulamentada pelo Decreto n. 6.660/08). Adicionalmente, devido à presença de relevo montanhoso na região Sudeste, ressalta-se a interferência para abertura de acessos em áreas de topo de morro, onde a vegetação é fundamental para a retenção de água e a estabilização do solo.

Outro tema com destaque na região Sudeste é a **interferência das LTs planejadas na paisagem**, tanto em áreas de beleza cênica natural, em especial nas regiões serranas, quanto em áreas urbanas e de expansão urbana. Cabe mencionar que desde a concepção as LTs são planejadas para desviar de áreas turísticas e de áreas urbanas para mitigar interferências na paisagem. Quando o desvio de regiões adensadas não é possível, é indicado o uso de torres e subestações compactas ou LTs subterrâneas no caso dos grandes centros, de forma a minimizar esse tipo de impacto. As LTs subterrâneas também minimizam o impacto no uso do solo urbano, pois geralmente são implantadas em vias públicas.

Na região Sul, destaca-se o tema biodiversidade, com a expansão das linhas de transmissão que se estendem por remanescentes bem preservados, principalmente de Mata Atlântica, particularmente importantes diante das constantes ameaças ao bioma. Se por um lado medidas como alteamento de torres amenizam o impacto das linhas nessas áreas, por outro, há maior necessidade de supressão de vegetação para abertura de acessos, diante da precária acessibilidade, sobretudo em regiões serranas.

Outro tema que merece destaque na região Sul é a **interferência das LTs na paisagem**, principalmente em função das linhas localizadas nas áreas de expansão urbana na Região Metropolitana de Porto Alegre e no Vale do Itajaí, em Santa Catarina, e para as áreas de relevante beleza cênica.

No Centro-Oeste, devido à posição geográfica centralizada da região, passarão os empreendimentos de transmissão planejados para reforço do intercâmbio elétrico entre as regiões Norte e Sudeste, e para atendimento ao estado de Goiás e às regiões de Novo Progresso (no Pará), e central de Mato Grosso do Sul. No horizonte decenal, as LTs planejadas na região não atingem TIs, TQs e UCs de proteção integral ou de uso sustentável. Não obstante a extensão de LTs planejadas atravessando áreas de agricultura e de pastagem no Centro-Oeste, considera-se, na presente análise da expansão decenal, que as interferências socioambientais são inexpressivas no contexto geral da região.








Além dos temas relevantes citados, cabe mencionar a sobreposição em assentamentos do Incra, considerada não relevante devido à possibilidade de coexistência com as LTs, visto que em muitos casos é possível conciliar o uso da faixa de servidão com pequenos cultivos ou criação de rebanhos, guardadas as normas de segurança. Na região Norte, os assentamentos são inevitavelmente atravessados pelas LTs, pois geralmente estão próximos a acessos viários e ainda formam aglomerados intercalados por áreas protegidas e áreas com vegetação nativa, que são prioritariamente evitadas.

Com relação ao tema biodiversidade, cabe mencionar que, ainda que haja interferências em UCs, a maior parte delas ocorre em APAs, categoria de uso sustentável que visa disciplinar o processo de ocupação territorial e que, em geral, já possuem algum grau de antropização. Foram observados ainda casos pontuais de sobreposição em UCs de proteção integral. Sem minimizar a importância do impacto local dessas sobreposições, considerando a expansão da transmissão como um todo, essas interferências são consideradas inexpressivas.

Resumidamente, no âmbito deste PDE, destacam-se as interferências das linhas de transmissão na **biodiversidade** nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. As interferências em **paisagens** têm maior importância nas regiões Sudeste e Sul, devido à incidência de LTs em áreas urbanizadas e em regiões de beleza cênica. Por fim, a interferência direta de uma LT em TI e a proximidade com outras tornam o tema **povos e terras indígenas** relevante na expansão do sistema de transmissão na região Norte.

A Tabela 19 apresenta a matriz síntese da análise socioambiental integrada do PDE 2031 para a transmissão de energia elétrica. Nela estão dispostos, por região, os temas socioambientais considerados relevantes para a expansão planejada.




Tabela 19 – Síntese da análise socioambiental das linhas de transmissão do PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|-------------|---|---|--|--|---|
| Transmissão |  povos e terras indígenas |  biodiversidade |  paisagem  biodiversidade |  paisagem  biodiversidade |  interferências inexpressivas |

Notas: (1) A expressão “Interferências inexpressivas” significa que, apesar dos impactos existirem, não são tão expressivos diante da expansão e das sensibilidades regionais, não sendo identificados temas socioambientais relevantes.

O Quadro 20 resume as principais interferências socioambientais relacionadas à expansão da transmissão no PDE 2031; os temas socioambientais associados a essas interferências, conforme metodologia da análise socioambiental integrada; a justificativa pela escolha da interferência na região na qual está prevista a expansão e por último as medidas mitigadoras relacionadas às interferências listadas.

Quadro 20 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão transmissão

| Interferência | Tema | Região e justificativa | Medidas mitigadoras |
|---|---|---|---|
| perda e alteração de habitat | biodiversidade  | NE: expansão da transmissão sobre remanescentes de vegetação nativa da Caatinga e Mata Atlântica, diante do atual estágio de fragmentação e antropização dos biomas. SE e S: expansão da transmissão em remanescentes de Mata Atlântica, que já se encontra fragmentada, e abertura de acesso em regiões de relevo acidentado. | Planejamento criterioso de alternativas de rotas de LTs, buscando o desvio de áreas com vegetação nativa e proximidade com acessos e a malha viária existente. Supressão da vegetação apenas nas praças de torres e na faixa de serviço para o lançamento dos cabos. Evitar instalação de torres e abertura de acessos nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) ou reduzir a largura da faixa de serviço nessas áreas. Alteamento de torres nos locais em que a LT intercepta fragmentos florestais ou APPs, de modo a manter a distância de segurança cabo – vegetação. Uso de helicóptero ou drone para lançamento de cabos, manutenção e monitoramento de LTs. |
| impacto visual na paisagem | paisagem  | SE e S: expansão em áreas de beleza cênica natural e em áreas urbanas e de expansão urbana. | Afastar o eixo do empreendimento de áreas turísticas de forma a minimizar o impacto visual sobre a atividade. Uso de subestações e torres compactas, que ocupam menor área, ou recomendação de LTs subterrâneas em áreas mais adensadas. |
| interferência em povos e terras indígenas | povos e terras indígenas  | N: interação com comunidades indígenas e complexidade envolvida no processo de licenciamento. | Desviar o traçado das terras indígenas na etapa de planejamento e observar as distâncias da Portaria Interministerial n. 60/2015. |

Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão da transmissão

Um importante desafio está associado ao **risco das mudanças climáticas e seus efeitos sobre a operação do sistema de transmissão** atual, bem como para o planejamento de instalações futuras. O aumento da temperatura média global pode afetar as linhas, reduzindo sua capacidade de transmissão ou mesmo levando à operação do sistema interligado acima da capacidade para a qual foi projetado, implicando aumento dos riscos de desligamentos ou dos custos, através da redução da vida útil dos equipamentos. As mudanças no clima também podem levar à maior incidência de eventos extremos, como chuvas intensas, incêndios florestais, ventos, inundações, descargas atmosféricas etc. Tais eventos tendem a provocar elevação nas ocorrências de desligamentos das linhas ou subestações causando prejuízos econômicos e sociais.

A expansão do sistema para atender o aumento da carga em áreas metropolitanas em todas as regiões brasileiras traz o desafio da ampliação da rede em áreas urbanas e periurbanas, onde a disponibilidade de espaço para inserção de novos empreendimentos é, muitas vezes, limitada. Adicionam-se a isso as alterações na paisagem provocadas pelas torres, podendo levar a maior resistência por parte das populações locais. Nesse cenário, o desafio é **minimizar os impactos na paisagem**, seja ela em áreas urbanizadas ou de interesse turístico.

Outro desafio da transmissão é a **redução da supressão de vegetação nativa**, principalmente em regiões de difícil acesso, seja em áreas com cobertura vegetal densa, como na região Norte, ou em áreas de relevo acidentado onde a vegetação cumpre importante papel na estabilidade das APPs, a exemplo das regiões serranas do Sudeste e do Sul. Nesses casos, a abertura de acessos para implantação do empreendimento é muitas vezes inevitável, e deve ser feita com mínima interferência possível.

A expansão da transmissão na região Norte trouxe nos últimos anos alguns casos em que as LTs estão próximas ou interferem em Terras Indígenas. Ainda que poucos, esses casos exemplificam o desafio de se planejar empreendimentos nessas circunstâncias e os **esforços adicionais de gestão** necessários para solucionar as dificuldades, além da possibilidade de significativos atrasos em sua implantação. Nesses casos, as tratativas entre as instituições de planejamento e licenciamento devem ocorrer com o máximo de antecedência, buscando dar a maior previsibilidade possível ao processo.

As iniciativas que se destacam no âmbito da expansão da transmissão têm relação com mais de um dentre os desafios apontados anteriormente. Uma delas, intensificar a **articulação entre as instituições** responsáveis pelo planejamento de linhas de transmissão e os órgãos ambientais e demais instituições envolvidas no processo de licenciamento ambiental, principalmente nas etapas iniciais do planejamento, tem relação com todos os desafios apontados, pois permite que questões específicas consideradas relevantes sejam incorporadas aos estudos, contribuindo tanto para a escolha da solução elétrica como para a definição de traçados de linhas de transmissão mais viáveis do ponto de vista socioambiental.




Outra iniciativa que merece destaque foram os Workshops “Integração de conhecimento sobre planejamento, regulação setorial e licenciamento ambiental federal de sistemas de transmissão de energia”, realizados em 2018 e 2021, que contaram com a participação de representantes do MME, EPE, Aneel, ONS e Ibama com o objetivo de aprimorar o planejamento e o licenciamento ambiental dos Sistemas de Transmissão de Energia. Entre os resultados do evento, desde sua primeira edição, está a realização de reuniões periódicas entre EPE/MME e Ibama, oportunidade em que são discutidas as principais questões dos empreendimentos em planejamento, motivo pelo qual essa iniciativa foi considerada como tendo relação com todos os desafios apontados.

Outra medida derivada já do primeiro evento, foi a elaboração, pela EPE e ONS, de uma nota técnica com critérios objetivos para definição de linhas de transmissão em circuito duplo ou duas LTs em circuitos simples, interligando as mesmas subestações, bem como critérios para eventual afastamento entre duas LTs em circuito simples, tema recorrente no planejamento e no licenciamento ambiental da transmissão. A adoção de circuitos duplos como premissa geral reduz consideravelmente as interferências causadas pelas LTs, em especial aquelas relacionadas à paisagem e à supressão de vegetação nativa. A adoção de

duas LTs de circuitos simples passa a ser considerada exceção, mediante as devidas justificativas técnicas e socioambientais, caso a caso.

Essas e outras medidas derivadas desse workshop, que se pretende bianual, tendem a resultar em empreendimentos mais otimizados do ponto de vista socioambiental e em maior previsibilidade nos licenciamentos, o que, em última análise, minimiza riscos para o empreendedor e riscos de atraso na entrada em operação das instalações planejadas. O Quadro 21 resume os principais desafios relacionados à expansão da transmissão no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

Quadro 21 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão da transmissão

| Desafio | Iniciativas |
|---|--|
| Operação e planejamento do sistema de transmissão sob o risco das mudanças climáticas e seus efeitos | (a) Intensificação da articulação entre as instituições responsáveis pelo planejamento de linhas de transmissão e os órgãos ambientais e demais instituições envolvidas no processo de licenciamento ambiental ainda na etapa de planejamento. (b) Workshop “Integração de conhecimento sobre planejamento, regulação setorial e licenciamento ambiental federal de sistemas de transmissão de energia”, que contou com a participação de representantes da Aneel, EPE, Ibama, MME e ONS com o objetivo de aprimorar o planejamento e o licenciamento ambiental dos Sistemas de Transmissão de Energia. |
| Minimizar impactos na paisagem advindos da expansão da rede em áreas urbanas e periurbanas ou em áreas turísticas  | Itens (a) e (b) descritos anteriormente. (c) Elaboração, pela EPE e ONS, de uma Nota Técnica de critérios para definição de linhas de transmissão em circuito duplo ou em dois circuitos simples. |
| Reduzir a supressão da vegetação nativa  | Itens (a), (b) e (c) descritos anteriormente. |
| Planejamento de LTs que interagem com comunidades indígenas, levando a esforços adicionais de gestão  | Itens (a) e (b) descritos anteriormente. |

Principais oportunidades socioambientais relacionadas à expansão da transmissão

O Brasil ainda possui diversas localidades não conectadas ao Sistema Interligado Nacional, chamados sistemas isolados. De acordo com a nota técnica Planejamento do Atendimento aos Sistemas Isolados – Ciclo 2020, existem 258 Sistemas Isolados no Brasil, a maior parte na região Norte, nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia e Roraima, além da ilha de Fernando de Noronha, em Pernambuco, e uma localidade de Mato Grosso. Boa Vista é a única capital do país que ainda não faz parte do SIN (EPE, 2021b).

A geração de energia elétrica nesses locais, em sua maioria a partir de usinas termelétricas a combustíveis fósseis, é mais cara, em função do custo do combustível e de seu transporte, e gera efeitos indesejáveis como níveis de emissões de gases de efeito estufa (GEE) elevados, alteração da qualidade do ar local e possíveis riscos à saúde, além de riscos de vazamento de combustível durante seu transporte ao destino final. Essas regiões também enfrentam problemas na qualidade de fornecimento da energia, com constantes apagões e quedas de energia. Em 2020, segundo dados do número de ocorrências de interrupções de energia no Sistema Elétrico Brasileiro (MME, 2020), cerca de 14% ocorreram nos Sistemas Isolados.

De acordo com três estudos elaborados pela EPE, Avaliação dos Benefícios Econômicos da Antecipação da Interligação de Sistemas Isolados nos estados do Acre, Amazonas e Rondônia, a interligação de sistemas isolados ao SIN se mostrou economicamente mais atrativa em relação à geração isolada (EPE, 2021c; EPE, 2020a e EPE, 2020b).

Portanto, a interligação dos sistemas isolados ao SIN, quando possível, contribuirá para a redução do nível de emissões de GEE e do custo da oferta de energia, e aumenta a confiabilidade e qualidade do atendimento a essas regiões. Como exemplo vale citar a LT Lechuga – Equador e a LT Rio Branco – Feijó – Cruzeiro do Sul, duas linhas que visam conectar regiões importantes de seus respectivos estados ao SIN.

O Quadro 22 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão da transmissão no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

Quadro 22 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão da transmissão

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|---|--|
| Reduzir emissões de GEE nos sistemas isolados | Interligação de Boa Vista-RR, Cruzeiro do Sul-AC e Feijó-AC ao SIN, com a implantação das LT Lechuga – Equador e LT Rio Branco – Feijó – Cruzeiro do Sul, respectivamente. |
| Aumentar a confiabilidade de atendimento aos sistemas isolados | |
| Reduzir o custo da oferta de energia | Nota Técnica Avaliação dos Benefícios Econômicos da Antecipação da Interligação de Sistemas Isolados nos estados do Acre, Amazonas e Rondônia |

Indicadores socioambientais da expansão da transmissão

Os indicadores socioambientais apresentados na Tabela 20 apontam as possíveis interferências das linhas de transmissão a partir de sua sobreposição e/ou proximidade com áreas protegidas e assentamentos rurais. Além disso, é estimado o número de empregos diretos gerados, cujo cálculo é em função da extensão total das linhas de transmissão considerada na análise socioambiental (25.086 km). Para cada km de linha, estima-se a geração de três empregos diretos na fase de construção.

Tabela 20 – Indicadores socioambientais da expansão da transmissão de energia elétrica

| Indicadores Ambientais | |
|--|---------------------------------------|
| Extensão total das LTs (km) | 25.086 |
| Extensão total da incidência de LTs em UC de proteção integral (km) | 11 |
| Extensão total da incidência de LTs em UC de uso sustentável (km) | 900 |
| Indicadores Socioeconômicos | |
| Extensão total da incidência de LTs em assentamentos do Incra (km) | 1.130 |
| N. de LTs com interferência direta em TI | 1 de 269 LTs (aproximadamente 122 km) |
| N. de LT situadas a menos de 8 km de TI na Amazônia Legal ou a menos de 5 km nas demais regiões ⁽¹⁾ | 9 de 269 LTs (aproximadamente 105 km) |
| N. de LTs com interferência direta em TQ ⁽²⁾ | não identificado |
| Empregos diretos gerados no pico das obras ⁽³⁾ | 76.000 |

Notas: (1). Distâncias definidas no Anexo I da Portaria Interministerial n. 60, de 24 de março de 2015. (2). Considerando somente as áreas que possuem limites definidos a partir dos Relatórios Técnicos de Identificação e Delimitação (RTID). (3). Esse dado considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras para as 278 LTs, ou seja, há empregos gerados ao longo do período que não estão sendo considerados.

5 Análise socioambiental da oferta de petróleo, gás natural e biocombustíveis

5.1 Produção e oferta de petróleo, gás natural e derivados

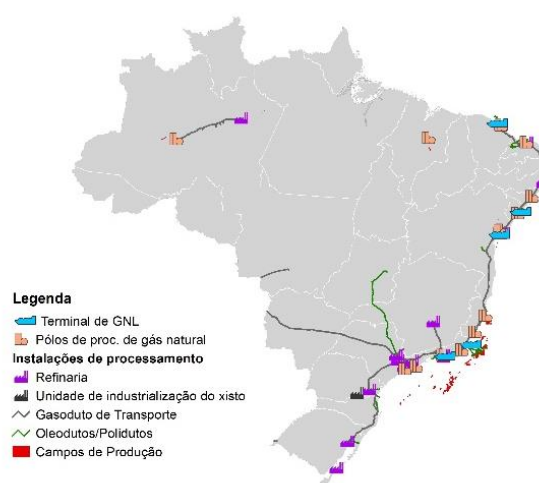
Benefícios da produção e da oferta de petróleo, gás natural e derivados

- Essas fontes possuem papel de destaque na economia mundial e são largamente empregadas em diversos setores, abrangendo **usos energéticos** para os setores residencial, industrial, agropecuário, comercial e público (gás liquefeito de petróleo, óleo diesel e óleo combustível), incluindo o setor elétrico e de transporte de pessoas e carga (óleo diesel, gasolina, querosene de aviação e óleo combustível); e também **usos não energéticos**, como matéria-prima na indústria petroquímica, fabricação de asfaltos, lubrificantes, solventes, graxas, parafinas e outros produtos.
- O crescimento das reservas de petróleo e gás natural e a manutenção do estoque de combustíveis contribuem para o aumento da **segurança energética** do país. Adicionalmente, a **geração de eletricidade a partir do gás natural confere segurança para o sistema elétrico**, especialmente diante do crescimento da participação das fontes renováveis variáveis (principalmente eólica e solar).
- Cadeia de produção associada a um setor de exploração e produção maduro, com **domínio técnico e tecnológico do seu uso, transporte e armazenamento**.
- Existem potenciais benefícios socioeconômicos regionais e locais associados a toda cadeia do petróleo e gás natural: **geração de empregos** diretos e indiretos e **aumento da arrecadação tributária**, contribuindo para o **dinamismo econômico da região**. Historicamente, as participações governamentais que sempre se destacaram em volume de recursos financeiros foram os royalties e participações especiais, associados à fase de produção de petróleo e gás natural.

Produção atual de petróleo e gás natural e infraestrutura de abastecimento

Segundo o Anuário Estatístico 2021 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2021a), a produção nacional de petróleo em 2020 foi de 1,1 bilhão de barris e a de gás natural foi cerca de 47 bilhões de m³ nos 383 campos em produção, com destaque para a produção dos campos marítimos que representaram 97% da produção de petróleo e 84% de gás natural, sendo mais da metade desses volumes referente ao pré-sal.

O sistema de abastecimento brasileiro é composto por refinarias e unidades de processamento de gás natural, além da infraestrutura logística associada. Visto que a produção nacional de petróleo e gás natural se concentra no mar, a infraestrutura presente se localiza predominantemente na costa. O processamento de petróleo é realizado em 18 refinarias com capacidade instalada de 2,4 milhões de barris/dia. Adicionalmente, existe uma Usina Industrial do Xisto (SIX), com capacidade de 7,8 mil t/dia. Já o processamento de gás natural é realizado em 15 polos com capacidade de 107,7 milhões de m³/dia (ANP, 2021a).



Além disso, a infraestrutura para movimentação de petróleo, gás natural e derivados é formada por dutos, terminais terrestres e aquaviários, rodovias e ferrovias. Com relação à infraestrutura de dutos, em 2020, aproximadamente 20 mil km foram destinados ao transporte e transferência de petróleo, gás natural e derivados (ANP, 2021a). Existem ainda cinco terminais de gás natural liquefeito (GNL) (ANP, 2021b).

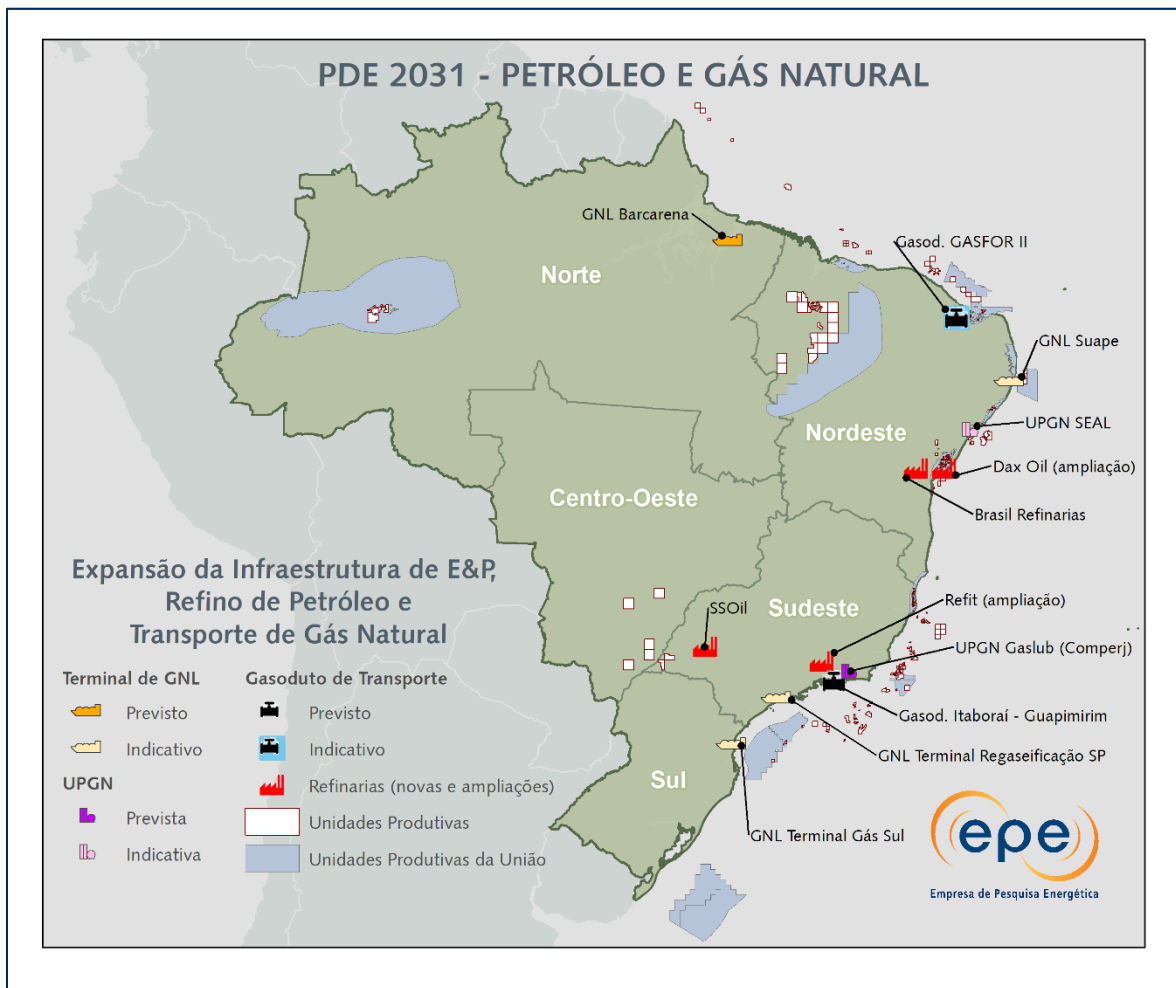
Expansão da produção e da oferta de petróleo, gás natural e derivados nos próximos 10 anos

No período decenal está previsto que **277 UPs (Unidades Produtivas em áreas contratadas)** iniciarão a produção de recursos convencionais de petróleo e gás natural, além de **27 UPUs (Unidades Produtivas em áreas não contratadas que pertencem à União)**. Essas unidades atingirão cerca de 1,645 milhão de barris/dia de petróleo e aproximadamente 127 milhões de m³ por dia de gás natural em 2031 e a oferta total prevista para 2031 é de aproximadamente 277 milhões de m³ por dia de gás natural e cerca de 5,2 milhões de barris/dia de petróleo.

As UPs terrestres previstas estão distribuídas nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste. Já as UPs offshore estão concentradas principalmente na região Sudeste, com ocorrência também no Nordeste, ao longo da margem equatorial e no Sul do Brasil. As UPUs se localizam em áreas terrestres nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste e áreas marinhas ao longo da costa das regiões Nordeste, Sudeste e Sul. Ressalta-se que a elaboração das curvas de produção constantes do PDE 2031 considerou a análise socioambiental prévia de 744 UPs e das UPUs conforme metodologia definida no item “Subsídios socioambientais para a expansão decenal/Análise da complexidade socioambiental das unidades produtivas de petróleo e gás” da presente nota técnica.

Em relação ao abastecimento, estão previstas **duas novas refinarias**, Brasil Refinarias (736 b/d, em Simões Filho, BA) e SSOIL (12.500 b/d, em Coroados, SP) e **duas ampliações**, Dax Oil (ampliação de 1.500 b/d, em Camaçari, BA) e Refinaria de Manguinhos/Refit (ampliação de 4.300 b/d, no Rio de Janeiro/RJ). Além disso, estão previstas unidades de hidrotreatamento (HDTs) das refinarias Replan (em Paulínia, SP), Revap - Henrique Lage (em São José dos Campos, SP) e Reduc (em Duque de Caxias, RJ). As HDTs permitem a produção de diesel com menor teor de enxofre e possibilitam o aumento do fator de utilização destas refinarias.

Quanto à infraestrutura de gás natural, estão planejados **quatro terminais de regaseificação**: Terminal Barcarena (15 MM m³/dia, previsto para Barcarena/PA) e Terminal Gás Sul (15 MM m³/dia, em São Francisco do Sul, SC), Terminal TRSP (14 MM m³/dia, em Santos, SP) e Terminal Suape (21 MM m³/dia, em Suape, PE), indicativos. Ainda está prevista a instalação de **dois gasodutos de transporte e duas unidades de processamento de gás natural (UPGN)** no decênio (Figura 18). Dos gasodutos, está previsto o gasoduto Itaboraí - Guapimirim, com 11 km de extensão, situado no estado do Rio de Janeiro, e o gasoduto indicativo Gasfor II entre Guamaré/RN e Pecém/CE, com 291 km de extensão. Sobre as UPGNs, a prevista é a UPGN Gaslub (21 MM m³/dia, em Itaboraí, RJ – no complexo do Comperj) e a indicativa é a UPGN SEAL (20 MM m³/dia, em Aracaju, SE).



Notas: (1) Mapeamento de Unidades Produtivas - Fonte: ANP (2021b); (2) O tamanho do polígono das UPs não é proporcional ao volume de produção ou às interferências socioambientais.

Figura 18 – Unidades produtivas, UPGNs, terminais e gasoduto de transporte planejados no PDE 2031

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão da produção e da oferta de petróleo, gás natural e derivados

A análise de interferências socioambientais busca sinalizar as principais questões de abrangência regional que deverão ser foco de gestão por parte do poder público e dos empreendedores associadas às atividades de E&P nas UPs e à instalação de refinaria, unidades de processamento de gás natural, gasodutos e terminais de regaseificação planejados. Considerando as sensibilidades típicas das diferentes regiões para as quais as UPs estão planejadas no horizonte deste PDE 2031, indicam-se, a seguir, os principais impactos reais e potenciais esperados, com o objetivo de contribuir para sua gestão. Os impactos reais são aqueles associados à instalação de infraestrutura e à rotina das atividades operacionais de E&P, enquanto os impactos potenciais são comumente aqueles associados ao risco de um acidente.

Sobre as atividades de E&P previstas, os impactos potenciais associados ao risco de acidentes com derramamento de óleo em corpos hídricos ou no mar continuam dentre os que mais demandam atenção no âmbito do licenciamento ambiental. Nas áreas terrestres, destaca-se a sensibilidade a esse tipo de evento na região Norte, pela existência de ambientes únicos na Amazônia, e no Nordeste pelos conflitos pelo uso da água existentes. Já no mar, os ambientes sensíveis em ilhas e na costa do Nordeste merecem atenção em função do reduzido tempo de toque de óleo, pois a Plataforma Continental é estreita e por isso as plataformas de E&P estão localizadas relativamente próximo à costa. Entretanto, como o risco de derramamento implica em impactos potenciais e não impactos reais, esse fator não configurou da descrição dos temas socioambientais da Análise Integrada. Dentre as medidas mitigadoras desse impacto potencial, podem ser citadas a instalação de BOP (*blowout preventer*) junto à cabeça do

poço, para evitar o *kick* de poço e minimizar o risco de *blowout* e a elaboração dos Planos de Emergência Individuais (PEI) para cada empreendimento, conforme preconizado na Resolução Conama 398/2008.

Dentre os impactos reais, aqueles associados à pesquisa sísmica no ambiente *offshore* são relevantes e incidem especialmente sobre cetáceos (baleias e golfinhos), mas também sobre peixes e outros organismos da fauna marinha. Sendo assim, o tema **Biodiversidade** se torna relevante para as regiões Nordeste e Sudeste, que para esta fonte está associado à atividade de sísmica no mar e pela instalação de estruturas no assoalho marinho (dutos e outros equipamentos) e perfurações, que impactam a fauna bentônica. Ambas interferências se destacam pelos possíveis efeitos cumulativos no Sudeste e pela sensibilidade dos ambientes no Nordeste, onde será realizada a atividade (baixa profundidade e proximidade da costa). Para minimização dos impactos da atividade sísmica, existem restrições temporárias associadas aos cetáceos, sirênios e quelônios a fim de se evitar maiores impactos a esses grupos. Além disso, o Ibama elaborou o Guia de Monitoramento da Biota Marinha com os procedimentos exigidos no licenciamento ambiental nessa atividade (Ibama, 2018a). Como subsídio a medidas mitigadoras da interferência direta sobre habitats marinhos, são realizados projetos de monitoramento, com levantamento de dados físicos, químicos e biológicos, tanto para caracterização ambiental (*baselines*) quanto para o acompanhamento dos impactos. Nos projetos, quando há necessidade de instalação de estruturas no assoalho oceânico, também é comumente realizado o levantamento das condições físicas e bióticas do trecho (por exemplo, coletas de material e utilização de veículo de operação remota – ROV) e realizados desvios no traçado em função da presença de ambientes ricos em espécies ou endemismos. Tal levantamento também possui o objetivo de avaliar o impacto do descarte de cascalho com fluido de perfuração aderido sobre estes organismos.

Também deve ser foco de gestão a possível introdução de espécies exóticas por embarcações, com efeitos sobre ecossistemas de costões rochosos. Vale ressaltar que tanto a movimentação de embarcações de apoio e de navios aliviadores, associados a E&P, quanto a movimentação de navios cargueiros, associados a outras atividades econômicas, podem ser responsáveis pela entrada de espécies exóticas nos ecossistemas brasileiros. A interferência na atividade pesqueira também se constitui em processo impactante, mas é tratado com programas voltados à sua mitigação, como os projetos de monitoramento junto às comunidades pesqueiras (por exemplo, PMDP – projetos de monitoramento do desembarque pesqueiro); e à sua compensação, como o desenvolvimento de projetos de educação ambiental (PEA) e de compensação da atividade pesqueira (PCAP) nas comunidades afetadas pelos empreendimentos. Em suma, foi destacada a **interferência na fauna** nas regiões Nordeste e Sudeste sobre o tema **Biodiversidade**.

No que concerne às atividades *onshore*, para a região Norte, considerando o processo histórico de atração de população para os centros urbanos, núcleos de apoio às atividades de E&P, espera-se que ocorra **Pressão sobre serviços e infraestrutura urbana**. Por outro lado, a geração de empregos e de *royalties*, caso bem gerenciados, podem trazer benefícios socioeconômicos que contrabalançam as interferências negativas. Além disso, alerta-se para o fato de que há maior concentração de povos indígenas nessa região, o que demanda uma gestão rigorosa das atividades e um esforço de diálogo, para evitar interferências sobre seus modos de vida. Vale ressaltar que o Estudo Ambiental de Área Sedimentar do Solimões listou uma série de diretrizes estratégicas e recomendações ao licenciamento ambiental que podem dirimir conflitos e minimizar impactos ambientais (Piatam/Coppetec e EPE, 2020). O próprio resultado de classificação de aptidão do estudo busca evitar impactos sobre os aspectos socioambientais mais relevantes da região, incluindo os modos de vida dos povos indígenas.

Já na região Nordeste, espera-se que a interferência mais expressiva seja a **Alteração dos modos de vida das comunidades locais**, uma vez que essa tipologia de atividade não é comum no interior dessa região e possivelmente haverá cumulatividade, devido à quantidade de UPs previstas para iniciar a produção no decênio relativamente próximas entre si. Por outro lado, na região Centro-Oeste, estão previstas poucas UPs e mais espaçadas entre si, o que indica baixa possibilidade de haver cumulatividade dos efeitos das interferências. Podem ser citadas como medidas mitigadoras de impactos relacionadas às boas práticas do setor a comunicação com as comunidades locais no âmbito dos projetos de E&P,

realizada por meio dos planos de comunicação, e a contratação de mão de obra local. Portanto, foi destacada a interferência **Pressão sobre serviços e infraestrutura urbana** na região Norte e **Alteração dos modos de vida das comunidades locais** na região Nordeste, ambas sobre o tema **Organização Territorial**.













Em relação ao refino, estão previstas para a região do Recôncavo Baiano a ampliação da Dax Oil e a instalação da Brasil Refinarias. Nessa região, há diversos campos de produção e outras infraestruturas do setor petrolífero. Por outro lado, ambos projetos são de pequena dimensão e não se espera interferências expressivas associadas a eles. Está prevista também a ampliação da Refit, na cidade do Rio de Janeiro, cuja infraestrutura urbana deverá absorver eventuais interferências associadas. A outra refinaria, SSOIL, está prevista para a região oeste do estado de São Paulo. Sua construção deverá atrair empregados, podendo causar interferência temporária sobre o núcleo urbano mais próximo, no entanto, sem efeitos regionalizados esperados. Além disso, estão previstas novas unidades de hidrotreatamento (HDT) para as refinarias Replan, Revap e Reduc. Essas unidades contribuem para a especificação do diesel (diesel S10, com menor teor de enxofre), o que possibilita maior fator de utilização destas refinarias.

Sobre os **gasodutos de transporte e UPGNs**, considerou-se que não há impactos de abrangência regional relevantes a serem apontados. Em relação aos gasodutos, cerca de 2 dos 11 km previstos do gasoduto Itaboraí - Guapimirim apresentam sobreposição com a UC de uso sustentável APA da Bacia do Rio Macacu, cerca de 8 km dos 75km do gasoduto Gasfor II - Trecho Caucaia-Horizonte atingem o Corredor Ecológico do rio Pacoti (uma UC estadual) e 45 km dos 216 km do gasoduto Gasfor II – Trecho Horizonte-Serra do Mel atingem projetos de assentamento rural. Entende-se que eventuais impactos locais poderão ser evitados ou mitigados no âmbito do licenciamento ambiental dos projetos. Sobre a UPGN Gaslub (RJ), não são esperados impactos adicionais significativos, visto que será instalada dentro dos limites do complexo industrial Comperj, existente. A UPGN indicativa em Sergipe provavelmente será instalada próxima ao Porto de Sergipe e à UTE Porto de Sergipe e isso poderá evitar/minimizar impactos sobre o ecossistema de restinga, numa região de potencial turístico.

Os **terminais de regaseificação** previsto (Barcarena, PA) e indicativos (Santos, Suape e Gás Sul) são alocados em região portuária já estabelecida e, portanto, não é esperada supressão de vegetação nativa de grandes extensões, que se reflitam em escala regional. Mesmo assim, recomenda-se evitar a remoção de vegetação nativa, notadamente típica de mangue nos casos de Barcarena, Santos e Suape. Vale ressaltar a existência de ilhas e canais na região estuarina para qual o terminal Barcarena está previsto, bem como o fato de o terminal indicativo Gás Sul estar planejado para local junto à entrada da baía da Babitonga. Esse cenário também é característico do Porto de Suape, com a ocorrência adicional de praias turísticas próximas. Tais ambientes sensíveis demandam gestão da movimentação das embarcações de modo a evitar e mitigar eventuais impactos sobre a biota e as comunidades locais.



Como subsídio à Análise Integrada, foram selecionados os impactos reais de abrangência regional que mais se destacam, para permitir a compilação de temas socioambientais para o petróleo e gás natural como uma das fontes de energia analisadas. Nesse sentido, foram destacados, para o E&P, o tema **Biodiversidade** nas regiões Nordeste e Sudeste e o tema **Organização Territorial** para as regiões Norte e Nordeste.

Tabela 21 – Síntese da análise socioambiental da produção de petróleo, gás natural e derivados no PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|
| E&P de petróleo e GN |  organização territorial |  biodiversidade  organização territorial |  interferências inexpressivas |  biodiversidade |  interferências inexpressivas |
| Refinarias, UPGNs e Terminais de GNL |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas | não há projetos planejados |
| Gasodutos | não há projetos planejados |  interferências inexpressivas | não há projetos planejados |  interferências inexpressivas | não há projetos planejados |

No Quadro 23 destacam-se as principais interferências socioambientais relacionadas à expansão da produção de petróleo e gás natural e do abastecimento no PDE 2031; os temas socioambientais associados a essas interferências, conforme metodologia da análise socioambiental integrada; a justificativa pela escolha da interferência na região na qual está prevista a expansão; e, por último, as medidas mitigadoras relacionadas às interferências listadas.

Quadro 23 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão da produção de petróleo, gás natural e derivados

| Interferência | Tema | Região e justificativa | Medidas mitigadoras |
|--|--|---|---|
| Interferência na fauna | biodiversidade  | SE: efeito cumulativo em função da quantidade de empreendimentos existentes. NE: sensibilidade dos ambientes devido à baixa profundidade e proximidade da costa. | Restrições temporárias e Guia de Monitoramento da Biota Marinha Monitoramento de dados físicos, químicos e biológicos Ver iniciativas no próximo item |
| Pressão sobre serviços e infraestrutura urbana | organização territorial  | N: continuação do processo histórico de atração para os centros urbanos | Planos de comunicação |
| Alteração dos modos de vida das comunidades locais | | NE: chegada das atividades de E&P em novas localidades; cumulatividade entre as atividades previstas | Contratação de mão de obra local |

Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão da produção e da oferta de petróleo, gás natural e derivados

O aumento previsto das atividades de E&P e a implantação das novas unidades de refino, do gasoduto e dos terminais de regaseificação requerem a gestão das interferências ambientais negativas e positivas, de modo a garantir um desenvolvimento sustentável associado ao setor.

Para um setor maduro como o setor petrolífero, notam-se diversas iniciativas que buscam lidar com os desafios que se apresentam, fruto de discussões envolvendo principalmente MME, ANP, IBP e Ibama. As principais iniciativas e discussões em andamento envolvem a adequação do setor à transição energética e a compatibilização das atividades petrolíferas com a conservação da biodiversidade. Além disso, um desafio que sempre se apresenta ao setor é o de reverter a aplicação dos tributos em benefícios efetivos para a população. Todos esses desafios estão relacionados à imagem do setor perante a sociedade e há preocupação em aprimorar esses aspectos.

Perante o relevante desafio de **adequação do setor à transição energética**, observa-se que as empresas estão se adaptando e se comprometendo com ações no intuito de se compatibilizar suas emissões aos objetivos dos acordos internacionais e contribuir com os esforços para transição para uma economia de baixo carbono. Podem-se mencionar a adoção de medidas para redução das emissões de GEEs das operações, implementação de tecnologias de captura e armazenamento ou uso de carbono (CCS e CCUS) e diversificação de portfólio pelas empresas, que tem investido em projetos de energia renovável e no fornecimento de outros serviços de energia (IEA, 2020). Neste sentido, existem diversas iniciativas que buscam mobilizar e promover a colaboração das empresas de O&G, algumas delas são: World Bank's Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR); Oil and Gas Climate Initiative (OGCI); Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD). A OGCI, por exemplo, que tem entre seus 12 membros empresas como Petrobras, Shell, TotalEnergies, entre outras atuantes no país, anunciaram a ambição de atingir a neutralidade das operações sob seu controle em prazo compatível com Acordo de Paris (Petrobras, 2021 e OGCI, 2021).

A implementação de mecanismos para compensação das emissões se torna relevante para alcançar a neutralidade líquida de carbono após o esgotamento de estratégias para efetiva descarbonização. O emprego de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) é uma das alternativas que permitem compensar as emissões de difícil mitigação, como através de projetos de reflorestamento que removem e fixam o carbono. Destaca-se que a EPE vem trabalhando em cooperação com o BNDES com o objetivo de avaliar mecanismos existentes para conectar a compensações de emissões do setor de O&G e as atividades de restauração ambiental de forma a aproveitar as oportunidades que esses dois setores oferecem (EPE, 2021b).

Tendo como perspectiva uma transição energética justa e inclusiva, as empresas também vêm adotando práticas de ASG (sigla para Ambiental, Social e Governança) e que observam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Sendo assim, é importante incentivar o setor a continuar contribuindo para minimizar os efeitos das mudanças climáticas por meio de investimento e implementação de medidas que reduzam as emissões, além de fomentar o desenvolvimento de novas soluções e tecnologias que auxiliem a transição energética.

No que se refere aos aspectos socioeconômicos, uma discussão relevante é na direção de **reverter a aplicação dos tributos em benefícios efetivos para a população**. Apesar da sólida empregabilidade e do recebimento de volumes significativos de rendas petrolíferas, o desenvolvimento econômico local irá depender da gestão adequada dos recursos. Uma iniciativa no sentido da boa gestão municipal é a criação de fundo municipal para reserva de uma parcela dos *royalties* recebidos, de modo a resguardar reservas (municípios de Niterói e Maricá). Outra iniciativa refere-se ao Programa Macrorregional de Caracterização de Rendias Petrolíferas (PMCRP), condicionante do licenciamento ambiental federal (Ibama) da produção e escoamento nas bacias de Campos, Santos e Espírito Santo, que tem como finalidade analisar dados sobre as rendas petrolíferas e orçamentos públicos, a fim de caracterizar e monitorar os efeitos associados às rendas petrolíferas em diferentes escalas. Tais iniciativas podem contribuir para uma melhora da

percepção da população sobre a aplicação dos recursos financeiros gerados pela produção aos municípios, estados e federação.

Diante do desafio de **compatibilizar as atividades petrolíferas com a conservação da biodiversidade**, é verificada uma série de iniciativas de articulação entre os setores de petróleo e meio ambiente:

a) Especificamente no que tange a evitar ou minimizar a introdução de espécies exóticas, tem sido discutida entre os setores ambiental e energético a promoção de medidas de controle do coral-sol, organismo exótico invasor associado ao deslocamento de plataformas e embarcações. Neste sentido o MMA coordenou a elaboração do Plano de Controle Coral-Sol, instituído pela Portaria IBAMA n. 3.642, de 10 de dezembro de 2018 (Ibama, 2018b), que prevê medidas para remoção de organismos incrustantes de plataformas e evitar o transporte para áreas ainda não colonizadas.

b) O planejamento integrado entre os setores petrolífero e ambiental é também uma iniciativa. Nessa linha, estão sendo realizadas as primeiras Avaliações Ambientais de Áreas Sedimentares (AAAS) que buscam conciliar o desenvolvimento das futuras atividades de petróleo e gás natural com os aspectos socioambientais regionais. Os Estudos Ambientais de Área Sedimentar do Solimões e de Sergipe-Alagoas e Jacuípe foram conduzidos pela EPE e pela ANP, respectivamente, e acompanhados por Comitês Técnicos de Acompanhamento, grupos interministeriais compostos pelos Ministérios de Minas e Energia (MME) e de Meio Ambiente (MMA) e instituições vinculadas (Brasil, 2012; Consórcio Piatam-Coppetec/EPE, 2020; Ecology/ANP, 2020). Além de subsidiar o planejamento, a AAAS produz recomendações para o licenciamento ambiental e diretrizes para a oferta de blocos exploratórios para cada área sedimentar analisada. Para as áreas que ainda não foram submetidas à AAAS, se mantém a manifestação conjunta prévia à oferta de blocos, realizada por ANP e órgãos ambientais (CNPE, 2017). Recomenda-se a realização de novas AAAS, de modo a compatibilizar a E&P de petróleo e gás natural com a conservação de ambientes sensíveis e reduzir incertezas e conflitos no licenciamento ambiental.

c) Para aprimorar os procedimentos de licenciamento ambiental de E&P, foram observadas as seguintes iniciativas: para o ambiente *onshore*, foi estabelecido, no âmbito do Programa Reate (Programa de Revitalização das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres), um subgrupo com representantes do MME, EPE, ANP MMA, Ibama, IBP e a Associação Brasileira de Produtores Independentes de Petróleo e Gás Natural (ABPIP), com objetivo de propor ações para promoção de boas práticas e harmonização dos procedimentos de licenciamento ambiental entre os órgãos licenciadores estaduais (MME, 2020); para o ambiente *offshore*, foi contratado pela Secretaria Especial do Programa de Parcerias de Investimentos (SEPPI/Ministério da Economia) um estudo estratégico para elaborar diretrizes para o licenciamento ambiental (BID et al., 2020) e foi realizado evento para discussão do licenciamento ambiental *offshore* (EPE et al., 2020).

O Quadro 24 resume os principais desafios relacionados à expansão da produção de petróleo e gás natural e derivados no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

Quadro 24 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão da produção e da oferta de petróleo, gás natural e derivados

| Desafio | Iniciativas | Recomendações |
|--|--|---|
| Adequação do setor à transição energética | <ul style="list-style-type: none"> - medidas para redução das emissões de GEEs das operações, implementação de tecnologias de captura e armazenamento ou uso de carbono (CCS e CCUS) e diversificação de portfólio (investimento em projetos de energia renovável e no fornecimento de outros serviços de energia) - adesão a iniciativas que promovem ações para o clima: World Bank's Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR); Oil and Gas Climate Initiative (OGCI); Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD) - acordo de cooperação EPE - BNDES para avaliar mecanismos existentes para conectar a compensação de emissões do setor de O&G e as atividades de restauração ambiental - adoção de práticas ASG e que observam os ODS, rumo a uma transição justa | |
| Reverter a aplicação dos tributos em benefícios efetivos para a população | <ul style="list-style-type: none"> - criação de fundo municipal para resguardar reservas de <i>royalties</i> recebidos (municípios de Niterói e Maricá). - implementação do PMCRP para caracterizar e monitorar, através de indicadores, a geração e distribuição das rendas petrolíferas entre os beneficiários, o grau de dependência dos orçamentos públicos municipais e a existência e efetividade de mecanismos de controle social nos municípios (bacias de Santos, Campos e Espírito Santo). | <p>Levantar e implementar mecanismos, como por exemplo modificação na legislação sub-nacional, para indicar a destinação dos <i>royalties</i> para demandas particulares de cada município/estado.</p> <p>Promover fórum de discussão que oriente a destinação dos <i>royalties</i> em nível municipal.</p> |
| Compatibilizar as atividades petrolíferas com a conservação da biodiversidade | <ul style="list-style-type: none"> - Plano de Controle Coral-Sol - planejamento integrado entre os setores petrolífero e ambiental (AAAS Solimões e Sergipe-Alagoas e Jacuípe) - aprimoramento nos procedimentos de licenciamento ambiental das atividades de E&P | |



Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão da produção e oferta de petróleo e gás natural e derivados

Foram vislumbradas três oportunidades socioambientais associadas à expansão da produção e oferta de petróleo, gás natural e derivados prevista para o decênio: **dinamização da economia em regiões de campos maduros e novas fronteiras onshore; geração de conhecimento técnico-científico; e aproveitamento da infraestrutura e tecnologia para auxiliar na transição energética.**

Espera-se que, com o andamento do Programa de Revitalização da Atividade de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres - Reate (MME, 2020), campos maduros e novas fronteiras *onshore* sejam viabilizados. Nesse sentido, a geração de *royalties* e de empregos tem potencial de promover dinamização da economia local.

O conhecimento técnico-científico tem se beneficiado ao longo dos anos a partir da coleta de dados primários para o licenciamento ambiental das atividades petrolíferas, promovida pelas Resoluções Conama e Instruções Normativas do Ibama que determinam esse procedimento. Eventos técnico-científicos, com destaque para a Rio Oil & Gas, são oportunidades para a publicação dos dados. Além disso, o envolvimento de instituições de pesquisa científica em estudos ambientais associados ao setor tende a promover inovações na coleta e tratamento dos dados (EIA, Programas de monitoramento ambiental, EAAS etc.). Adicionalmente, no sentido de promover o conhecimento científico e o desenvolvimento de técnicas e práticas que minimizem impactos das atividades de E&P, os contratos de E&P estabelecem que as empresas devem investir 1% da receita bruta da produção dos campos que pagam Participação Especial em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), o que é fiscalizado pela ANP. A relação de Projetos de PD&I que seguem o Regulamento Técnico ANP n. 03/2015, apesar de não ser exaustiva, fornece um panorama das temáticas abordadas. De um total de 1.872 projetos iniciados entre 2017 e junho de 2021, 3% possuem a qualificação “pesquisa em meio ambiente”, podendo ser citados os subtemas: emissões de gases de efeito estufa na indústria de petróleo, gerenciamento de águas, efluentes e emissões de poluentes regulamentados, impactos ambientais e minimização de resíduos – redução, reutilização e reciclagem (ANP, 2021c). Um exemplo de projeto financiado por tal verba de PD&I é o Projeto Costa Norte, que visa aumentar a compreensão da vulnerabilidade dos manguezais das bacias do Pará-Maranhão e Foz do Amazonas (ProOceano et al., 2020).

Mais recentemente, têm-se vislumbrado o aproveitamento de recursos, infraestrutura, tecnologia e conhecimento do setor petrolífero para auxiliar a transição energética. Se, por um lado, o setor petrolífero tem se deparado com o desafio de se adequar à transição, esta também pode ser beneficiada pela *expertise* do setor. O uso de tecnologias como CCUS é importante para abater emissões de indústrias de difícil descarbonização e o investimento do setor de O&G no seu desenvolvimento pode promover a ampliação da sua aplicação. O setor também poderá beneficiar o desenvolvimento da eólica *offshore*, pela *expertise* na instalação de estruturas, logística e operações no ambiente marinho (EPE, 2020 e Brazil Energy Programme, 2020). Cabe destacar também o potencial para produção de hidrogênio de baixo carbono, como o hidrogênio azul e turquesa produzido a partir do gás natural, que estão entre as rotas vislumbradas nas diretrizes para o Programa Nacional de Hidrogênio (MME, 2021). A infraestrutura de escoamento e transporte de gás natural existente também pode ser utilizada, com adaptações ou não, para outros produtos, como, por exemplo, o biometano (Resolução ANP n. 685/2017 e Resolução ANP n. 8/2015) e o hidrogênio. Portanto, vislumbra-se a oportunidade de aproveitamento de uma cadeia consolidada como a de O&G para auxiliar no desenvolvimento de fontes de energia de baixa emissão de GEE.

O Quadro 25 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão da produção e oferta de petróleo e gás natural e derivados no PDE 2031 e a conjuntura favorável para aproveitar as oportunidades identificadas.

Quadro 25 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão da produção e oferta de petróleo e gás natural e derivados

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|---|---|
| Dinamização da economia em regiões de campos maduros e novas fronteiras <i>onshore</i> | - Programa de Revitalização da Atividade de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres - Reate |
| Geração de conhecimento técnico-científico | - Resoluções Conama e Instruções Normativas do Ibama que determinam a coleta de dados primários para o licenciamento ambiental - Rio Oil&Gas e outros eventos técnico-científicos que estimulam a publicação dos dados - Envolvimento de instituições de pesquisa científica em estudos ambientais associados ao setor - Programa de PD&I da ANP |

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|---|--|
| Aproveitamento da infraestrutura e tecnologia do setor para auxiliar na transição energética | <ul style="list-style-type: none"> - Investimento do setor de O&G no desenvolvimento de técnicas CCUS pode ampliar sua aplicação - <i>Expertise</i> na instalação de estruturas, logística e operações no ambiente marítimo pode beneficiar o desenvolvimento da eólica <i>offshore</i>. Empresas de petróleo já estão investindo nessa fonte - Programa Nacional de Hidrogênio - Resolução ANP n. 685/2017 e Resolução ANP n. 8/2015: aproveitamento da infraestrutura de gás natural para injeção de biometano |

Indicadores socioambientais da expansão da produção e da oferta de petróleo, gás natural e derivados

Os indicadores ambientais foram calculados utilizando-se recursos de geoprocessamento, ou seja, foi analisada a eventual sobreposição entre os empreendimentos previstos para o decênio e **Unidades de Conservação**, distinguindo-as entre proteção integral e uso sustentável. Três indicadores socioeconômicos também foram calculados da mesma forma: **número de UPs com sobreposição a TI**, **extensão de gasodutos em TI** e **extensão de gasodutos em assentamento rural**. Vale ressaltar que, conforme sinalizado na Figura 18 (Nota 2), não é possível estabelecer uma relação obrigatória entre essa sobreposição e interferências socioambientais sobre UC ou TI. Foi observada sobreposição com blocos exploratórios, que são áreas extensas sobre as quais é concedido o direito à exploração do recurso. No entanto, mesmo que este recurso esteja próximo à área de sobreposição, a perfuração direcional permite evitar a interferência direta sobre a UC ou TI.

Os indicadores socioeconômicos positivos do E&P são número de empregos e recursos financeiros gerados, ambos avaliados a partir da estimativa de produção de recursos de petróleo e gás natural no decênio. Para o cálculo das participações governamentais, consideraram-se apenas as arrecadações consolidadas dos Estados e Municípios provenientes de **royalties e participações especiais** sobre as receitas das atividades de E&P relativas às unidades produtivas de recursos descobertos dentro do horizonte deste PDE 2031. Ressalta-se, ainda, que as referidas arrecadações variam em função dos volumes produzidos, do regime fiscal e cambial, dos preços praticados nos mercados nacionais e internacionais do petróleo e gás natural.

A estimativa para **geração de empregos diretos** em E&P considerou a relação entre a produção nacional de petróleo e gás natural e os dados de empregos da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) nas subclasses “Extração de petróleo e gás natural” e “Atividades de apoio à extração de petróleo e gás natural”. Um ganho de eficiência foi aplicado sobre a relação entre produção e quantidade de empregos gerados, considerando os avanços na automação e no controle de processos, bem como a alta produtividade do pré-sal. Para refino, UPGN, Terminais de GNL e gasoduto, o número de empregos foi estimado a partir de informações contidas em estudos ambientais de empreendimentos.

Tabela 22 – Indicadores socioambientais da expansão da produção e da oferta de petróleo, gás natural e derivados

| Indicadores Ambientais | |
|---|-------------------------------------|
| E&P de petróleo e gás natural¹ | |
| Número de UPs com sobreposição a UC de proteção integral | 2 das 277 UPs |
| Número de UPs com sobreposição a UC de uso sustentável | 14 de 277 UPs |
| UPGN | |
| Número de UPGNs com sobreposição a UC de uso sustentável | 0 UPGN de 1 prevista e 1 indicativa |
| Gasodutos | |
| Extensão em UCs de uso sustentável | 10 km dos 302 km |
| Extensão em UCs de proteção integral | 0 km dos 302 km |
| Indicadores Socioeconômicos | |
| E&P de petróleo e gás natural | |
| Número de UPs com sobreposição a TI ¹ | 1* das 277 UPs |
| Empregos diretos gerados (valor acumulado) ² | 26 mil |
| <i>Royalties</i> e participações especiais – média anual (R\$ bilhões) ² | 59 |
| Gasodutos | |
| Extensão em TI ¹ | 0 km dos 302 km |
| Extensão em assentamentos rurais ¹ | 45 km dos 302 km |
| Empregos diretos gerados no pico das obras ³ | 4,3 mil |
| UPGNs | |
| Empregos diretos gerados no pico das obras ⁴ | 2 mil |
| Terminais de GNL (regaseificação) | |
| Empregos diretos gerados no pico das obras ⁵ | 2,5 mil |
| Refinarias | |
| Empregos diretos gerados no pico das obras ⁶ | 2,6 mil |

Notas: * A UP é um bloco que foi licitado na Rodada 14 (2017) e a Terra indígena começou a constar da base georreferenciada da Funai em 2019. Portanto, o bloco foi licitado antes do conhecimento da existência da TI pela ANP. (1). Indicadores estimados a partir de: ELETROBRAS, 2011; FUNAI, 2020; INCRA, 2020 e MMA, 2020. (2). Indicadores socioeconômicos estimados a partir das curvas de produção constantes do Capítulo V “Produção de Petróleo e Gás Natural” do PDE 2031. Número de empregos estimados a partir da média histórica entre os anos 2014 e 2019 da relação (boe/dia) / empregado. *Royalties* e participações especiais destinados a estados e municípios, calculados apenas para os recursos descobertos. (3). Número de empregos estimados a partir da relação “14,4 empregos por quilômetro de duto” calculada a partir das seguintes referências: Biodinâmica/Petrobras (2006 e 2007), Petrobras/Piatam (2008), GNA/HabTec Mott MacDonald (2017), Rota 4 Participações AS/Mineral Engenharia e Meio Ambiente (2019) e GNA/Ecolgy Brasil (2020). (4) Número de empregos estimados a partir da relação “49,4 empregos por MM m³/dia de processamento” calculada a partir de GNA/Ecolgy Brasil (2020). (5). Número de empregos estimados a partir da relação “38,8 empregos por MM m³/dia de processamento” calculada a partir de GNA/CPEA (2017). (6) Número de empregos estimados para as duas refinarias novas a partir da relação “0,2 empregos por barril/dia de processamento” calculada a partir de Prominp (2016).

5.2 Etanol

Benefícios do etanol

- O etanol é um **combustível renovável** utilizado como aditivo e substituto direto da gasolina automotiva. No Brasil, é misturado compulsoriamente à gasolina A em percentual que varia de 20 a 30% (etanol anidro) ou utilizado puro (etanol hidratado).
- Os principais benefícios ambientais de seu uso como substituto à gasolina estão relacionados à **baixa emissão de poluentes atmosféricos**, como o monóxido de carbono, material particulado, óxidos de enxofre e compostos orgânicos voláteis, que deterioram a qualidade do ar. Adicionalmente, o etanol também contribui para a mitigação das emissões de **gases de efeito estufa** (GEE) pois parte do carbono emitido na sua queima é absorvida no cultivo da matéria-prima, por meio do processo de fotossíntese.
- Existem também benefícios econômicos e sociais associados à produção de etanol pela **geração de empregos** diretos e indiretos, demanda por bens e serviços, e arrecadação tributária, gerando impactos econômicos positivos.
- Adicionalmente, o avanço no uso do milho como matéria-prima possibilita aumentar a produção de etanol na entressafra da região Centro-Sul, reduzindo a volatilidade nos preços e aumentando a **segurança energética** do país.

Oferta de etanol atual

Segundo Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis da EPE (2021), o volume de etanol produzido no país em 2020 foi de **32,6 bilhões de litros**. Esse volume é majoritariamente oriundo da indústria sucroalcooleira, mas a participação do etanol de milho vem crescendo, atingindo 2,4 bilhões de litros em 2020. No país, existem **361 usinas sucroenergéticas** em operação com capacidade efetiva de moagem de 745 milhões de toneladas de cana por ano. Conforme apresentado no capítulo 8 do PDE 2031, existem 11 unidades produtoras de etanol de cana e de milho (*flex*) e 9 unidades produtoras de etanol exclusiva de milho (*full*) que somam a capacidade total de processamento de milho de aproximadamente 15 milhões de toneladas por ano e produção de etanol de cerca de 4 bilhões de litros/ano.

Do total de usinas, 239 possuem Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis e podem solicitar a emissão de Créditos de Descarbonização (CBio). Na safra 2020/2021, a área colhida de cana no país dedicada à produção de açúcar e etanol foi de aproximadamente 8,6 milhões de hectares, concentrada na região Sudeste, especialmente no estado de São Paulo (CONAB, 2021).

Expansão da oferta de etanol nos próximos 10 anos

O cenário de oferta³³ de etanol do PDE 2031 prevê expansão da oferta de 32,7 bilhões de litros em 2022 para **46,4 bilhões de litros em 2031** (aumento de 13,7 bilhões de litros). Em volume, o etanol oriundo



³³ A oferta considera o volume total de importação e produção de etanol oriundo da cana-de-açúcar, milho, 2G e outras matérias-primas.

da indústria sucroalcooleira continuará a ter predomínio na expansão. Por outro lado, ressalta-se o crescimento da produção de etanol de milho e etanol 2G, atingindo cerca de 8 bilhões e de 433 milhões de litros em 2031, respectivamente. Conforme mostrado no capítulo 8 do PDE 2031, área colhida de cana-de-açúcar exclusiva para produção de etanol é estimada em cerca de 5 milhões de hectares em 2031.

Para atender o aumento da oferta de etanol previsto no horizonte decenal, está planejada a **construção de 18 usinas**, a maioria na região Centro-Oeste, em áreas de alta e média aptidão agrícola para cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2009) e que tem se mostrado viável também para a produção de etanol de milho (Figura 19). Destas 18 usinas, duas possuem capacidade de processamento de milho e cana-de-açúcar (flex), oito são exclusivas para processamento de milho (full) e quatro dedicadas exclusivamente à cana e outras quatro de outras matérias-primas (soja e cereais). Está prevista também a **ampliação de 57 usinas**, sendo 29 no Sudeste, 17 no Centro-Oeste, 9 no Nordeste, uma no Norte e outra no Sul.

Além das usinas em construção e ampliação planejadas, foi considerado, para atendimento da demanda, a instalação de um total de 24 usinas indicativas que seriam capazes de aumentar a produção de etanol de cana em cerca de 6 mil m³/dia e, no caso do etanol de milho, um total de 3,6 bilhões de litros (7 unidades flex e 12 unidades full)³⁴.

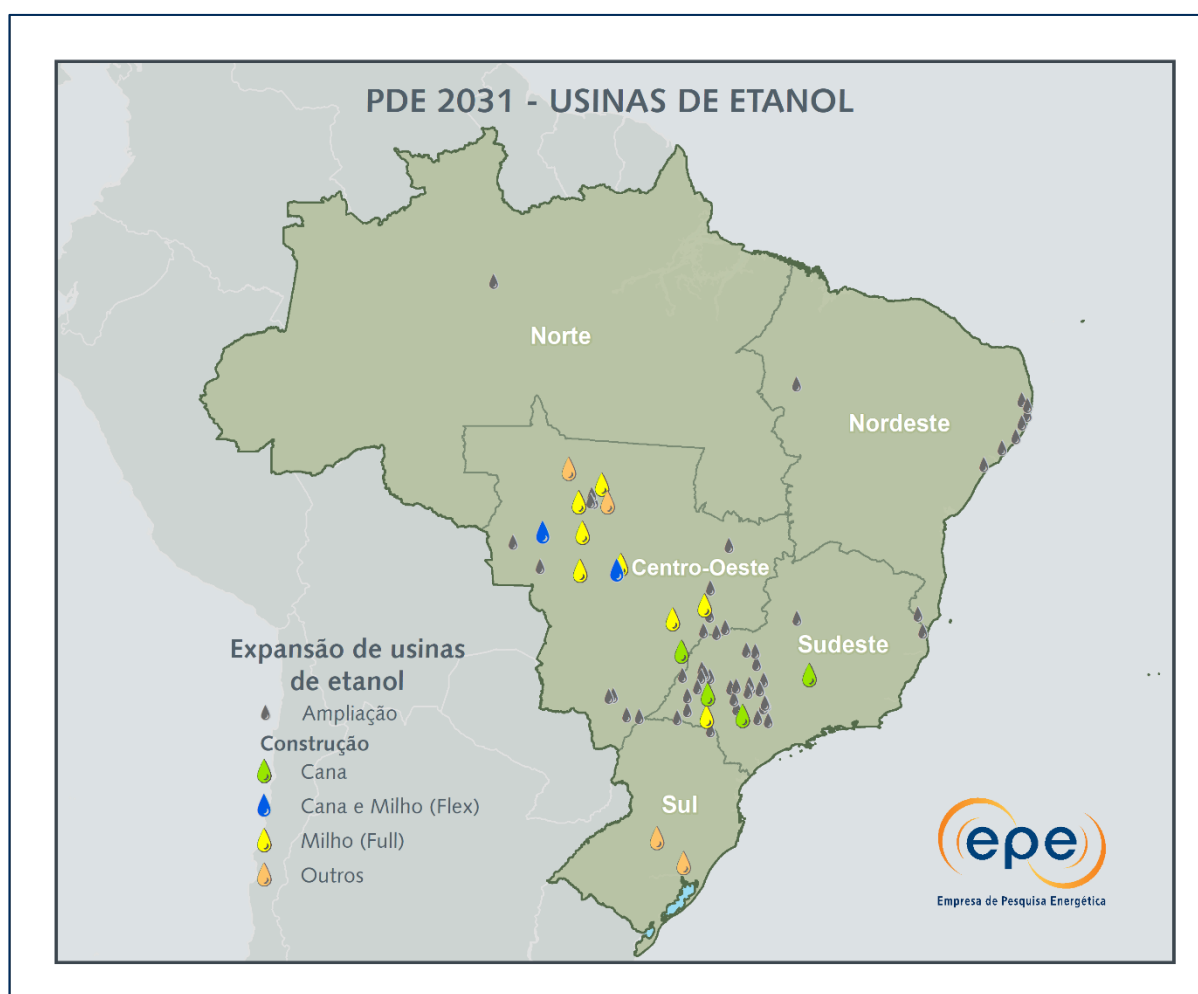


Figura 19 – Localização das usinas de etanol planejadas no PDE 2031

³⁴ Para maiores detalhes, ver capítulo 8 (Oferta de Biocombustíveis) no Plano Decenal de Expansão de Energia 2031.

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão da oferta de etanol

A avaliação socioambiental da expansão da oferta de etanol envolve tanto o ciclo da cultura de matéria-prima quanto as etapas de processamento. Citam-se como interferências socioambientais a geração de resíduos e efluentes e a alteração na disponibilidade de água. Ressalta-se que, devido à predominância na expansão, o enfoque da análise é para o etanol de cana-de-açúcar. O setor sucroalcooleiro brasileiro possui bastante experiência acumulada e muitos impactos ambientais da cadeia de produção de açúcar e etanol foram reduzidos ao longo do tempo.

A **geração de resíduos e efluentes** pode ser considerada a principal interferência associada à expansão planejada. Vale destacar que o setor tem avançado na busca de soluções para o reaproveitamento desses resíduos e efluentes. Entre elas destacam-se a queima de bagaço, palha e ponta para produção de bioeletricidade³⁵ e utilização da vinhaça, torta de filtro, cinzas e fuligem na adubação do solo. Entretanto, no caso da **vinhaça**, ainda que a fertirrigação seja uma prática bem-sucedida pelo setor, a técnica apresenta limitantes ambientais e econômicos, como o custo do transporte para o local de aplicação, implicando em busca por melhorias ou novas soluções para o problema. A partir da estimativa de geração de vinhaça de cerca de 12 l/l de etanol, em média (SEABRA, 2008), espera-se atingir 443 milhões de m³ em 2031 e um total acumulado de 3,91 bilhões de m³ ao longo dos próximos 10 anos. Considerando esse volume, o tema **resíduos** foi considerado relevante para as regiões Sudeste, pela cumulatividade das usinas existentes, e para o Centro-Oeste, região onde se encontra a predominância da expansão.






A alteração na disponibilidade de água também é uma interferência que gera preocupações. Segundo ANA (2021) o cultivo da cana-de-açúcar exige um baixo volume de água por unidade de área, e a região Centro-Sul apresenta condições favoráveis com as condições das chuvas e emprego da fertirrigação. Já no processamento a captação de água vem reduzindo significativamente por meio de legislação ambiental e cobrança pela utilização de recursos hídricos (CNI E UNICA, 2014).

Na safra 2020/2021, o consumo de água nas usinas signatárias do Protocolo Agroambiental Etanol Mais Verde foi de 0,82 m³ água por tonelada de cana-de-açúcar processada (São Paulo, 2021). Ainda no estado de São Paulo, a Resolução SMA n. 88/2008 estabelece a faixa limite de 0,7 – 1 m³ de água por tonelada de cana-de-açúcar processada. Considerando essa faixa, o volume estimado de consumo de água acumulado no horizonte decenal fica entre 3 a 4 bilhões de m³ de água. Tendo em vista os avanços alcançados na redução do consumo e a expansão prevista estar localizada nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, o tema recursos hídricos não foi considerado relevante.

Por fim, cabe destacar que nas regiões Norte e Nordeste estão previstas a ampliação de usinas existentes e na região Sul duas usinas novas, mas não foram identificadas interferências relevantes no contexto regional.

De acordo com a análise apresentada acima, apenas o tema socioambiental **resíduos** foi considerado relevante no contexto do Plano. Este tema está sintetizado na Tabela 23, conforme metodologia empregada na análise socioambiental integrada.


Tabela 23 – Síntese da análise socioambiental de etanol do PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|--------|---|---|---|---|---|
| Etanol |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |  resíduos |  resíduos |

³⁵ Ver 4.4 UTEs renováveis para maiores detalhes.

O Quadro 26 resume as principais interferências socioambientais relacionadas à expansão da oferta de etanol no PDE 2031; os temas socioambientais associados a essas interferências, conforme metodologia da análise socioambiental integrada; a justificativa pela escolha da interferência na região na qual está prevista a expansão e por último as medidas mitigadoras relacionadas às interferências listadas.

Quadro 26 – Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da oferta de etanol

| Interferência | Tema | Região e justificativa | Medidas mitigadoras |
|---------------------------------|---|---|---|
| geração de resíduos e efluentes | resíduos  | Sudeste: cumulatividade com as usinas existentes. Centro-Oeste: predominância da expansão. | Aproveitamento de bagaço, palha e ponta para produção de bioeletricidade, e da vinhaça na fertirrigação dos canaviais |

Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão da oferta de etanol

Os desafios e iniciativas socioambientais do setor se concentram principalmente na continuidade dos avanços obtidos na gestão dos insumos e resíduos, principalmente recursos hídricos e vinhaça, e no desenvolvimento da produção em padrões mais sustentáveis.


A busca por soluções para **aprimorar o manejo e o aproveitamento da vinhaça** é importante para redução dos riscos de contaminação de água e solo. Pela predominância da prática de reuso, destaca-se a possibilidade de concentração da vinhaça, fertilizante orgânico registrado no MAPA, o que permite viabilizar a sua aplicação em maiores distâncias (Rossetto, 2019). Cabe destacar que também existem iniciativas de produção de biogás e biofertilizantes a partir da biodigestão da vinhaça, como observado no item 4.4 Termelétricas Renováveis. Além de minimizar os riscos ambientais, essas medidas aumentam a produtividade agrícola e trazem ganhos de eficiência ao processo. Diante do exposto, recomenda-se fomentar pesquisa e iniciativas de implantação de medidas de aproveitamento e manejo da vinhaça.

Ainda que a **redução do consumo de água** do setor seja notória, é preciso considerar que o cenário de expansão prevê aumento significativo da produção. Neste sentido, o Protocolo Agroambiental Etanol Mais Verde do estado de São Paulo, que estabelece diretivas ambientais para as usinas e associações de fornecedores, continua sendo uma iniciativa relevante e de referência setorial para promoção da redução desses índices. Existem pesquisas em desenvolvimento como aproveitamento da água contida na própria cana que podem minimizar a captação de água para valores inferiores a 0,5m³/t de cana (CNI e UNICA, 2014). Segundo o Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada da ANA (2021), o uso da água na cana-de-açúcar apresenta baixos volumes por unidade de área na maior parte das áreas de cultivo (fertirrigação e salvamento), entretanto apresenta grande área de abrangência e as áreas de maior hidrintensidade demandam água de um número restrito de mananciais. Sendo assim, é importante dar continuidade aos esforços de redução do consumo de água e incentivar pesquisa, monitoramento e implantação de práticas e tecnologias que contribuam ainda mais para a queda desse índice.

Existem também outras iniciativas que contribuem para a **produção de biocombustíveis em padrões mais sustentáveis**. Conforme mencionado anteriormente o Protocolo Etanol Mais Verde é um deles e inclui outras diretivas ambientais como: fim das queimadas, metas de proteção e restauração dos remanescentes florestais de nascentes e de matas ciliares e para a conservação e reuso de água na etapa industrial (São Paulo, 2008 e 2018). A Política Nacional de Biocombustíveis (Lei n. 13.576/2017), Renova-Bio, também busca incentivar a expansão da produção de biocombustíveis no Brasil com práticas ambientais mais adequadas. O Programa Combustível do Futuro, instituído pela Resolução n. 7 de 2021 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), almeja promover a descarbonização da matriz energética de transporte nacional e inclui a ampliação do uso de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono. É primordial o apoio e promoção dessas e outras medidas que contribuam para melhorar o processo produtivo e estimulem a inovação.

O Quadro 27 resume os principais desafios relacionados à expansão da oferta de etanol no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

Quadro 27 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão da oferta de etanol

| Desafio | Iniciativas | Recomendações |
|--|---|---|
| Aprimorar o manejo e aproveitamento da vinhaça  | <ul style="list-style-type: none"> - Prática de reuso e concentração da vinhaça; - Produção de biogás e biofertilizantes a partir da biodigestão da vinhaça | <ul style="list-style-type: none"> - Fomentar pesquisa e iniciativas de implantação de medidas de aproveitamento da vinhaça |
| Redução do consumo de água | <ul style="list-style-type: none"> - Protocolo Etanol Mais Verde | <ul style="list-style-type: none"> - Incentivar pesquisa, monitoramentos e implantação de práticas e tecnologias que reduzam o consumo de água |
| Produção de biocombustíveis em padrões mais sustentáveis | <ul style="list-style-type: none"> - Protocolo Etanol Mais Verde - RenovaBio - Programa Combustível do Futuro | <ul style="list-style-type: none"> - Apoiar e promover medidas que contribuam para melhorar o processo produtivo e estimulem a inovação |

Principais oportunidades socioambientais relacionadas à expansão da oferta de etanol

A busca pela **ampliação do aproveitamento de efluentes e resíduos**, como a vinhaça e torta de filtro, abre possibilidades de reduzir os riscos ambientais e gerar novos produtos com valor econômico. Dentre eles, cita-se a produção de biogás e biofertilizantes a partir da biodigestão anaeróbica da vinhaça, como observado no item 4.4 UTEs renováveis. Além de minimizar os riscos ambientais, essas medidas aumentam a produtividade agrícola, trazem ganhos de eficiência ao processo e melhoram o desempenho econômico de cada ciclo.

Outra oportunidade é **ampliação da participação de etanol na matriz de combustíveis**, colaborando para a redução das emissões de GEE e de poluentes atmosféricos. A utilização de etanol em veículos flex, em mistura com gasolina ou puro, promove como benefícios ambientais a redução de emissões de GEE e poluentes atmosféricos, especialmente em áreas urbanas. O RenovaBio promove os biocombustíveis para atendimento de metas de redução de emissões de GEE, além de apresentar a vantagem de captação de recursos pelo produtor com a venda dos CBios. Outro ponto favorável é a priorização indicada na Resolução CNPE n. 2 de 2021, que orienta a destinação de recursos de pesquisa, desenvolvimento e inovação regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pela Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustível (ANP) para biocombustíveis, entre outros temas relacionados ao setor de energia e à transição energética. A evolução das discussões sobre a implementação de mecanismos de precificação de carbono na economia também pode potencializar essa oportunidade.

O Quadro 28 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão da oferta de etanol no PDE 2031 e a conjuntura favorável para aproveitar as oportunidades identificadas.

Quadro 28 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionados à expansão da oferta de etanol

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|--|---|
| Ampliação do aproveitamento de efluentes e resíduos | <ul style="list-style-type: none"> - Produção de biogás e biofertilizantes |
| Ampliação da participação de etanol na matriz de combustíveis | <ul style="list-style-type: none"> - RenovaBio - CNPE n. 2/21: P&D para biocombustíveis |

Indicadores socioambientais da expansão da oferta de etanol

No presente plano são propostos dois indicadores socioambientais para representar, ainda que de modo simplificado, as alterações decorrentes da expansão da produção de etanol (Tabela 24).

Dentre os indicadores ambientais estão o volume de vinhaça e captação de água no horizonte decenal. Nos indicadores socioeconômicos está o potencial de geração de empregos, que tem sofrido queda constante nos últimos 10 anos (do pico de 635 mil empregos em 2011 para 479 mil em 2019). Isso aconteceu em virtude do aumento expressivo da mecanização da colheita nesse período e da busca por maior eficiência nos processos produtivos. Apesar dessa tendência, a expectativa é que esse indicador tenda a se estabilizar na faixa entre 400 e 500 mil empregos ao longo do decênio decenal.

Tabela 24 – Indicadores socioambientais da expansão de etanol

| Indicadores Ambientais | |
|--|---------|
| Produção de vinhaça no decênio (bilhões de m ³) ⁽¹⁾ | 4 |
| Captação de água nas usinas no decênio (bilhões de m ³) ⁽²⁾ | 3 a 4 |
| Indicadores Socioeconômicos | |
| Empregos diretos na produção sucroalcooleira – média anual no decênio ⁽³⁾ | 459 mil |

Notas: (1) Volume acumulado considerando a produção de 12 L de vinhaça por litro de etanol.

(2) Volume acumulado considerando a faixa 0,7 - 1 m³ de água consumida por ton de cana processada (São Paulo, 2008).

(3) Estimativa baseada no histórico da taxa de empregos diretos (ME, 2021) por tonelada de cana produzida (CONAB) e na evolução dos índices de mecanização da colheita.

5.3 Biodiesel

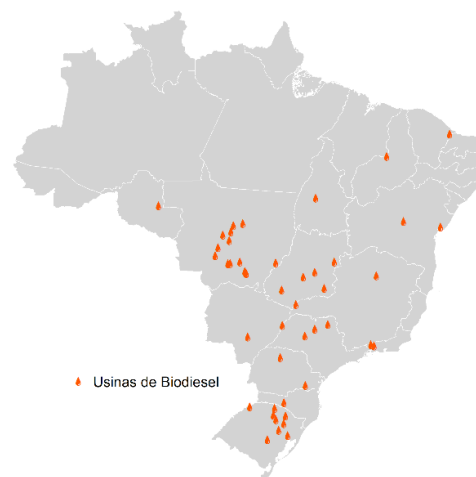
Benefícios do biodiesel

- O Biodiesel contribui para a renovabilidade da matriz. É um **combustível renovável**, produzido a partir de óleos vegetais, principalmente a soja, além de gorduras animais, materiais graxos e óleos residuais.
- Na mistura com o óleo diesel, o biodiesel tem como benefício ambiental a **menor emissão de gases poluentes e de efeito estufa**, pois parte do carbono é absorvido na fotossíntese.
- O Biodiesel também pode ser produzido a partir de óleos residuais e gorduras animais, o que permite melhor aproveitamento desses resíduos.
- O Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel promove a **inclusão social** e geração de emprego, por meio do fornecimento de oleaginosas para a produção do combustível.
- O biodiesel ao substituir o óleo diesel importado, já que a produção nacional não atende à demanda, se torna um **benefício econômico e contribui para a segurança energética** do país.

Oferta de biodiesel atual

Desde o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), em 2004, o percentual mínimo de biodiesel misturado ao óleo diesel comercializado vem crescendo gradualmente, o que conseqüentemente aumenta sua produção. A **proporção de biodiesel adicionada ao óleo diesel passou a ser de 13%** em março de 2021, de acordo com a Resolução CNPE n. 16/2018 (CNPE, 2018). Entretanto, para garantir o abastecimento do mercado, a ANP realizou reduções temporárias de percentual de biodiesel na mistura. Nos últimos leilões, a mistura chegou a ser reduzida para 10% do volume do diesel (CNPE, 2021a e 2021b). A previsão é que em 2023 o percentual de biodiesel aumente para 15% (CNPE, 2018).

A **produção nacional em 2020 foi de 6,4 bilhões de litros**, 9,0% superior a produção do ano anterior (EPE, 2021). Neste ano, existiam 49 unidades produtoras com capacidade instalada 10,2 bilhões de litros/ano. Sendo assim, a produção de 2020 correspondeu a 62% da capacidade instalada, o que demonstra potencial para expansão da produção de biodiesel no país. Mais de 80% deste montante foi produzido nas regiões Sul e Centro-Oeste que sempre se destacaram em função da elevada disponibilidade das principais matérias-primas (soja e sebo), embora o maior volume de vendas/consumo se concentre no Sudeste. Das usinas autorizadas a exercer atividade de produção de biodiesel, 27 detêm Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis e estão habilitadas a solicitar a emissão de créditos. O volume elegível apresenta grande variação, principalmente pela dificuldade de rastreamento das culturas de soja (ANP, 2021 e EPE, 2021). De acordo com EPE (2021), em média, a quantidade de biodiesel certificado correspondeu até maio de 2021, a cerca de 45% do volume elegível (EPE, 2021). O **óleo de soja foi a matéria-prima predominante** para a sua produção, atingindo 71,4%, seguido pela gordura bovina (9%) e outras matérias-primas, dos quais se destaca os materiais graxos (11,2%), seguido por dendê (2,4%), gordura suína (2,0%), algodão (1,6%), óleo residual de fritura (1,2%), entre outros (ANP, 2021). Dada a trajetória apresentada ao longo dos últimos anos, a tendência é que a soja permaneça por um longo período em destaque entre os insumos usados na produção do biodiesel, embora já se observe outras matérias-primas emergindo neste mercado. Tal como ocorreu com o gordura bovina, acredita-se que a palma e os óleos residuais também possam ter destaque no médio prazo (EPE, 2021).



Segundo a Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis (EPE, 2021), em 2020, 42 empresas que possuíam o Selo Biocombustível Social (SBS) e possibilitaram a inclusão de cerca de 74 mil famílias, uma inclusão social 20% superior ao período anterior. Para obtenção do selo, as empresas produtoras de biodiesel precisam comprar um percentual mínimo de matéria-prima de agricultores familiares, firmar contratos de compra antecipados e prestar assistência técnica aos agricultores. As aquisições de matéria-prima produzidas pela agricultura familiar totalizaram R\$ 5,95 bilhões em 2020, 23% a mais que o montante do ano anterior.

O modelo de comercialização de biodiesel será alterado a partir de janeiro de 2022. Em substituição aos leilões, realizados desde o início do programa, a comercialização do biodiesel será realizada diretamente entre os produtores de biodiesel e distribuidores, de acordo com a Resolução CNPE n. 14, de 9 de dezembro de 2020 (CNPE, 2020a). Cumpre notar que a será mantida a reserva de 80% dos volumes comercializados oriundos de usinas detentoras do Selo Biocombustível Social, mantendo-se a priorização da agricultora familiar como fornecedora de matéria-prima.

Expansão da oferta de biodiesel nos próximos 10 anos

O cenário de oferta de biodiesel do PDE 2031 prevê uma expansão de aproximadamente 90% no horizonte decenal, passando de cerca de 6,1 bilhões de litros, em 2022, para **11,6 bilhões de litros em 2031**. Nesse decênio, estão previstas a instalação de **treze novas usinas** com capacidade de processamento de cerca de 2,6 bilhões de litros por ano, distribuídas principalmente nas regiões Centro-Oeste e Norte, que recebem 6 e 4 novas usinas respectivamente. A região Sul contará com duas novas usinas e o Nordeste uma. A **ampliação de três usinas** nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste também será importante para aumentar a produção do biocombustível, adicionando 396 milhões de litros por ano. Juntas, ampliação e construção de novas totalizam 3 bilhões de litros por ano em capacidade instalada para atender a demanda de biodiesel do país. A Figura 20 apresenta a localização das usinas planejadas e em ampliação no decênio.

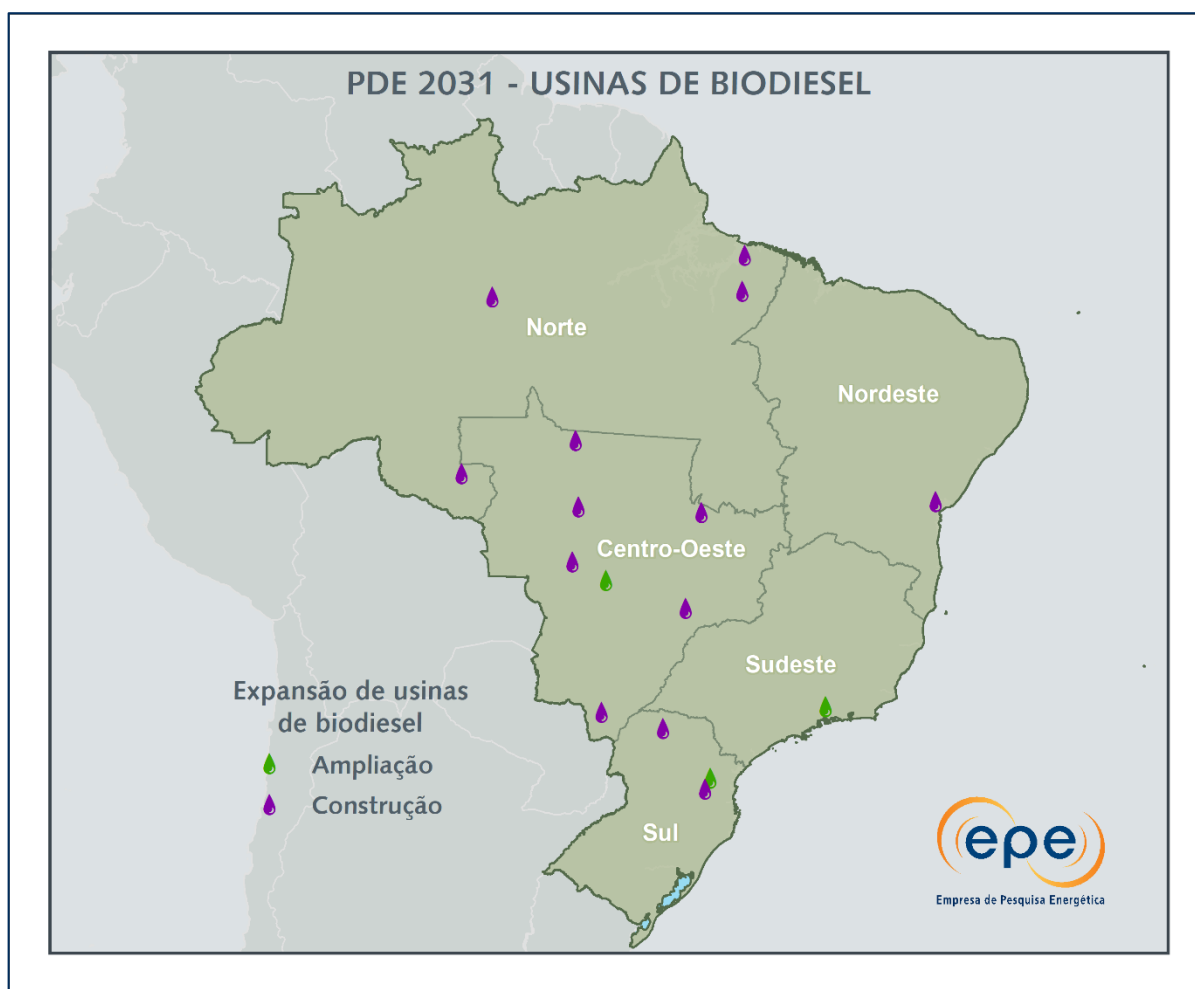


Figura 20 – Localização das usinas de biodiesel planejadas no PDE 2031

Principais interferências, medidas mitigadoras e temas socioambientais da expansão do biodiesel






A principal interferência relacionada a produção de biodiesel é a **geração de resíduos e efluentes**. Dentre eles, destaca-se na etapa industrial, o manuseio de compostos perigosos, especialmente o metanol que é altamente tóxico, e a glicerina, obtida como principal coproduto. De modo geral, os processos de gerenciamento, tratamento e destinação adequada dos resíduos e efluentes gerados na cadeia são conhecidos e estabelecidos no âmbito do licenciamento ambiental do empreendimento.

Entretanto, considerando o horizonte do PDE 2031, estima-se uma geração expressiva de glicerina, aproximadamente 10,3 milhões de toneladas no acumulado (100 g/l de biodiesel). Usualmente, a glicerina pode ser encaminhada para refino e aplicada nas indústrias farmacêutica, química e de alimentos e bebidas ou então utilizada em mistura para ração animal ou queima para geração de energia (Uchoa, 2015 e Embrapa, 2019). Apesar das diversas opções existentes, a quantidade elevada de glicerina estimada pode ocasionar dificuldades para sua destinação adequada, sendo assim esse coproduto foi considerado relevante do ponto de vista quantitativo, porém inexpressivo para o período decenal, segundo metodologia da análise ambiental integrada.

Outro aspecto que levanta preocupações é a **monocultura de soja**, associada a fatores como desmatamento extensivo, contaminação de águas e de solos por defensivos agrícolas e herbicidas, erosão e compactação de solos. Entretanto não há evidências de que a produção de biodiesel tenha alterado a curva de oferta da soja ao longo dos anos, o que impossibilitaria fazer qualquer tipo de associação direta entre o biodiesel e os impactos derivados da expansão dessa cultura. Ao contrário, a produção da sojicultura tem crescido incentivada majoritariamente pela exportação da soja in natura e do farelo para China e outros países. Dessa forma, entende-se que **óleo de soja utilizado para produção de biodiesel é um subproduto do setor da sojicultura e não compete com a produção de alimentos**.

Segundo Abiove (2021), em 2020, foram produzidos 128 milhões de toneladas de soja. Mais da metade dessa produção foi exportada, e 47 milhões de toneladas foram processadas, o que equivale a cerca de 37% dos grãos produzidos no país. A produção de óleo de soja neste mesmo ano foi de 9,6 milhões de toneladas e, de acordo com ANP (2021), cerca de 4,2 milhões de toneladas de óleo de soja foram utilizados para produzir biodiesel em 2020.

Tabela 25 – Síntese da análise socioambiental do biodiesel do PDE 2031

| | Norte | Nordeste | Sul | Sudeste | Centro-Oeste |
|-----------|--|--|--|--|--|
| Biodiesel |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |  interferências inexpressivas |

Conforme metodologia da análise socioambiental integrada de acordo com as interferências e justificativas citadas acima não foram identificados temas relevantes para a expansão de biodiesel no decênio.

Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão do biodiesel

Na política de promoção do biodiesel ainda permanecem alguns desafios a serem superados, especialmente a diversificação da matriz de matérias-primas e o aumento da participação da agricultura familiar na cadeia produtiva, sobretudo no semi-árido e nordeste, como pressupunha as diretrizes iniciais do PNPB, pois 90% da matéria-prima adquirida por meio do SBS, em 2020, ocorreu na região Sul do país (EPE, 2021).

A **diversificação da cesta de matérias-primas graxas** tem fundamento nas diretrizes de criação do PNPB, de inclusão social, no desenvolvimento regional por meio da promoção da agricultura familiar, sobretudo da região Nordeste. Se fundamenta também na redução da vulnerabilidade de um

combustível, cuja matriz de insumos se concentra historicamente em uma única matéria prima. Desde o início do Programa, a participação da soja tem variado de 70 a 80% dos insumos que abastecem a produção do biodiesel, sinalizando uma defasagem entre os objetivos iniciais do programa.

Um ponto importante relativo ao aumento da oferta de biodiesel e da diversificação da cesta de insumos se refere ao melhoramento das condições de logística de coleta de matérias-primas e de distribuição do biodiesel. Nesse aspecto, entre as diversas iniciativas para diversificar matérias-primas, merecem destaque as iniciativas de coleta de óleo de cozinha usado. A transformação desse resíduo em biodiesel é uma destinação nobre e ecologicamente correta, evita o impacto ambiental do descarte inadequado do óleo e o transforma em um combustível renovável com valor agregado. Entretanto, trata-se de uma operação complexa do ponto de vista logístico, com vários desafios, como por exemplo a coleta pulverizada. Promover educação ambiental, criar infraestrutura e oferecer incentivos, inclusive fiscais, são algumas das medidas essenciais para viabilizar o aumento da participação do óleo reciclado como matéria prima do biodiesel.

Do ponto de vista da distribuição do biodiesel, o grande desafio seria a realização de investimentos em infraestrutura ferroviária e hidroviária para que a soja e seus derivados chegassem aos principais centros consumidores com preços mais competitivos, menor gasto de energia e menor custo ambiental.

Em relação ao aproveitamento dos volumes expressivos de coproduto obtidos, a glicerina, a **redução dos custos do refino e ampliação das oportunidades de aproveitamento** são os desafios principais. O refino permite o aumento do seu grau de pureza, o que agrega valor comercial e amplia as opções de absorção pelo mercado. Entretanto o processo de tratamento é custoso, sendo um investimento difícil, principalmente para os pequenos produtores. Sendo assim, é importante incentivar estudos e parcerias que busquem soluções que tragam maior economicidade e, conseqüentemente, maior aproveitamento dos coprodutos.

Paralelamente, existem pesquisas propondo novas alternativas de aplicação da glicerina. Dentre elas, destacam-se o Projeto Bioglic desenvolvido por pesquisadores da Embrapa e outros parceiros que visa a conversão da glicerina com auxílio de microorganismos em ácidos orgânicos e outros compostos de interesse comercial (Embrapa, 2019), e também o Projeto BioVida utiliza glicerina para produção de um produto que aumenta o tempo de ação de defensivos agrícolas (Ubrabio, 2020). Novas oportunidades de aproveitamento da glicerina podem ser descobertas por meio do fomento à pesquisas e desenvolvimento tecnológico.

Sobre o **aumento da participação da agricultura familiar** para a redução das desigualdades regionais, em 2019, o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento instituiu duas portarias relacionadas ao programa de biodiesel. A Portaria MAPA n. 144/2019 que dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo Combustível Social e a Portaria MAPA n. 174/2019 que dispõe sobre a participação e a habilitação de cooperativas como fornecedoras de matéria-prima e prestadoras de serviço de assistência técnica e extensão rural no âmbito do programa Selo Biocombustível Social.

Na Portaria n. 144/2019 foram indicados os percentuais mínimos de aquisição de matéria-prima proveniente da agricultura familiar em cada região do país (15% Centro-Oeste e Norte, 30% Nordeste e Semiárido e 40% no Sul) para a obtenção do SBS. Ela determina também que as empresas devem celebrar contratos prévios e prestar serviços de assistência técnica a todos os agricultores familiares com os quais firmar contrato. De acordo com essa portaria, os benefícios fiscais aumentam conforme a diversificação de matéria-prima e o seu local de origem, sendo maiores quando esse insumo for diferente de soja e milho e/ou proveniente da região Nordeste e Semiárido. Mesmo com incentivos diferenciados para essas regiões, o Nordeste proveu menos de 3% da matéria-prima para produção de biodiesel em 2020.

Já a Portaria n. 174/2019 flexibilizou os critérios para obtenção do SBS. A partir desta portaria, cooperativas sem Declaração de Aptidão ao Pronaf (DAP) Jurídica, mas com agricultores familiares que disponham de DAP Física em seus quadros de cooperados, podem fornecer matéria-prima para produtores de biodiesel. De acordo com EPE (2021), entre 2018 e 2020 houve um aumento de cerca de

15 mil famílias provedoras de matérias-primas para produção de biodiesel. Esse aumento observado sugere que as portarias criadas possam ter surtido o efeito desejado. Entretanto, como as portarias mencionadas são recentes, de 2019, cabe acompanhar seus efeitos para a agricultura familiar fornecedora de matéria-prima para produção de biodiesel para confirmar a expectativa de maior inclusão social e produtiva da agricultura familiar no programa, sobretudo no Nordeste e Semiárido.

Sobre a redução das emissões de GEE pelo aumento da participação de biocombustíveis, foi aprovado pela Lei 13.576/2017 a Política Nacional de Biocombustíveis, conhecida como RenovaBio. A lei busca fomentar a **expansão dos biocombustíveis em padrões mais sustentáveis** com a aplicação de dois instrumentos: metas nacionais de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a matriz de combustíveis e certificação da produção de biocombustíveis. Devido à pandemia, foi necessária a revisão das metas compulsórias anuais de redução de emissões de GEE para a comercialização de combustíveis, conforme Resolução CNPE n. 8, de setembro de 2020 (CNPE, 2020b). Por exemplo, anteriormente a meta estipulada em unidades de Créditos de Descarbonização (CBIO) para 2025 era de 73,3 milhões de CBIOs e foi reduzida para 58,9 milhões de CBIOs.

O RenovaBio deve incentivar a expansão da produção de biocombustíveis no Brasil e se configura numa política capaz de apoiar o país no cumprimento dos compromissos assumidos na COP21 (MME, 2018). No caso do biodiesel, o crescimento do consumo e, conseqüentemente, da oferta depende da mudança do mandatório. Entretanto, considerando que a alta competitividade do biodiesel derivado da soja, é importante que se promova uma maior diversificação da matriz de insumos.

Adicionalmente, o Programa Combustível do Futuro, instituído pela Resolução n. 7 de 2021 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), almeja promover a descarbonização da matriz energética de transporte nacional e inclui a ampliação do uso de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono. É primordial o apoio e promoção dessas e outras medidas que contribuam para melhorar o processo produtivo e estimulem a inovação.

O Quadro 29 resume os principais desafios relacionados a expansão do biodiesel no PDE 2031 e as iniciativas e recomendações associadas.

Quadro 29 – Principais desafios, iniciativas e recomendações socioambientais relacionados à expansão do biodiesel

| Desafio | Iniciativas | Recomendações |
|--|---|--|
| Diversificação de matérias-primas (resíduos como matéria-prima / outras culturas) | <ul style="list-style-type: none"> - Iniciativas isoladas de coleta de óleo de cozinha residual. - Portaria n. 144/2019 que amplia os incentivos fiscais para matérias-primas diferentes da soja e milho. | <ul style="list-style-type: none"> - Incentivos na cadeia de suprimentos de outros insumos para aumentar sua competitividade em relação à soja. - Promover educação ambiental - Investimentos em infraestrutura ferroviária e hidroviária |
| Redução dos custos do refino e ampliação das oportunidades de aproveitamento da glicerina | <ul style="list-style-type: none"> - Projeto Bioglic: Desenvolvido por pesquisadores da Embrapa e outros parceiros que visa a conversão da glicerina com auxílio de microorganismos em ácidos orgânicos e outros compostos. - Projeto BioVida: utiliza glicerina para produção de um produto que aumenta o tempo de ação de defensivos agrícolas. | <ul style="list-style-type: none"> - Incentivar estudos e parcerias que busquem soluções que tragam maior economicidade para o refino da glicerina. - Fomentar pesquisas e desenvolvimento tecnológico de alternativas de aproveitamento da glicerina. |

| Desafio | Iniciativas | Recomendações |
|---|--|---|
| Expansão dos biocombustíveis em padrões mais sustentáveis | <ul style="list-style-type: none"> - RenovaBio e os respectivos requisitos ambientais. - Programa Combustível do Futuro. | <ul style="list-style-type: none"> - Acompanhar os desdobramentos do RenovaBio sobre indicadores ambientais. - Apoiar e promover medidas que contribuam para melhorar o processo produtivo e estimulem a inovação |
| Aumentar participação/ renda da agricultura familiar na cadeia produtiva | <ul style="list-style-type: none"> - Percentuais mínimos de aquisição de matéria-prima proveniente da agricultura familiar em cada região do país para a obtenção do SBS, contratos prévios com os agricultores familiares e serviços de assistência técnica a todos os agricultores familiares com os quais firmar contrato. (Portaria MAPA n. 144/2019) - Flexibilização dos critérios para a habilitação de cooperativas no âmbito do Selo Biocombustível Social (Portaria MAPA n. 174/2019) | <ul style="list-style-type: none"> - Acompanhar os desdobramentos das Portarias MAPA 144 e 174/2019 para a agricultura familiar fornecedora de matéria-prima para a produção de biodiesel. - Promover iniciativas de organização econômica da agricultura familiar em regiões mais fragilizadas |

Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão da oferta de biodiesel

Conforme comentado no item anterior, existe potencial para ampliar a **participação da agricultura familiar na produção de biodiesel por meio do SBS**. Segundo levantamento realizado na Análise de Conjuntura de Biocombustíveis (EPE, 2021), atualmente há predominância de famílias da região Sul como fornecedoras, entretanto historicamente também houve participação relevante de famílias da região Nordeste. Sendo assim, existe a oportunidade de promoção do aumento de renda e desenvolvimento econômico local pela ampliação da participação de famílias nas demais regiões, especialmente as mais vulneráveis.

Outra oportunidade é ampliar o papel dos biocombustíveis para **redução das emissões de GEE e de poluentes atmosféricos**. Existe espaço para aumento do mandatório de mistura de biodiesel no diesel fóssil e, conseqüentemente, acentuar os benefícios ambientais da redução de emissões de GEE e poluentes atmosféricos. Adicionalmente, o RenovaBio promove os biocombustíveis para atendimento de metas de redução de emissões de GEE, além de apresentar a vantagem de captação de recursos pelo produtor com a venda dos CBios. Outro ponto favorável é a priorização indicada na Resolução CNPE n. 2 de 2021, que orienta a destinação de recursos de pesquisa, desenvolvimento e inovação regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e pela Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustível - ANP para biocombustíveis, entre outros temas relacionados ao setor de energia e à transição energética. A evolução das discussões sobre a implementação de mecanismo de precificação de carbono na economia também pode potencializar essa oportunidade.

O Quadro 30 resume as principais oportunidades relacionadas à expansão da oferta de biodiesel no PDE 2031 e a conjuntura favorável para aproveitar as oportunidades identificadas.

Quadro 30 – Principais oportunidades socioambientais e sua conjuntura relacionadas à expansão da oferta de biodiesel

| Oportunidades | Conjuntura favorável |
|---|--|
| Desenvolvimento local por meio do aumento da inclusão da agricultura familiar | - Promoção da inclusão da agricultura familiar pelo Selo Biocombustível Social |
| Ampliar a contribuição para redução das emissões de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos | - Resolução CNPE n. 16/2018 para aumento do percentual de mistura definido - RenovaBio - Resolução CNPE n. 2/2021 - P&D para biocombustíveis |

Indicadores socioambientais da expansão do biodiesel

No presente Plano são propostos dois indicadores socioambientais, a produção de glicerina (10,3 milhões de toneladas acumuladas no decênio), descrita na seção de interferências e a geração de empregos, detalhada a seguir. Esses indicadores são apresentados na Tabela 26.

Considerando a evolução da oferta de biodiesel, assim como a evolução da oferta de trabalho, estima-se que o número de empregos do setor cresça lentamente, empurrada pelos aumentos da mistura, previstos até 2023, atingindo o pico de aproximadamente 4.300. A partir de 2023 até o final do período decenal, o número de empregos segue uma tendência de queda até alcançar de três mil e quinhentos em 2031. Observa-se que a projeção de empregos evolui de forma mais intensa como reflexo do aumento do percentual obrigatório da mistura de biodiesel ao longo dos anos, atingindo 15% em 2023. A partir daí o mandatório é fixo em 15% e o crescimento se torna inercial e paralelo ao aumento do consumo do diesel fóssil. Nesse período prevalece a tendência de ganhos de eficiência e redução de postos de trabalho por tonelada de biodiesel produzida, observada desde 2007, o que reduz o número total de empregados no final do decênio. É importante ressaltar que os empregos gerados são diretos e foram estimados a partir da relação com a produção de biodiesel, conforme dados da Relação Anual de Informações Sociais (Ministério da Economia, 2021).

Ressalta-se ainda que o PNPB compreende, dentre outros fatores, o potencial de postos de trabalho gerados em decorrência da atividade e a possibilidade de maior participação de cooperativas e a inclusão de agricultores familiares em sua cadeia produtiva. Desde 2011 observava-se uma tendência de queda do número de famílias fornecedoras de matéria-prima nos arranjos do Selo Biocombustível Social. Esse número ficou estável entre 2017 e 2019. O ano de 2020 registrou pela primeira vez desde 2011 um crescimento, atingindo 74 mil famílias (MAPA, 2021).

Tabela 26 – Indicadores socioambientais da expansão do biodiesel

| Indicadores Ambientais | |
|--|---------|
| Produção de glicerina como subproduto da produção de biodiesel (média anual) | 1 Mt |
| Indicadores Socioeconômicos | |
| Empregos diretos na produção de biodiesel (média anual) | 3,9 mil |
| Famílias fornecedoras de matéria-prima do SBS | 74 mil |

Fonte: EPE com base em ANP (2021) e Ministério da Economia (2021).

6 Conclusão

A presente Nota Técnica traz as etapas 1 e 2 da análise socioambiental do PDE 2031, apresentando os subsídios para a expansão decenal e a análise socioambiental da oferta de energia elétrica e da oferta de petróleo, gás natural e biocombustíveis.

O resultado da avaliação processual de UHEs indicou oito usinas com possibilidade de entrada de operação no horizonte decenal. Embora essas oito usinas tenham sido disponibilizadas para o modelo de expansão, apenas uma UHE indicativa foi escolhida por ele. Já a análise de complexidade indicou uma redução de 8% e 9% do volume previsto para gás natural e petróleo, respectivamente, nas áreas da União ao longo do decênio. Para as unidades produtivas, o resultado indicou um prazo adicional para o licenciamento ambiental para seis UPs. Todavia, os prazos demandados pela logística e infraestrutura para essas UPs já superavam os tempos esperados para o licenciamento ambiental.

A partir da análise de cada uma das fontes energéticas, considerando o parque existente e a expansão decenal, chegou-se a sete temas socioambientais que sintetizam as interferências mais significativas do conjunto planejado para o PDE 2031: biodiversidade, organização territorial, paisagem, povos e terras indígenas, qualidade do ar, recursos hídricos e resíduos.

Dentre os desafios listados, sobressaíram: a compatibilização da geração e transmissão de energia com a conservação da biodiversidade e a compatibilização da geração de energia com o uso da água. Além desses dois, por conta das questões de mudança do clima, é importante também destacar o desafio da gestão das emissões de GEE associadas à produção e ao uso de energia. Quanto às oportunidades, se destacaram: o aproveitamento energético dos resíduos, a otimização de recursos e de infraestrutura e os mecanismos de sustentabilidade para projetos energéticos.

Neste ciclo, cabe mencionar pontos importantes para a análise socioambiental: i) o cenário de retração econômica em função da pandemia da Covid-19, que impactou as previsões de demanda e oferta de energia; ii) a política energética brasileira, que indicou um maior aproveitamento de combustíveis fósseis; iii) e as recentes declarações do governo brasileiro quanto à neutralidade líquida de carbono em 2050 e os compromissos de redução de emissões firmados na COP26, que, em médio e longo prazos, são condicionantes significativas para construir a trajetória energética do País. Esse panorama influenciou a expansão de todas as fontes energéticas.

A escassez hídrica enfrentada em 2021 também merece destaque e foi particularmente relevante para as UHEs. A crise acendeu um alerta para os riscos relacionados ao abastecimento de energia elétrica e à segurança hídrica do País, levando o setor a tratar a incerteza da disponibilidade hídrica no planejamento da expansão do SIN.

A transição energética é um debate importante que permeia todas as fontes energéticas. Para as fontes não renováveis manifesta-se mais como um desafio; enquanto para as renováveis, podem gerar oportunidades. Nesse contexto, apontam-se caminhos que surgem com o processo de transição energética, como as iniciativas de descarbonização e os diversos mecanismos de sustentabilidade.

As análises realizadas para cada fonte energética formam a base para a análise socioambiental integrada apresentada no corpo do PDE 2031. O Plano também conta com a análise das questões de mudança de clima.

7 Referências bibliográficas

Hidrelétricas

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Resolução n. 70/ANA, de 19 de abril de 2021.** Dispõe sobre as condições para a operação do Sistema Hídrico do Rio Tocantins, composto pelos reservatórios de Serra da Mesa, Cana Brava, São Salvador, Peixe Angical, Lajeado (Luís Eduardo Magalhães), Estreito e Tucuruí. Disponível em: http://novo.imperatriz.ma.gov.br/media/site/uploads/2021/05/17/resolucao-70-2021_ato_normativo_19042021_20210422091126.pdf. Acesso em: 13 de janeiro de 2022.

_____. **Resolução conjunta ANA, ADASA, IGAM, SEMAD/MG E SEMAD/GO n. 109, de 23 de novembro de 2021.** Dispõe sobre as diretrizes para a regulação de uso de recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do rio São Marcos. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-conjunta-ana-adasa-igam-semad/mg-e-semad/go-n-109-de-23-de-novembro-de-2021-361615029>. Acesso em: 13 de janeiro de 2022.

_____. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** Brasília: ANA, 2019. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf/view. Acesso em: dezembro de 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA.** Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtYjYtNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiJrR9>. Acesso em: setembro de 2021.

Banco Mundial. **Quadro Ambiental e Social do Banco Mundial.** Tradução português. Banco Mundial, Washington, DC. 2016. Disponível em: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/456161535383869508-0290022018/original/EnvironmentalSocialFrameworkPortuguese.pdf>. Acesso em: 03 de novembro de 2021.

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento. **Quadro de Políticas Ambientais e Sociais, versão setembro/2020.** 2020. Disponível em: <https://greenfinancelac.org/wp-content/uploads/2020/09/EZSHARE-2131049523-11.pdf>. Acesso em: 03 de novembro de 2021.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Brasília, 5 de outubro de 1988.

_____. **Decreto n. 2.519, de 16 de março de 1998.** Promulga a Convenção sobre Diversidade Biológica, assinada no Rio de Janeiro, em 05 de junho de 1992. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1998/decreto-2519-16-marco-1998-437336-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 05 de novembro de 2021.

_____. **Decreto n. 10.088, de 5 de novembro de 2019.** Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo Federal que dispõem sobre a promulgação de convenções e recomendações da Organização Internacional do Trabalho - OIT ratificadas pela República Federativa do Brasil. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.088-de-5-de-novembro-de-2019-231356812>. Acesso em: 22 de outubro de 2021.

_____. **Lei n. 14.182, de 12 de julho de 2021.** Dispõe sobre a desestatização da empresa Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras); altera as Leis n. 5.899, de 5 de julho de 1973, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, 13.182, de 3 de novembro de 2015, 13.203, de 8 de dezembro de 2015, 14.118, de 13 de janeiro de 2021, 9.648, de 27 de maio de 1998, e 9.074, de 7 de julho de 1995; e revoga dispositivos da Lei n. 3.890-A, de 25 de abril de 1961. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.182-de-12-de-julho-de-2021-331549377>. Acesso em: 13 de janeiro de 2022.

_____. **Lei n. 14.120, de 1º de março de 2021.** Altera a Lei n. 9.991, de 24 de julho de 2000, a Lei n. 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei n. 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei n. 10.438, de 26 de abril

de 2002, a Lei n. 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei n. 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei n. 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei n. 13.203, de 8 de dezembro de 2015, e o Decreto-Lei n. 1.383, de 26 de dezembro de 1974; transfere para a União as ações de titularidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) representativas do capital social da Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB) e da Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep); e dá outras providências. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.120-de-1-de-marco-de-2021-306116199>. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

_____. **Lei n. 14.119, de 13 de janeiro de 2021.** Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis n. 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394> Acesso em: 17 de janeiro de 2022.

_____. **Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm Acesso em: 05 de outubro de 2020.

_____. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm Acesso em: 05 de outubro de 2020.

_____. **Projeto de Lei n. 191, de 2020.** Regulamenta o § 1º do art. 176 e o § 3º do art. 231 da Constituição para estabelecer as condições específicas para a realização da pesquisa e da lavra de recursos minerais e hidrocarbonetos e para o aproveitamento de recursos hídricos para geração de energia elétrica em terras indígenas e institui a indenização pela restrição do usufruto de terras indígenas. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2236765>. Acesso em: 12 de janeiro de 2021.

_____. **Portaria Interministerial n. 60, de 24 de março de 2015.** Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal em processos de licenciamento ambiental de competência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/arquivos/conteudo/cglic/pdf/PORTARIA%20INTERMINISTERIAL%20No%2060.pdf> Acesso em: 12 de abril de 2016.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Emissões de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios de Centrais Hidrelétricas - Projeto Balcar.** Rio de Janeiro, 2014.

CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. 2021. **Iniciativa brasileira de Negócios e Biodiversidade - Eletrobras.** Disponível em: <https://cebds.org/ibnbio/empresa/eletrobras>. Acesso em: 26 de outubro de 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Metodologia para avaliação socioambiental de usinas hidrelétricas.** Nota Técnica. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

_____. **Repotenciação e Modernização de Usinas Hidrelétricas - Ganhos de eficiência, energia e capacidade instalada.** Nota Técnica. Rio de Janeiro. 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

_____. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030.** Rio de Janeiro, 2021a. Disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

_____. **Workshop Consideração de Benefícios Ambientais no Setor Elétrico - É hora de um mercado de carbono?** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/meio-ambiente/beneficios-ambientais-lei-14-120-2021>

IFC - International Finance Corporation. **Padrão de Desempenho n. 6: Conservação da Biodiversidade e Gestão Sustentável de Recursos Naturais Vivos.** 2012. Disponível em:

https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/38871d0b-cdd2-4646-9c7b-0d40fd060795/PS6_Portuguese_2012.pdf?MOD=AJPERES&CVID=jSD0GMj. Acesso em: 03 de novembro de 2021.

IHA - International Hydropower Association. **How-to Guide: Hydropower Biodiversity and Invasive Species**. London: IHA. 2021. Disponível em: <https://static1.squarespace.com/static/5c1978d3ee1759dc44fbd8ba/t/60824842616be87271c1b7d9/1619150998214/Hydropower+How-to+Guide+Biodiversity.pdf>. Acesso em: 03 de novembro de 2021.

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH 2022-2040)**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1>. Acesso em: 13 de janeiro de 2022.

World Bank Group. **Good Practice Handbook: Environmental Flows for Hydropower Projects**. 2018. Disponível em: https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/b5c4fc9d-8eaf-46da-833b-3dd07c0bc985/GPH_Eflows+for+Hydropower+Projects_Updated_compressed.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mhN3tCS. Acesso em: 03 de novembro de 2021

Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico (SIGEL)**. Disponível em: <<https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/>>. Acesso em: 25 de setembro de 2020.

_____. **Sistema de Informações de Geração (SIGA)**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/siga/>>. Acesso em: maio de 2021.

_____. **Resolução Normativa n. 687/2015**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 05 de novembro de 2021.

BRASIL. **Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm Acesso em: 05 de novembro de 2021.

CONSEMA/RS - Conselho Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. **Resolução CONSEMA n. 388, de 08 de novembro de 2018**. Dispõe sobre os critérios e diretrizes gerais, bem como define os estudos ambientais e os procedimentos básicos a serem seguidos no âmbito do licenciamento ambiental de Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs, e Centrais Geradoras Hidrelétricas - CGHs. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=370212>>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. 2021. **Workshop Consideração de Benefícios Ambientais no Setor Elétrico - É hora de um mercado de carbono?** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/meio-ambiente/beneficios-ambientais-lei-14-120-2021>

SANTA CATARINA. **Lei Estadual n. 14.652, de 13 de janeiro de 2009**. Institui a avaliação integrada da bacia hidrográfica para fins de licenciamento ambiental e estabelece outras providências. Disponível em: <http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2009/14652_2009_Lei_promulgada.html>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

SEMAD/GO - Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás. **Instrução Normativa SEMARH/GAB n. 3, de 10 de julho de 2015**. Dispõe sobre os critérios e procedimentos específicos para o licenciamento de empreendimentos hidrelétricos situados em sub-bacias ou em porção da bacia, não contemplados em Estado Integrado de Bacia Hidrográfica - EIBH já realizado. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=287073>>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

SEMAD/MG - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais. **Resolução SEMAD n. 2.777, de 20 de fevereiro de 2019**. Define procedimentos para elaboração de estudos de Avaliação Ambiental Integrada – AAI –, conforme a Deliberação Normativa Copam n. 229, de 10

de dezembro de 2018, e determina a classificação das bacias hidrográficas quanto à prioridade para elaboração de AAI. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=48019>>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

Termelétricas de Fontes Não Renováveis

ANA – Agência Nacional de Águas. (2019) **Manual de Usos Consuntivos de Água no Brasil**. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília – DF, 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana-manual-de-usos-consuntivos-da-agua-no-brasil.pdf> Acesso em: dezembro de 2021.

_____. (2021) **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021**. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/> Acesso em: dezembro de 2021

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações da Geração – SIGA**. 2021. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: maio de 2021.

BRASIL. (2019) **Decreto n. 9.934, de 24 de julho de 2019**. Institui o Comitê de Monitoramento da Abertura do Mercado de Gás Natural.

_____. (2021a) **Lei n. 14.120, de 1º de março de 2021**. Altera a Lei n. 9.991, de 24 de julho de 2000, a Lei n. 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei n. 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei n. 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei n. 10.848, de 15 de março de 2004, a Lei n. 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei n. 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei n. 13.203, de 8 de dezembro de 2015, e o Decreto-Lei n. 1.383, de 26 de dezembro de 1974; transfere para a União as ações de titularidade da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) representativas do capital social da Indústrias Nucleares do Brasil S.A. (INB) e da Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A. (Nuclep); e dá outras providências.

_____. (2021b) **Lei n. 14.182, de 12 de julho de 2021**. Dispõe sobre a desestatização da empresa Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras); altera as Leis n. 5.899, de 5 de julho de 1973, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, 13.182, de 3 de novembro de 2015, 13.203, de 8 de dezembro de 2015, 14.118, de 13 de janeiro de 2021, 9.648, de 27 de maio de 1998, e 9.074, de 7 de julho de 1995; e revoga dispositivos da Lei n. 3.890-A, de 25 de abril de 1961.

_____. (2021c) Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei n. 2148, de 2015**. Estabelece redução de tributos para produtos adequados à economia verde de baixo carbono. 2021b. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/propostas-legislativas/1548579>. Acesso em: outubro de 2021.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2018) **Resolução CONAMA n. 491/2018** - Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema> Acesso em: dezembro de 2021

_____. (2006) **Resolução CONAMA n. 382/2006** - Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema> Acesso em: dezembro de 2021

_____. (2011) **Resolução CONAMA n. 436/2011** - Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007 Disponível em: <http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema> Acesso em: dezembro de 2021

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. (2021) **Brasil pretende construir um depósito definitivo de rejeitos? Por quê?** Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/canais-de-atendimento/perguntas-frequentes>. Acesso em: dezembro de 2021.

ELETROBRAS ELETRONUCLEAR. (2014) **Relatório Ambiental Simplificado: Unidade de Armazenamento Complementar de Combustível Irradiado (Unidade UFC) da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAAA)**. Angra dos Reis, 2014.

_____. (2015) **Estudo de Impacto Ambiental de Angra 3**. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br>>. Acesso em: janeiro de 2015.

MME – Ministério de Minas e Energia. (2021a) **Novo Mercado de Gás**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/novo-mercado-de-gas> Acesso em: dezembro de 2021.

_____. (2021b) Portaria MME n. 540/2021. **Detalhamento do programa para uso sustentável do carvão mineral nacional**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-publica-detalhamento-do-programa-para-uso-sustentavel-do-carvao-mineral-nacional/programa-para-uso-sustentavel-do-carvao-mineral-nacional.pdf> Acesso em: dezembro de 2021.

UTE OESTE DE CANOAS I – **Projeto de instalação de usina termelétrica – Relatório Ambiental Simplificado**. CONSTATA Consultoria e Obras Ltda. Sergipe, 2015.

UTE NOVO TEMPO – GÁS E GERAÇÃO DE ENERGIA S.A. **Usina Termelétrica Novo-Tempo - Relatório Ambiental Simplificado**. Recife, 2014.

Termelétricas Renováveis

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2021). **Sistema de Informações de Geração - SIGA**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 1 de maio de 2021.

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (2017). **Fertilizantes Organominerais de Resíduos do Agronegócio: Avaliação do Potencial Econômico Brasileiro**. Indústria química. BNDES Setorial 45. 2017.

_____. (2021). **BIOGÁS: evolução recente e potencial de uma nova fronteira de energia renovável para o Brasil**. BNDES. 2021. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/20801/1/PR_Biogas_215276_P_BD.pdf. Acesso em: setembro de 2021.

BRASIL. **Política Nacional de Educação Ambiental**. Lei n. 9.795, de 27 de abril de 1999.

_____. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010.

_____. **Atualização do Marco Legal do Saneamento Básico**. Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (2018a). **O potencial do biogás: oportunidades e desafios**. Fórum Sul Brasileiro de Biogás e Biometano. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/EPE_Jos%C3%A9%20Mauro_Potencial%20do%20Biog%C3%A1s_06jun.pdf . Acesso em: setembro de 2021.

_____. (2018b). Nota técnica EPE 17/2018: **Potencial Energético de Resíduos Florestais do manejo sustentável e de resíduos da industrialização da madeira**. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/estudo-potencial-energetico-de-residuos-florestais-do-manejo-sustentavel-e-de-residuos-da-industrializacao-da-madeira>. Acesso em: agosto de 2021.

_____. (2020). Nota técnica EPE. **Precificação de Carbono, Riscos e Oportunidades para o Brasil**. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-549/NT%20EPE-DEA-GAB-014-2020%20-%20Precifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20C_fi-nal_05012021.pdf. Acesso em: outubro de 2021.

INSTITUTO TOTUM 2021. **O que é a Certificação I-REC?** Disponível em: <https://www.institutototum.com.br/index.php/servicos/273-i-rec?jji=1630510011605> Acesso em: 1 de setembro de 2021.

MMA – Ministério Meio Ambiente. **Portaria Interministerial n. 274, de 30 de abril de 2019**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-interministerial-n%C2%BA-274-de-30-de-abril-de-2019-86235505>. Acesso em: outubro de 2021.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Portaria Normativa n. 10, de 30 de abril de 2021**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-normativa-n-10-de-30-de-abril-de-2021-317910168>.

Acesso em: outubro de 2021.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2020a). **18º Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Ministério de Desenvolvimento Regional. Dezembro 2020.

_____. (2020b). **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Ministério de Desenvolvimento Regional. Dezembro 2020.

Eólicas

ANEEL, 2021. **Sistema de Informações de Geração - SIGA**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 1 maio de 2021.

ARAÚJO, M.A.A. **O uso do território do Rio Grande do Norte pelo setor eólico-elétrico e suas implicações nos municípios de Galinhos, Guamaré e Macau**. In: XI Encontro Nacional da ANPEGE, Presidente Prudente, 2015. 12p.

BAHIA. **Instrução Normativa Conjunta SDE/SDR/CDA/PGE 01/2020**. Dispõe sobre os procedimentos de regularização fundiária em terras devolutas estaduais com potencial de geração de energia eólica.

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento. **Relatório de efetividade do BNDES**. Rio de Janeiro, 2018a. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Hotsites/Efetividade/. Acesso em: 17 de julho de 2019.

_____. **Finem – Investimentos sociais de empresas (linha ISE)**. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Hotsites/Efetividade/. Acesso em: 17 de agosto de 2020.

BARROS, M. A. S. 2019. **Licenciamento ambiental de parques eólicos no Brasil: qualidade das diretrizes estaduais para avaliação de impacto sobre morcegos**. Brazil WindPower 2019: 504-523.

BASTOS, F.A.P. **Refletindo sobre a soberania alimentar das comunidades tradicionais de Fundo de Pasto**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2017. 171p.

BERNARD, E.; PAESE, A.; MACHADO, R.B.; AGUIAR, L.M.S. **Blown in the wind: bats and wind farms in Brazil**. Brazilian Journal of Nature Conservation, 12, p. 106-111, 2014.

BERTHINUSSEN, A.; RICHARDSON, O.C.; ALTRINGHAM, J.D. Bat Conservation. In: W.J. Sutherland, L.V. Dicks, N. Ockendon, S.O. Petrovan & R.K. Smith (eds) **What Works in Conservation 2019**. Open Book Publishers, Cambridge, UK. p. 67-140. Disponível em: <<https://www.conservationevidence.com/actions/968> e [971](https://www.conservationevidence.com/actions/971)>. Acesso em: 29 de junho de 2020.

BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A.; MENDES, J.S.; LOUREIRO, C.; MEIRELES, A.J.A.; SILVA, E.; FREITAS, A.L.R.; OLIVEIRA, R.F. **Is Brazilian windpower development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67, p. 62-71, 2017.

BRASIL. **Resolução Conama n. 462/2014**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre e dá outras providências.

_____. 2010. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

CASA DOS VENTOS. **Política socioambiental da Casa dos Ventos**, 2016.

CIRM - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. 2021. **Planejamento Especial Marinho**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/secirm/psrm/pem> Acesso em: 2 de setembro de 2021.

COGNITIO CONSULTORIA / GIZ. 2020. **Criação de empregos no setor eólico brasileiro: Estimativas em curto, médio e longo prazo.** 2020. 198 páginas.

CONDE, M.R. **Incorporação da dimensão ambiental no planejamento de longo prazo da expansão da geração de energia elétrica por meio de técnicas multicritério de apoio a tomada de decisão.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. 126p.

CONFESSOR, S. L. de M.; MACHADO, J. W. F.; SOUZA, E. C. de B.; COSTA, P. H. P.; DOCA, T. S. F. **Avaliação dos impactos ambientais gerados em empreendimento eólicos.** Brasil WindPower. São Paulo, 2019.

CUBEK, L. P. D.; KOGA, B. K. **Saneamento rural associado a quintais produtivos em comunidades rurais do Rio Grande do Norte.** Brasil WindPower. São Paulo, 2019.

CULHARI, T.; SEREJO, F. **Metodologia de avaliação dos aspectos socioambientais em projetos: Social Return on Investment (SROI).** Workshop CEPEL Sustentabilidade de Empreendimentos Eólicos: Experiências e Perspectivas (Apresentação). Rio de Janeiro, 2018.

EDP RENOVÁVEIS. **Projetos de Responsabilidade Social,** 2019.

ENGIE. **Relatório de Sustentabilidade 2018.**

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. 2020. **Roadmap Eólica Offshore Brasil.** 140 páginas. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/roadmap-eolica-offshore-brasil> Acesso em: 2 de setembro de 2021.

_____. 2021a. Nota técnica “**Empreendimentos eólicos ao fim da vida útil: Situação Atual e Alternativas Futuras**”. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-563/NT-EPE-DEE-012-2021.pdf> Acesso em: 1 de setembro de 2021.

_____. 2021b. **Workshop Consideração de Benefícios Ambientais no Setor Elétrico - É hora de um mercado de carbono?** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/meio-ambiente/beneficios-ambientais-lei-14-120-2021>

ESPÉCIE, M.A.; SALIBA, A.S.; MATTOS, A.D.M.; COELHO; C.M.; ALMEIDA, E.M.; SODRÉ, F.N.G.A.S.; MORAES, J.B.; DURÃO, J.V.; PINHEIRO, M.R.C.; MATOS, R.O.; GUIMARÃES, R.V.; GOMES, V.S.M. **Avaliação de impacto ambiental em projetos eólicos no Brasil: uma análise a partir de estudos ambientais de empreendimentos vencedores nos leilões de energia.** In: 4º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto, Fortaleza, 2018. 7p.

FALAVIGNA, T. J.; BARBOZA, L. C. A.; PETRY, M. V. **É Possível Prever o Risco de Colisão das Aves com as Turbinas Eólicas?** Brasil Windpower. Rio de Janeiro, 2017.

FEPAM/RS. **Portaria FEPAM n. 118/2014.** Dispõe acerca da regulamentação do art. 3º da resolução CONAMA 462/2014 e estabelece os critérios, exigências e estudos prévios para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia a partir da fonte eólica, no estado do Rio Grande do Sul.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Base Cartográfica Delimitação das Terras Indígenas do Brasil.** Brasília, 2020. Disponível em: <http://mapas.funai.gov.br> Acesso em: agosto de 2021.

GÊ, D.R.F.; CARVALHO, R.G.; SILVA; M.R.F. **Unidades de conservação e energia eólica no Rio Grande do Norte: o caso da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão.** In: GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A.J.A. (orgs.) **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil,** p. 251-263, 2019.

GO ASSOCIADOS. **Impactos socioeconômicos e ambientais da geração de energia eólica no Brasil.** Disponível em: <http://abeeolica.org.br/?S=GO+ASSOCIADOS>. Acesso em: outubro de 2020.

GONÇALVES, S.; RODRIGUES, T.P.; CHAGAS, A.L.S. **The impact of wind power on the Brazilian labor market.** Renewable and sustainable energy reviews 128 (2020): [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.RSER.2020.109887](https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109887)

GORAYEB, A.; MENDES, J.S.; MEIRELES, A.J.A.; BRANNSTROM, C.; SILVA, E.S.; FREITAS, A.L.R. **Wind-energy development causes social impacts in coastal Ceará State, Brazil: the case of the Xavier Community.** Journal of Coastal Research, 75, p. 383-387, 2016.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. **Licenciamento Ambiental Federal de Complexos Eólicos Offshore.** Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamento-complexos-eolicos-offshore>. Acesso em: 2 de setembro de 2021.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade / Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres. **Relatório anual de rotas e áreas de concentração de aves migratórias no Brasil. 3ª ed.** Diretoria de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade - Coordenação Geral de Manejo para Conservação. Cabedelo, PB. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/publicacoes?showall=&start=7>. 2020.

INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. 2020. **Base georreferenciada dos Projetos de Assentamento e Territórios Quilombolas.** Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/geodownload/geodados.php> Acesso: agosto de 2021.

INSTITUTO TOTUM 2021. **O que é a Certificação I-REC?** Disponível em: <https://www.institutototum.com.br/index.php/servicos/273-i-rec?jji=1630510011605> Acesso em: 1 de setembro de 2021.

LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA): Complexo Eólico-elétrico (CEE) Campos Gerais.** Curitiba. 2014.

LARISSA, K. 2014. **Lei da eólica de Gostoso é pioneira.** Prefeitura dogostoso.blogspot, 2014. Disponível em: <http://prefeituradogostoso.blogspot.com/2014/05/lei-da-eolica-de-gostoso-e-pioneira.html> Acesso em: 20 de agosto de 2020.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/caatinga> Acesso em: 14 de agosto de 2020.

_____. 2020. **Base cartográfica dos limites das UCs Federais.** 2020. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> Acesso em: agosto de 2021.

MAZZOLA, V.C.; MARQUES, T. **Viabilização socioambiental de projetos eólicos.** Brasil WindPower, Rio de Janeiro, 2017.

MEIRELES, A.J.A.; GORAYEB, A.; SILVA, D.R.F.; LIMA, G.S. **Socio-environmental impacts of wind farms on the traditional communities of the western coast of Ceará, in the Brazilian Northeast.** Journal of Coastal Research, 65, p. 81-86, 2013.

MEIRELES, M. F. 2021. **Energia para um futuro mais limpo** – Rio Energy. 13º Fórum Nacional Eólico Viex. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=WEfcO1db7Bw>

NEOENERGIA. **Relatório de Sustentabilidade 2019.**

OLIVEIRA, A. 2021. **Construção e implantação de parques eólicos** – Dois A Engenharia. 13º Fórum Nacional Eólico Viex. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=WEfcO1db7Bw>

PEREIRA, M. G.; MATOS, D.F.; GARCIA, K. C.; PAZ, L. R. L.; SILVA, M. T. M.; LASSIO, J. G. G. 2019. **Incorporando a variável social no planejamento e operação de parques eólicos.** XXV SNTPEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO MIGUEL DO GOSTOSO/RN. **Lei Municipal 255/2014.** Dispõe sobre as limitações ao uso do solo para fins de implantação de estruturas de altura própria maior que 50m e dá outras providências.

RENOVA ENERGIA. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2013**

RODRIGUES, R. E. de A.; COSTA, E. M.; IRFFI, G.; PIRES, J. N. R. **Efeitos da construção de parques eólicos sobre indicadores econômicos e fiscais municipais**. ANPEC-Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia, 2019.

RODRIGUEZ, S. **Considerations and concerns about wind turbine noise**. Brazil WindPower (Apresentação), São Paulo, 2019.

SACRAMENTO, A.A.O.; ZUKOWSK-JUNIOR, J.C.; VALDÉS, J.C. **Meio ambiente e a utilização de turbinas eólicas**. Revista Brasileira de Energia, 19, p. 61-75, 2013.

SANTOS, W.A.A.; MILLER, F.S. **Impactos ambientais cumulativos associados as atividades eólio-elétricas no semiárido potiguar: um case prático**. In: I Congresso Nacional da Diversidade do Semiárido, Natal, 2018, 13p.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. 2021a. **Curso gratuito de especialização técnica em manutenção e operação de parques eólicos**. Disponível em: <http://www.fieb.org.br/SENAI/Pagina/9959/CURSO-GRATUITO-DE-ESPECIALIZACAO-TECNICA-EM-MANUTENCAO-E-OPERACAO-DE-PARQUES-EOLICOS.aspx> Acesso em: setembro de 2021.

_____. 2021b. **Tecnologia em energia eólica**. Disponível em: <https://www.senai-ce.org.br/cursos/embreve/982/tecnicos/tecnologia-em-energia-eolica> Acesso em: setembro 2021.

_____. 2021c. **CTGAS-ER oferta combo de cursos na área de Energia Eólica**. Disponível em: <https://www.rn.senai.br/ctgas-er-oferta-combo-de-cursos-na-area-de-energia-eolica/> Acesso em: 1 de setembro de 2021.

SIEFERT, C.A.C.; SANTOS, I. **Avaliação do impacto visual de parques eólicos na qualidade e estética da paisagem no entorno de áreas protegidas: estudo de caso do Parque Estadual do Guartelá, PR**. Revista Ra'e Ga, 38, p. 221-244, 2016.

SILVA, N.S. **Novos olhares para o litoral cearense: a produção de energia eólica e os impactos socioambientais decorrentes dos parques eólicos Volta do Rio (Acará) e Cajucoco (Itarema) - CE, Brasil**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, 2014. 144p.

SIMAS, M.; PACCA, S. **Assessing employment in renewable energy technologies: A case study for wind power in Brazil**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 31, p. 83-90, 2014. STRIX.pt. Barao São Joao bird mortality mitigation. Disponível em: <<https://www.strix.pt/index.php/en/projects/projects-birdtrack/barao-sao-joao-bird-mortality-mitigation>> Acesso em: 29 de junho de 2020

STRIX. **RADAR Assisted Shutdown on Demand**. Technical Specifications. Disponível em: <https://www.strix.pt/index.php/en/birdtrack> Acesso em: janeiro de 2022

TOLMASQUIM, M. (coord.) **Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016. 452p.

VIANA, L.; COSTA, C. **Licença social para operar: aplicação de metodologia de gestão social para empreendimentos de geração de energia por fontes renováveis**. Brazil WindPower, São Paulo, 2019.

VOTORANTIM ENERGIA. **Relatório Anual 2018**.

Usinas solares fotovoltaicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações de Geração da Aneel – SIGA**. 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 1 de maio de 2021.

ATASU, A.; DURAN, S.; WASSENHOVE, L.N.V. **The Dark Side of Solar Power**. Harvard Business Review. Harvard Business Publishing. Cambridge, MA, Estados Unidos, Junho, 2021, Sustainability. Disponível em: <https://hbr.org/2021/06/the-dark-side-of-solar-power>. Acesso em: agosto de 2021.

BRASIL. Lei n. 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: julho de 2020.

CHITEKA, K.; ARORA, R.; SRIDHARA, S. N.; ENWEREMADU, C. C. **A novel approach to Solar PV cleaning frequency optimization for soiling mitigation**. *Scientific African*, n. 8, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227620301976?via%3Dihub>. Acesso em: julho de 2020.

EC – European Commission. **Waste Electrical & Electronic Equipment**. 2020. Disponível em: <https://ec.europa.eu/environment/waste/weee/>. Acesso em: junho de 2020.

ELETROBRAS; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Levantamento da legislação para licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica por fonte solar. Nota Técnica Conjunta Eletrobras-EPE**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-598/UFV%20-%20NT%20Conjunta%20Eletrobras-EPE%20-%20Vers%C3%A3o%20Final%2010521%20Rev120621.pdf>. Acesso em: agosto de 2021.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Usinas híbridas no contexto do planejamento energético**. 2019. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-386/EPE_DEE_NT_029_2019_r0_%20Usinas%20h%C3%ADbridas.pdf. Acesso em: setembro de 2021.

_____. **Solar Fotovoltaica Flutuante - Aspectos Tecnológicos e Ambientais relevantes ao planejamento**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-466/NT%20Solar%20Fotovoltaica%20Flutuante.pdf>. Acesso em: junho de 2020.

_____. **Cadernos de estudos do PDE 2031. Caderno Micro e Minigeração Distribuída & Baterias**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>. Acesso em: agosto de 2021.

FUNDAJ – Fundação Joaquim Nabuco. **Caatinga: um dos biomas menos protegidos do país**. Portal do Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga. Publicado em maio de 2019. Disponível em: <https://www.fundaj.gov.br/index.php/conselho-nacional-da-reserva-da-biosfera-da-caatinga/9762-caatinga-um-dos-biomas-menos-protegidos-do-brasil>. Acesso em: agosto de 2020.

GOE, Michele; GAUSTAD, Gabrielle. **Estimating direct climate impacts of end-of-life solar photovoltaic recovery**. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, v. 156, p. 27-36, 2016.

GREENER. **Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída - 1º Semestre 2020 Brasil**. Disponível em: <https://www.greener.com.br/pesquisas-de-mercado-energia-solar-fotovoltaica-brasil/>. Acesso em: setembro de 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: agosto de 2020.

_____. **Censo agropecuário 2017: resultados definitivos**. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=73096>. Acesso em: agosto de 2020.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2ª edição. São José dos Campos, 2017. Disponível em: http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html. Acesso em: junho de 2020.

IRENA – International Energy Agency. **End of Life Management – Solar Photovoltaic Panels**. 2016. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels>. Acesso em: julho de 2020.

_____. **Future of solar PV – Energy Transformation Pathways and solar PV**. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects. 2019. Disponível em: <https://www.irena.org/>

[/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf](#). Acesso em: agosto de 2020.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomass** – Coleção 3.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org>. Acesso em: julho de 2019.

MATHUR, D.; GREGORY, R.; HOGAN, E. **Do solar energy waste systems have a mid-life crisis? Valorising renewables and ignoring waste in regional towns in Australia's Northern Territory**. Energy Research and Social Science, V. 76, n. 101934, June, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221462962100027X>. Acesso em: setembro de 2021.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Programas Estaduais**. Portal da Gestão Territorial. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/combate-a-desertificacao/programas-estaduais.html>. Acesso em: agosto de 2020.

NOBRE, P. PEREIRA; E. B., LACERDA, F. F.; BURSZTYN, M.; HADDAD, E. A.; LEY, D. **Solar smart grid as a path to economic inclusion and adaptation to climate change in the Brazilian Semi-arid Northeast**. In: International Journal of Climate Change Strategies and Management, v. 11, n° 4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-09-2018-0067>. Acesso em: julho de 2020.

SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. de C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. **Processos de desertificação no Semiárido brasileiro**. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Cap. 4, p. 126-158. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142590/1/ID-43498.pdf>. Acesso em: julho de 2020.

SALIM, Hengky K. et al. **Drivers, barriers and enablers to end-of-life management of solar photovoltaic and battery energy storage systems: A systematic literature review**. Journal of cleaner production, v. 211, p. 537-554, 2019.

SALIM, Hengky K. et al. **End-of-life management of solar photovoltaic and battery energy storage systems: A stakeholder survey in Australia**. Resources, Conservation and Recycling, v. 150, 104444, 2019a.

SARAVANAN, S. V.; DARVEKAR, S. K. **Solar photovoltaic panels cleaning methods a review**. International Journal of Pure and Applied Mathematics, v. 118, n. 24, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338990581_Solar_Photovoltaic_Panels_Cleaning_Methods_A_Review. Acesso em: julho de 2020.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cadeia de Valor da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Brasília, 2018. <https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/estudo%20energia%20fotovoltaico%20-%20baixa.pdf>. Acesso em: julho de 2020.

SILVA, L. A. F.; CORDEIRO, B. S.; BARRETO, A. V.; DE ALMEIDA, E. M.; DURÃO, J. V.; BOTELHO, G. M. L. **Avaliação de Impacto Ambiental em projetos fotovoltaicos centralizados no Brasil: uma análise a partir dos estudos ambientais de empreendimentos vencedores nos Leilões de Energia**. In: XXV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Belo Horizonte, 2019.

Transmissão de Energia Elétrica

BRASIL. **Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm. Acesso em: agosto de 2021.

_____. **Decreto n. 6.660, de 21 de novembro de 2008**. Regulamenta dispositivos da Lei no 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6660.htm. Acesso em: agosto de 2021.

_____. **Portaria Interministerial n. 60, de 24 de março de 2015.** Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal em processos de licenciamento ambiental de competência do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis-IBAMA. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/arquivos/conteudo/cglic/pdf/PORTARIA%20INTERMINISTERIAL%20No%2060.pdf>. Acesso em: agosto de 2021.

Comissão Pró-Índio. **Direitos Quilombolas. Observatório de Terras Quilombolas.** Disponível em: <http://cpisp.org.br/direitosquilombolas/>. Acesso em: agosto de 2021.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Avaliação dos Benefícios Econômicos da Antecipação da Interligação de Sistemas Isolados de Rondônia** (No. EPE-DEE-NT-012/2020-r0) - 2020a. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/NT-EPE-DEE-012-2020_Anticipa%C3%A7%C3%A3o%20interliga%C3%A7%C3%A3o%20Rond%C3%B4nia.pdf. Acesso em: julho de 2021.

_____. **Avaliação dos Benefícios Econômicos da Antecipação da Interligação de Sistemas Isolados do Acre** (No. EPE-DEE-NT-021/2020-r0) - 2020b. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/NT-EPE-DEE-021-2020_Anticipa%C3%A7%C3%A3o%20interliga%C3%A7%C3%A3o%20Acre.pdf. Acesso em: julho de 2021.

_____. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 – Ano Base 2020** - 2021a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/EPEFactSheetAnuario2021.pdf>. Acesso em: julho de 2021.

_____. **Planejamento do Atendimento aos Sistemas Isolados Horizonte 2025 - Ciclo 2020** (Nº. EPE-DEE-DEA-NT-001/2021-r0) - 2021b. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-614/EPE-NT-Planejamento%20SI-ciclo_2020.pdf. Acesso em: julho de 2021

_____. **Avaliação dos Benefícios Econômicos da Antecipação da Interligação de Sistemas Isolados do Amazonas** (Nº. EPE-DEE-NT-001/2021-r0) - 2021c. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-577/NT-EPE-DEE-001-2021_Anticipa%C3%A7%C3%A3o%20interliga%C3%A7%C3%A3o%20AM.pdf. Acesso em: julho de 2021.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2021a. **Projetos de Assentamento.** Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. Acesso em: agosto de 2021.

_____. 2021b. **Terras Quilombolas.** Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>. Acesso em: agosto de 2021.

FCP – Fundação Cultural Palmares. **Comunidades Remanescentes de Quilombos (Atualizada até 15/06/2021).** Disponível em: http://www.palmares.gov.br/?page_id=37551 Acesso em: agosto de 2021.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Delimitação das Terras Indígenas do Brasil.** 2021. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape> Acesso em: agosto de 2021.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação do Brasil.** Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> Acesso em: agosto de 2021.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – julho/2021.** Brasília, 2020. 43p. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico/2021/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico-julho-2021-v2.pdf>>. Acesso em: julho de 2021.

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Capacidade Instalada no SIN – 2021/2025.** Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>>. Acesso em: julho de 2021.

Petróleo e Oferta de Petróleo, Gás Natural e Derivados

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP n. 8, de 30 de janeiro de 2015, DOU 02/02/2015**. Estabelece a especificação do Biometano contida no Regulamento Técnico ANP n. 1/2015. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-8-2015?origin=instituicao&q=8/2015> Acesso em: setembro de 2021.

_____. 2017. **Resolução n. 685, de 29 de junho de 2017**. Estabelece as regras para aprovação do controle da qualidade e a especificação do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-685-2017-estabelece-as-regras-para-aprovacao-do-controle-da-qualidade-e-a-especificacao-do-biometano-oriundo-de-aterros-sanitarios-e-de-estacoes-de-tratamento-de-esgoto-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-industriais-e-comerciais-a-ser-comercializado-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao&q=685/2017> Acesso em: setembro de 2021.

_____. 2021. **Banco de Dados de Exploração e Produção**. Disponível em: www.anp.gov.br Acesso: maio de 2021.

_____. 2021a. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2021**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2021> (12 ago 2021). Acesso em: agosto de 2021.

_____. 2021b. **GeoANP – Mapa dos dados georreferenciados**. Disponível em: <https://www.geo.anp.gov.br/mapview> Acesso em: maio de 2021.

_____. 2021c. **Projetos de PD&I** Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/pesquisa-desenvolvimento-e-inovacao/investimentos-em-pd-i/projetos-de-pd-i-Projectos RT3>. Acesso em: agosto de 2021.

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento, PPI - Programa de Parcerias de Investimentos, Ministério da Economia, ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, IBAMA - Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis & ARCADIS CONSULTORIA. 2020. **Estudo sobre os caminhos para o avanço do Licenciamento ambiental de petróleo e gás offshore no Brasil** (4 volumes). Cooperação Técnica n. ATN/OC-16518-BR.

BIODINÂMICA/PETROBRAS. Relatório de Impacto Ambiental do Gasoduto Japeri-Reduc. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. **Portaria Interministerial MME/MMA 198/2012**. 2012. Institui a Avaliação Ambiental de Área Sedimentar – AAAS. DOU, 05 abr. 2012, p. 98-99.

_____. 2021. Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. **Relação Anual de Informações Sociais**. CNAE 2.0. <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php> Acesso em: agosto de 2021.

_____. 2000. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União em 19 jul. 2000. Brasília, DF: DOU, 19 jul. 2000. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>.

_____. 2010. **Resolução Conama n. 428/2010**. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental, sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação. Resolução n. 428, de 17 de dezembro de 2010 (DOU 20/12/2010).

_____. 2011. **Portaria interministerial n. 419**. Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Justiça, Ministério da Cultura e Ministério da Saúde. Regulamenta a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal envolvidos no Licenciamento Ambiental.

_____. 2008. **Resolução Conama n. 398, de 11 de junho de 2008**. Dispõe sobre o conteúdo mínimo do Plano de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo em águas sob jurisdição nacional, originados em portos organizados, instalações portuárias, terminais, dutos, sondas terrestres, plataformas e suas instalações de apoio, refinarias, estaleiros, marinas, clubes náuticos e instalações similares, e orienta a sua elaboração. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?co-dlegi=575> Acesso em: agosto de 2020.

BRAZIL ENERGY PROGRAMME. 2020. Great Britain & Northern Ireland For Partnership; Adam Smith International; Carbon Limiting Technologies; Hubz; e Instituto 17. **Offshore Wind assessment, port infrastructure, transmission lines, contracts and value chain**. Final Report. November 2020.

CONSÓRCIO PIATAM-COPPETEC/EPE. 2020. **Estudo Ambiental de Área Sedimentar na bacia terrestre do Solimões**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/estudo-ambiental-de-area-sedimentar-do-solimoes> Acesso em: setembro de 2021.

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução n. 17, de 8 de junho de 2017**. Estabelece a Política de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural. 2017.

ECOLOGY/ANP. 2020. **Estudo Ambiental de Área Sedimentar das bacias sedimentares marítimas de Sergipe/Alagoas e Jacuípe**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meio-ambiente/estudo-ambiental-sergipe-alagoas-e-jacuipe>. Acesso em: set 2021.

ELETOBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. Base cartográfica dos limites das UCs Estaduais e Municipais. 2011.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Roadmap Eólica Offshore Brasil: perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima**. Brasil, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética.

_____. Ministério de Minas e Energia (MME), Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Encontro sobre as atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural offshore - Como diminuir as incertezas no processo de licenciamento ambiental?** Evento *online* em 7 e 8 de dezembro de 2020.

_____. 2021a. Base georreferenciada das Unidades Produtivas da União (UPUs).

_____. 2021b. **EPE fecha parceria com o BNDES para incentivar restauração florestal por meio de créditos de carbono**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-fecha-parceria-com-o-bndes-para-incentivar-restauracao-florestal-por-meio-de-creditos-de-carbono> Acesso em: outubro de 2021. FADE-UFPE/Petrobras. Relatório de Impacto Ambiental da RNEST. RIMA Refinaria do Nordeste – Abreu e Lima – RNEST. Recife, 2006.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Base Cartográfica Delimitação das Terras Indígenas do Brasil**. Brasília, 2020. Disponível em: <http://mapas.funai.gov.br> Acesso em: agosto de 2021.

GNA/CPEA, 2017. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA Terminal de Regaseificação do Açú**. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/eia-rima-2017/> Acesso em: setembro 2021. 6732p.

GNA/ECOLOGY BRASIL, 2020. Unidade de processamento de gás natural (UPGN) e gasoduto (GASINF). EIA - Estudo de Impacto Ambiental. 4830 pp.

GNA/HABTEC MOTT MACDONALD, 2017. **Gasoduto dos Goytacazes (GASOG). Estudo de Impacto Ambiental**. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/eia-rima-2017> Acesso em: setembro de 2021. 2060p.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2018a. **Guia de Monitoramento da Biota Marinha. Ministério Do Meio Ambiente**. Diretoria de Licenciamento Ambiental Coordenação-Geral de Empreendimentos Marinhos e Costeiros Coordenação de Exploração de Petróleo e Gás. Outubro de 2018. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/petroleo-e-gas/diretrizes/2018-11-01-ibama-guia-de-monitoramento-da-biota-marinha-outubro.pdf> Acesso em: julho de 2018.

_____. 2018b. **Portaria n. 3.642, de 10 de dezembro de 2018**. Aprova o Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-sol (*Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*) no Brasil - Plano Coral-sol, estabelecendo seu objetivo geral, objetivos específicos, ações, prazo de execução, coordenação e monitoria. Diário Oficial Da União. Publicado em: 11/12/2018 | Edição: 237 | Seção: 1 | Página: 198 Acesso em: agosto de 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. **Malha de Setores Censitários**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=downloads> Acesso em: maio de 2021.

ICMBIO. 2021. **Relação de UCs com plano de manejo**. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/planosmanejo>. Acesso em: junho de 2021.

_____. 2020. **Base cartográfica dos limites das UCs Federais**. 2020. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> Acesso em: agosto de 2021

_____. Estudo de Impacto Ambiental do Gasoduto Caraguatatuba-Taubaté. São Paulo, 2007.

IEA – International Energy Agency. **The Oil and Gas Industry in Energy Transitions**. Insights from IEA analysis. Janeiro de 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-energy-transitions> Acesso em: setembro de 2021.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, 2020. **Base georreferenciada dos Projetos de Assentamento e Territórios Quilombolas**. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/geodownload/geodados.php> Acesso: agosto de 2021.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. **Portaria n. 422, de 26 de outubro de 2011**. Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental federal de atividades e empreendimentos de exploração e produção de petróleo e gás natural no ambiente marinho e em zona de transição terra-mar. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/legislacao/legislacao-ambiental-federal-de-interesse> Acesso em: agosto de 2019.

_____. 2020. **Base cartográfica dos limites das UCs Federais**. 2020. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> Acesso em: agosto de 2021

MME – Ministério de Minas e Energia. 2020. **Relatórios do Comitê Reate 2020**. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/reate-2020> Acesso em: agosto de 2021.

_____. 2021. **Programa Nacional de Hidrogênio - Proposta de Diretrizes**. Julho de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2/HidrogênioRelatriodiretrizes.pdf> Acesso em: agosto de 2021

OGCI – Oil and Gas Climate Initiative. 2021. **Leadership to accelerate the energy transition – OGCI releases its strategy**. Disponível em: <https://www.ogci.com/leadership-to-accelerate-the-energy-transition-ogci-releases-its-strategy/> Acesso em: outubro de 2021.

- PETROBRAS. 2021. **Sustentabilidade: Petrobras anuncia ambição de atingir neutralidade das emissões de carbono das operações.** Disponível em: https://www.agenciapetrobras.com.br/Materia/ExibirMateria?p_materia=983807 Acesso em: outubro de 2021.
- PETROBRAS/PIATAM. 2008. **Estudo prévio de impacto ambiental para construção do gasoduto Juruá/Urucu.** Disponível em: http://www.ipaam.am.gov.br/wp-content/uploads/2019/12/EIA_RIMA_Juruá-Urucu.pdf Acesso em: setembro de 2021. 68p.
- PRO OCEANO; LAPMAR; LAMCE; NEMA 2020. Projeto Costa Norte: desenvolvimento de metodologia para o entendimento dos processos costeiros e definição de vulnerabilidade das florestas de mangue das baías do Pará-Maranhão e Foz do Amazonas. Disponível em: projetocostanorte.eco.br Acesso em: setembro de 2020.
- PROMINP - **Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás Natural.** Disponível em: http://www.prominp.com.br/prominp/pt_br/mapa-dos-empresendimentos/refinaria-do-nordeste-rnest-4.htm Acesso em: junho de 2016.
- ROTA 4 PARTICIPAÇÕES AS/MINERAL ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE. 2019. Relatório de Impacto Ambiental (Rima) do sistema de escoamento e tratamento de gás natural do polo pré-sal da bacia de Santos – gasoduto Rota 4. 155 páginas.
- Etanol*
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Atlas Irrigação - Uso da Água na Agricultura Irrigada /** Agência Nacional de Águas. - 2A. ed. - Brasília: ANA, 2021.
- BRASIL. **Lei n. 13.576, de 26 de dezembro de 2017.** Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.
- CNPE - Conselho Nacional de Política Energética (2021a). **Resolução CNPE n. 2 de 2021.** Estabelece orientações sobre pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de energia do país.
- _____. **Institui o Programa Combustível do Futuro, cria o Comitê Técnico Combustível do Futuro e dá outras providências.** 2021b.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria n. 023/2020/P, de 16 de março de 2020.** Dispõe sobre a apresentação de Plano de Aplicação de Vinhaça simplificado. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/03/DD-023-2020-P-Procedimentos-para-apresenta%C3%A7%C3%A3o-de-Plano-de-Aplica%C3%A7%C3%A3o-de-Vinha%C3%A7a-simplificado.pdf> Acesso em: agosto de 2020.
- COELHO, M. F. **Planejamento da qualidade no processo de colheita mecanizada da cana-de-açúcar.** 2009. 75p. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. V.7 - SAFRA 2020/21 - N.4 - Quarto levantamento | Maio 2021** Monitoramento agrícola – Cana-de-açúcar Brasília, 2021. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> Acesso em: agosto de 2021.
- CNI - Confederação Nacional da Indústria e ÚNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Gestão dos Recursos Hídricos na Agroindústria Canavieira.** Água Indústria e Sustentabilidade. Brasília 2014.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar.** Rio de Janeiro. 2009.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2020**. Rio de Janeiro 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-615/NT-EPE-DPG-SDB-2021-03_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_ano_2020.pdf Acesso em: julho de 2021.

ME - Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. **Relação Anual de Informações Sociais**. CNAE 2.0. <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php> Acesso em: agosto de 2021.

ROSETTO, R. (2019). **Evolução no uso da vinhaça**. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: http://www.stab.org.br/vinhaca_2019/raffaella_rossetto_apt.pdf Acesso em: agosto de 2021.

SEABRA, J.E.A., **Avaliação Técnico-Econômica de Opções para o Aproveitamento Integral da Biomassa de Cana no Brasil**. Tese de doutorado. UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2008.

SÃO PAULO. **Resolução Conjunta SMA/SAA - 3, de 06/04/2018** Aprova o regulamento das Diretivas Técnicas do Protocolo Agroambiental “Etanol Mais Verde”, elaborado pelo Grupo Executivo constituído pela Resolução Conjunta - SMA/SAA 04, de 08-11- 2017, celebrada entre as Secretarias de Estado do Meio Ambiente, e de Agricultura e Abastecimento. sábado, 7 de abril de 2018 Diário Oficial Poder Executivo - Seção I São Paulo, 128 (64) – 328/329. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/etanol-verde/sites/28/2020/03/resolucao-conjunta-sma-saa-3_2018-regulamento-do-protocolo-etanol-mais-verde.pdf Acesso em: agosto de 2021.

_____. **Protocolo Agroambiental Etanol Mais Verde - Resultados do ciclo 2020**. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Governo do Estado de São Paulo, 2021. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/sites/28/2021/04/2021_saa-comunicacao_protocolo-agroambiental-etanol-mais-verde.pdf Acesso em: agosto de 2021.

Biodiesel

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Junho de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2021>

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. **Estatísticas mensais do complexo soja e projeções anuais**. Junho de 2021. Disponível em: <http://abiove.org.br/estatisticas/> Acesso em: agosto de 2021.

BRASIL. **Lei n. 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética. **Resolução n. 16, de 29 de outubro de 2018**. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional.

_____. **Resolução n. 14, de 9 de dezembro de 2020**. Estabelece as diretrizes para a comercialização de biodiesel em todo território nacional, e dá outras providências. 2020a.

_____. **Resolução n. 8, de 18 de agosto 2020**. Define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis. 2020b.

_____. **Resolução n. 10, de 11 de maio de 2021**. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 10% (dez por cento), no 80º Leilão de Biodiesel. 2021a.

_____. **Resolução n. 11, de 02 de junho de 2021**. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 12% (doze por cento), no 81º Leilão de Biodiesel. 2021b.

_____. **Resolução n. 2, de 10 de fevereiro de 2021.** Estabelece orientações sobre pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de energia do país. 2021c.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cientistas produzem compostos químicos de alto valor a partir de coproduto do biodiesel.** 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/44763112/cientistas-produzem-compostos-quimicos-de-alto-valor-a-partir-de-coproduto-do-biodiesel> Acesso em: julho de 2020.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis - Ano 2020.** Julho de 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-615/NT-EPE-DPG-SDB-2021-03_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_ano_2020.pdf Acesso em: agosto de 2021

MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanco do Selo Biocombustível Social – 2020.** 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/biodiesel/arquivos/Balano.pdf>. Acesso em: outubro 2021.

_____. Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo. **Portaria n. 144, de 22 de julho de 2019.** Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo Combustível Social.

_____. **Portaria n. 174, de 27 de agosto de 2019.** Dispõe sobre a participação e a habilitação de cooperativas como fornecedoras de matéria-prima e prestadoras de serviço de assistência técnica e extensão rural no âmbito do programa Selo Combustível Social.

ME – Ministério da Economia. Secretaria de Trabalho. **Relação Anual de Informações Sociais.** CNAE 2.0 Classe - Fabricação de biocombustíveis exceto álcool. <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php> Acesso em: agosto de 2021.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Renovabio,** 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/renovabio-1> Acesso em: julho de 2019.

UBRABIO – União Brasileira de Biodiesel e Bioqerosene. **Projeto BioVida utiliza resíduo da produção de biodiesel para aumentar a produtividade das lavouras.** 2020. Disponível em: <https://ubrabio.com.br/2020/11/24/projeto-biovida-utiliza-residuo-da-producao-de-biodiesel-para-aumentar-a-produtividade-das-lavouras/> Acesso em: agosto de 2021.

UCHOA, I. M. A. **Combustíveis base diesel microemulsionados com glicerina: formulação e avaliação de desempenho.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Natal, 2015.