

NOTA TÉCNICA EPE 026/2018

Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2027

Novembro 2018



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Wellington Moreira Franco

Secretário Executivo
Márcio Félix Carvalho Bezerra

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**
Eduardo Azevedo Rodrigues

Secretário de Energia Elétrica
Ildo Wilson Grudtner

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis
João Vicente de Carvalho Vieira

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral
Vicente Humberto Lôbo Cruz



Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente
Reive Barros dos Santos

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Amílcar Gonçalves Guerreiro

Diretoria de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustíveis
José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa
Álvaro Henrique Matias Pereira

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

Sede
Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia -
Sala 744 - 7º andar - 70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central
Av. Rio Branco, nº 01 - 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

NOTA TÉCNICA EPE 026/18

Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2027

Coordenação Geral
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Coordenação Executiva
Elisângela Medeiros de Almeida

Equipe Técnica
Alfredo Lima Silva
Akel da Silva Saliba (est.)
Ana Dantas Mendez de Mattos
André Cassino Ferreira
André Viola Barreto
Bernardo Regis de G. de Oliveira
Bruna Silva Cordeiro (est.)
Carolina M. H. de G. A. F. Braga
Caroline Piccoli M. de Freitas (est.)
Clayton Borges da Silva
Cristiane Moutinho Coelho
Daniel Dias Loureiro
Daniel Filipe Silva
Federica Natasha A. Sodrê
Guilherme de Paula Salgado
Gustavo Fernando Schmidt
Hermani de Moraes Vieira
Juliana Velloso Durão
Kátia Gisele Soares Matosinho
Leyla Adriana Ferreira da Silva
Luciana Álvares da Silva
Marcos Ribeiro Conde
Mariana Lucas Barroso
Paula Cunha Coutinho
Pedro Ninô de Carvalho
Robson O. Mattos
Rodrigo Vellardo Guimarães
Thiago Galvão
Valentine Jahnel
Veronica S. M. Gomes
Vinicius Mesquita Rosenthal

Nº EPE-DEA-NT-026/2018-r0
Data: 5 de novembro de 2018

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. PREMISSAS E CRITÉRIOS.....	5
3. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA.....	6
3.1. HIDRELÉTRICAS	6
3.2. TERMELÉTRICAS.....	19
3.3. TERMELÉTRICAS A BIOMASSA	25
3.4. EÓLICAS.....	28
3.5. SOLAR	32
3.6. TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	37
4. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS	46
4.1. PRODUÇÃO E OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E DERIVADOS.....	46
4.2. ETANOL.....	54
4.3. BIODIESEL	60
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

I. INTRODUÇÃO

A análise socioambiental do PDE 2027 é norteada pelo conceito da sustentabilidade. Neste sentido, o planejamento da expansão do setor energético é visto com enfoque na redução dos impactos locais e globais na utilização das fontes de energia, sobre a população e o meio ambiente, e nas discussões em âmbito nacional e internacional sobre as mudanças do clima.

A análise socioambiental do PDE 2027 compreende três etapas:

1. **Análise de cada fonte energética**, com o objetivo de avaliar as condições em que as interferências dos projetos previstos poderiam ocorrer sobre o meio natural e a sociedade.
2. **Análise 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. Como resultado, são apresentados os temas prioritários para a gestão ambiental do setor energético e os desafios socioambientais importantes a serem enfrentados no horizonte de planejamento.
3. **Análise das emissões de gases de efeito estufa (GEE)**, decorrentes da oferta de energia adotada no PDE 2027. A apreciação dos resultados toma por referência as negociações internacionais sobre mudança do clima e os compromissos assumidos pelo país.

A presente Nota Técnica trata da primeira etapa que compreende a análise socioambiental da oferta de energia elétrica (hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas, termelétricas, termelétricas a biomassa, eólicas, solar 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).

A análise integrada e a análise das emissões de gases de efeito estufa são apresentadas no documento do PDE 2027.

2. PREMISSAS E CRITÉRIOS

A Figura 1 apresenta as premissas consideradas no desenvolvimento da análise socioambiental do PDE 2027:



Figura 1 – Premissas da análise socioambiental do PDE

No PDE 2027 foi considerada a mesma metodologia da análise socioambiental utilizada nos últimos Planos, com abordagem individualizada de cada fonte energética em razão de suas particularidades. Como no ciclo anterior, a análise de cada fonte energética foi orientada pelas seguintes questões:

1. Quais os principais benefícios do uso da fonte?
2. Qual a situação atual da fonte? Como é o sistema existente?
3. Como e onde está a expansão decenal?
4. Quais as interferências socioambientais relevantes que permeiam a fonte no horizonte decenal?
Quais os principais temas socioambientais?
5. Quais os indicadores socioambientais dessa expansão?
6. Quais os principais desafios socioambientais relacionados à fonte e quais as iniciativas para a gestão?

Esse roteiro tem como objetivo a padronização, uniformidade e objetividade nas análises socioambientais realizadas para as diversas fontes e tipologias de empreendimentos previstos no horizonte decenal, respeitadas as especificidades de cada uma delas.

3. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE ENERGIA ELÉTRICA

3.1. Hidrelétricas

A hidroeletricidade é fonte renovável de energia, uma vez que utiliza água como força motriz. Hidrelétricas, em geral, apresentam baixa emissão de gases de efeito estufa (CO_2 e CH_4)¹ quando comparadas a usinas termelétricas, que utilizam combustíveis fósseis. Outro benefício da geração hidrelétrica é a flexibilidade operativa, já que as usinas são capazes de assumir, de forma rápida e eficaz, as oscilações de tensão e frequência decorrentes de eventuais desbalanços entre oferta e demanda. Destaca-se ainda o papel dos empreendimentos dotados de reservatórios de acumulação, por sua capacidade de suporte à integração de fontes renováveis intermitentes no sistema elétrico e por sua eficiência no armazenamento de energia na forma de volume de água.

Finalmente, é importante ressaltar o desenvolvimento social e econômico obtido a partir do avanço da indústria hidrelétrica no Brasil. O investimento nessa fonte tornou o país referência no mercado internacional e exportador de tecnologia e conhecimento para outros países.

Atualmente 73% da matriz elétrica brasileira é composta por fontes renováveis, das quais a hidroeletricidade é responsável por 60% da potência instalada (ANEEL, 2018). O parque hidrelétrico existente é composto por 220 usinas hidrelétricas (UHEs) em operação, totalizando quase 102 GW de potência instalada. A maior parte das UHEs situa-se nas bacias do Paraná e Atlântico Sudeste, no sudeste e sul do Brasil.

No horizonte decenal, a expansão da oferta de energia elétrica prevê a implantação de 13 UHEs distribuídas por quase todas as regiões geográficas do país, totalizando aumento de 3.080 MW na potência instalada do parque hidrelétrico brasileiro. O primeiro período do horizonte (2018-2022) é composto por 4 usinas que estão em fase de implantação e somam 1.114 MW de potência instalada. Para o segundo período (2023-2027), estão planejadas outras 9 UHEs, somando 1.966 MW.

A Figura 2 apresenta a distribuição espacial das UHEs previstas no PDE 2027 por região hidrográfica e período de entrada em operação.

¹ O Projeto Balcar (Brasil, 2014d) 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.

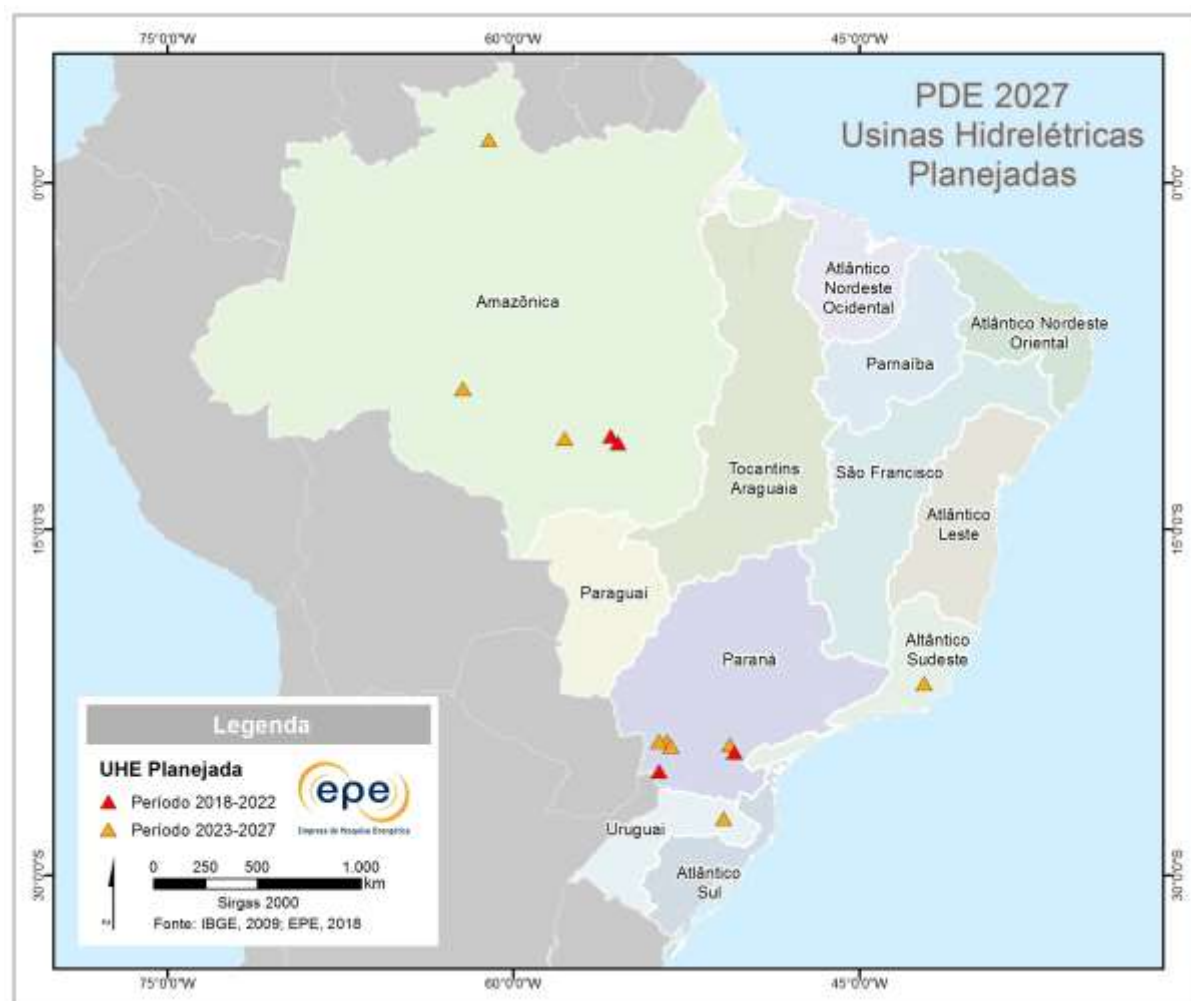


Figura 2 – Localização das usinas hidrelétricas planejadas no PDE 2027

Na região hidrográfica Amazônica, onde está localizado grande parte do potencial hidrelétrico brasileiro ainda não explorado, estão previstos cinco projetos e a maior parte (61%) da potência instalada do decênio. Em seguida, destaca-se a região hidrográfica do Paraná com seis projetos e 29% da potência instalada prevista no Plano. Já as regiões hidrográficas do Uruguai e do Atlântico Sudeste, contam, cada uma, com 1 projeto e 5% da potência planejada.

A metodologia utilizada na análise socioambiental da expansão hidrelétrica prevista no PDE 2027 compreende primeiramente avaliação processual (EPE, 2018), revisada para este ciclo do PDE, seguida por avaliação socioambiental das UHEs (EPE, 2012).

Avaliação processual

O objetivo da avaliação processual é estimar o ano possível para entrada em operação das UHEs que se encontram na fase de estudos. Essa avaliação considera os prazos necessários para o desenvolvimento dos estudos técnicos de engenharia e ambientais, para o licenciamento ambiental e para a construção da UHE. O resultado da avaliação contribui para a definição das UHEs que farão parte da expansão decenal no período 2023-2027, uma vez que as UHEs do período 2018-2022 têm sua data de entrada em operação determinada pelo contrato de concessão.

Neste ciclo do PDE os prazos considerados na avaliação processual foram revisados, visando sua adequação aos prazos atualmente observados para o desenvolvimento dos estudos anteriores ao leilão e para a obtenção da licença prévia (LP), conforme EPE (2018).

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, posterior ao leilão de expansão da oferta de energia (cinco anos). Assim, antes do 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), para a conclusão do Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica (EVTE) e para a obtenção da licença prévia (LP). 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. Por isso, certas usinas, mesmo com estudos em andamento, não têm operação prevista para o horizonte decenal.

Das 9 UHEs do período 2023-2027, seis usinas estão com o EIA/Rima entregue (Apertados, Castanheira, Comissário, Ercilândia, Tabajara e Telêmaco Borba), uma está com EIA/Rima e ECI em elaboração (Bem Querer), e duas apresentam situação especial, uma vez que já passaram por leilões, mas estão atrasadas em relação à data de entrada em operação prevista no contrato de concessão (Itaocara e São Roque).

Avaliação socioambiental

A avaliação socioambiental (EPE, 2012) foi realizada para as UHEs previstas na expansão do PDE 2027, considerando as características dos projetos e das regiões onde estão inseridos, e os impactos e benefícios associados a cada empreendimento, traduzidos em nove indicadores de impactos (ambientais e socioeconômicos) e benefícios socioeconômicos, listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Indicadores da avaliação socioambiental de UHEs

<i>Classificação</i>	<i>Indicadores</i>
<i>Impactos ambientais</i>	<i>perda de vegetação nativa</i>
	<i>transformação de ambiente lótico em lêntico</i>
	<i>interferência em unidade de conservação</i>
<i>Impactos socioeconômicos</i>	<i>população afetada</i>
	<i>interferência em terra indígena</i>
	<i>interferência na infraestrutura</i>
<i>Benefícios socioeconômicos</i>	<i>geração de empregos</i>
	<i>incremento temporário na arrecadação municipal (ISS)</i>
	<i>incremento permanente na arrecadação municipal (compensação financeira)</i>

Os indicadores não possuem a pretensão de abordar todas as questões que permeiam uma UHE, mas buscam representar os principais impactos e benefícios que são frequentemente associados à implantação de projetos hidrelétricos. Ressalta-se que na seleção dos indicadores foi necessário

considerar aspectos como mensuração, a existência e a qualidade de dados, bem como as particularidades dos projetos. Dessa forma, a partir do panorama geral do conjunto de usinas previsto no Plano, procurou-se realizar análise comparativa, de acordo com as interferências mais relevantes identificadas.

O indicador de perda de vegetação nativa busca refletir os efeitos associados à supressão da vegetação nativa, como a perda de habitats e de biodiversidade. Este indicador foi considerado relevante para a região Norte porque as maiores perdas de vegetação nativa foram observadas nos projetos situados na Amazônia. Tal resultado já era esperado considerando que são os projetos de maior porte e que estão em uma região que se destaca pelo elevado grau de preservação dos seus ecossistemas e pela riqueza de ambientes e de diversidade biológica. Por outro lado, mesmo com as UHEs associadas a menores perdas de área absoluta de vegetação nativa, o tema também foi considerado relevante para a região Sul. Esta avaliação se justifica pela quantidade de projetos previstos (sete) e considerando-se a importância dos remanescentes ainda existentes.

O indicador de transformação de ambientes é mensurado a partir da extensão de rio alagado e visa contemplar os efeitos negativos do barramento e da formação do reservatório nos ecossistemas aquáticos. A transformação do ambiente lótico (águas rápidas) em lêntico (águas paradas ou lentas) interfere em habitats relevantes para espécies peculiares de peixes e comunidades ecológicas associadas. Além disso, o barramento do rio interfere em rotas migratórias de peixes e seus processos reprodutivos.

As maiores extensões de rio alagado foram verificadas para os projetos situados na região Amazônica, onde há grandes rios com muitos ambientes exclusivos que favorecem a alta diversidade da fauna aquática. Tais características são determinantes para a alta sensibilidade da região frente ao indicador. Nas regiões Sul e Sudeste, a maioria dos projetos figura entre os que apresentam menor trecho de rio alagado. No entanto, a quantidade de barramentos existentes, seus efeitos cumulativos e sinérgicos de fragmentação das rotas migratórias de peixes (fauna aquática), faz com que a precondição do ecossistema aquático seja particularmente importante para essas regiões diante da expansão planejada.

Destaca-se que a interferência sobre a ictiofauna tem sido alvo de esforços de mitigação, a partir de estudos desenvolvidos por universidades, institutos de pesquisa, órgãos ambientais e agentes do setor elétrico. Os estudos contribuem para a proposição de medidas, como sistemas de transposição de peixes, e para o monitoramento das populações de peixes.

O indicador de unidade de conservação busca avaliar a interferência dos projetos em territórios com gestão especial devido à relevância de suas características naturais. Salvo poucas exceções, o aproveitamento hidrelétrico é incompatível com os objetivos de criação de unidades de conservação. Portanto, para construir usinas em sítios localizados em UCs há necessidade de alterar os limites das unidades, o que só pode ser feito por meio de lei específica². Este processo não tem procedimentos estabelecidos e geralmente envolve tratativas e discussões complexas com o órgão ambiental sobre a viabilidade dos projetos.

² Conforme §7º do art. 22 da Lei nº 9.985/2000 que institui o Sistema de Unidades de Conservação – SNUC.

Na região Amazônica, nenhuma das cinco UHEs (61% da potência do Plano) se sobrepõe a UCs (conforme pode ser observado na Tabela 2). Não obstante, a região possui grandes extensões territoriais de unidades de conservação e significativo potencial hidrelétrico ainda não aproveitado sobreposto a estes territórios. Diante do enorme desafio que o cenário representa para a expansão hidrelétrica como um todo, o tema foi considerado relevante e decisivo para sua definição.

O indicador de interferência em terras indígenas procura refletir a interferência de UHEs nos povos e terras indígenas a partir da análise da sobreposição ou da proximidade de UHEs com as TIs. Nenhum dos 13 projetos previstos no decênio se sobrepõe a terras indígenas (delimitadas ou em fase posterior do processo demarcatório das terras indígenas). Três UHEs estão situadas a até 40 km de terras indígenas na Amazônia Legal, conforme limites estabelecidos na Portaria Interministerial nº 60/2015³. Para esse grupo é necessária a elaboração de estudo específico sobre os povos e terras indígenas, o Estudo do Componente Indígena - ECI.

Além de estudos específicos, quando há interferências em povos e terras indígenas, outras questões devem ser observadas. No Brasil, determinou-se que a consulta prévia, livre e informada prevista na Convenção nº 169 da OIT se aplica aos povos indígenas afetados diretamente por medidas legislativas ou administrativas. Entretanto, as incertezas⁴ relacionadas ao procedimento de consulta contribuem para potenciais conflitos em relação aos projetos planejados. Além disso, a falta de regulamentação do §3º do artigo 231 da Constituição Federal, sobre o aproveitamento dos recursos hídricos em terras indígenas, incluídos os potenciais energéticos,, deixa em aberto as formas de compensação às comunidades indígenas atingidas.

Portanto, o processo de implantação de UHEs na região Amazônica – que concentra tanto a maior parte das populações quanto 98% da área das terras indígenas no Brasil – é complexo, fato confirmado pelo histórico de conflitos observados.

Considerando o indicador de população afetada, verifica-se que os projetos localizados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil apresentam maiores contingentes populacionais com potencial de sofrer interferências com a implantação dos empreendimentos, uma vez que estão previstos em áreas mais densamente ocupadas. Outro ponto a ser observado é a concentração de projetos em uma mesma bacia hidrográfica e os efeitos que podem decorrer disso.

Quando se analisa a interferência na infraestrutura, os projetos situados na região Amazônica apresentaram maiores interferências pois os municípios são menos estruturados, o que resulta em uma maior demanda por infraestrutura e serviços locais. A falta de estrutura local também costuma requerer preparos e estudos prévios para receber projetos de grande ou médio porte.

³ Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal envolvidos no licenciamento ambiental federal.

⁴ Algumas indefinições quanto aos procedimentos da consulta prévia, livre e informada, conforme previsto na Convenção nº 169 da OIT: 1) quem é responsável por conduzir a consulta; 2) quando tal processo deve ser iniciado e finalizado; 3) quais comunidades indígenas devem ser consultadas a cada momento; 4) quais as etapas de uma consulta; e 5) quais os desdobramentos do resultado da consulta. Entretanto, apesar dessas incertezas, devem ser empreendidos esforços para o diálogo com os povos indígenas, respeitando-se as suas especificidades culturais e políticas, uma vez que no Brasil determinou-se que a consulta se aplica aos povos indígenas e comunidades quilombolas afetados diretamente por medidas legislativas ou administrativas.

Diante de tais colocações, concluiu-se que a organização territorial é um tema relevante para todas as regiões em que se prevê expansão hidrelétrica.

O indicador de geração de empregos é mais expressivo na região Amazônica, que concentra os empreendimentos de grande porte e, conseqüentemente, o maior número de empregos gerados no pico das obras e os maiores incrementos de arrecadações para os municípios em que estão inseridos. Assim, no conjunto previsto na expansão, essas usinas são as que trazem os maiores benefícios econômicos locais. As 13 UHEs previstas para o decênio contribuirão com aproximadamente 27.000 empregos nos picos das obras e R\$ 56 milhões, em 2027, relativos à compensação financeira.

É importante destacar que a avaliação não considerou os benefícios de âmbito regional ou nacional, como a geração de energia, e a contribuição da geração hidrelétrica para o controle das emissões de GEE.

Portanto, a partir dos indicadores utilizados na avaliação socioambiental, os temas unidades de conservação, povos e terras indígenas e vegetação nativa se mostraram relevantes, particularmente para a região Amazônica (Norte e Centro-Oeste), sendo a vegetação nativa relevante para a região Sul também. Já os temas fauna e organização territorial foram considerados importantes para todas as regiões onde é prevista expansão hidrelétrica. A Tabela 2 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão hidrelétrica no decênio.

Tabela 2 – Indicadores socioambientais da expansão hidrelétrica

AMBIENTAIS	
Área alagada (km ²)	1.586 (0,02% do território nacional)
Área alagada por potência instalada (km ² /MW)	0,51
Perda de vegetação nativa (km ²)	960
Perda de vegetação nativa por MW (km ² /MW)	0,31
Transformação do ambiente lótico em lêntico (km)	1.350
Nº de UHEs com interferência em UC de proteção integral	nenhuma das 13 UHEs
Nº de UHEs com interferência em UC de uso sustentável	2 das 13 UHEs ⁵
SOCIOECONÔMICOS	
População diretamente afetada (hab.)	aproximadamente 8,5 mil
População diretamente afetada por MW (hab./MW)	2,8
Interferência na infraestrutura (população atraída/população dos municípios)	0,27
Nº de UHEs que interferem em quilombos	nenhuma das 13 UHEs
Nº de UHEs que interferem diretamente em TI	nenhuma das 13 UHEs
Nº de UHEs situadas até 40 km de TI na Amazônia Legal e 15 km nas demais regiões	3 de 13 UHEs
Empregos diretos gerados no pico das obras ⁽¹⁾	27 mil
Empregos diretos gerados no pico das obras por MW (empregos/MW)	8,7
Compensação financeira em 2027 (R\$ milhões) ^{(2) (3)}	56 3,5% da compensação financeira paga em 2017 por
Compensação financeira para os estados no decênio (R\$ milhões) ⁽²⁾	117
Compensação financeira para os municípios no decênio (R\$ milhões) ⁽²⁾	117
ISS gerado nas obras no decênio (R\$ milhões)	463

Notas: (1). Esse dado considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras para 13 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 2018 (R\$ 74,03) para todo o horizonte decenal. (3). Montante de arrecadação, no ano de 2027, da compensação financeira definida pela Lei nº 9.884/2000, considerando as parcelas destinadas aos estados, municípios e à União.

Como apresentado na análise dos indicadores apresentados acima, cinco temas socioambientais foram considerados relevantes no contexto do plano, a saber: Vegetação Nativa, Fauna, Unidades de Conservação, Povos e Terras Indígenas e Organização Territorial. Estes temas estão sintetizados na Tabela 3, conforme metodologia empregada na análise socioambiental integrada.

⁵ Na região Sul, dois projetos hidrelétricos interferem com uma APA – Área de Proteção Ambiental.

Tabela 3 - Síntese da análise socioambiental das usinas hidrelétricas do PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 UHEs	    	Não há projetos planejados	  	 	    

Legenda

 Unidades de Conservação
  Organização territorial
  Vegetação nativa
  Fauna

 Povos e terras indígenas

Nos últimos anos, o setor energético vem enfrentando desafios para desenvolver as UHEs planejadas. Entre os principais desafios destacam-se a localização de grande parte do potencial em áreas preservadas, maior participação da sociedade nas discussões socioambientais relacionadas sobretudo aos grandes empreendimentos, o que provocou alterações na dinâmica do processo de licenciamento ambiental e a necessidade cada vez maior de articulação entre diferentes órgãos governamentais para realização de projetos intersetoriais.

O fato do potencial hidrelétrico localizar-se predominantemente na região Amazônica, onde se tem também a maior extensão de áreas legalmente protegidas do país, UCs e TIs, aumenta a probabilidade de haver interferências das UHEs planejadas nestas áreas. A falta de regulamentação quanto aos dispositivos legais e normativos referentes aos povos e comunidades tradicionais, além da incerteza quanto aos encaminhamentos do processo de licenciamento ambiental de UHEs com interferência em unidades de conservação, influencia de forma expressiva a expansão planejada. Em muitos casos, a viabilização de UHEs implica em estudos adicionais, consultas diversas e processos complexos de licenciamento ambiental, dentre outras demandas.

Também é observado que a data de entrada em operação reflete os longos prazos verificados ultimamente no processo de licenciamento ambiental, independentemente da UHE interferir em área protegida. Entre outros fatores, as solicitações de complementações dos estudos cada vez mais frequentes, a qualidade dos estudos realizados, a demora dos órgãos intervenientes em manifestar-se, a demora na emissão do parecer técnico conclusivo do órgão licenciador e a tendência à judicialização do processo, evidenciada pelos diversos inquéritos e ações civis públicas movidos, contribuem para a morosidade do processo.

Diante desse quadro, o governo iniciou um processo de articulação entre ministérios, promovendo discussões e estudos estruturantes, com objetivo de definir estratégias que conciliem a conservação ambiental e a geração de energia. Como exemplo, podem ser citados os estudos de potencial hidrelétrico e conservação da biodiversidade na bacia hidrográfica Tapajós-Juruena, desenvolvido pelo MME e MMA; as discussões acerca da sobreposição de hidrelétricas e unidades de conservação em situações em que foram alterados os limites territoriais de UCs⁶; ou as discussões quanto à sobreposição de potencial hidrelétrico e propostas de criação de unidades de conservação.

⁶ Lei nº 12.678, de junho de 2012 - Dispõe sobre alterações nos limites dos Parques Nacionais da Amazônia, dos Campos Amazônicos e Mapinguari, das Florestas Nacionais de Itaituba I, Itaituba II e do Crepori e da Área de Proteção Ambiental do Tapajós; altera a Lei nº 12.249, de 11 de junho de 2010; e dá outras providências.

Atualmente, está em desenvolvimento proposta de Plano de Ação para a institucionalização de ferramenta voltada à realização de avaliação sistêmica para grandes empreendimentos hidrelétricos, sob coordenação da Casa Civil da Presidência da República, com a participação dos Ministérios de Minas e Energia; do Meio Ambiente; e do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão.

Também é importante destacar a mobilização do setor acerca das questões sociais e legais no âmbito do planejamento energético, tais como: a participação na proposta que institui a Lei Geral de Licenciamento Ambiental⁷; a regulamentação da atuação dos órgãos e entidades federais envolvidos no processo de licenciamento ambiental⁸; a instituição do cadastro socioeconômico da população atingida por empreendimentos de geração de energia elétrica⁹; e o esforço para a regulamentação dos mecanismos de consulta nos moldes da Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho – OIT¹⁰ e para a regulamentação do artigo 231 da Constituição Federal¹¹.

Outro projeto que merece destaque é a realização de estudos voltados para o desenvolvimento regional sustentável de áreas onde poderão ser implantadas usinas hidrelétricas estruturantes. Tais estudos contam com representantes de outros órgãos de governo, do setor elétrico, da academia, centros de pesquisa e sociedade civil e têm por objetivo definir as diretrizes básicas de um Plano de Desenvolvimento Regional Sustentável (PDRS) associado a empreendimentos estruturantes do setor elétrico, considerando as melhores práticas e modelos de governança. Como exemplo, pode ser citado o PDRS Xingu realizado no âmbito da UHE Belo Monte.

⁷ A proposta substitui o PL 3.729/2004 que dispõe sobre o licenciamento ambiental.

⁸ Portaria Interministerial nº 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 Ibama. As Instruções Normativas específicas de cada órgão ou entidade também foram publicadas.

⁹ Decreto nº 7.342, de 26 de outubro de 2010 - Institui o cadastro socioeconômico para identificação, qualificação e registro público da população atingida por empreendimentos de geração de energia hidrelétrica, cria o Comitê Interministerial de Cadastramento Socioeconômico, no âmbito do Ministério de Minas e Energia, e dá outras providências e Portaria Interministerial nº 340, de 1 de junho de 2012 – Estabelece competências e procedimentos para a execução do Cadastro Socioeconômico para fins de identificação, quantificação, qualificação e registro público da população atingida por empreendimentos de geração de energia hidrelétrica, nos termos previstos no Decreto nº 7.342, de 26 de outubro de 2010. Até o momento, foram analisados e aprovados os planos cadastrais dos aproveitamentos: AHE São Luiz do Tapajós, AHE Jatobá, AHE Tabajara, AHE Garabi e AHE Panambi.

¹⁰ No Brasil, o Decreto nº 5.051, de 19 de abril de 2004, promulgou a Convenção nº 169 da OIT sobre povos indígenas e tribais. O artigo 6º informa que os governos deverão consultar os povos interessados, mediante procedimentos apropriados, cada vez que sejam previstas medidas legislativas ou administrativas suscetíveis de afetá-los diretamente. Entretanto ainda há indefinições sobre o procedimento de consulta. Desde 2012, vem sendo realizadas atividades com o objetivo de estudar, avaliar e apresentar proposta de regulamentação dos mecanismos de consulta prévia da Convenção 169 da OIT.

¹¹ O artigo 231 da CF trata do reconhecimento dos direitos originários dos índios sobre as terras tradicionalmente ocupadas. A falta de regulamentação do §3º, sobre a exploração dos recursos hídricos em Terras Indígenas, deixa em aberto o procedimento de consulta e a forma de compensação às comunidades afetadas, exigindo atualmente a autorização do Congresso Nacional para a instalação de projetos nessas terras. Desde 2011 o MME vem discutindo a regulamentação deste artigo com a Presidência da República e outros entes do Governo Federal. Durante o ano de 2018 vem sendo realizadas reuniões, sob a coordenação da Casa Civil, de modo a atender o Acórdão 2723/2017 do TCU que determina que a Casa Civil, em articulação com o MME e o MMA adote ações efetivas com fins de levar ao Congresso Nacional proposta de regulamentação dos meios consultivos previstos no art. 231, § 3º, da CF.

As iniciativas supracitadas refletem o esforço do setor para aprimorar a gestão socioambiental dos projetos hidrelétricos previstos e buscar soluções para os desafios da expansão. Porém, vale lembrar que o setor é apenas um dos atores nas discussões que são complexas e envolvem interesses diversos. Por fim, ainda que haja muito a ser feito, é um avanço trazer essas discussões para a esfera do planejamento e reconhecer a importância da articulação intersetorial para compatibilizar a geração de energia com as políticas sociais e ambientais.

BOX 01 - Como são estimadas as datas de entrada em operação das usinas hidrelétricas?

As datas são estimadas por meio de uma avaliação processual, na qual são considerados prazos para a elaboração dos estudos ambientais e de engenharia, o licenciamento ambiental e a construção de cada usina hidrelétrica. Como resultado da avaliação, tem-se a indicação do ano possível para a entrada em operação das usinas e dos projetos que poderão compor a expansão da oferta de energia no horizonte decenal.

Para a avaliação são consideradas 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 e aos órgãos ambientais licenciadores.

Tendo como referência a data de junho de 2018, o resultado da avaliação indicou que, de acordo com a situação dos estudos, oito usinas hidrelétricas teriam a possibilidade de entrar em operação nos cinco últimos anos do horizonte decenal. Esses projetos vão compor a cesta de candidatos, colocada à disposição para o Modelo de Decisão de Investimento. Destaca-se que os cinco primeiros anos do horizonte são compostos por usinas hidrelétricas já contratadas.

Há usinas hidrelétricas que, apesar de atender as considerações do segundo parágrafo, não constam com previsão de operação no horizonte decenal vigente do Plano, destacam-se aquelas que interferem diretamente em unidades de conservação de proteção integral ou terras indígenas, projetos binacionais, projetos que tiveram a licença prévia indeferida ou o processo de licenciamento ambiental arquivado. Isso se deve ao fato de que, ao considerar prazos para a solução das tratativas que envolvem esses projetos, essas usinas hidrelétricas têm data estimada de operação superior ao horizonte decenal.

Pequenas Centrais Hidrelétricas

As Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs representam fonte renovável, de baixo custo de operação e longa vida útil, já bastante desenvolvida no Brasil. A fonte contribui ainda com a estratégia de redução de emissões de gases de efeito estufa, conforme a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).

Na maioria das vezes, as PCHs são construídas em pequenos e médios rios, geralmente próximas aos centros de carga, o que reduz custos e perdas no sistema, por não serem necessárias extensas linhas de transmissão. Ressalta-se, ainda, que essas usinas podem ser implantadas com conhecimento, tecnologia, equipamentos e materiais totalmente nacionais, promovendo o desenvolvimento econômico do país e a geração de empregos, ao longo de toda a cadeia produtiva.

De modo geral, as PCHs 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.

Atualmente, a capacidade instalada de PCHs no país é de 5.138 MW, distribuída em 429 usinas. Além disso, há outras 686 CGHs, que somam mais 674 MW de potência ao sistema (ANEEL, 2018). Esta capacidade está distribuída principalmente entre as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul.

Para todo horizonte decenal é prevista a expansão de 2.797 MW de potência. Na primeira metade do horizonte, é considerada a entrada de 747 MW de potência, distribuídos em 62 usinas já contratadas. Já na segunda metade (expansão indicativa), está planejada a entrada de mais 2.050 MW.

A Figura 3 indica a localização da expansão planejada. Pode-se observar que, para todo o horizonte decenal, sobressaem-se as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país. No Norte e no Nordeste, a expansão é pouco expressiva.

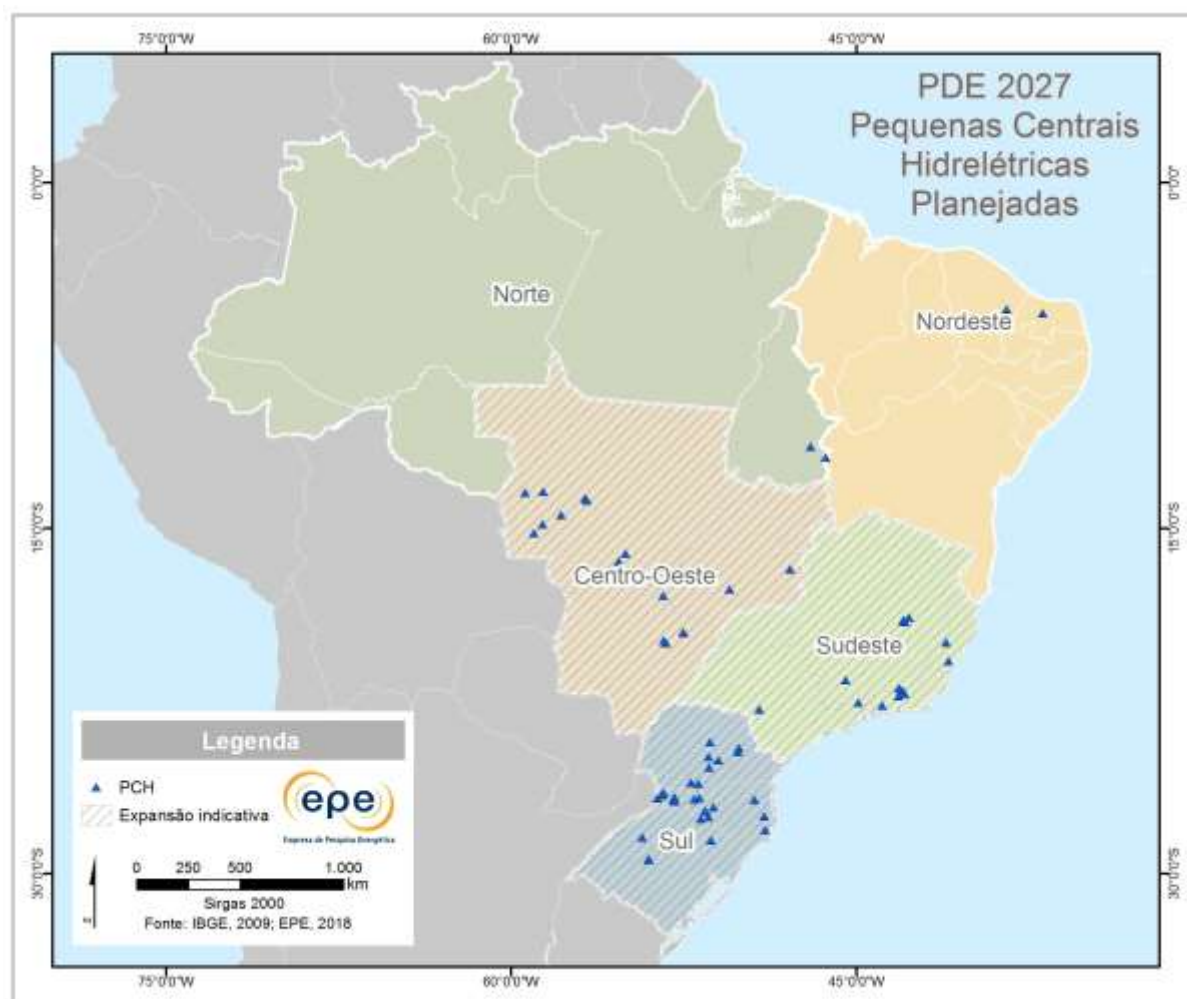


Figura 3 – Localização da expansão de PCHs planejada no PDE 2027

As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, de forma geral, possuem características físicas mais favoráveis à implantação de PCHs, além de representarem importantes centros de carga. Por este motivo, concentram a maior parte dos empreendimentos existentes e da expansão planejada.

No contexto da região Sul, ainda que as áreas alagadas sejam relativamente pequenas, a interferência em vegetação nativa é relevante, já que a maior parte dos projetos se situa sob domínio do bioma Mata Atlântica, que conta com restrições e proteção legal específicas.

As PCHs, em geral, são implantadas em rios de menor porte e regiões de cabeceira das bacias hidrográficas, áreas importantes para a biodiversidade aquática por serem estratégicas para a reprodução de peixes e por comumente apresentarem elevado grau de endemismo. Adicionalmente, a implantação de um conjunto de empreendimentos em uma mesma bacia pode gerar efeitos cumulativos e sinérgicos significativos, sobretudo nos ecossistemas aquáticos. Essa situação é particularmente importante para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, haja vista a expansão prevista e a grande quantidade de barragens já existentes.

A implantação dos projetos planejados trará interferências, mesmo que pequenas, também sobre o meio social. Nesse sentido, deve-se atentar para as populações mais sensíveis, sobretudo aquelas em

áreas rurais. Particularmente no estado de Mato Grosso, merecem atenção as populações indígenas, já que a proximidade com estas frequentemente resulta em conflitos e em maior complexidade no processo de licenciamento ambiental.

Com base nessa análise, foram indicados como temas socioambientais relevantes das PCHs os temas Fauna, Vegetação Nativa e Povos e Terras Indígenas. A Tabela 26 apresenta estes temas, por região geográfica, conforme modelo da matriz síntese da análise socioambiental integrada do PDE 2027.

Tabela 4 – Síntese da análise socioambiental das PCHs do PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 PCHs	 Interferências inexpressivas	 Interferências inexpressivas	 		 

Legenda
 Fauna
  Povos e terras indígenas
  Vegetação nativa

Vale ressaltar que a construção de PCHs representa importante oportunidade de emprego e renda para as populações das regiões onde estão inseridas, especialmente por priorizarem a contratação de mão de obra local, diminuindo a atração populacional e os impactos associados a este fenômeno. Outros benefícios econômicos e sociais associados à implantação e operação das PCHs estão relacionados ao aumento da demanda por bens e serviços e ao aumento da arrecadação tributária, contribuindo para o dinamismo econômico da região.

No presente plano são propostos dois indicadores socioambientais para representar, ainda que de modo simplificado, as alterações decorrentes da implantação das PCHs planejadas (Tabela 5).

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. A relação da área alagada por potência instalada referente à expansão prevista no próximo decênio é de 0,17 km²/MW. Para comparação, essa mesma relação para as PCHs hoje em operação é de 0,14 km²/MW e 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 56.000 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.

Tabela 5 – Indicadores socioambientais da expansão de PCHs

AMBIENTAIS	
Área alagada (km ²)	480
Área alagada por potência instalada (km ² /MW)	0,17
(PCHs existentes: 0,14 km ² /MW)	
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras ⁽¹⁾	56 mil

Notas: (1) 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.

Atualmente, a expansão da fonte está limitada principalmente pelos desafios de ordem econômica e socioambiental. Os desafios econômicos se mostram bastante relevantes devido às dificuldades para tornar as PCHs competitivas frente a outras fontes de energia, sobretudo a eólica, nos leilões organizados pelo governo. Neste contexto, vale ressaltar ainda que, diferentemente de outras fontes, o custo e o tempo necessários para a fase de planejamento dos projetos de PCH são elevados, já que o empreendedor realiza estudos prévios, como o inventário hidrelétrico.

Em termos socioambientais destaca-se o processo de licenciamento ambiental, que, na maior parte dos estados, segue os mesmos ritos processuais de empreendimentos hidrelétricos de maior porte, sendo exigidos complexos Estudos de Impacto Ambiental, com análises detalhadas das interferências socioambientais e das propostas de medidas de mitigação e compensação dos impactos. Há ainda, a necessidade de manifestação de outros órgãos, como Funai, Iphan e Fundação Cultural Palmares, e o fato de cada unidade da federação ter sua própria legislação ambiental. Assim, os procedimentos são heterogêneos e em alguns processos são exigidos estudos adicionais (por exemplo, Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica - EIBH). Tais exigências implicam em processos longos e complexos e custos extras, contribuindo para a redução da atratividade da fonte.

No caso de alguns estados, há ainda o estabelecimento de áreas não passíveis ao processo de licenciamento ambiental para as PCHs, como realizado pelo Rio Grande do Sul (Portaria nº 039/2017 da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – Fepam). 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 desenvolvimento de potenciais eventualmente viáveis técnico e socioambientalmente.

O diálogo com as comunidades tradicionais é outro desafio a ser enfrentado pela fonte. À medida que a expansão avance para áreas próximas a territórios indígenas e quilombolas, há tendência de surgirem conflitos com essas comunidades. Nesse contexto, é essencial melhorar a comunicação e antecipar questões que possam dificultar o processo de implantação da usina.

3.2. Termelétricas

As usinas termelétricas são largamente empregadas por apresentarem características técnicas que trazem ganhos de confiabilidade ao sistema elétrico e aumentam a segurança energética do país. Adicionalmente possibilitam a otimização dos recursos no sistema integrado compensando as

variabilidades e sazonalidades de outras fontes. Deste modo, apesar dos esforços para manter a matriz elétrica predominantemente baseada em fontes de baixa emissão de gases de efeito estufa, e mesmo considerando a inclusão de projetos de armazenamento, o planejamento setorial necessita da expansão de termelétricas de fontes não renováveis.

Essa tipologia de empreendimento apresenta a vantagem de possuir certa flexibilidade locacional, apesar de a disponibilidade e o transporte de combustível serem fatores relevantes para a locação das usinas. Isso permite implantá-las em áreas próximas aos centros de carga, reduzindo custos, perdas e impactos socioambientais inerentes a extensas linhas de transmissão. Além disso, necessitam de áreas relativamente pequenas em comparação 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.

Os benefícios econômicos e sociais associados à implantação e operação dos projetos termelétricos estão 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. 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.

Dentre os combustíveis fósseis, o gás natural tem aumentado a sua participação na matriz elétrica por ser, dentre os combustíveis fósseis, o combustível menos poluente. Isso se deve à baixa concentração de contaminantes o que resulta em menores emissões de poluentes atmosféricos. Além disso, com a eficiência dos processos atuais de geração de energia, o gás natural é o combustível fóssil de menor emissão de gases de efeito estufa (GEEs).

Por outro lado, a participação do diesel e carvão mineral na matriz elétrica vem decrescendo, e apesar de contribuir para a segurança energética, emitem maiores quantidades de poluentes atmosféricos e GEEs. O óleo diesel apresenta confiabilidade de suprimento devido a infraestrutura bem desenvolvida. Já o carvão mineral tem papel relevante não somente no suprimento de energia elétrica, mas também na economia da região sul, onde se localizam as reservas nacionais. O setor tem investido na busca de maior eficiência e na redução dos seus impactos ambientais com o desenvolvimento das chamadas tecnologia limpas do carvão (clean coal technologies).

Já a termonuclear não emite diretamente gases poluentes, nem GEEs, já que o calor necessário para a geração de energia elétrica não provém da queima de combustíveis fósseis, e sim da fissão nuclear. O país possui reservas nacionais de urânio que contribuem para a garantia de suprimento e segurança energética do país. Além disso, devido à alta densidade energética do combustível nuclear, são necessárias pequenas quantidades de combustível para a produção de energia, facilitando o armazenamento e logística (ELETRONUCLEAR, 2014). Com a possibilidade de reciclagem e evolução tecnologia, pode-se ainda aumentar o aproveitamento do elemento combustível.

De acordo com o Banco de Informações de Geração¹² (ANEEL, 2018) das usinas em operação no país a potência outorgada é de 14.089 MW para gás natural (166 usinas), 3.718 MW para carvão mineral (24 usinas) e 1.990 MW para nuclear (2 usinas).

Neste decênio está prevista a entrada de 24.690 MW de usinas térmicas a gás natural, diesel, nuclear e carvão (Figura 4). Na expansão contratada é prevista a entrada de 7.024 MW de potência, distribuída em 10 UTEs: seis a gás natural, duas a diesel, uma a carvão e uma nuclear. Além disso há uma ampliação de 401 MW de uma UTE a gás natural. Já na expansão indicativa, é prevista 17.265 MW de potência de usinas termelétricas¹³, destes 11.009 MW no subsistema Sudeste/Centro-Oeste, 2.469 no Nordeste e 3.787 MW no Sul.

As unidades a gás natural previstas para a primeira metade do decênio estão associadas à presença de gasodutos, ao longo da costa, e, no caso da usina a carvão mineral, a jazidas e reservas da região Sul. No caso da fonte nuclear a questão mais relevante quanto à sua localização é a proximidade com os centros de carga da região Sudeste, o mesmo vale para as usinas a diesel, neste caso no Nordeste. Já a expansão indicativa se localiza no subsistema elétrico Sudeste/Centro-Oeste e Sul, sistema de maior demanda (Figura 4).

¹² Consideradas as categorias de destino da energia: Serviço Público, Produção Independente e Autoprodução de Energia.

¹³ Para efeito de simulação foram considerados somente usinas a gás natural. Contudo, é possível a participação de outros combustíveis de acordo com a sua viabilidade.

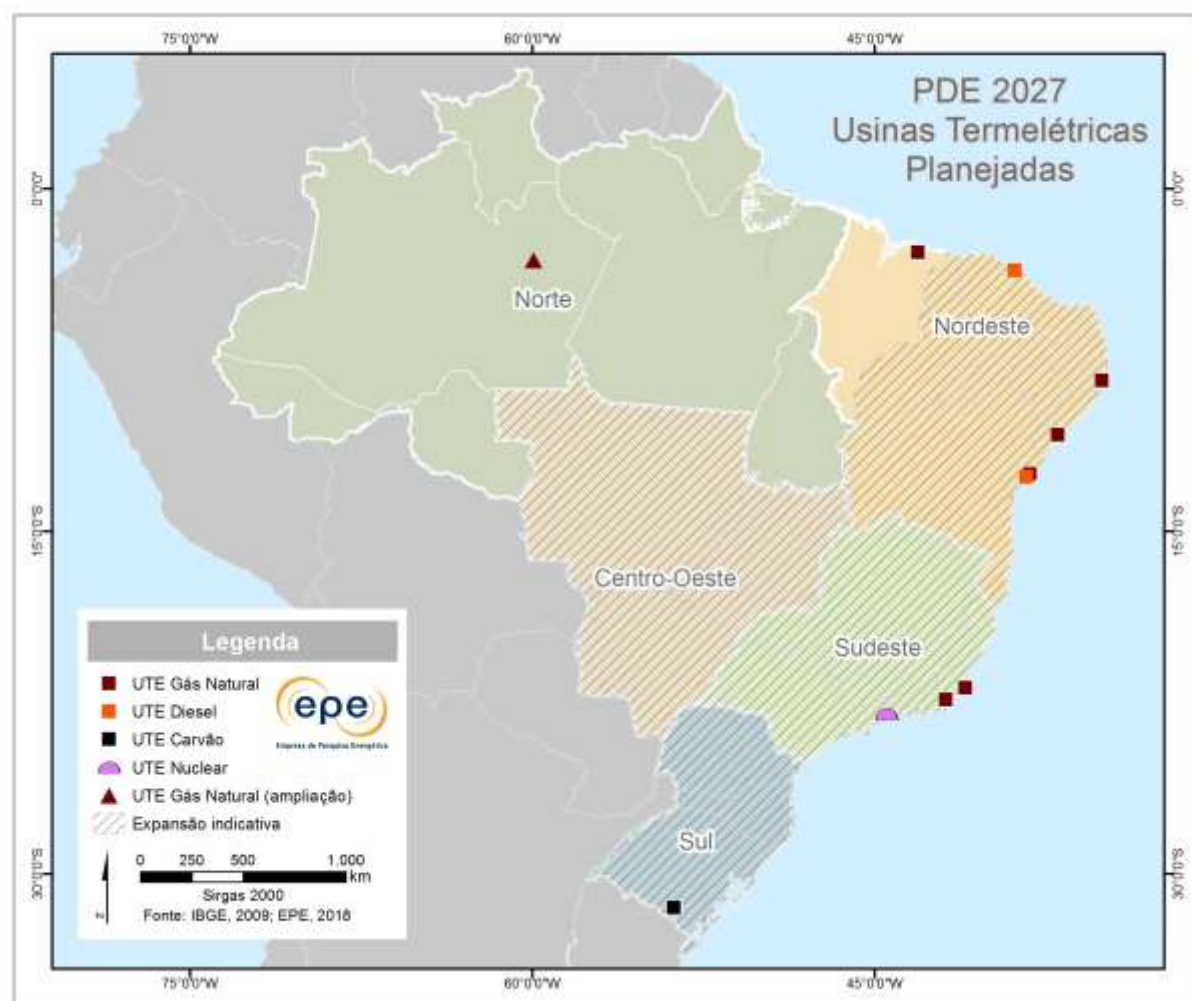


Figura 4 – Usinas termelétricas planejadas no PDE 2027

Dentre as principais interferências socioambientais das usinas termelétricas relacionadas a expansão planejada pode-se elencar o consumo de água, a emissão de poluentes atmosféricos e GEE e a geração de resíduos sólidos. Sobre o consumo de água, a expansão da termoeletricidade na região Nordeste merece atenção devido ao histórico de criticidade hídrica. Em locais onde o balanço hídrico é desfavorável, seja pela baixa disponibilidade de água, ou pela elevada demanda de outros usuários é importante que os projetos considerem medidas que minimizem o seu consumo, tais como: reuso, uso de fontes alternativas, além de outras tecnologias de resfriamento como resfriamento a ar ou sistemas híbridos ar-água.

Diante da expansão planejada, para os combustíveis fósseis, destaca-se a emissão de poluentes atmosféricos no Sul e no Sudeste.

O gás natural é o combustível fóssil de menor emissão de gases poluentes, exceto óxidos de nitrogênio (NO_x), e GEEs em função da baixa presença de contaminantes e maior eficiência da conversão energética. Já o diesel e o carvão mineral emitem principalmente material particulado (MP), óxidos de enxofre (SO_x) e de nitrogênio (NO_x), além dos GEEs.

A emissão de poluentes atmosféricos é especialmente crítica quando realizada em local que já apresenta a qualidade do ar impactada pela contribuição de outras fontes fixas e móveis existentes. Considera-se que, sob este aspecto, as regiões Sul e Sudeste são as mais sensíveis à expansão termelétrica por serem regiões mais desenvolvidas, com grandes centros urbanos, e que já apresentam qualidade do ar comprometida.

Com relação a termonuclear, os aspectos socioambientais mais relevantes são a disposição de resíduos radioativos na região Sudeste, onde se localiza a usina planejada. Em relação aos combustíveis nucleares irradiados de Angra 3 (alta atividade), estes serão armazenados inicialmente em piscina próxima ao reator. Em seguida o combustível irradiado segue para armazenamento complementar, e, por fim para destinação final (armazenagem ou reprocessamento) (ELETRONUCLEAR, 2014). Contudo, a alternativa de destinação final no Brasil será definida posteriormente. 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.

Diante do exposto, observa-se que os principais temas socioambientais que permeiam a expansão termelétrica no horizonte decenal são: qualidade do ar, resíduos e recursos hídricos (Tabela 6).

Tabela 6 – Síntese da análise socioambiental das termelétricas do PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 UTEs fósseis	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>	 <i>Interferências inexpressivas</i>
 UTE nuclear	<i>Não há projetos planejados</i>	<i>Não há projetos planejados</i>	<i>Não há projetos planejados</i>	 <i>Não há projetos planejados</i>	<i>Não há projetos planejados</i>

Legenda



Qualidade do ar



Recursos hídricos



Resíduos

Adicionalmente, são importantes no contexto do plano as emissões de GEEs, que estão relacionadas ao fenômeno das mudanças climáticas. A emissão de GEE (média anual) para as usinas planejadas durante o decênio encontra-se na Tabela 7.

Existem ainda benefícios na área socioeconômica, com os potenciais postos de trabalho gerados e à arrecadação de tributos destinados ao estado e município em que estão inseridos. Quanto aos postos de trabalho gerados no decênio, estima-se que a somatória dos empregos diretos gerados na implementação dos empreendimentos seja de cerca de 45 mil, considerando o pico de trabalhadores de cada projeto, e 3 mil durante a operação. Ressalta-se que deve ser considerada nos programas de mitigação, a sobrecarga na infraestrutura e serviços gerada pela massa de trabalhadores e pessoas atraídas para a região em busca de oportunidades, mesmo que não vinculadas às obras.

A Tabela 7 apresenta os principais indicadores socioambientais da expansão termelétrica.

Tabela 7 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica

AMBIENTAIS	
Emissões de GEE no SIN (acumulada no período, 2018-2027)	334 MtCO ₂
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras ⁽¹⁾	45 mil
Empregos diretos gerados durante a operação	3 mil

Nota: (1) Somatório das previsões informadas nos estudos ambientais, para os empreendimentos contratados, e de estimativas com base na potência a ser instalada, para a geração indicativa.

Considerando a expansão planejada e os impactos socioambientais associados mais relevantes pode-se elencar os principais desafios e iniciativas em curso para favorecer o desenvolvimento sustentável dessa fonte.

O principal desafio para as termelétricas que empregam combustíveis fósseis é a redução das emissões de GEE para minimizar as consequências das mudanças climáticas. Para tal, observa-se o aumento dos investimentos no desenvolvimento de tecnologias para captura, uso e armazenamento de carbono. Ressalta-se que dentre os combustíveis fósseis, o gás natural é o que apresenta maior participação na expansão decenal e é o menos emissor de GEE.

Para as fontes fósseis existe também a preocupação com a emissão de poluentes atmosféricos, especialmente no caso do carvão mineral. Essa preocupação é ainda mais relevante para a expansão indicativa em áreas onde já existam outras fontes significantes de poluição. Sendo assim, quando pertinente, os órgãos ambientais podem exigir limites de emissão mais restritivos no âmbito do licenciamento ambiental, como por exemplo a Diretriz técnica nº 01/2018 da Fepam no RS (Fepam, 2018). Ainda pode ser necessário avaliar a capacidade de suporte da bacia aérea em questão em função da dispersão atmosférica dos poluentes¹⁴. Destaca-se que apesar de já estarem disponíveis tecnologias para abatimento de emissões de poluentes, para assegurar a qualidade do ar local, é importante o controle e gerenciamento das demais fontes fixas e móveis existentes e futuras na região.

Com o objetivo de minimizar os impactos na qualidade do ar é fundamental o controle das emissões com a instalação de equipamentos de abatimento e monitoramento adequado de forma a atender as exigências legais. Ressalta-se que o setor de carvão mineral vem implementando tecnologias de redução da emissão de poluentes atmosféricos e de reaproveitamento dos resíduos gerados, conhecidas como as tecnologias limpas de carvão (*clean coal technologies*).

No caso do carvão mineral, está em discussão o plano de modernização do parque existente, pela substituição de termelétricas antigas por novas, com tecnologia mais eficiente e com menor emissão de poluentes atmosférico e GEE. Destaca-se também a implantação de planta piloto de captura de carbono no Centro Tecnológico de Carvão Limpo (CTCL) em Santa Catarina (ABCM, 2018).

¹⁴ Por exemplo, para subsidiar o planejamento setorial e avaliar a viabilidade técnica e locacional para implantação de novas usinas termelétricas a carvão, foram exigidos pelo Ibama estudos mais abrangentes de dispersão atmosférica para a região de Candiota/RS, onde haviam projetos termelétricos em processo de licenciamento. Para tal, foi utilizada como ferramenta a modelagem matemática de dispersão de poluentes atmosféricos.

Ainda sobre os desafios para o carvão mineral, cabe destacar que o Brasil recentemente ratificou a Convenção de Minamata, que tem como objetivo proteger a saúde humana e o meio ambiente com a adoção de medidas para reduzir e controlar o uso de mercúrio e seus compostos. As usinas termelétricas a carvão podem ser fontes de emissão de mercúrio e, por este motivo, o Brasil deverá adotar medidas para controle e redução dessas emissões (artigo 8 – Emissões, anexo D da Convenção de Minamata). Para tratar dessa questão foi criado grupo de trabalho permanente para acompanhar e implementar a convenção no país (Brasil, 2017 e MMA, 2018).

A redução da demanda de água para resfriamento com emprego de tecnologias de baixo consumo economicamente competitivas também é um desafio, especialmente para implantação de projetos em regiões que apresentem criticidade hídrica.

Por fim, para as termonucleares, que não emitem diretamente gases poluentes, nem GEEs, os principais desafios envolvem a disposição final de resíduos radioativos e a percepção de risco de acidente pela sociedade. 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), e sobre os rejeitos de alta atividade, combustíveis irradiados, a política brasileira é de postergar a decisão sobre o reprocessamento, mantendo-os em estoque (CNEN, 2018). Com relação a percepção de risco de usinas, para aumento da aceitação pública desta fonte, deve-se investir em estratégias de comunicação para esclarecer a sociedade sobre seus benefícios socioambientais e riscos, além de informar como os rígidos padrões de segurança internacionais exigidos minimizam a possibilidade de ocorrência de acidentes.

3.3. Termelétricas a biomassa

O uso da biomassa para geração de energia apresenta vantagens para o sistema elétrico, tanto em termos socioambientais quanto em termos técnico-operacionais. Dentre elas, destaca-se o fato de ser uma energia renovável e que contribui para a mitigação das mudanças climáticas.

Outro benefício da utilização da biomassa é o fato da maior parte dos combustíveis ter origem residual, como o bagaço de cana, os resíduos da indústria de papel e celulose, resíduos de madeira, resíduos agrícolas como a casca de arroz, entre outros. Assim, ao mesmo tempo que se garante um maior aproveitamento dos recursos disponíveis, evita-se a disposição inadequada desses materiais.

Além disso, é possível implantar os projetos relativamente próximos aos centros de carga, o que reduz a necessidade de construção de extensas linhas de transmissão (LT), evitando perdas e também os impactos socioambientais dessas LTs.

Atualmente existem 556 plantas de biomassa em operação com potência instalada de aproximadamente 14.763 MW¹⁵. A maior parte da bioeletricidade gerada no Brasil atualmente provém da queima do bagaço de cana nas usinas de açúcar e etanol, com cerca de 78% da potência

¹⁵ Consideradas as categorias de destino da energia: Serviço Público, Produção Independente e Autoprodução de Energia.

total instalada. Compõem o restante da capacidade instalada termelétricas a lenha, resíduos florestais, licor negro, e outros (ANEEL, 2018).

O PDE 2027 prevê a entrada de 541 MW de projetos contratados a partir de termelétricas a biomassa, dos quais: 61% de queima do bagaço e palha da cana, 32% de cavaco de madeira, 4% de biogás, 2% de biogás da vinhaça e 1% de casca de arroz. Para a expansão indicativa estima-se a instalação de 2.600 MW, destes 150 MW são de biogás. Dessa forma, estão previstos 3.141 MW de termelétricas a biomassa no decênio. Os projetos de biomassa estão localizados predominantemente no Sudeste e Centro-Oeste, porém contempla em menor proporção projetos também no Nordeste e no Sul, conforme apresentado na Figura 5.

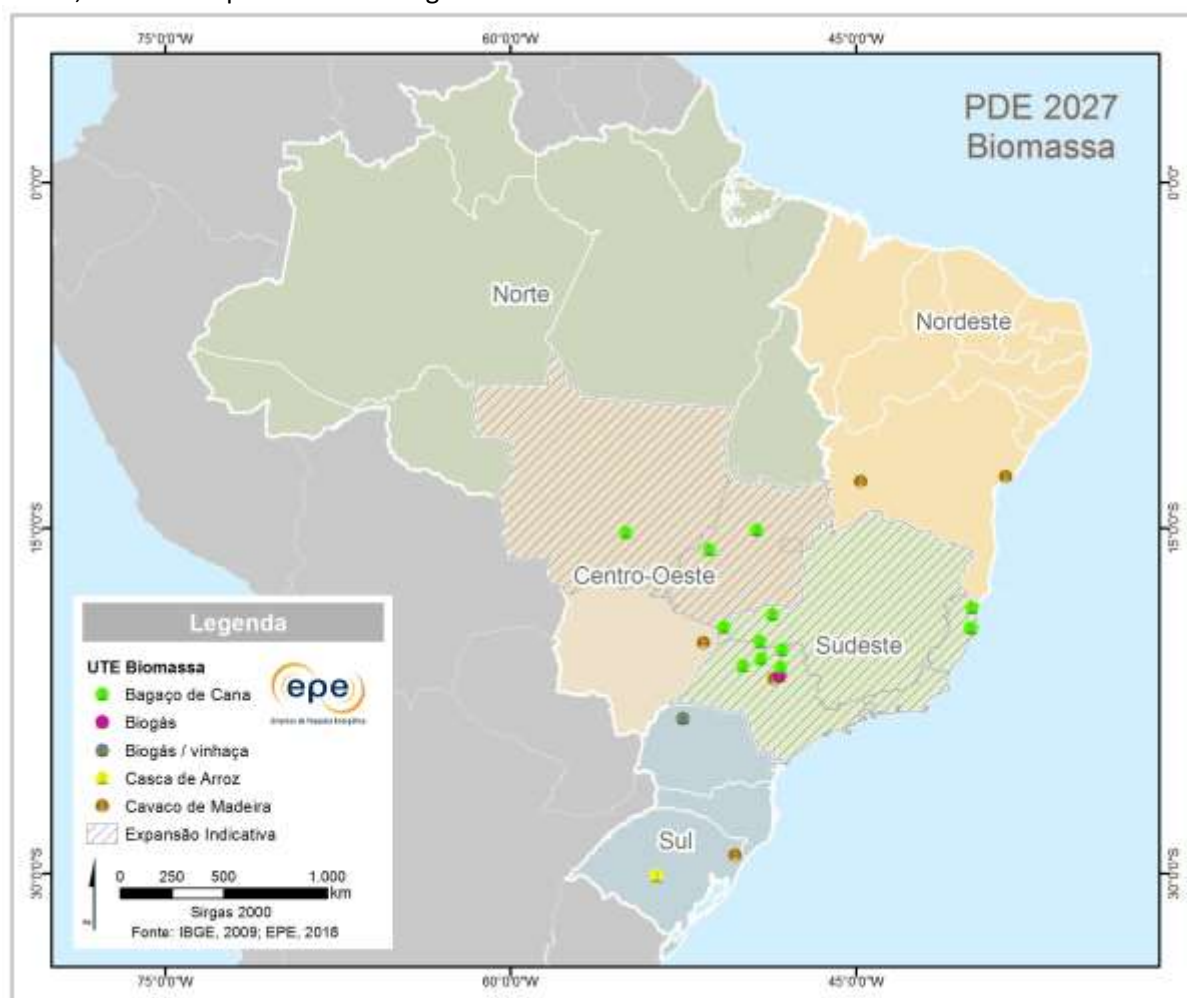


Figura 5 – Localização da expansão termelétrica a biomassa planejada no PDE 2027

Quando se avaliam as interferências socioambientais das termelétricas à biomassa, deve-se atentar para o fato de o combustível, em muitos casos, ter origem residual, caso do bagaço da cana. Isso significa que boa parte dos impactos não são oriundos da atividade de geração de energia elétrica em si, mas sim de outros processos da atividade aos quais estão vinculados. Além disso, de forma geral, os impactos são de fácil mitigação.

Abaixo, a Tabela 26 apresenta a síntese da análise socioambiental das termelétricas a biomassa PDE 2027. Como pode ser observado, as interferências dessa fonte foram consideradas inexpressivas no contexto das regiões onde está inserida.

Tabela 8 – Síntese da análise socioambiental das termelétricas a biomassa do PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 UTEs a biomassa	Não há projetos planejados	 Interferências inexpressivas	 Interferências inexpressivas	 Interferências inexpressivas	 Interferências inexpressivas

Vale destacar que, apesar das interferências socioambientais serem consideradas inexpressivas no contexto regional, não significa que estas não existirão e que não merecem atenção no nível local.

Especificamente quanto às florestas energéticas, deve-se atentar às interferências socioambientais associadas aos plantios dedicados à geração de energia. A expansão de extensas áreas de monocultura para fins de geração elétrica pode potencializar conflitos de uso do solo e causar impactos na biodiversidade e na paisagem, dentre outros. No entanto, é importante ressaltar que uma boa avaliação de alternativas locais e manejo adequado minimizam tais impactos.

Já sobre as interferências associadas às usinas termelétricas a biomassa, pode-se destacar a emissão de poluentes atmosféricos e o consumo de água e a geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos.

Em relação à emissão de poluentes atmosféricos, principalmente o material particulado, este impacto é facilmente mitigado com o uso de equipamentos de controle, de forma a atender a legislação ambiental. As usinas a biomassa normalmente se encontram em áreas rurais onde não há problemas significativos com a qualidade do ar. Quanto ao consumo de água das UTEs a biomassa, ao se avaliar a expansão prevista e a existência de técnicas de resfriamento eficientes, não se espera que isso restrinja a expansão da fonte.

Do ponto de vista socioeconômico deve-se observar a geração de emprego e renda com crescimento da economia local, especialmente quando instalados em regiões pouco desenvolvidas. Sendo assim, com a expansão prevista no decênio, no caso das florestas energéticas, estima-se a geração de aproximadamente 2 mil empregos diretos no pico das obras de implantação das usinas a cavaco de madeira, além dos empregos nas atividades florestais. Já as usinas de cogeração do setor sucroalcooleiro não agregam quantidade expressiva de empregos diretos, já que trata-se de atividade anexa à produção de açúcar e etanol. A Tabela 9 apresenta os principais indicadores socioambientais da expansão de termelétricas a biomassa.

Tabela 9 – Indicadores socioambientais da expansão termelétrica a biomassa

SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras	2 mil
Empregos diretos gerados durante a operação	250

Nota: Considera apenas usinas termelétricas a cavaco de madeira. Estimado considerando que uma usina a cavaco de madeira de 50 MW gera cerca de 300 empregos diretos no pico das obras e cerca de 30 na fase de operação (YKS Serviços, 2015).

Fonte: EPE

Nas termelétricas que usam os subprodutos do setor sucroalcooleiro, pode-se dizer que os desafios se concentram no maior aproveitamento dos resíduos, palha e ponta, o que envolve aperfeiçoamento de aspectos logísticos e tecnológicos. Além disso, há a necessidade de se aumentar a eficiência dos equipamentos na planta de geração. Quanto mais eficientes as caldeiras e demais equipamentos na planta de cogeração, menores as emissões de poluentes, o consumo hídrico, a produção de efluentes, entre outros. Desde 2008, o BNDES vem aumentando significativamente o financiamento para aquisição de colheitadeiras e a troca de caldeiras antigas por caldeiras de alta pressão, aumentando assim a disponibilidade de biomassa para geração de energia e a eficiência de todo o processo de cogeração.

O desperdício da biomassa residual é uma questão chave para a fonte. No geral, o aproveitamento dos resíduos agrícolas e florestais é pequeno e pouco eficiente. Parte do problema se dá em função dos resíduos estarem geralmente dispersos no campo. O aproveitamento energético dos resíduos é especialmente positivo ao considerarmos não só a geração, mas também uma solução rentável para a problemática da disposição inadequada dos resíduos e os impactos decorrentes disso. Diante disso, é importante investir em pesquisa e desenvolvimento de soluções logísticas e tecnológicas para facilitar o recolhimento dessa biomassa.

Nesta linha, pode-se citar a produção de biogás como alternativa para o tratamento de resíduos agrícolas, bem como sólidos urbanos. No setor sucroalcooleiro, ressalta-se o potencial de aproveitamento energético da vinhaça por meio da biodigestão anaeróbica, que resulta na produção de biogás.

No âmbito do aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010) impõe prazos para a adequação do sistema de disposição de resíduos sólidos dos municípios, recomendando a implantação de aterros sanitários, e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (MMA, 2012), que está sendo revisto, possui diretriz para indução do aproveitamento energético do biogás de aterros e de biodigestores.

Segundo Quadros *et al.* (2016), a PNRS forneceu a base legal necessária para a estruturação do setor e impôs demandas para a gestão do resíduo fortalecendo o aproveitamento do biogás. Por outro lado, complementa que o país ainda carece de políticas capazes de incentivar esse tipo de projeto.

3.4. Eólicas

A energia eólica é uma fonte limpa e inesgotável, que não emite gases poluentes e de efeito estufa. Além disso, proporciona maior dinamismo na economia local e é compatível com outros usos do solo, como a agricultura e a pecuária. Destaca-se ainda a possibilidade de complementação diária com a fonte solar, aproveitada a partir da implantação de parques híbridos eólico-solar. O Brasil possui grande potencial de aproveitamento dessa fonte de energia para geração elétrica, principalmente nos litorais das regiões Nordeste e Sul, nas elevações do Nordeste e do Sudeste, além do norte de Roraima.

A energia eólica corresponde à fonte de maior crescimento no Brasil, que pode alcançar o patamar de segunda fonte de energia elétrica nos próximos anos. Esse crescimento contínuo é reflexo da

participação em 20 leilões de energia entre os anos de 2009 e 2018. Atualmente, a capacidade instalada no país totaliza 13.158 MW. São 536 parques eólicos, todos em terra (*onshore*), distribuídos em 95 municípios, principalmente, no Nordeste e no Sul do país (ANEEL, 2018).

A expansão eólica no PDE 2027 prevê a inserção de 14.006 MW de potência. Desse total, 4.006 MW já estão contratados e representam 164 novos parques eólicos, que entrarão em operação até o ano de 2023. Quase a totalidade dessa potência está concentrada na região Nordeste. Para os anos subsequentes do ciclo decenal (expansão indicativa), está prevista a instalação de 10.000 MW, nos subsistemas nordeste e sul. A Figura 6 apresenta a localização dos parques eólicos contratados no horizonte decenal, assim como a expansão indicativa.

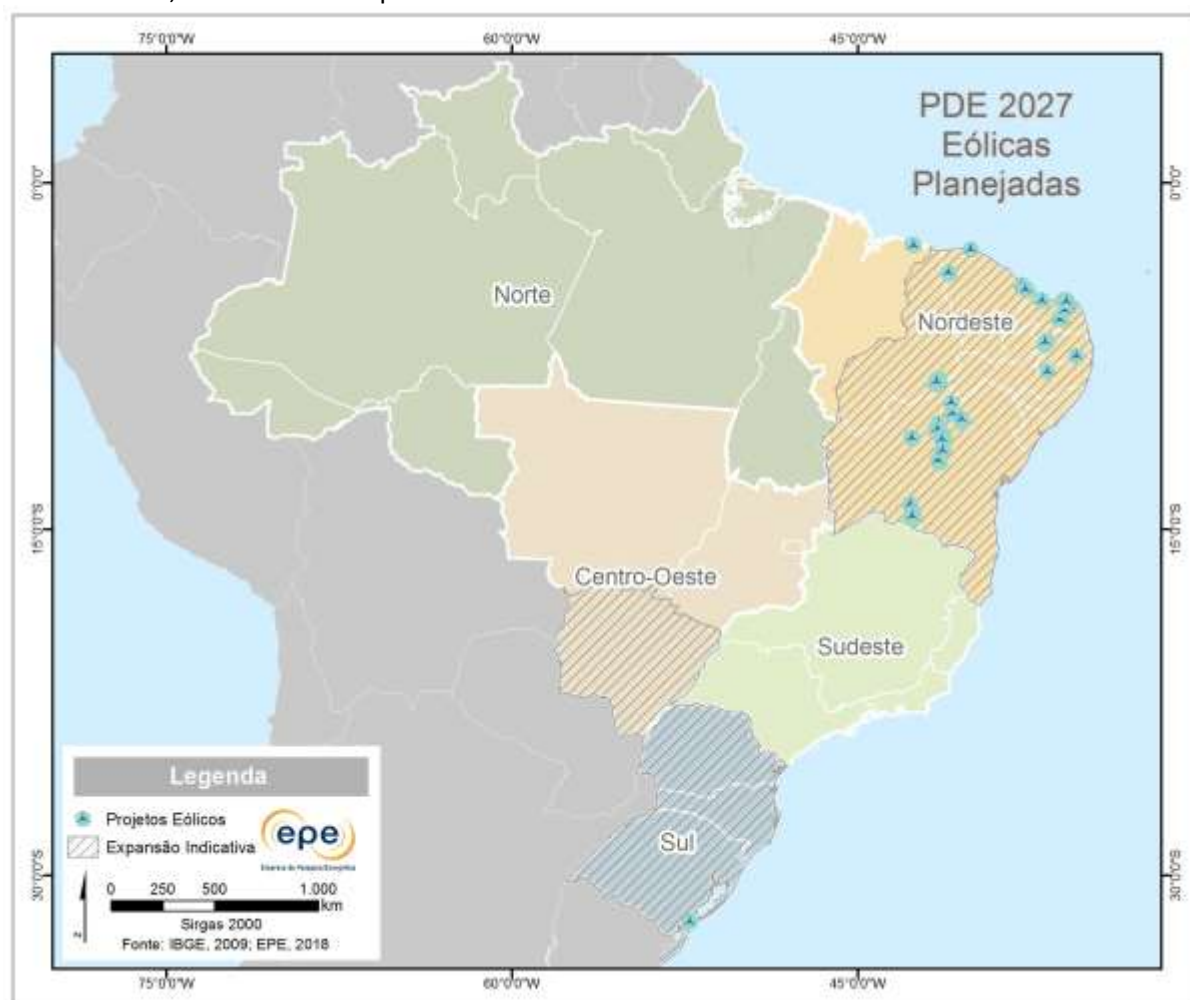


Figura 6 – Localização da expansão eólica planejada no PDE 2027

A expansão no Nordeste ocorre no litoral sobre a vegetação de restinga da Mata Atlântica, ambientes vulneráveis devido à grande pressão que já sofrem. No interior, a expansão se dá na Caatinga, bioma dotado de ecossistemas sensíveis e peculiares que são frequentemente negligenciados. O quadro ainda merece atenção ao se considerar os possíveis efeitos cumulativos entre empreendimentos e destes com linhas de transmissão associadas, que possam resultar em fragmentação florestal e, conseqüentemente, impacto sobre a paisagem ecológica, com efeitos

regionais. A questão é agravada pela necessidade de abertura de acessos para implantação de novos projetos.

Sob a perspectiva da fauna, a morte de aves e morcegos por colisão com as pás dos aerogeradores (ou barotrauma, que ocorre com os morcegos) é um impacto conhecido e que deve ser foco de planejamento e gestão dos empreendimentos nas regiões Sul e Nordeste. A localização do potencial eólico muitas vezes coincide com ambientes sensíveis para a biota, como restingas no litoral e topos de morro nas regiões serranas. Além disso, a tendência de aumento da altura das torres e diâmetro dos rotores (Tolmasquim, 2016) deve implicar o aumento do risco de colisão, ao menos para o caso das aves (ICMBio, 2016).

Deve-se atentar também para os impactos na paisagem em locais de beleza cênica. O impacto visual foi considerado relevante no Nordeste, devido às interferências nas paisagens litorâneas e no Sul, dadas as interferências na região serrana. O impacto obtém dimensão adicional se esses locais possuírem vocação para atividades de turismo e lazer.

A poluição sonora continua apontada como um dos impactos locais dessa tipologia de empreendimento (Brannstrom *et al.*, 2017), mesmo considerando a evolução observada na tecnologia e *design* dos motores (Sacramento *et al.*, 2013). O atendimento à Resolução Conama 462/2014 tende a evitar ou minimizar esse impacto, já que este documento estabelece detalhamento dos índices de ruídos para empreendimentos localizados a menos de 400 m de distância de residências.

Os principais indicadores socioambientais da geração eólica selecionados foram: área ocupada pelos equipamentos dos parques eólicos, sobreposição com áreas legalmente protegidas e número de empregos diretos gerados (Tabela 10). Considerando o índice de 0,18 km²/MW estabelecido por Conde (2013), a área ocupada pelos parques eólicos está estimada em 2.521 km². Dos 164 parques eólicos previstos nos seis primeiros anos do horizonte decenal, 25 irão interferir em cinco Unidades de Conservação (UC) de uso sustentável, todas Áreas de Proteção Ambiental (APAs). Não há previsão de interferência direta em Terras Indígenas. Em termos de empregos, foi considerado o índice de 7,51 empregos gerados na implantação dos parques por MW de potência instalada (Simas, 2012). Estima-se, com isso, que serão gerados mais de 105 mil empregos diretos no horizonte decenal.

Tabela 10 - Indicadores socioambientais da expansão eólica

AMBIENTAIS	
Área total dos parques eólicos por potência instalada (km ² / MW)	0,18 km ² / MW
Área total dos parques eólicos (km ²)	2.521
Nº de parques eólicos com interferência em UC de uso sustentável	25 de 164 parques eólicos
SOCIOECONÔMICOS	
Nº de parques eólicos com interferência direta em TI	Nenhum dos 164 parques eólicos
Empregos diretos (empregos/MW)	7,51
Empregos diretos gerados na construção	105 mil

Como subsídio à Análise Integrada, foram selecionados os temas socioambientais mais relevantes para a fonte eólica (ver Capítulo X do PDE 2027). Nesse sentido, foi destacado o tema Fauna nas regiões Nordeste e Sul, devido às mortes de aves e morcegos por colisão com as pás ou por barotrauma. O tema Paisagem também é foco para ambas regiões, pela probabilidade de instalação de empreendimentos em locais de beleza cênica e uso turístico. E o tema Vegetação Nativa merece destaque para a região Nordeste, devido a interferências em ambientes sensíveis e à cumulatividade entre os parques e as linhas de transmissão associadas, cuja supressão de vegetação individual é pequena, mas com efeitos emergentes sobre a paisagem ecológica. A Tabela 11 apresenta a síntese da análise socioambiental do PDE 2027 para a fonte eólica.

Tabela 11 – Síntese da análise socioambiental das eólicas do PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 Eólicas	Não há projetos planejados	  	 	Não há projetos planejados	Não há projetos planejados

Legenda

 Fauna

 Paisagem

 Vegetação nativa

Quanto aos desafios socioambientais associados à fonte, destaca-se a necessidade de aprofundar o conhecimento relacionado a populações de aves e morcegos que habitam a região dos empreendimentos para melhor compreender os impactos dos projetos na fauna. A falta de informações básicas, especialmente para os morcegos, dificulta o estabelecimento de medidas efetivas. Dessa forma, um banco de dados e o desenvolvimento de tecnologia são fundamentais para atingir situação ótima de geração combinada à minimização expressiva de impactos.

Para agregar maior conhecimento sobre esses impactos, o monitoramento periódico de carcaças de aves e morcegos próximas aos aerogeradores é uma ação essencial para orientar as medidas mitigadoras mais adequadas. Nesta linha, Falavigna *et al.* (2017) desenvolveu um índice de risco de colisão de aves para empreendimentos no Sul do Brasil. Na Espanha, Lucas *et al.* (2012) testaram um programa de paradas seletivas das turbinas que reduziu 50% das mortes com redução de apenas 0,07% da geração. No que concerne aos morcegos, Peste *et al.* (2015) mencionaram medidas como o uso de ultrassom para afastá-los, o aumento da velocidade mínima para desligamento da turbina e a

alteração do ângulo das pás. Além disso, dado que a maior parte dos efeitos são identificados já na operação, ressaltaram a importância do manejo adaptativo, buscando aprimorar continuamente as práticas conforme os efeitos sejam melhor compreendidos.

Outro desafio relacionado aos projetos eólicos são os efeitos cumulativos e sinérgicos de empreendimentos entre si e destes com as linhas de transmissão associadas. Ainda que no Brasil exista uma referência que destaca a cumulatividade (Resolução Conama 462/2014), a questão é um desafio para a gestão socioambiental ao se levar em conta o potencial para expansão desta fonte e a concentração de parques em determinados locais considerados sensíveis sob o ponto de vista dos meios físico, biótico e socioeconômico.

Por fim, cabem citar os conflitos dos empreendimentos com a população, que podem abarcar questões fundiárias, disputas por recursos naturais, dentre outros. Os conflitos, no geral, tornam a gestão socioambiental dos projetos mais complexa e trazem o desafio de aprimorar o processo de comunicação com a população e minimizar a interferência com as comunidades.

A regularização fundiária, a gestão dos recursos financeiros de forma a garantir benefícios sociais, a necessidade de zoneamento ecológico-econômico e a maior robustez na produção de conhecimento e na avaliação de impactos são algumas soluções apontadas por Brannstrom *et al.* (2017) para os desafios socioambientais encontrados em parques eólicos no Ceará. A preocupação com a gestão dos recursos financeiros está aderente ao trabalho de Sano (2016), que levantou a necessidade de articulação entre sociedade, empresas e Estado, em direção a uma governança integrada dos recursos financeiros advindos da chegada de empreendimentos eólicos em municípios com pequena receita tributária, para garantir efetividade na aplicação destes recursos com resultados para a comunidade.

Vale citar que vem crescendo o envolvimento do setor energético em discussões que buscam conciliar atividades econômicas, como a geração eólica, com a conservação da biodiversidade. Assim, destaca-se a participação do setor na revisão de instrumentos de políticas públicas do Ministério do Meio Ambiente (MMA), como as “Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira” - APCBs costeiras e marinhas.

3.5. Solar

Sistemas solares fotovoltaicos apresentam como vantagem frente outras fontes a flexibilidade construtiva, pois é uma tecnologia modular. Os módulos fotovoltaicos podem ser utilizados para a implementação de grandes usinas, o que permite economia de escala, assim como também podem ser usados em quantidades muito pequenas, via geração distribuída de energia, podendo ser instalados em telhados nas grandes cidades ou em áreas rurais de difícil conexão à rede de transmissão (IEA, 2017).

Além disso, a fonte solar fotovoltaica apresenta como um dos seus principais benefícios a não emissão de poluentes e gases de efeito estufa durante sua operação. As oportunidades de crescimento da energia fotovoltaica também ocorrerão com o processo de hibridização entre fontes distintas, como, por exemplo, usinas fotovoltaicas instaladas em parques eólicos, associadas à

geração térmica ou mesmo em reservatório de UHEs¹⁶, compartilhando principalmente logística e infraestrutura.

A participação da energia solar na matriz elétrica mundial continua na sua trajetória de expansão. Globalmente, nos próximos cinco anos, a energia solar fotovoltaica deverá liderar o crescimento da capacidade de eletricidade renovável, expandindo-se em quase 440 GW (IEA, 2017).

No Brasil, atualmente, há 45 empreendimentos solares fotovoltaicos em operação dentro do sistema de geração centralizada. Os empreendimentos totalizam 1.285 MW de energia elétrica e estão localizados nos seguintes estados: Bahia (38%), Minas Gerais (24%), Piauí (20%), Rio Grande do Norte (9%) e São Paulo (9%), tendo a região nordeste 67% dos empreendimentos em operação¹⁷ (Aneel, 2018).

Está prevista no horizonte decenal a expansão de 7.460 MW de energia solar fotovoltaica. Desse total, 2.460 MW (88 empreendimentos) representam a expansão contratada para os cinco primeiros anos do horizonte. Na Figura 7, verifica-se que 74% da potência contratada (1.820 MW) está localizada na região Nordeste e 26% (640 MW) na região Sudeste. Já para o período indicativo do plano, nos últimos cinco anos, estão previstos 5.000 MW (80% no Nordeste e 20% no Sudeste e Centro-Oeste). Observa-se que, em geral, a concentração das usinas fotovoltaicas ocorre nas áreas de maior incidência de Irradiação Global Horizontal (IGH¹⁸).

¹⁶ Um exemplo de planta fotovoltaica flutuante é o projeto de P&D+I da CHESF/UFAM, construída sobre o lago da UHE Sobradinho e com potência nominal de 5MW.

¹⁷ É importante ressaltar que os números acima não contemplam os micro e minigeradores da geração distribuída (Resolução Normativa 482/2012). As informações acima foram coletadas no Banco de Informações da Geração da Aneel em 23/08/2018.

¹⁸ As áreas de maior incidência de IGH estão localizadas, principalmente, no interior da Bahia e na parte central da região Nordeste. Além disso, situam-se em praticamente todo o Centro-Oeste, em grande parte do interior do Sudeste e em algumas áreas da região Norte (Pereira et al, 2017).

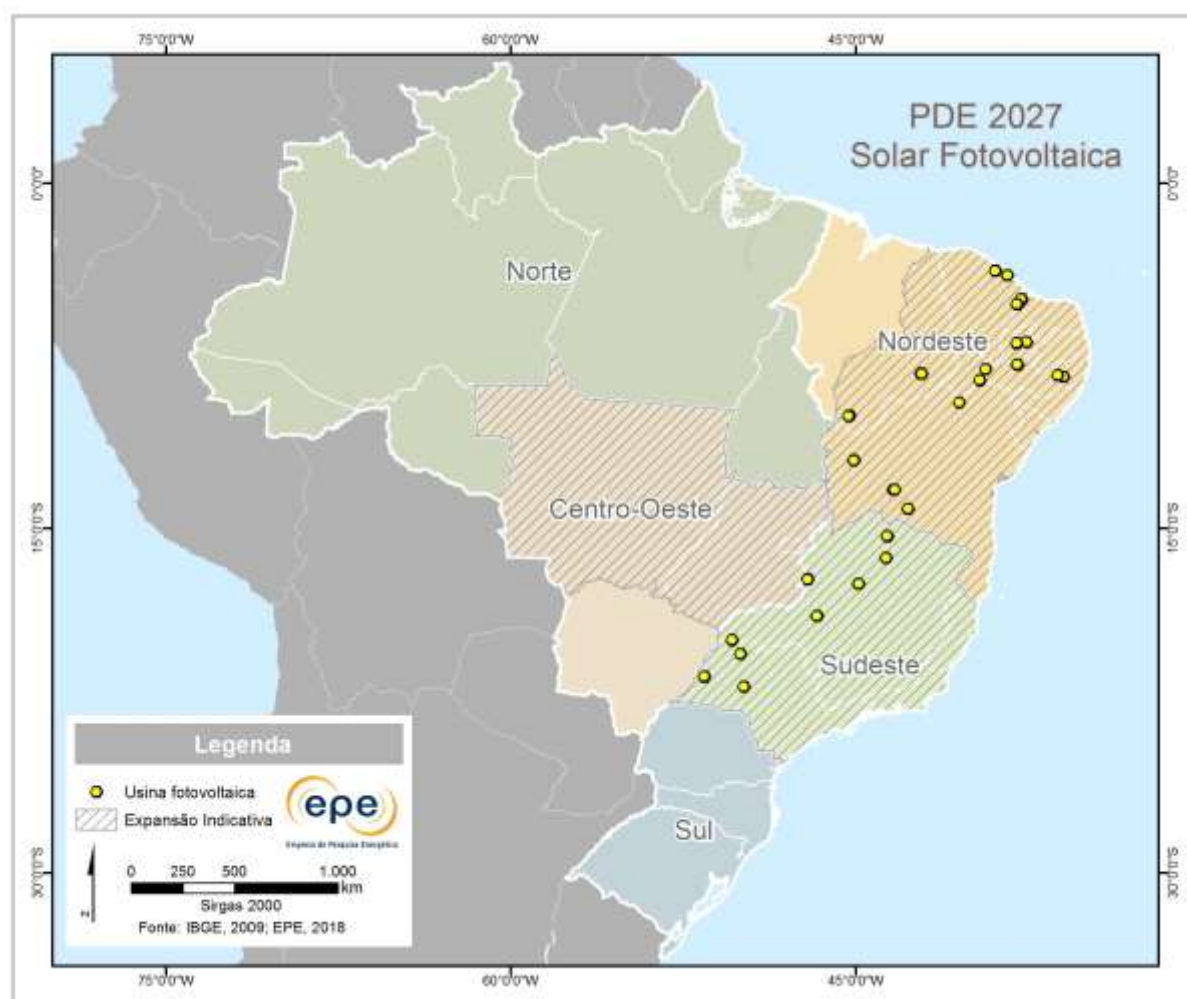


Figura 7 – Localização da expansão solar fotovoltaica planejada no PDE 2027

Nota: Devido à escala do mapa, os pontos em cor amarela podem representar mais de um empreendimento fotovoltaico.

Levando-se em conta o total de empreendimentos contratados considerados neste Plano, os estados que mais se destacam são Ceará (24%), Minas Gerais (17%), Piauí (16%), e Bahia (15%). Os municípios do semiárido nordestino concentram a maior parte desses parques fotovoltaicos (cerca de 2/3). A instalação se dará, majoritariamente, em locais afastados dos grandes núcleos urbanos, geralmente no meio rural ou próximo a cidades de pequeno porte. A média de população dos municípios onde serão construídas as usinas fotovoltaicas consideradas na expansão é de cerca de 39 mil habitantes¹⁹. Para a expansão indicativa estima-se que essa tendência se mantenha.

No que diz respeito ao uso e a ocupação do solo, parte dos impactos socioambientais da geração fotovoltaica são decorrentes de atividades associadas à etapa de construção dos empreendimentos. A interferência sobre a vegetação nativa foi considerada relevante para a expansão da fonte na região Nordeste, conforme metodologia da análise socioambiental integrada do PDE 2027 (Tabela 26). Nessa região estão previstos cerca de 80% dos empreendimentos e nota-se que a expansão

¹⁹ Este valor desconsidera os empreendimentos localizados nos municípios de Fortaleza e Juazeiro, pois o número de habitantes nestas localidades destoa significativamente do padrão observado para os demais municípios, conforme IBGE (2018).

frequentemente causa interferências em remanescentes de vegetação nativa preservados da caatinga, bioma em avançado processo de desmatamento.

A atuação conjunta dos órgãos de licenciamento ambiental, da sociedade civil e dos empreendedores do setor será fundamental para a conservação da caatinga que, segundo o ICMBio (2018), é o ecossistema menos preservado e um dos mais degradados do país (somente 0,28% de sua área se encontra protegida por unidades de conservação).

Tabela 12 – Síntese da análise socioambiental da fonte solar do PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 Solar	Não há projetos planejados		Não há projetos planejados	 Interferências inexpressivas	 Interferências inexpressivas

Legenda



Vegetação nativa

Como existe flexibilidade locacional para a fonte, não são esperadas interferências sobre a paisagem e as áreas protegidas. O consumo de água exige atenção dado que essas usinas estão localizadas, majoritariamente, em regiões que podem ter algum tipo de restrição desse recurso, como é o caso do semiárido brasileiro. Porém, a adoção de novos processos e tecnologias (reuso de água, limpeza por ar pressurizado, equipamentos robóticos, outros) poderá minimizar o consumo.

Cumpramos ressaltar que alguns dos impactos associados às usinas fotovoltaicas são fortemente influenciados pelo contexto local e apenas os estudos realizados na fase de licenciamento ambiental de cada projeto podem fornecer avaliação precisa para os novos empreendimentos.

Um dos indicadores socioambientais mais importantes associados a essa fonte é a geração de empregos. Um aspecto desse indicador é a abrangência, que pode ser tanto local (fases de construção e operação), quanto nacional (considerando toda a cadeia da indústria). Adicionalmente, a implantação desses empreendimentos poderá gerar o aumento na receita por meio da aquisição ou locação de terras, o incremento de alguns segmentos da economia (comércio e serviços) e a ampliação da arrecadação de impostos.

Isto pode ser importante para a economia local, já que grande parte dos municípios que estão recebendo as plantas fotovoltaicas se localiza dentro do semiárido brasileiro. Verifica-se que a média do IDHM dos municípios do semiárido com até 90 mil habitantes, que estão recebendo as usinas, é de 0,629²⁰. Este valor encontra-se numa faixa média na escala de avaliação do IDHM, que varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano de um município²¹.

No horizonte decenal, estima-se 223 km² de área ocupada por plantas fotovoltaicas e uma relação de 0,03 km²/MW (Tabela 13). São estimados, para o decênio, cerca de 23 mil empregos diretos gerados

²⁰ Fonte: IBGE 2018 e EPE (Leilões 2014-2018).

²¹ A faixa de IDHM “baixo” varia de 0,500 a 0,599 e “médio” varia de 0,600 a 0,699. (IPEA, 2013).

na fase de pico das obras. Um desafio relacionado a esse tema, no nível nacional, é a qualificação da mão-de-obra para atuar no setor (Assunção et al., 2010).

A Tabela 13 abaixo apresenta os principais indicadores da expansão solar fotovoltaica.

Tabela 13 – Indicadores socioambientais da expansão solar fotovoltaica

AMBIENTAIS	
Área das plantas fotovoltaicas (km ²) (1)	223
Área das plantas fotovoltaicas por potência instalada (km ² /MW)	0,03
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos gerados no pico das obras (1) (2)	23 mil

Notas: (1) Estimativa baseada nos estudos ambientais das usinas fotovoltaicas contratadas e na expansão indicativa.

(2) Considera apenas os empregos gerados no período de pico das obras.

Fonte: EPE, 2018.

Um desafio relacionado à fonte se refere ao descarte dos painéis e demais componentes das plantas fotovoltaicas. Como as plantas começaram a operar recentemente no país, ainda não existe um histórico de descomissionamento das usinas, já que o tempo médio de vida útil dos painéis fotovoltaicos é de 30 anos (Irena, 2016). Dado esse contexto, a avaliação dos potenciais impactos socioambientais do descarte de painéis fotovoltaicos se restringe ao conhecimento sobre os materiais empregados e seus possíveis danos ao meio ambiente, além das experiências internacionais.

A solução indicada em alguns estudos aponta para a reciclagem dos componentes dos sistemas fotovoltaicos após o fim de sua vida útil (Fthenakis, 2000). Dentro da perspectiva de melhor gestão de resíduos da fonte é importante que conceitos como "berço ao berço"²² e logística reversa²³ sejam incorporados ao processo produtivo, de modo que os painéis continuem tendo valor após seu período de vida útil. Nesse sentido, já é possível identificar nas licenças ambientais condicionantes específicas para o tratamento desse tipo de impacto, tais como a exigência de que os programas de gestão ambiental dos empreendimentos contemplem a logística reversa aplicada aos resíduos gerados pelas células fotovoltaicas danificadas.

O aprimoramento do processo de licenciamento ambiental é muito importante quando se considera a expansão futura da fonte. Por meio da experiência com os leilões realizados, observa-se que algumas questões do licenciamento ainda estão em fase de consolidação, tais como os

²² O conceito "berço ao berço" preconiza o desenvolvimento de um produto incorporando a preocupação para que ele não seja descartado ao final de sua vida útil, podendo ser utilizado, todo ou em partes, no seu ou em outros processos produtivos (McDonough e Braungart, 2010).

²³ A logística reversa é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (Brasil, 2010).

procedimentos normativos e administrativos dos órgãos ambientais²⁴, os prazos necessários para a emissão das licenças e a curva de aprendizagem das instituições envolvidas no processo.

Uma característica diferenciada dessa fonte é a participação da administração pública municipal no processo de licenciamento ambiental: 11% do total de usinas solares que participaram dos leilões (2014 a 2018), tiveram as suas licenças emitidas no âmbito municipal. A construção de um marco regulatório de referência, a exemplo da Resolução CONAMA 462/2014 para empreendimentos eólicos, pode ser um referencial importante na criação de critérios e procedimentos socioambientais mais seguros para a expansão da fonte.

Outros desafios podem surgir ao se levar em conta a cadeia de fabricação de sistemas fotovoltaicos. Os impactos socioambientais negativos associados à indústria de transformação e à extração mineral poderão se intensificar com a eventual formação de um parque industrial para a fabricação de células fotovoltaicas²⁵ no país.

Por fim, a partir de práticas adequadas de gestão socioambiental, destaca-se que os investimentos privados para a viabilização de usinas fotovoltaicas e o desenvolvimento da cadeia nacional de equipamentos do setor podem ser economicamente importantes ao país.

3.6. Transmissão de Energia Elétrica

O Sistema Interligado Nacional – SIN possui uma extensa malha de transmissão de energia elétrica, que interliga, principalmente, as usinas hidrelétricas distribuídas nas diversas bacias hidrográficas do país. No Brasil, as linhas de transmissão (LTs) permitem o aproveitamento energético de regiões distantes dos centros de consumo, otimizando o uso da energia gerada e reduzindo a operação de usinas térmicas.

A crescente participação de fontes renováveis na matriz elétrica tem demandado soluções robustas na Rede Básica para viabilizar o escoamento de toda essa produção. Segundo a Aneel (2018), a geração eólica, por exemplo, é responsável por mais de 13 GW (aproximadamente 8%) da capacidade instalada atual, e tem previsão de mais 14 GW até 2027. A geração fotovoltaica, por sua vez, tem previsão de 7,5 GW até o fim do horizonte decenal.

O Brasil possui atualmente uma extensão de 144.324 km de linhas de transmissão, considerando as linhas em operação da Rede Básica, conexões de usinas, interligações internacionais e 190 km instalados no sistema de Roraima (MME, 2018). A maior parte dessas linhas está conectada ao SIN, que é responsável por quase todo o suprimento energético do país. O restante faz parte dos sistemas isolados, localizados principalmente na região Norte do país, em função das peculiaridades geográficas da região.

²⁴ Pode-se citar como exemplo: o licenciamento simplificado para empreendimentos com pequena potência instalada, a elaboração de termos de referência adequados para a fonte, a construção de bancos de dados, entre outros.

²⁵ “Apesar de o país ter empresas produtoras de silício metalúrgico e montadoras de módulos, ainda não existem produtores de silício purificado até o grau solar, nem de alguns itens intermediários importantes da cadeia, pelo menos não em escala relevante para fazer frente ao investimento estimado para o segmento nos próximos anos” (SEBRAE, 2018)

A expansão da transmissão para os próximos 10 anos prevê a implantação de 55.240 km, o que representa uma expansão de 38% na extensão do sistema. A análise socioambiental no PDE 2027 considerou o conjunto de LTs da rede básica (tensão igual ou superior a 230 kV) previstas pelos estudos da expansão do sistema elétrico, destacando-se as restrições socioambientais mais relevantes desse conjunto de LTs, conforme sua localização no território nacional. Em razão da escala de análise, não foram considerados os seccionamentos planejados nas proximidades das subestações e os projetos de recapacitação e recondutoramento, resultando num total de 418 linhas analisadas. Devido as características construtivas das LTs em circuito duplo e bipolos de corrente contínua, a análise considerou apenas a extensão das interligações e não cada circuito individualmente, de modo a evitar duplicidade na contabilização das interferências. Desse modo a análise socioambiental avaliou 41.415 km de extensão das LTs. Desse conjunto de empreendimentos, 279 (aproximadamente 67%), estão previstos para entrar em operação até 2022, ou seja, no primeiro quinquênio do horizonte decenal. .

Importa destacar que o conjunto de LTs planejadas para o próximo decênio apresenta empreendimentos em diferentes etapas do planejamento, muitos dos quais ainda nas fases iniciais dos estudos, não possuindo uma configuração locacional precisa. Contudo, ressalta-se que desde o início da concepção desses empreendimentos, sempre que possível, procura-se desviar das áreas mais complexas do ponto de vista socioambiental, buscando evitar, dessa forma, impactos socioambientais significativos.

A Figura 8 apresenta a configuração de referência para o sistema de transmissão planejado e sua distribuição nas diferentes regiões do território nacional, bem como as terras indígenas e as unidades de conservação de proteção integral e de uso sustentável.



Figura 8 – Linhas de transmissão previstas no PDE 2027 e áreas legalmente protegidas

A configuração do sistema de transmissão nacional em planejamento abrange linhas de transmissão situadas nos diversos subsistemas regionais e as importantes interligações necessárias para a complementariedade entre regiões e a otimização do SIN.

A Tabela 14 mostra a distribuição das LTs planejadas no PDE 2027 considerando a extensão por região geográfica.

Tabela 14 - Extensão das linhas de transmissão por região

Extensão das LTs por região (km)					Total (km)
Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul	
8.647	10.404	3.992	10.221	8.161	41.415

Nesse cenário, observamos a expansão da Rede Básica ocorrendo a partir da região Norte para escoamento da energia gerada pela UHE Belo Monte, com extenso tronco de linha que atravessa as regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste do país. Destacam-se, também, na região Norte, o atendimento às regiões metropolitanas de Belém e Manaus, a interligação Manaus – Boa Vista, o reforço à região de Novo Progresso (PA) e o escoamento do potencial de geração fotovoltaica e hidráulica da região de Dianópolis (TO).

No Nordeste do país, a expansão da rede de transmissão é planejada, sobretudo, para o escoamento do potencial de energia eólica, potencial fotovoltaico do Seridó e atendimento às regiões metropolitanas de Aracaju, Fortaleza, João Pessoa, Maceió e São Luís.

No Centro-Oeste, além do reforço no sistema Acre-Rondônia e Mato Grosso para escoar as máquinas adicionais da UHE Santo Antônio, destacam-se também a integração dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Teles Pires e o atendimento a Cuiabá e aos estados de Goiás e Mato Grosso do Sul.

No Sudeste, as linhas destinam-se principalmente para os reforços aos subsistemas, visando ao aumento da confiabilidade em decorrência do incremento das cargas e, também, para escoar a energia das usinas termelétricas do norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo e das usinas solares fotovoltaicas das regiões norte e noroeste de Minas Gerais.

Na região Sul têm destaque as LTs para escoamento da energia gerada em parques eólicos, reforço aos subsistemas, atendimento à Região Serrana do Rio Grande do Sul e às regiões metropolitanas de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre.

As interferências em áreas com restrições socioambientais variam significativamente entre as regiões brasileiras devido à heterogeneidade da distribuição espacial dessas áreas no território nacional. Além das áreas com restrições legais, que apresentam limites bem definidos para a estimativa das interferências, o uso e ocupação do solo é outro importante fator nas análises socioambientais, uma vez que pode apresentar áreas sensíveis como, por exemplo, áreas cobertas com vegetação nativa e as áreas urbanas e periurbanas, que demandam medidas para a mitigação dos possíveis impactos socioambientais no planejamento e na construção do empreendimento.

A Tabela 15 mostra a extensão de LTs planejadas no horizonte decenal que incidem em unidade de conservação (UC), terras indígenas (TI), territórios quilombolas (TQ) e assentamento do Incra, por região geográfica.

Tabela 15 – Extensão das linhas de transmissão planejadas em áreas com restrição socioambiental

Tipo de área atravessada	Extensão das LTs por Região (km)					Total (km)
	Norte	Nordeste	Centro Oeste	Sudeste	Sul	
UC proteção integral	0	0	0	11	2	13
UC uso sustentável	188	470	151	950	224	1.983
Terra indígena	118	6	0	0	0	124
Território quilombola	5	0	0	0	0	5
Assentamento do Incra	1.339	285	93	50	17	1.784

Na região Norte, a vegetação nativa é um tema de grande relevância, visto a predominância de extensas áreas com floresta nativa preservada. Apesar da maioria dos traçados das linhas planejadas na região Norte atravessar áreas antropizadas, seguindo em paralelo às rodovias existentes, algumas dessas linhas cruzam regiões remotas, com precária ou nenhuma infraestrutura viária e travessia em

terrenos sujeitos a inundação. Para a construção dessas linhas, a necessidade de abertura de acessos aos locais das torres aumenta significativamente as interferências na vegetação nativa.

Em relação ao tema povos e terras indígenas, a região Norte abriga a maior parte das terras indígenas do país. Apesar de haver uma única sobreposição em TI dentre as LTs planejadas para o decênio (LT Lechuga – Equador), há outras seis planejadas que passam a menos de 8 km de distância de TIs. De acordo com a Portaria Interministerial nº 60/2015²⁶, os limites de distâncias das TIs são considerados como referência para a realização, 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 e de interação com as comunidades indígenas, exigindo esforços adicionais de gestão.

A organização territorial também se destaca na região Norte em razão da grande quantidade de projetos de assentamento do Incra, que se dispõem, muitas vezes, contíguos uns aos outros, formando aglomerados intercalados com terras indígenas e unidades de conservação. Ao se buscar o desvio dessas áreas protegidas e proximidade com acessos viários, os assentamentos são inevitavelmente interferidos pelas LTs. Diferentemente dos assentamentos agrícolas convencionais, esses assentamentos apresentam extensas áreas destinadas ao extrativismo vegetal, inclusive de reserva legal.

Em relação às comunidades quilombolas, embora não seja um tema relevante na região Norte, uma LT planejada no Pará atravessa um TQ²⁷.

Na região Nordeste, destaca-se o tema unidades de conservação, sendo observadas interferências em unidades de conservação de uso sustentável, sobretudo nas Áreas de Proteção Ambiental (APAs), espaços que geralmente abrigam ambientes relevantes para a conservação e em que se pressupõe certa complexidade nas tratativas do processo de licenciamento.

Assim como ocorre na região Norte, a vegetação nativa também é um tema que se sobressai no Nordeste, em decorrência da deficiente malha viária no interior da região, o que contribui para maiores interferências em remanescentes de Caatinga, e também, em remanescentes de Mata Atlântica, principalmente no atendimento às regiões metropolitanas.

Na região Nordeste, a LT Paulo Afonso IV – Luiz Gonzaga C2 tem previsão de sobreposição em TI. Essa LT obteve Declaração de Utilidade Pública – DUP (Aneel, 2017) quando a TI Fazenda Cristo Rei ainda não possuía área delimitada. Atualmente, segundo dados da Funai (2018), essa TI está em fase de Reserva Indígena (RI), que são áreas que se encontram em procedimento administrativo visando sua aquisição (compra direta, desapropriação ou doação). Ainda que seja uma interferência

²⁶ Estabelece procedimentos administrativos que disciplinam a atuação dos órgãos e entidades da administração pública federal envolvidos no licenciamento ambiental federal.

²⁷ Na base de dados disponibilizada pelo Incra (2018) não consta o nome desse TQ, que está situada no município de Santa Maria das Barreiras, naquele estado. Vale destacar, também, que anteriormente esse TQ estava classificado como projeto de assentamento Aldeia I e II, segundo a base de dados do Incra referente a 2016.

relevante se analisada individualmente, no contexto geral da expansão no Nordeste, não é tratada, nesta análise, como tema prioritário para a região.

Com relação às populações tradicionais, constata-se a presença de um elevado número de comunidades quilombolas na região Nordeste. Atualmente, existe no Brasil uma deficiência de dados georreferenciados sistematizados em relação à localização das comunidades quilombolas, sendo difícil estimar as interferências das linhas de transmissão planejadas nessas comunidades. A base de dados utilizada para a presente análise é o mapa dos territórios quilombolas identificados a partir dos Relatórios Técnicos de Identificação e Delimitação (RTID), que apresenta um total de 399 áreas, número muito inferior às 3.040 comunidades certificadas pela Fundação Cultural Palmares, das quais aproximadamente 1.900 estão localizadas na região Nordeste (FCP, 2018). Dessa forma, apesar da falta de dados georreferenciados dificultar análise aprofundada do tema, essa questão é frequentemente abordada nos processos de licenciamento ambiental das linhas de transmissão localizadas no Nordeste, sobretudo na Bahia e no Maranhão, estados que possuem maior número de comunidades remanescentes de quilombos certificadas pela Fundação Cultural Palmares. A conjuntura observada favorece a existência de conflitos e incertezas quanto ao processo de planejamento e implantação de empreendimentos que interfiram nos modos e condições de vida dessas comunidades.

No Centro-Oeste, devido à posição geográfica centralizada da região, passarão os empreendimentos de transmissão planejados para o escoamento das usinas geradoras das regiões Norte e Centro-Oeste. Nessa região, as LTs não atingem TIs nem UCs de proteção integral, e é onde há menor incidência em UC 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.

Na região Sudeste, destaca-se o tema unidades de conservação, sendo que as maiores interferências das LTs planejadas ocorrem em APAs, unidades de conservação de uso sustentável. Algumas dessas UCs, principalmente as que compreendem grandes áreas urbanas, se apresentam antropizadas. O oposto acontece com as linhas que cruzam as UCs de proteção integral, situação que sucede, em geral, quando estão muito próximas a áreas urbanas, impossibilitando o desvio. Embora ocorra em proporções muito inferiores às interferências em UC de uso sustentável, o grupo de proteção integral tem maior grau de restrição e são esperadas tratativas mais complexas para viabilizar as linhas.

De forma geral, o bioma Mata Atlântica apresenta paisagem fragmentada, com poucas áreas cobertas por vegetação nativa, fato agravado ainda pela pressão que sofrem com a urbanização. Nesse contexto, vale citar que, devido à sua importância, os remanescentes de vegetação nativa da Mata Atlântica são protegidos por legislação específica (Lei nº 11.428/06 regulamentada pelo Decreto nº 6.660/08). Adicionalmente, devido ao relevo forte ondulado e montanhoso, ressalta-se a interferência em áreas de topo de morro, onde a vegetação é fundamental para a retenção de água e a estabilização do solo.

Outro importante aspecto a ser destacado no Sudeste é a passagem das LTs planejadas por áreas urbanas e periurbanas, com intensa dinâmica de ocupação populacional. Nas áreas de expansão urbana há maior interferência das LTs aéreas com a população local, refletindo em conflitos

relacionados a questões fundiárias (organização territorial) e alteração da paisagem urbana. Com relação às áreas urbanas consolidadas, os empreendimentos têm sido preconcebidos como subterrâneos, permitindo que as novas linhas sejam implantadas sob a malha viária existente, de forma a diminuir as interferências citadas. Contudo, esta medida implica em outros tipos de interferências tais como transtornos com o tráfego viário e incômodos à população, ambos relacionados ao período de execução das obras.

No que se refere às áreas rurais na região Sudeste, algumas LTs planejadas atravessam médias propriedades rurais produtoras de cana-de-açúcar, sobretudo no estado de São Paulo. Diferentemente da maior parte das culturas, a cana-de-açúcar é incompatível com linhas de transmissão havendo, portanto, limitação de produção nas faixas de servidão.

Na região Sul, destaca-se a interferência da expansão da transmissão em áreas de vegetação nativa, com LTs planejadas que se estendem por remanescentes bem preservados de Mata Atlântica, particularmente importantes diante das ameaças ao bioma. As interferências são agravadas pela maior necessidade de supressão de vegetação diante das dificuldades de acesso na região serrana. Outro tema que merece destaque no Sul são as unidades de conservação, uma vez que alguns traçados cruzam APAs que abrigam ambientes importantes para a biota, como os banhados, o que pode tornar o processo de licenciamento mais complexo.

A organização territorial também se destaca na região Sul, em razão das interferências em áreas urbanas e de expansão urbana, como as linhas planejadas para a Região Metropolitana de Porto Alegre e para o Vale do Itajaí, em Santa Catarina. Com relação à paisagem, no Sul esse tema tem relevância tanto para as áreas de beleza cênica, que transpõem a Serra Geral, como para a paisagem urbana, em especial quanto às linhas localizadas em áreas de expansão urbana.

Resumidamente, no âmbito deste PDE, destacam-se as interferências em vegetação nativa em todas as regiões, exceto no Centro-Oeste. O tema unidades de conservação se mostra relevante nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. As interferências em paisagens têm maior importância nas regiões Sudeste e Sul. A expansão do SIN para reforço dos subsistemas também impacta a organização territorial nos grandes centros, em especial nas regiões Sudeste e Sul. Por outro lado, a organização territorial é relevante no Norte devido aos possíveis conflitos pelo uso e ocupação do solo. A grande quantidade de comunidades quilombolas e a falta de dados georreferenciados faz esse tema ser relevante na região Nordeste. Por fim, a interferência direta de uma LT em TI e a proximidade com outras, torna o tema povos e terras indígenas relevante na expansão do sistema de transmissão na região Norte.

A Tabela 26 apresenta a síntese da análise socioambiental do PDE 2027 para a transmissão de energia elétrica. Nela estão dispostos, por região, os temas socioambientais considerados relevantes para a expansão prevista.

Tabela 16 – Síntese da análise socioambiental da transmissão de energia elétrica do PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 Transmissão	  	  	   	   	 <i>Interferências inexpressivas</i>

Legenda



Unidades de Conservação



Organização territorial



Paisagem



Vegetação nativa



Comunidades quilombolas



Povos e terras indígenas

A Tabela 17 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão da transmissão planejada neste PDE 2027.

Tabela 17 – Indicadores socioambientais da expansão da transmissão de energia elétrica

AMBIENTAIS	
Extensão total das LTs (km)	41.415
Extensão total da incidência de LTs em UC de proteção integral (km)	13
Extensão total da incidência de LTs em UC de uso sustentável (km)	1.983
SOCIOECONÔMICOS	
Extensão total da incidência de LTs em assentamentos do Incra (km)	1.784
Nº de LTs com interferência direta em TI	2 de 418 LTs
Nº de LT situadas a menos de 8 km de TI na Amazônia Legal	28 de 418 LTs
Nº de LTs com interferência direta em TQ ⁽²⁾	1 de 418
Empregos diretos gerados no pico das obras ⁽³⁾	124.248

Notas: (1) Distâncias definidas no Anexo I da Portaria Interministerial nº 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 418 LTs, ou seja, há empregos gerados ao longo do período que não estão sendo considerados.

A expansão da transmissão traz novos desafios, que ao serem enfrentados levam ao constante aprimoramento e desenvolvimento de tecnologias e procedimentos que visam mitigar os impactos de LTs sobre o ambiente em que elas incidem, adotados tanto por ocasião do planejamento e projeto, quanto no licenciamento ambiental, e nas atividades de construção e manutenção.

Na fase de planejamento e projeto, tem-se ampliado o uso de subestações e torres compactas, que ocupam menor área, bem como de linhas subterrâneas, essas de custo várias vezes superior ao das linhas aéreas, razão pela qual ainda não são amplamente disseminadas. Esses tipos de SE e LTs são aplicadas geralmente em regiões urbanas e periurbanas, onde há pouca ou, não raro, nenhuma disponibilidade de espaço para inserção dos novos empreendimentos.

Outro desafio recentemente vencido por meio de alternativas técnicas são as travessias de grandes corpos d'água, principalmente na região Norte, com o desenvolvimento de torres cada vez mais altas para transpor os vãos entre as margens e garantir a navegabilidade dos rios.

No âmbito do licenciamento ambiental, os órgãos licenciadores vêm exigindo que seja suprimida, para lançamento dos cabos, apenas a vegetação da faixa de serviço, em vez de se desmatar toda a faixa de servidão como se usava fazer, o que reduz significativamente a supressão florestal. Ressalta-se que a faixa de serviço aberta na fase de construção pode ser reflorestada, desde que se utilizem torres alteadas. Mais recentemente, por exigência do órgão licenciador, em casos excepcionais (florestas inteiramente preservadas em regiões desprovidas de acessos), têm sido utilizados helicópteros no transporte e montagem de torres, no lançamento de cabos e na manutenção da linha, permitindo que na fase de operação só reste suprimida a vegetação na base das torres.

Uma das questões que têm sido abordadas nos processos de licenciamento é a interferência em avifauna, e para reduzi-la tem sido solicitada a instalação de sinalizadores para aves nas áreas de maior ocorrência. Como o conhecimento da dimensão dos impactos ambientais nesse grupo ainda é incipiente no contexto da expansão decenal da transmissão, a questão não é tratada na presente análise como tema relevante.

4. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DA OFERTA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS

4.1. Produção e Oferta de Petróleo, Gás Natural e Derivados

O uso do petróleo e do gás natural abrange diversas finalidades energéticas e não energéticas, o que confere a estes relevante papel na economia mundial. No Brasil, além do papel econômico estratégico, o aumento das reservas de petróleo e gás natural, somado à manutenção de estoque de combustíveis, contribuem com a segurança energética nacional.

Apesar dos esforços para aumentar a participação de alternativas renováveis na matriz energética, petróleo e gás natural continuarão a ter participação significativa nos próximos anos. Isso se deve principalmente ao custo e ao fato de a cadeia destes combustíveis estar associada a um setor de exploração e produção maduro, com domínio técnico e tecnológico do seu uso, transporte e armazenamento. Combustíveis alternativos, com destaque aos biocombustíveis etanol e biodiesel, estão aumentando a participação na matriz energética no que se refere ao setor de transporte; entretanto, para os demais usos, a substituição do petróleo e do gás natural é mais complexa.

Recentemente, o gás natural tem ganhado destaque com aumento da sua importância na matriz por ser menos poluente que os demais combustíveis fósseis e gerar menores emissões de GEE, sendo considerado combustível importante na transição para uma economia de baixo carbono. Ressalta-se que, no Brasil, a iniciativa Gás para Crescer busca promover aprimoramentos ao arcabouço normativo do setor, de forma a assegurar confiabilidade no suprimento de gás natural e promover competitividade, permitindo a ampliação da participação do gás natural na matriz energética brasileira (BRASIL, 2016).

Há que se mencionar ainda os possíveis 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 regional. Historicamente, as participações governamentais que sempre se destacaram em volume de recursos financeiros foram os *Royalties* e as Participações Especiais.

A produção nacional de petróleo, em 2017, foi de 2,6 milhões de barris por dia, em 304 áreas concedidas, e a de gás natural foi de 109,9 milhões de m³ por dia. Em 2017, os campos marítimos foram responsáveis por 95% da produção de petróleo e 80% da de gás natural (BRASIL, 2018). Espera-se que a contribuição das áreas terrestres para a produção aumente ao longo dos anos, com a implementação do Programa de Revitalização das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres (Reate – MME 2018).

O sistema de abastecimento brasileiro é composto por refinarias e unidades de processamento de gás natural (UPGNs), além da infraestrutura logística associada. Em 2017, o parque de refino nacional contou com 13 refinarias da Petrobras, além da Usina Industrial do Xisto (SIX), e 4 refinarias privadas, com capacidade total de processamento de petróleo de 2,3 milhões de barris por dia. O sistema contou também com 14 UPGNs com capacidade nominal de 95,7 milhões de m³ por dia. Além disso, a infraestrutura para movimentação de petróleo, gás natural e derivados é formada por dutos,

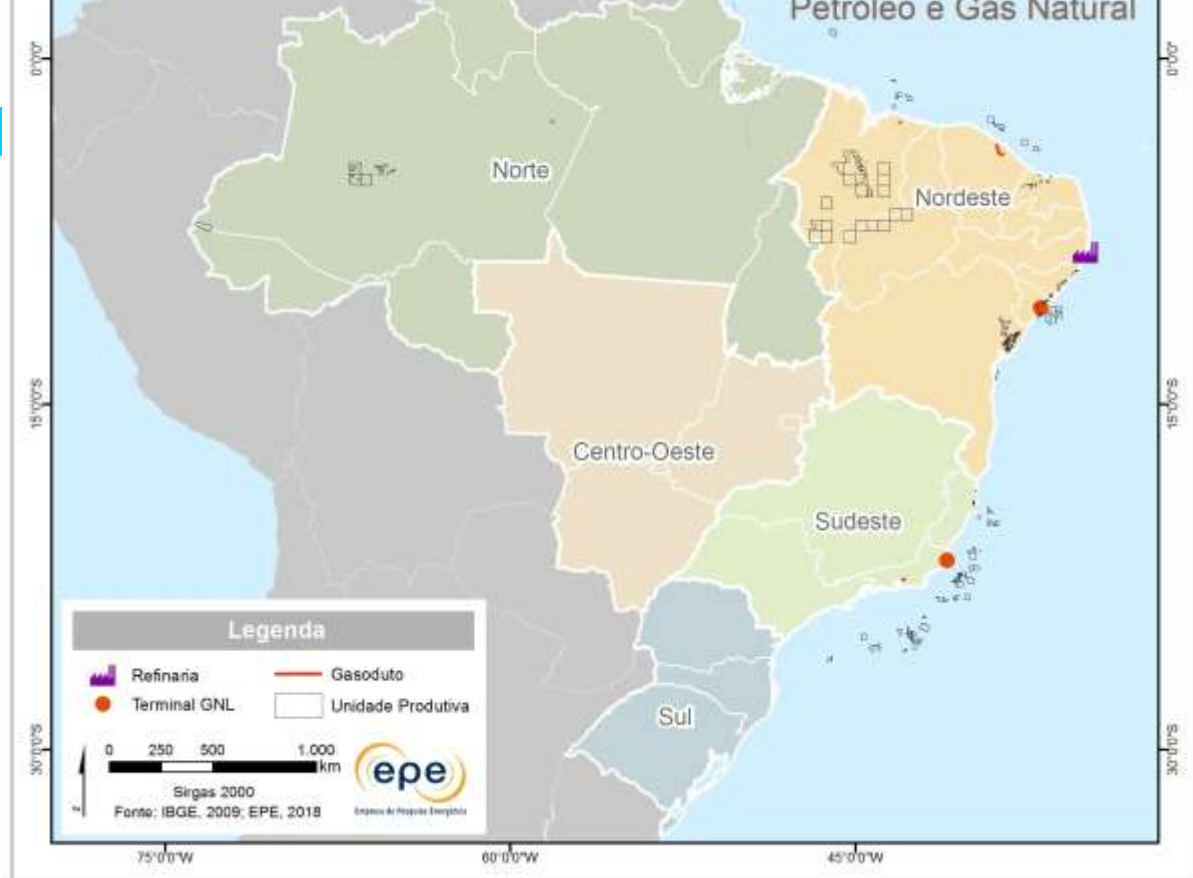


Figura 9.





Figura 9, as UPs onshore estão localizadas no Norte, Nordeste e Sudeste. Já as UPs offshore estão concentradas principalmente na região Sudeste, com ocorrência também no Nordeste e ao longo da margem equatorial. Também está prevista a instalação de dois terminais de regaseificação (porto de Sergipe e Porto do Açu); e a ampliação da capacidade de processamento da Refinaria Abreu e Lima (RNEST), localizada ao sul da região metropolitana do Recife (PE).

Ainda está prevista a instalação de dois gasodutos no decênio. Um deles, já em construção, corresponde ao trecho Horizonte/CE – Caucaia/CE, com 83 km, integrante do projeto original do Gasoduto de Transporte Serra do Mel – Pecém (GASFOR II). O outro gasoduto é o Itaboraí - Guapimirim, com 11 km, situado no estado do Rio de Janeiro.

Em relação às interferências socioambientais, a análise de impactos socioambientais busca sinalizar as principais questões de abrangência regional associadas às atividades de E&P e à instalação dos gasodutos, refinaria e terminais de regaseificação planejados que deverão ser foco de gestão por parte do poder público e dos empreendedores. Adicionalmente, são consideradas as características regionais relevantes que aumentam a sensibilidade aos impactos esperados com o desenvolvimento das atividades planejadas. No caso das UPs previstas no horizonte do PDE 2027, destacam-se a região Nordeste por apresentar expansão energética próxima à costa em região de baixa profundidade e o sudeste, por concentrar um grande número de empreendimentos já em operação e planejados.

A natureza dos impactos socioambientais pode ser potencial ou real. Dentre os impactos potenciais associados à atividade de óleo e gás, o risco de acidentes com derramamento de óleo em corpos hídricos ou no mar continua dentre os que mais demandam atenção de órgãos ambientais, ONGs, instituições de pesquisa, empreendedores e indústria, especialmente no âmbito do Licenciamento Ambiental de atividades de E&P. Para a expansão planejada, há preocupação com eventuais derramamentos em corpos hídricos relacionados às UPs terrestres, como na Amazônia e no Nordeste, gerando ou acirrando conflitos pelo uso da água, enquanto para as UPs marinhas o tempo de toque de óleo em ambientes sensíveis de ilhas e da costa merece atenção.

Algumas UPs planejadas (que iniciarão a produção no horizonte do PDE 2027) estão localizadas próximo à costa, na região Nordeste, a uma distância em que a instalação de novas plataformas poderia impactar a paisagem. No entanto, são empreendimentos com recursos descobertos (RT) e que produziram anteriormente, ou seja, possuem plataformas já instaladas. Portanto, o tema Paisagem não foi considerado relevante para esse horizonte decenal, por não estar associado à expansão energética.

Dentre as interferências positivas, estão as participações governamentais e os empregos diretos gerados. Tais benefícios, no caso das atividades de E&P, são calculados 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 (PE) sobre as receitas das atividades de E&P relativas às unidades produtivas de recursos descobertos dentro do horizonte deste PDE 2027. Ressaltamos ainda que as referidas arrecadações variam em função dos volumes produzidos, do regime fiscal e cambial²⁸, dos preços praticados nos mercados nacionais e internacionais do petróleo e gás natural. Sendo assim, dadas as premissas assumidas neste horizonte, a estimativa potencial é de cerca de R\$ 336 bilhões.

A estimativa para geração de empregos diretos considerou a possível demanda por profissionais para atuarem em empresas operadoras ou consorciadas nos contratos de concessão, cessão onerosa ou de partilha de produção. Ressalta-se ainda que para efeito de cálculo foram considerados os recursos descobertos (RD) e não descobertos (RND), incluindo as áreas ainda não ofertadas (UPUs). Nessas condições conjunturais, em função das possíveis atividades de E&P planejadas para o decênio, estima-se que a geração de empregos diretos gire em torno de 32 mil. Há que se considerar que as estimativas para participações governamentais e empregos diretos estão sujeitas à conjuntura político-econômica instável. No entanto, há expectativa que ao longo do decênio haja retomada do preço do petróleo, principalmente na segunda metade do período, conjugado com o aumento da taxa cambial.

A Tabela 18 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão de E&P de petróleo e gás natural no decênio.

Tabela 18 – Indicadores de E&P de petróleo e gás natural⁽¹⁾

AMBIENTAIS	
Nº de UPs com interferência em UC de proteção integral	nenhuma das 260 UPs
Nº de UPs com interferência em UC de uso sustentável	5 de 260 UPs
SOCIOECONÔMICOS	
Nº de UPs que interferem diretamente em TI	nenhuma das 260 UPs
Empregos diretos gerados (valor acumulado) ⁽²⁾	32.000
Recursos financeiros gerados – média anual ⁽³⁾ (R\$ bilhões)	336

Notas: (1) Variáveis ambientais mapeadas a partir de: Eletrobras, 2011; Funai, 2018 e MMA, 2018. Indicadores socioeconômicos estimados a partir das curvas de produção constantes do item que trata da “Produção de Petróleo e Gás Natural” do PDE 2027.

(2) Estimativa de demanda por profissionais para atuar em empresas operadoras ou consorciadas nos contratos de concessão, cessão onerosa ou partilha de produção.

(3) Royalties e participações especiais destinados a estados e municípios, calculados apenas para os recursos descobertos.

Em relação à expansão do parque de refino, está prevista a entrada em operação do segundo trem da Refinaria Abreu e Lima (RNEST), projeto atualmente em fase de construção. Dentre as principais

²⁸ Considerando a taxa de câmbio média de R\$ 3,20 e ajuste no deságio conforme observado nos últimos meses de cálculo dos preços de referência feito pela ANP.

interferências associadas a refinarias está a alteração da qualidade do ar. Os processos energo-intensivos realizados na refinaria emitem como principais poluentes óxidos de enxofre (SOx), óxidos de nitrogênio (NOx), compostos orgânicos voláteis (COVs), monóxido de carbono, material particulado, aldeídos e amônia, também ocorrem emissões fugitivas de hidrocarbonetos provenientes de pequenos escapes de equipamentos (USEPA, 2015). Considera-se que o projeto atenderá às normativas legais sobre emissão de poluentes atmosféricos, que determinam limites máximos de emissões. No entanto, apesar de ser somente um projeto, pelo fato de estar localizado próximo a outras fontes de emissões como a região portuária, térmelétrica e ao 1º trem da refinaria, seus impactos tendem a se acumular. Portanto, em função da RNEST, considerou-se como relevante para a expansão, na região Nordeste, o tema Qualidade do Ar.

O aumento da demanda por serviços e infraestrutura, com resultante pressão sobre os núcleos populacionais próximos, não foi considerado relevante, pelo fato de o empreendimento estar próximo à região metropolitana do Recife que, por ser capital do estado, supostamente possui capacidade de absorver essa nova demanda. Uma eventual interferência das instalações sobre a paisagem também não foi considerada relevante, uma vez que os demais empreendimentos instalados na região já causaram alteração na paisagem natural.

Com relação aos dois terminais de regaseificação previstos no horizonte decenal não são esperados impactos de significância regional. O terminal localizado no sudeste está associado ao empreendimento Porto do Açu em São João da Barra (RJ). Já o terminal do nordeste está previsto para implantação em Barra dos Coqueiros (SE), onde já existe instalação portuária e outros empreendimentos energéticos, portanto, a paisagem natural já está alterada.

A Tabela 19 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão do refino no decênio.

Tabela 19 – Indicadores de refino

SOCIOECONÔMICOS	
<i>Empregos diretos gerados no pico das obras</i>	16.000

Nota: Números estimados a partir de informações do Rima da RNEST (FADE-UFPE/Petrobras 2006).

Em relação aos gasodutos (Tabela 20), está prevista a construção de cerca de 95 km no decênio, distribuídos nos estados do Rio de Janeiro e Ceará. Não há interferência com Unidades de Conservação de Proteção Integral ou Terras Indígenas. Há interferência com UC de Uso Sustentável no estado do Rio de Janeiro e interseção com assentamento rural no estado do Ceará. Estima-se que sejam gerados no pico das obras cerca de 1.500 empregos diretos. Devido à pequena dimensão desses projetos, considerou-se que não há impactos de abrangência regional relevantes a serem apontados.

Tabela 20 – Indicadores de gasodutos

AMBIENTAIS	
Extensão total dos gasodutos	94,6 km
Extensão em UCs de uso sustentável	2,22 km
Extensão em UCs de proteção integral	0
SOCIOECONÔMICOS	
Extensão em TIs	0
Extensão em assentamentos rurais	3,85 km
Empregos diretos gerados no pico das obras (1)	1.500

Nota: (1) Número de empregos estimados a partir da relação “empregos / km de duto” calculada com as informações do Rima do Gasoduto Japeri-Reduc (Biodinâmica/Petrobras 2006) e EIA Caraguatatuba-Taubaté (Biodinâmica/Petrobras 2007).

Como subsídio à Análise Integrada, foram selecionados os impactos 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 (ver Capítulo X do PDE 2027). Nesse sentido, para o E&P, foi destacado o tema Fauna nas regiões Nordeste e Sudeste, tema que para esta fonte está associado à atividade de sísmica no mar, pelo possível efeito cumulativo no Sudeste e pela sensibilidade dos ambientes no Nordeste onde será realizada a atividade (baixa profundidade e proximidade da costa). Em ambas as regiões, também deve ser foco de gestão a possível introdução de espécies exóticas por embarcações, com efeitos sobre ecossistemas de costões rochosos e no Sudeste ainda deve-se atentar para o eventual efeito cumulativo de estruturas submarinas apoiadas no assoalho marinho sobre a fauna bentônica.

Adicionalmente, a entrada do 2º trem da Refinaria Abreu e Lima (RNEST), única prevista para o decênio, possivelmente apresentará efeitos sobre o tema Qualidade do Ar, pelo fato de seus impactos potencialmente se acumularem com os de outros empreendimentos emissores de poluentes (porto, termelétrica e refinaria), podendo resultar em efeitos regionais.

A Tabela 26 apresenta os temas socioambientais relevantes identificados para Produção e Oferta de Petróleo, Gás Natural e Derivados, por região geográfica, conforme modelo da matriz síntese da análise socioambiental integrada do PDE 2027.

Tabela 21 – Síntese da análise socioambiental do petróleo e gás natural do PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 E&P de petróleo e GN	 <i>Interferências inexpressivas</i>		Não há projetos planejados		 <i>Interferências inexpressivas</i>
 Refinarias, UPGNs, Terminais de GNL	Não há projetos planejados		Não há projetos planejados	 <i>Interferências inexpressivas</i>	Não há projetos planejados
 Gasodutos	Não há projetos planejados	 <i>Interferências inexpressivas</i>	Não há projetos planejados	 <i>Interferências inexpressivas</i>	Não há projetos planejados

Legenda



Fauna



Qualidade do ar

O aumento previsto das atividades de E&P e a implantação da nova unidade de refino, dos gasodutos e dos terminais de regaseificação requerem a gestão das interferências ambientais negativas e positivas, de modo a garantir um desenvolvimento sustentável associado ao setor. As principais questões em discussão envolvem as atividades de E&P em ambientes sensíveis, o gerenciamento de acidentes com derramamento de óleo, além de emissões de GEE no setor petrolífero.

Tem-se observado união de forças entre o setor produtivo e o ambiental, gerando informações e antecipando questões que historicamente oneram o Licenciamento Ambiental. No âmbito do planejamento, estão em elaboração 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 da Área Sedimentar do Solimões e de Sergipe-Alagoas e Jacuípe são conduzidos pela EPE e pela ANP, respectivamente, e serão acompanhados por Comitês Técnicos de Acompanhamento, grupos interministeriais compostos pelo MME, MMA e instituições vinculadas (Brasil, 2012). As AAAS foram consolidadas como subsídios ao planejamento das Rodadas de Licitação de Blocos Exploratórios. Enquanto as AAAS não forem elaboradas será mantida a manifestação conjunta prévia as rodadas (Brasil, 2017a).

Além disso, houve ampliação da participação do setor energético na construção ou revisão de instrumentos de políticas públicas do Ministério do Meio Ambiente (MMA), como na revisão das “Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira” (APCBs) e nas oficinas para a elaboração do “Plano de Redução de Impacto da Exploração de Petróleo e Gás Natural sobre a Biodiversidade Marinha e Costeira” (PRIM-PGMar/ICMBio).

Também se tem avançado em discussões no âmbito do Plano Nacional de Contingência (PNC) e dos Planos de Emergência Individual para incidentes de poluição por óleo (PEI). Nesse sentido, foi disponibilizado o Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar (Marem - Ibama/IBP 2013), que indica ocorrência de áreas prioritárias para desova de tartarugas marinhas, áreas que seriam sensíveis ao toque por óleo. Outro resultado desse diálogo foi a publicação recente da

Resolução Conama 482/2017 sobre queima controlada (Brasil, 2017b) e a discussão sobre o uso de dispersantes, ambas possíveis ações de resposta a incidentes de poluição por óleo no mar.

Outra iniciativa conjunta tem sido a discussão e promoção de medidas de controle sobre o Coral-sol, organismo exótico invasor associado ao deslocamento de plataformas. No ano de 2017, para a discussão da questão foram promovidas duas reuniões, organizadas pela Petrobras e MME, com a presença de ONGs e instituições de pesquisa. Além disso, no âmbito do Licenciamento Ambiental, as novas plataformas são submetidas à secagem antes do transporte, para garantir que os organismos incrustantes morram e não sejam carregados a outras regiões, onde poderiam dispersar larvas e colonizar novos costões rochosos.

Já as emissões de GEE estão associadas a toda cadeia do petróleo e gás natural, como emissões fugitivas ou associadas à produção e aos diferentes usos destes combustíveis fósseis. Com o intuito de se alinhar aos acordos internacionais e considerando os esforços que estão sendo realizados na transição para uma econômica de baixo carbono, observa-se que as empresas de O&G estão se adaptando e se convertendo a empresas de energia. Para tal, as principais iniciativas são: implementação de medidas de redução das emissões de GEE, aproveitamento do gás associado, investimentos em tecnologias de captura e armazenamento ou uso de carbono (CCS e CCUS) e investimento em projetos de energia renovável.

Para a redução de emissões de poluentes atmosféricos e GEE, pode-se mencionar o Programa Tecnológico de Gerenciamento do CO₂, implementado pela Petrobras no Desenvolvimento do Pré-Sal, que envolve a separação do CO₂ por sistema de membranas com a sua injeção para EOR (aumento da recuperação de reservatórios). No projeto Lula está em operação a injeção alternada de água e CO₂ (WAG - *water alternating gas*). Como resultado, em 2017, a Petrobras reinjetou 2,5 milhões de toneladas de CO₂ separado do gás produzido. Recentemente a empresa também se tornou membro da *Oil and Gas Climate Initiative* (OGCI), que investe em projetos de redução de GEE (Petrobras, 2018).

No entanto, alguns desafios permanecem em discussão, destacando-se os desdobramentos oriundos da descoberta de recife de algas calcárias na bacia da Foz do Amazonas, em região de exploração de petróleo. Os recifes de corais ou de algas calcárias são ambientes sensíveis à atividade de perfuração de poços, seja pela ação direta sobre os organismos ou indireta (instalação de equipamentos e descarte de cascalho). Durante o Licenciamento Ambiental para perfuração, descobriu-se que o respectivo bloco exploratório estava sobre a área do recife, que é maior do que antes se supunha.

Outro desafio que permanece latente se refere à exploração de recursos não convencionais, principalmente daqueles que demandam a utilização do fraturamento hidráulico. Projetos com gás de folhelho ou gás de formação fechada não estão previstos para iniciar a produção no horizonte do PDE 2027. A forte oposição ao desenvolvimento desse recurso devido às preocupações com os seus impactos socioambientais motivou a realização de diversos eventos e iniciativas pelo MME no sentido de promover o diálogo e compartilhar conhecimento sobre o tema. Cita-se a visita técnica a empreendimentos que utilizam fraturamento nos EUA (ANP/Embaixada Americana), o “Seminário sobre Recursos Petrolíferos de Baixa Permeabilidade no Brasil”, realizado no MME, além da publicação do relatório “Aproveitamento de hidrocarbonetos em reservatórios não convencionais no

Brasil” com levantamentos acerca dos impactos e medidas de mitigação, proposição de atos normativos, entre outros (Promimp, 2016). No âmbito do Reate, ainda está prevista a execução de um projeto piloto para recursos petrolíferos em reservatórios de baixa permeabilidade (não convencionais), chamado de Poço Transparente, para avaliar e monitorar os impactos, além de capacitar os técnicos (MME, 2017).

4.2. Etanol

O etanol é um combustível renovável utilizado como substituto direto da gasolina automotiva. No Brasil é misturado compulsoriamente à gasolina A²⁹ em percentual que varia de 20 a 30% (etanol anidro) ou utilizado puro (etanol hidratado).

Os principais benefícios ambientais de seu uso estão relacionados à redução de emissões de poluentes, como o CO, material particulado, SOx e compostos orgânicos tóxicos, que causam impacto sobre a qualidade do ar nos centros urbanos. 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 pela cana-de-açúcar na fotossíntese, o que implica em um balanço de emissões de GEE mais favorável na comparação com a gasolina.

Além disso, trata-se de um composto biodegradável e de baixa toxidez, o que implica em menores impactos no caso de vazamentos no solo ou na água, quando comparado à gasolina.

O setor sucroalcooleiro brasileiro possui experiência acumulada e muitos impactos ambientais da cadeia de produção de açúcar e etanol foram reduzidos ao longo do tempo. Um dos principais impactos está relacionado à queima da palha no campo antes e após colheita. Tal prática tem sido inibida por meio de legislação e de acordos entre a iniciativa privada e o poder público, como o Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético³⁰, firmado entre o governo de São Paulo e o setor produtivo, que, dentre outras diretrizes, antecipa voluntariamente o fim das queimadas e define metas mais restritivas para a redução de consumo de água na etapa industrial e para a proteção dos remanescentes florestais, de nascentes e de matas ciliares. Com efeito, o objetivo de reduzir o uso do fogo na colheita foi alcançado, sobretudo na região Centro-Sul, onde os índices de mecanização da colheita já se encontram bastante elevados. Além de evitar impactos na qualidade do ar, o fim das queimadas reduz o consumo de água, reduz danos sobre a fauna e potencializa o aproveitamento da palha para fins energéticos e de conservação das características estruturais do solo.

No que diz respeito aos subprodutos da cana, a indústria sucroalcooleira mostra-se bem sucedida no seu reaproveitamento, reduzindo os impactos ambientais, aumentando a eficiência e competitividade do setor. O bagaço, principal resíduo sólido, é empregado na cogeração de energia.

²⁹ De acordo com a Resolução ANP nº 40, de 25/10/2013, a gasolina A é um combustível produzido a partir de processos utilizados nas refinarias, nas centrais de matérias-primas petroquímicas e nos formuladores, destinado aos veículos automotivos dotados de motores de ignição por centelha, isento de componentes oxigenados.

³⁰ Protocolo Etanol Mais Verde, assinado em junho de 2017 entre o Governo do Estado de São Paulo, representado pela Secretaria do Meio Ambiente, Secretaria da Agricultura e Abastecimento e pela Companhia Ambiental Paulista – CETESB, e pelo Setor Sucroenergético.

Sua queima gera energia térmica e elétrica, cujo excedente é comercializado para a rede, sobretudo pelas usinas mais eficientes.

Em 2017, a área colhida de cana no país dedicada à produção de açúcar e etanol³¹ foi de 8,7 milhões de hectares. A maior parte se concentra na região Sudeste (62%) e Centro-Oeste (21%) (CONAB, 2018), exatamente onde está a maior concentração de usinas em atividade, conforme Figura 10.

O cenário de oferta de etanol do PDE 2027 prevê expansão da produção em aproximadamente 49% no horizonte decenal, passando de cerca de 30 bilhões de litros, em 2018, para aproximadamente 44 bilhões de litros, em 2027. Espera-se no horizonte decenal impacto positivo da Política Nacional de Biocombustíveis³², conhecida como RenovaBio, na oferta de etanol. Além de fomentar a expansão dos biocombustíveis, o RenovaBio estabelece padrões mais sustentáveis ao processo produtivo (Embrapa, 2018), como detalha o Box 2.

BOX 2 – O RENOVABIO E OS CRITÉRIOS AMBIENTAIS DE ELEGIBILIDADE AO PROGRAMA

O RenovaBio é a nova Política Nacional de Biocombustíveis, aprovada pela lei 13.576/2017, que 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.

A meta nacional é definida pelo CNPE e a ANP é responsável pelo seu desdobramento em metas individuais para os distribuidores de combustíveis. O cumprimento da meta se dará a partir da compra do Crédito de Descarbonização por Biocombustíveis (CBIO), emitido pelos produtores certificados.

A participação dos produtores de biocombustíveis no processo de certificação é de caráter voluntário e, a partir da sua adesão, deve-se atender a critérios ambientais de elegibilidade, principalmente no que diz respeito ao uso da terra.

Alinhados às políticas e instrumentos nacionais de ordenamento territorial, esses critérios focam no controle da supressão de áreas de vegetação nativa e da expansão das culturas energéticas para áreas ambientalmente sensíveis, sem a necessidade de quantificação de mudanças do uso da terra (MUT) direta e indireta.

Dessa forma, segundo a Nota Técnica RenovaCalcMD da Embrapa, somente poderá ingressar no RenovaBio o Emissor Primário:

- cuja biomassa seja oriunda de área de produção não localizada em área onde tenha ocorrido supressão de vegetação nativa a partir da data de promulgação da Lei 13.576/2017;
- cujo fornecimento nacional de biomassa seja oriundo de imóvel rural com o CAR com status ativo ou pendente;
- que esteja em conformidade com o Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar (ZAE Cana) e com Zoneamento Agroecológico para a Cultura da Palma de Óleo (ZAE Palma de Óleo).

³¹ As demais áreas são destinadas principalmente à produção de cachaça. Também inclui áreas para outros usos da cana-de-açúcar e que estão em reforma.

³² Aprovada pela Lei nº 13.576/2017

As usinas planejadas para atender o aumento da oferta de etanol estão localizadas nas regiões Centro-Oeste, oeste de Minas Gerais e noroeste do Paraná. Serão 20 usinas no total, sendo 11 de cana, 4 de milho e 5 flex³³ (cana e milho). Em sua maioria ocupam áreas de alta e média aptidão agrícola para cana-de-açúcar (Embrapa, 2009). A Figura 10 apresenta a concentração das usinas em operação através do diferencial de cores, assim como a localização das usinas planejadas (em implantação, reativação e previstas para entrada em operação) no horizonte decenal, sinalizando as zonas de expansão.

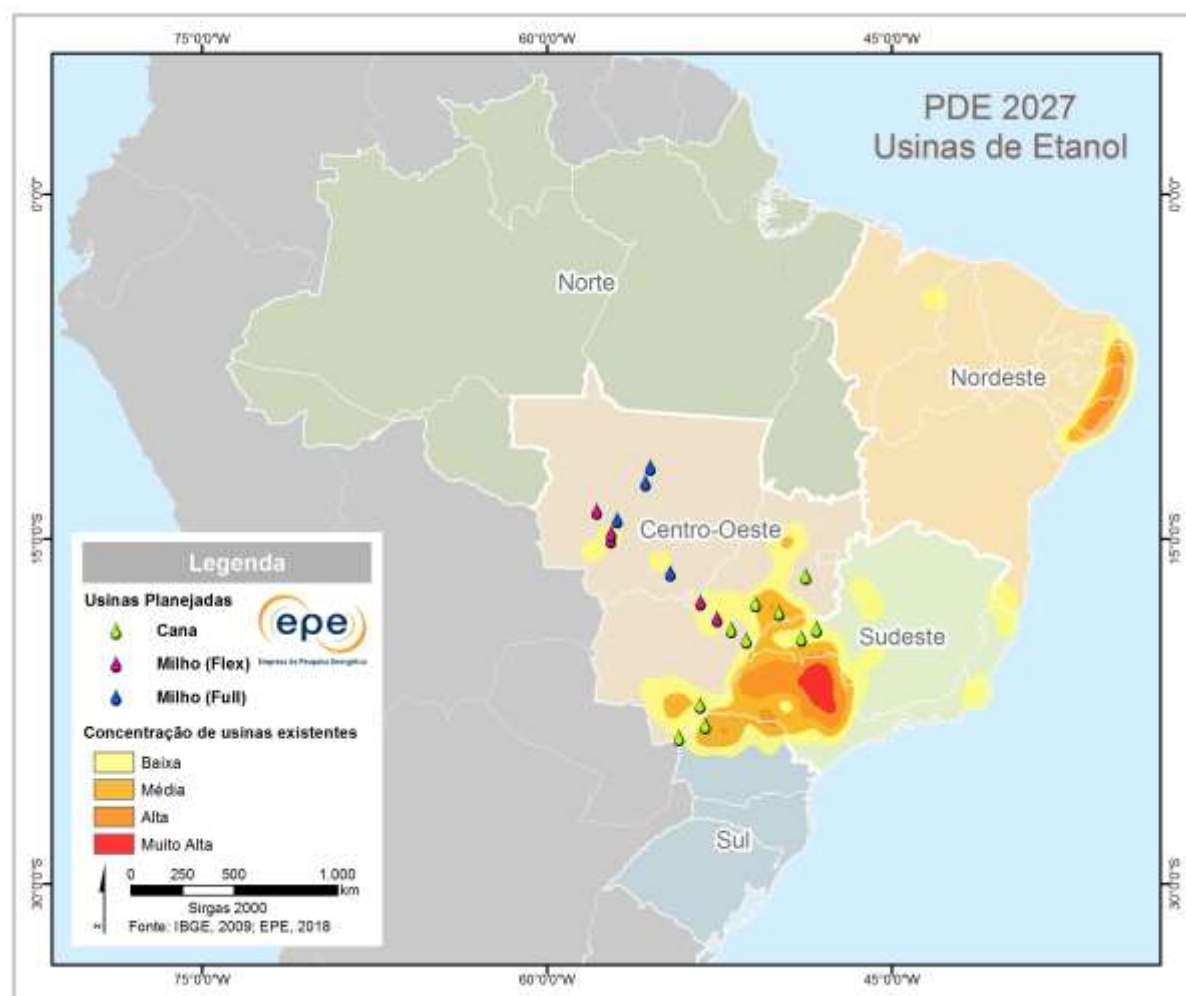


Figura 10 – Concentração de usinas de etanol existentes e localização das usinas planejadas

As novas usinas (projetos) estão localizadas principalmente nas áreas limítrofes de baixa e média concentração de usinas existentes, conforme ilustrado na Figura 10, sinalizando certo nível de saturação nas regiões de concentração alta e muito alta, situadas majoritariamente em São Paulo. Verifica-se dessa forma, que a expansão do setor ocorre basicamente na região Centro-Oeste, que tem se mostrado viável também para a produção de etanol de milho. Com isso, projeta-se que a produção de etanol de milho alcance cerca de 2 bilhões de litros em 2027, aprox 4% da produção total de etanol.

³³ A usina flex utiliza da cana-de-açúcar durante a safra e milho na entressafra.

Conforme mostrado no capítulo 8 – Oferta de Biocombustíveis do PDE 2027, a área colhida com cana-de-açúcar exclusivamente para produção de açúcar e etanol é estimada em 9,9 Mha em 2027. Já a produtividade deve variar de 74,0 ton/ha em 2018 para 84,8 ton/ha em 2027, considerando a entrada de variedades mais produtivas.

As principais questões que permeiam a avaliação socioambiental da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar são: a geração de resíduos e subprodutos, a disponibilidade de recursos hídricos, e as questões associadas à mão de obra. No entanto, ao analisar a expansão sucroalcooleira no horizonte decenal, considerou-se a geração de resíduos como tema mais revelante.

A vinhaça é o principal efluente industrial e apresenta forte potencial poluidor caso disposto inadequadamente nos solos e recursos hídricos. Seu volume de produção é de cerca de 12 l/l de etanol, em média. Mantidos esses índices, em 2027 o volume estimado de produção de vinhaça será cerca de 532 bilhões de litros (532 milhões de m³). A principal solução que vem sendo adotada para sua destinação é o uso na fertirrigação dos canaviais, que traz ganhos de produtividade agrícola com redução do emprego dos fertilizantes tradicionais (derivados de petróleo) desde que seja aplicado corretamente. O biogás também se apresenta como solução para destinação da vinhaça. Apesar de ser produzida em pequena escala atualmente tem grande potencial de expansão. Além disso, outros subprodutos com potencial poluidor como torta de filtro, cinzas e fuligens também podem ser reaproveitados na lavoura desde que manejados de forma correta.

No entanto, cabe destacar que, ainda que a fertirrigação seja uma prática bem sucedida pelo setor, a técnica apresenta limitantes ambientais³⁴ e econômicos, como o custo do transporte para o local de aplicação, implicando em busca por melhorias ou novas soluções para o problema. Tendo em vista os volumes de etanol projetados no decênio, a questão dos resíduos gerados na atividade foi considerada relevante para as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, em que se prevê a maior parte da expansão, como pode ser verificado na matriz síntese da análise socioambiental integrada do PDE 2027 (Tabela 22).

Tabela 22 – Síntese da análise socioambiental do etanol do PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 Etanol	Não há projetos planejados	 Interferências inexpressivas			

Legenda



No que diz respeito ao consumo de água, no cultivo, espera-se que a irrigação permaneça prescindível. Já na fase industrial, o consumo de água decresceu rapidamente por força da legislação ambiental e da implantação do sistema de cobrança pela utilização de recursos hídricos (CNI, 2013).

³⁴ Norma Técnica Cetesb P 4.231, 3ª Edição, 2ª versão. Fevereiro de 2015.

O avanço da mecanização e a redução no consumo de água são fenômenos observados principalmente na região Centro-Sul, que hoje apresenta percentual de colheita manual de 3,6%. Como esta região concentra a maior parte da produção nacional, o impacto sobre o índice de mecanização no país é grande. Segundo a CONAB, o percentual de colheita mecanizada no Brasil foi 91% na safra atual. Na região Nordeste, entretanto, estes indicadores têm evoluído mais lentamente. Em alguns estados, o índice de mecanização é inferior a 10% - como Alagoas que registrou índice de colheita mecanizada de apenas 2,5% (CONAB 2018) -, e grande parte da colheita é realizada após a queima do canavial, com emissões significativas de material particulado. Contudo, com a baixa expectativa de crescimento do setor sucroalcooleiro no Nordeste, a qualidade do ar e o consumo de água foram consideradas questões pouco relevantes do ponto de vista da expansão no horizonte decenal.

O potencial de geração de empregos e as condições de trabalho na cadeia produtiva do etanol são os aspectos socioeconômicos relevantes para a análise da atividade sucroalcooleira. Especialmente no que diz respeito às condições de trabalho, a colheita manual da cana-de-açúcar é considerada como de alto risco para a saúde (RONQUIM, 2010). Nesse sentido, a substituição da colheita manual pela mecanizada tem reduzido o número de trabalhadores expostos a condições precárias de trabalho. Por outro lado, tem efeito direto na supressão de postos de trabalho. Em média uma colheitadeira substitui entre 80 e 100 trabalhadores (RONQUIM, 2010), o que tem reduzido a relação de trabalhador por tonelada de cana. Considerando que os trabalhadores dispensados têm baixa qualificação, o que leva a dificuldades para encontrarem oportunidades em outras áreas, os setores públicos e privados vem desenvolvendo programas para reinserção profissional dos trabalhadores do setor sucroenergético. Esses programas têm por objetivo treinar, capacitar e formar os profissionais para novas atividades do setor, bem como para outras atividades da economia, de acordo com as características locais dos municípios onde atuam (VIEIRA, 2016).

Segundo dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2018), o setor registrou em 2016 cerca de 518 mil empregos em todo país, somando-se os empregos do cultivo e do processamento de cana para açúcar e etanol. Considerando a redução do coeficiente de trabalhadores por tonelada de cana produzida e a projeção de sucroalcooleira para o horizonte decenal, estima-se que o setor possa atingir pouco mais de 540 mil empregos em 2027. Dessa forma, mesmo com o efeito da colheita mecanizada, estima-se um crescimento médio anual de 1,1% no número de empregos do setor, impulsionado pelo aumento da frota de veículos leves *flex-fuel* (demanda) e pelo aumento na produção de cana-de-açúcar (oferta). A Tabela 23 apresenta a estimativa de empregos ao longo do horizonte decenal.

Tabela 23 – Estimativa de empregos no cultivo de cana – Brasil

Ano	Produção (10 ⁶ t) ⁽¹⁾	Colheita mecanizada (%)	Total de empregos (mil)
2018	650,6	91,5%	484
2023	761,9	94,3%	492
2027	836,7	94,6%	540

Notas:

(1) Considerando a variação do índice de mecanização de 97% em 2017 até 100% a partir de 2021 para São Paulo; 96% em 2017 para os demais estados do Centro-Sul, atingindo 100% em 2024; e de 23% em 2017 até 33% em 2027 nas regiões Norte e Nordeste (EPE a partir CONAB, 2018)

(2) Considerando os seguintes dados de produtividade: colheita mecanizada: 300 t/dia por empregado; colheita manual: 8,7 t/dia por empregado; safra de 130 dias (Fonte: Instituto de Economia Agrícola, IEA/SP)

(3) Considerando indicador variável de emprego por tonelada de cana processada, com base na tendência dos últimos 10 anos (MTE, 2016) e a produção de cana-de-açúcar no horizonte decenal.

Fonte: Elaboração própria, com base em MTE, 2018; IBGE 2018; CONAB 2018; MAPA 2018.

A Tabela 24 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão do etanol no decênio.

Tabela 24 – Indicadores socioambientais do etanol em 2027

AMBIENTAIS	
Produção de vinhaça (milhões de m ³)	532
Captação de água (milhões de m ³) ⁽²⁾	418 a 937
Mecanização da colheita (%)	94,6
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos na produção sucroalcooleira	540.000
Empregos diretos por mil toneladas colhidas	0,64

Notas:

(1) O conjunto de usinas previstas abrange somente o horizonte de 2018 a 2023

(2) O limite inferior se refere a condição de redução do consumo de água para 0,5 m³/ton de cana. O limite superior considera a taxa de captação atual, de 1,12 m³/ton de cana.

Fonte: EPE, 2018

Os desafios socioambientais do setor se concentram principalmente na continuidade dos avanços obtidos na mecanização da colheita e na gestão dos insumos e resíduos.

A expansão da mecanização tem obstáculos a serem vencidos. Dentre eles, está o número de trabalhadores substituídos pela colheitadeira, que reduz de forma significativa a demanda por mão de obra. Outro aspecto importante é o descompasso entre a mecanização da colheita e do plantio. Enquanto a mecanização da colheita já supera os 90% na região Centro-Sul, a mecanização do plantio ainda se encontra abaixo dos 80% (EPE, 2018). Esse descompasso traz perdas de produtividade que devem ser superadas.

Na gestão de insumos e resíduos na etapa industrial os desafios se desdobram na contínua redução do consumo de água e na destinação adequada de vinhaça. Ainda que a evolução nos índices de consumo de água do setor seja notória é preciso considerar que o cenário de expansão prevê

aumento significativo no processamento de açúcar e álcool e que as usinas estão localizadas em áreas com bastante ocupação urbana e rural. Portanto, a questão dos recursos hídricos deve ser vista sob um prisma maior, considerando os múltiplos usos do recurso.

Já para a vinhaça deve-se priorizar a redução dos riscos de contaminação de água e solo por meio de incentivo à implementação de medidas adequadas de seu armazenamento e transporte, além do controle no seu uso na fertirrigação.

Outra possibilidade, assumida para fins de modelagem neste Plano, é a utilização da vinhaça para produção de biogás. O desenvolvimento de tecnologias de biodigestores possibilitará a destinação do resíduo para produção de eletricidade no período decenal.

4.3. Biodiesel

O biodiesel é um combustível renovável produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais. No Brasil é utilizado em mistura com óleo diesel derivado do petróleo, trazendo benefícios como menores emissões de gases poluentes³⁵ e de gases de efeito estufa (GEE) em relação ao diesel de petróleo puro. Quando produzido a partir de oleaginosas, o balanço de emissões de GEE pode ser considerado nulo, pois o carbono contido no combustível foi absorvido pela planta no processo de fotossíntese.

Destaca-se que a participação da agricultura familiar no Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) tem sido apontada como um vetor importante de inclusão social. De fato, o Selo Combustível Social (SCS) tem desempenhado papel importante na promoção da inclusão social por meio da agricultura familiar. A concessão do direito de uso do Selo permite ao produtor de biodiesel ter acesso às alíquotas de PIS/Pasep e Cofins com coeficientes de redução diferenciados para o biodiesel, que varia de acordo com a matéria-prima adquirida e região da aquisição, incentivos comerciais e de financiamento e participação em lotes exclusivos nos leilões da ANP.

Segundo a Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário da Casa Civil da Presidência da República (SEAD), pouco mais de 70 mil famílias e 79 cooperativas da agricultura familiar estão inseridas na cadeia produtiva do biodiesel nos arranjos do Selo Combustível Social que, em 2016, movimentou cerca de R\$ 4,3 bilhões em aquisições de matéria-prima dos produtores rurais (MDA, 2016). Em maio de 2018, 39 usinas eram detentoras do Selo Combustível Social (SEAD, 2018).

Importante destacar ainda os benefícios adicionais quando o biodiesel é produzido a partir do reaproveitamento de resíduos como o sebo bovino e o óleo de cozinha usado, pois agrega valor a esses rejeitos e oferece uma destinação mais adequada. Especialmente considerando que a aplicação tradicional do sebo bovino não absorve toda a produção nacional³⁶ e que existe grande potencial para a utilização de óleo de cozinha usado. Para tal, o incentivo à logística de coleta é fundamental para aumento da sua participação no *mix* de matéria-prima.

³⁵ Exceto óxidos de nitrogênio (NOx).

³⁶ De acordo com IBGE (2018), em 2017, foram abatidos quase 31 milhões de cabeças de gado, o que gera aproximadamente 617 milhões de quilos (estimativa baseada na produção de 20 kg de sebo/cabeça).

Desde o lançamento do PNPB, em 2004, o percentual mínimo de biodiesel misturado ao óleo diesel comercializado vem crescendo gradualmente, o que consequentemente aumenta sua produção. Atualmente, desde março de 2018 a Lei nº 13.263/2016 modificou a adição para 9%, e em 2019 deverá ser de 10%. Adicionalmente, o lançamento recente da Política Nacional de Biocombustíveis³⁷, conhecida como RenovaBio, incentiva a expansão da produção de biocombustíveis no Brasil e traz a oportunidade de cumprir os compromissos assumidos na COP21, como apresenta o Box 2.

De acordo com o Anuário estatístico da ANP, em 2017, a produção nacional foi de 4,3 milhões de m³, correspondente a 56,2% da capacidade instalada das 51 usinas do país. O óleo de soja foi o material graxo predominante para a sua produção, atingindo 71,6%, seguido pelo sebo bovino com 16,3% do total (ANP, 2018).

No horizonte decenal do PDE 2027 está prevista a instalação de três novas usinas e a ampliação de três usinas para atender à demanda de biodiesel do país. A Figura 11 apresenta a localização das usinas planejadas e a produção de soja por município no ano de 2016.

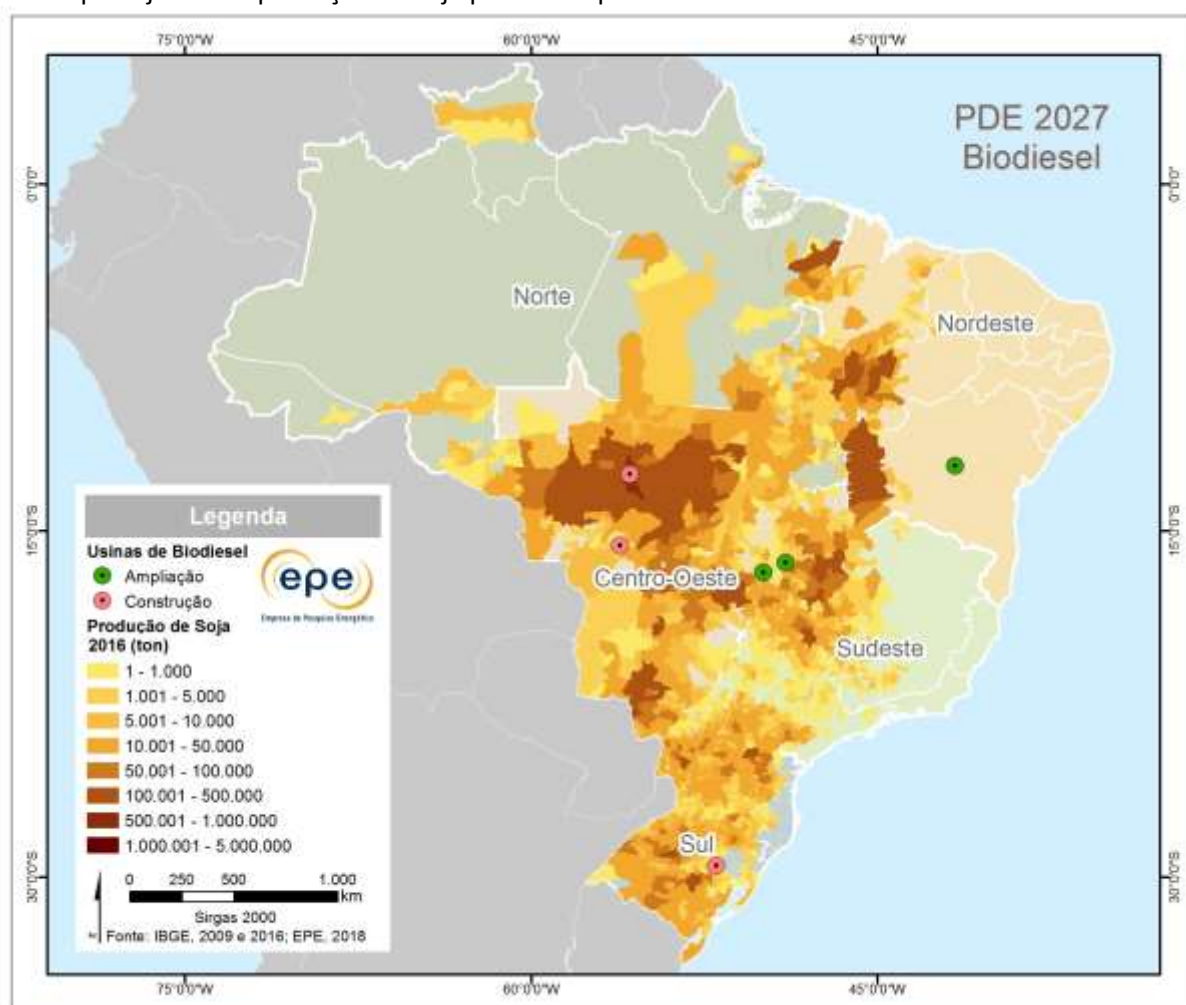


Figura 11 – Produção de soja por município e usinas de biodiesel em operação em 2016

A seguir é descrita a análise de impactos socioambientais regionais reais e potenciais da expansão do biodiesel no horizonte do PDE 2027. Esta análise busca sinalizar as principais questões de

³⁷ Aprovada pela Lei nº 13.576/2017.

abrangência regional que deverão ser foco de gestão por parte do poder público e dos empreendedores.

Os principais impactos ambientais da cadeia produtiva do biodiesel estão na fase agrícola, especialmente quando se considera a monocultura de soja, e são associados a fatores como desmatamento extensivo, contaminação de águas e de solos por defensivos agrícolas e herbicidas, erosão e compactação de solos. Apesar disso, é preciso considerar que a soja não é plantada exclusivamente para produção de biodiesel. Na realidade, o óleo de soja utilizado para produção de biodiesel é um subproduto do setor de sojicultura e, portanto, não se pode atribuir os impactos da agricultura da soja integralmente à produção de biodiesel.

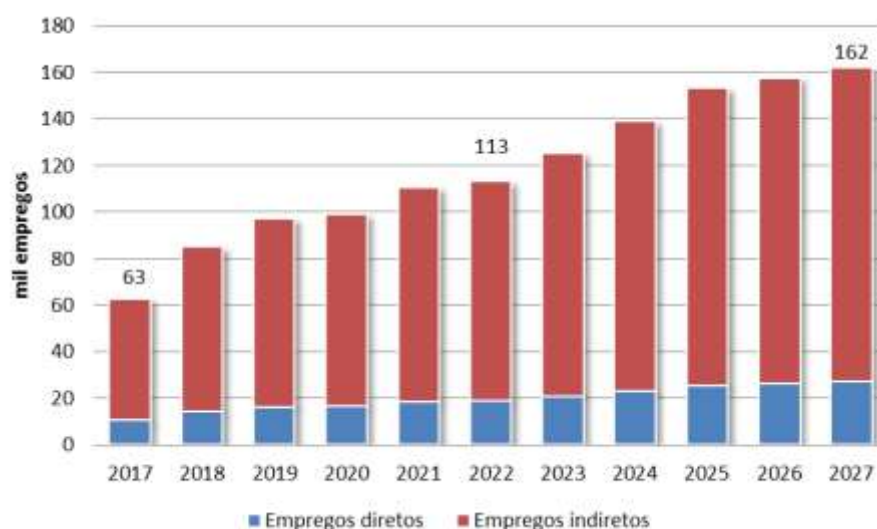
Na etapa industrial os impactos e riscos estão relacionados ao manuseio de compostos perigosos (como ácidos, bases e metanol – altamente tóxico), possibilidade de contaminação de recursos hídricos e solo por efluentes líquidos ou vazamentos de produtos e insumos, destinação inadequada de resíduos, efluentes e coprodutos, principalmente a glicerina que é gerada em quantidades expressivas. Ressalta-se que os impactos diretos relativos à unidade industrial são de abrangência local e, em geral, de fácil gerenciamento.

No horizonte do PDE 2027, estima-se a produção acumulada de aproximadamente 8,9 milhões de toneladas de glicerina (100 g/ℓ de biodiesel). Para ampliar o seu mercado e agregar valor comercial, o aumento do grau de pureza da glicerina é um fator fundamental. Entretanto o processo de tratamento é custoso, sendo um investimento difícil principalmente para os pequenos produtores. A glicerina pura tem maior valor de mercado e pode ser aplicada na indústria química, alimentícia e farmacêutica. Ressalta-se que estão sendo estudados outros usos devido ao grande volume derivado da produção de biodiesel. Algumas alternativas seriam o uso para enriquecimento de rações, a recuperação de óleo em poços maduros de petróleo, obtenção de biogás a partir de sua fermentação e produção de plásticos.

Os aspectos socioeconômicos da produção do biodiesel compreendem, dentre outros fatores, o potencial de postos de trabalho gerados em decorrência da atividade e a possibilidade de maior inclusão de agricultores familiares em sua cadeia produtiva.

Em 2027, considerando a evolução da oferta de biodiesel, estima-se que o número de empregos do setor cresça substancialmente, atingindo cerca de 162 mil empregos em 2027, como mostra o Gráfico 1. Observa-se maior projeção de empregos como reflexo do aumento do percentual obrigatório da mistura de biodiesel para 10% e do RenovaBio. É importante ressaltar que a maioria dos empregos gerados são indiretos. Os empregos diretos no processamento de biodiesel somam mais de 27 mil em 2027.

Gráfico 1 – Estimativa de geração de empregos pela produção de biodiesel



Nota: Considerando 200 postos de trabalho para cada 100 milhões de litros de biodiesel produzido por ano e cinco postos indiretos de trabalho para cada emprego direto criado.

Fonte: EPE.

A Tabela 25 sintetiza os principais indicadores socioambientais da expansão do biodiesel no decênio.

Tabela 25 – Indicadores socioambientais do biodiesel

AMBIENTAIS	
Produção de glicerina como coproduto da produção de biodiesel	811
(média anual, mil toneladas)	
SOCIOECONÔMICOS	
Empregos diretos na produção de biodiesel (média anual)	21 mil
Empregos indiretos na produção de biodiesel (média anual)	103 mil

Fonte: EPE, 2018.

Na política de promoção do biodiesel ainda permanecem alguns desafios a serem superados, especialmente a diversificação da matriz de matérias-primas graxas e o aumento da participação da agricultura familiar na cadeia produtiva. Além disso, há o desafio do aumento da participação de combustíveis renováveis na matriz energética para reduzir as emissões de GEE, principalmente do setor de transportes.

No curto prazo, a soja é a única matéria-prima capaz de atender o aumento do mandato estipulado por lei. Dada esta restrição, existem duas possibilidades no complexo da soja para atender a nova demanda sem comprometer o consumo alimentício doméstico. A primeira seria reduzir a exportação de óleo de soja em detrimento da produção de biodiesel – como vem ocorrendo nos últimos anos. A segunda seria aumentar a quantidade de soja processada, o que implica em menor exportação da soja em grão, destinando mais óleo para produção de biodiesel.

É importante ressaltar que ainda há barreiras que fazem com que a participação de outras matérias-primas não residuais evolua em ritmo lento. Citam-se: 1) a necessidade de maior geração e difusão

de tecnologias para a produção de oleaginosas, exceto a soja, estruturando uma rede de pesquisas e propiciando um cenário favorável para o aumento da produtividade da agricultura familiar no setor; 2) a necessidade de reformulação tributária beneficiando empresas detentoras do Selo Combustível Social; e 3) o estabelecimento de iniciativas de organização econômica da agricultura familiar em regiões mais fragilizadas como pelo Arranjo Produtivo Local (APL).

Acredita-se que nos horizontes de médio e longo prazos, a palma de dendê apresente grande potencial para contribuir diretamente com as diretrizes do PNPB, uma vez que a cultura tem alta produtividade e pode assim aumentar a disponibilidade de matéria-prima; é intensiva em mão de obra, sugerindo maior participação da agricultura familiar; e tem potencial para aumentar a participação das regiões Norte e Nordeste no Programa, devido às condições edafoclimáticas necessárias ao seu desenvolvimento.

Entretanto, o sucesso da palma no aumento da oferta de biodiesel no horizonte decenal depende ainda de programas governamentais como o Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo (Propalma), cujo objetivo é ordenar a expansão da cultura da palma, garantir a competitividade do setor com investimentos em pesquisa e aumentar a renda de agricultores familiares.

Já no reaproveitamento do sebo e do óleo de cozinha usado para produção de biodiesel o principal desafio reside na logística de coleta e destinação ao produtor, especialmente para o óleo de cozinha.

Sobre o aumento da participação da agricultura familiar para a redução das desigualdades regionais, existe a Câmara Técnica de Avaliação e Acompanhamento do Selo Combustível Social, criada pela Portaria MDA nº 80/2014, com o objetivo de monitorar a participação da agricultura familiar no PNPB e auxiliar no aperfeiçoamento do Selo e nas avaliações de demandas e propostas. Recentemente, a Portaria Sead nº 512/2017 foi publicada estabelecendo novos critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo, contemplando vários aspectos na relação com os agricultores familiares, tais como aquisição de percentual mínimo de matéria-prima, celebração de contratos de compra e venda, garantia de capacitação e assistência técnica aos contratados e, em função da obrigatoriedade, inscrição dos agricultores familiares no cadastro ambiental rural.

Um ponto importante relativo ao aumento do mandatório e consequentemente da produção de biodiesel se refere ao melhoramento das condições de logística de distribuição. Ao contrário do etanol, que concentra a maior fatia de produção no Sudeste (principal centro consumidor de combustíveis), os maiores produtores de biodiesel localizam-se nas regiões Centro-Oeste e Sul. Na atual estrutura de distribuição de soja, entre óleo e biodiesel, predomina amplamente o modal rodoviário, ineficiente do ponto de vista econômico, energético e ambiental. Neste caso, investimentos em infraestrutura ferroviária e hidroviária são importantes para que a soja e seus derivados cheguem aos principais centros consumidores com preços mais competitivos e com menor custo ambiental.

Sobre a redução das emissões de GEE pelo aumento da participação de biocombustíveis, foi aprovada pela Lei nº13.576/2017 a nova Política Nacional de Biocombustíveis, conhecida como

RenovaBio, que busca fomentar a expansão dos biocombustíveis em padrões mais sustentáveis (MME, 2018). Saiba mais no Box 2.

A Tabela 26 apresenta a matriz síntese da análise socioambiental integrada do PDE 2027 para o Biodiesel. Como pode ser visto, não foram identificados temas socioambientais relevantes.

Tabela 26 – Síntese da análise socioambiental do biodiesel no PDE 2027

Regiões → Projetos ↓	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste	Centro-Oeste
 Biodiesel	Não há projetos planejados	 Interferências inexpressivas	 Interferências inexpressivas	Não há projetos planejados	 Interferências inexpressivas

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

UHE

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2018. **Banco de Informações de Geração – BIG**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 20 ago. 2018.

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>.

_____. **Metodologia para avaliação processual de usinas hidrelétricas**. Nota Técnica. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

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

_____. **Decreto nº 5.051, de 19 de abril de 2004**. Promulga a Convenção nº 169 da Organização Internacional do Trabalho - OIT sobre Povos Indígenas e Tribais. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5051.htm. Acesso em: 12 abr. 2016.

_____. 2010. **Decreto nº 7.342, de 26 de outubro de 2010**. Institui o cadastro socioeconômico para identificação, qualificação e registro público da população atingida por empreendimentos de geração de energia hidrelétrica, cria o Comitê Interministerial de Cadastramento Socioeconômico, no âmbito do Ministério de Minas e Energia, e dá outras providências.

_____. **Lei nº 12.678, de 25 de junho de 2012**. Dispõe sobre alterações nos limites dos Parques Nacionais da Amazônia, dos Campos Amazônicos e Matinguari, das Florestas Nacionais de Itaituba I, Itaituba II e do Crepori e da Área de Proteção Ambiental do Tapajós; altera a Lei no 12.249, de 11 de junho de 2010; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12678.htm. Acesso em: 12 abr. 2016.

_____. **Lei nº 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 set. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm>. Acesso em: 25 set. 2018.

_____. **Portaria Interministerial nº 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 abr. 2016.

_____. **Portaria Interministerial nº 340, de 1 de junho de 2012**. Estabelece competências e procedimentos para a execução do Cadastro Socioeconômico para fins de identificação,

quantificação, qualificação e registro público da população atingida por empreendimentos de geração de energia hidrelétrica, nos termos previstos no Decreto nº 7.342, de 26 de outubro de 2010. Disponível em: www.aneel.gov.br/cedoc/pri2012340.pdf. Acesso em: 12 abr. 2016.

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009. **Base Cartográfica Integrada ao Milionésimo**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2015.

PCH

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração - BIG**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 20 ago. 2018.

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Portaria nº 039/2017**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/LEGISLACAO/ARQ/PORTARIA039-2017.PDF>. Acesso em: 20 ago. 2018.

Termelétricas

ABCM. **Planta Piloto de Captura de CO2 entra em operação em julho**. Disponível em: http://carvaomineral.com.br/interna_noticias.php?i_conteudo=697. Acesso em: 20 ago. 2018.

ANEEL. **Banco de Informações de Geração - BIG**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso 20 ago. 2018.

BRASIL. **DECRETO LEGISLATIVO Nº 99, DE 2017**. Aprova o texto da Convenção de Minamata sobre Mercúrio, adotada em Kumamoto, Japão, em 10 de outubro de 2013.

CNEN. **Brasil pretende construir um depósito definitivo de rejeitos? Por quê?** Disponível em: <http://www.cnem.gov.br/perguntas-frequentes#33>). Acesso em: julho de 2018.

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

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

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Diretriz técnica Nº 01/2018** - Diretriz técnica que estabelece condições e os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos a serem adotados pela Fepam para fontes fixas e dá outras providências. Porto Alegre, RS. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/CENTRAL/DIRETRIZES/DIRET_TEC_01_2018.PDF. Acesso em: jul. 2018

MMA. **Convenção de Minamata**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/conven%C3%A7%C3%A3o-minamata>>. Acesso em: ago. 2018.

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.

UTE PAMPA SUL S.A. **Usina Termelétrica Pampa Sul - Relatório de Impacto Ambiental**. 2014. Disponível em: <www.ibama.gov.br>. Acesso em: jan. 2015.

Termelétricas a biomassa

ANEEL. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: ago. 2018.

BRASIL. **Lei nº 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.

MMA. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2012.

QUADROS, R. et al. **A Importância do Contexto Nacional Industrial na Adoção de Políticas para o Aproveitamento Energético do Biogás Oriundo dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Qualitas Revista Eletrônica, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 21-38, out. 2016. ISSN 1677-4280. Disponível em: <<http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/3055>>. Acesso em: 26 set. 2018.

YKS SERVIÇOS. **Estudo de impacto ambiental - EIA: UTE TERMOIRAPÉ I E II**. Volume I. Agosto de 2015.

Eólicas

ABEEÓLICA – Associação brasileira de energia eólica. **Boletim anual de geração eólica 2015**. 2016a. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/dados-abeeolica/>. Acesso em: 8 mar. 2017.

_____. **Relatório anual 2015: Trajetória de crescimento sustentável da fonte eólica**. 2016b. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/dados-abeeolica/>. Acesso em: 8 mar. 2017.

ANEEL. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: ago. 2018.

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

BRASIL. **Resolução nº 462. CONAMA, 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. 24 jul. 2014, Sec. 1, p. 96.

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) – UFRJ/COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2013.

ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras, 2011. **Base cartográfica dos limites das UCs Estaduais e Municipais.**

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

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Cartográfica Integrada ao Milionésimo.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2015.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade / Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres, 2016. **Relatório anual de rotas e áreas de concentração de aves migratórias no Brasil.** Diretoria de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade - Coordenação Geral de Manejo para Conservação. Cabelo, PB. Disponível em: www.icmbio.gov.br

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Delimitação das Terras Indígenas do Brasil.** Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>. Acesso em: ago. 2018.

LUCAS, M. DE *et al.* **Griffon vulture mortality at wind farms in southern Spain: Distribution of fatalities and active mitigation measures.** Biological Conservation, v. 147, n. 1, p. 184–189, mar. 2012.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Diretoria de pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres. **Relatório Anual de Rotas e Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil.** 2016.

_____. **Mapa de Unidades de Conservação Federais e Estaduais.** Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: ago. 2018.

PESTE, F.; PAULA, A.; SILVA, L. P.; BERNARDINO, J.; PEREIRA, P.; MASCARENHAS, M.; COSTA, H.; VIEIRA, J.; BASTOS, C.; FONSECA, C. & PEREIRA, M. J. R.. **How to mitigate impacts of wind farms on bats? A review of potential conservation measures in the European context.** Environmental Impact Assessment Review 51: 10–22, 2015.

SACRAMENTO, A. A. O. DO; ZUKOWSK JUNIOR, J. C.; VALDÉS, J. C. **Meio ambiente e a utilização de turbinas eólicas.** Revista Brasileira de Energia, v. 19, n. 1, p. 61–75, 2013.

SANO, H. **Governança no setor eólico brasileiro: o papel dos atores locais.** Brazil Windpower 2016.

SIMAS, M. S. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada** [s.n.], São Paulo, 2012.

TOLMASQUIM, M. (coord.) **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** EPE: Rio de Janeiro, 2016. 452p. Disponível em: www.epe.gov.br

Transmissão de Energia Elétrica

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017. **Resolução Autorizativa nº 6.796 de 21 de dezembro de 2017**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/rea20176796ti.pdf>. Acesso em: ago. 2018. _____. **Banco de Informações de Geração: BIG**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: ago. 2018.

FCP – Fundação Cultural Palmares, 2018. **Comunidades Remanescentes de Quilombo**. Informações atualizadas até 26/04/2018. Disponível em: <http://www.palmares.gov.br/comunidades-remanescentes-de-quilombos-crqs>. Acesso em: ago. 2018.

FUNAI – Fundação Nacional do Índio. **Delimitação das Terras Indígenas do Brasil**. 2018. Disponível em: <http://www.funai.gov.br/index.php/shape>. Acesso em: ago. 2018.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Mapa de Projetos de Assentamento**. 2018a. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/geodownload/geodados.php>. Acesso em: mai. 2018.

_____. **Mapa de Territórios Quilombolas**. 2018b. Disponível em: <http://acervofundiario.incra.gov.br/geodownload/geodados.php>. Acesso em: mai. 2018.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Mapa de Unidades de Conservação Federais e Estaduais**. 2018. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>. Acesso em: ago. 2018.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro** – Junho/2018. Brasília, 2018. 31p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138781/0/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Junho+-+2018.pdf/aa4afc13-033d-4540-8e3b-c33b1c5af95a>. Acesso em: ago. 2018.

Produção e Oferta de Petróleo, Gás Natural e Derivados

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2018 - Dados do desempenho das indústrias do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis e do sistema de abastecimento nacionais no período 2008-2017**. Seção 2 - Indústria Nacional do Petróleo e Gás Natural. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-2018#Se%C3%A7%C3%A3o%202>. Acesso em: 24 jul. 2018.

BIODINÂMICA/PETROBRAS. **Relatório de Impacto Ambiental do Gasoduto Japeri-Reduc**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **Estudo de Impacto Ambiental do Gasoduto Caraguatatuba-Taubaté**. São Paulo, 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Boletim de exploração e produção de petróleo e gás natural**. Edição 05-2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/2533848/Boletim+de+Explora%C3%A7%C3%A3o+e+Pro>

du%C3%A7%C3%A3o+de+Petr%C3%B3leo+e+G%C3%A1s+Natural+ano+2017/e570ced2-86e2-485b-85a0-2c8d0407b945?version=1.0 Acesso em: jul. 2018.

_____. Conselho Nacional de Política Energética – CNPE. **Resolução nº 17, de 8 de junho de 2017: Estabelece a Política de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural.** 2017a.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. **Resolução nº 482, de 3 de outubro de 2017: Dispõe sobre a utilização da técnica de queima controlada emergencial como ação de resposta a incidentes de poluição por óleo no mar.** 2017b.

_____. Ministério de Minas e Energia; Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; Empresa de Pesquisa Energética. **Gás para crescer – Diretrizes Estratégicas.** Versão beta. 2016.

_____. **Portaria Interministerial MME/MMA 198/2012.** Institui a Avaliação Ambiental de Área Sedimentar – AAAS. DOU, 05 abr. 2012, p. 98-99.

ELETRONBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras, 2011. **Base cartográfica dos limites das UCs Estaduais e Municipais.**

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Abordagem socioambiental da expansão da Produção de Petróleo e Gás Natural.** Nota Técnica DEA 29/2014. Rio de Janeiro, 2014a. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>.

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, 2018. Disponível em: <http://mapas.funai.gov.br>. Acesso em: ago. 2018.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis. **Mapeamento Ambiental para Resposta à Emergência no Mar.** Acordo de Cooperação Técnica. 2013. Disponível em: <http://www.marem-br.com.br/webapp/index.html>. Acesso em: 18 jul. 2018.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Mapa de Unidades de Conservação Federais e Estaduais.** 2018. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em: ago. 2018.

MME – Ministério de Minas e Energia, 2017. **Grupo de trabalho do programa de revitalização das atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural em áreas terrestres – REATE.** Brasília, 2017 Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/REATE+Relat%C3%B3rio+Final+Revisado+03out17+publicado____.pdf/eb110c91-4afe-4571-ba80-138e58626898 Acesso em: ago. 2018

MME – Ministério de Minas e Energia, 2018. **Portaria nº 17, de 17 de janeiro de 2018.** Institui o Programa de Revitalização das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres – REATE.

PROMIMP – Programa de Mobilização da Indústria Nacional de Petróleo e Gás. **Aproveitamento de hidrocarbonetos em reservatórios não convencionais no Brasil**. Comitê Temático de Meio Ambiente 09. CTMA/PROMIMP - Projeto MA 09. Brasília: PROMIMP, mai. 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/wwwanp/notas-tecnicas>. Acesso em: fev. 2017.

PETROBRAS. **Mudanças no Clima**. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/sociedade-e-meio-ambiente/meio-ambiente/mudancas-do-clima/> Acesso em: ago. 2018.

USEPA – United States Environmental Protection Agency, 2015. **AP 42, Chapter 5: Petroleum Industry**. Fifth Edition, Volume I. Disponível em: <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch05/index.html> Acesso em: ago. 2018.

Etanol

CETESB. **Norma Técnica CETESB – P 4.231 de janeiro de 2005. Vinhaça - Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola**.

CNI. **Água Indústria e Sustentabilidade**. Brasília, 2013.

EMBRAPA. **RenovaCalcMD: Método e ferramenta para a contabilidade da Intensidade de Carbono de Biocombustíveis no Programa RenovaBio**. 2018

EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro, 2009.

EPE. **Nota Técnica Cenários para Exportação de Etanol para os EUA**. Rio de Janeiro, 2010.

EPE. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 2018.

CONAB. **Acomp. safra bras. cana, v. 5 - Safra 2018/19, n. 1** - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-62, 2018.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Produção Agrícola Municipal**. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612#resultado>. Acesso em: ago 2018.

IEA/SP. **Banco de Dados: mão de obra e produtividade na colheita**. Disponível em <<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>>. Acesso em: mar. 2015.

MAPA. **Produção Brasileira de Cana-de-açúcar, Açúcar e Etanol**. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-producao/PRODUOBRASILEIRADECANADEACARACAREETANOLatualizadoem19062018.pdf>> Acesso em: ago. 2018.

MTE. **Programa de disseminação das estatísticas do trabalho**. Disponível em <<http://bi.mte.gov.br/bgcaged/login.php>>. Acesso em: ago. 2018.

NETO, A. E. **Gestão dos Recursos Hídricos na Agroindústria Canavieira**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/documentos/documentos/sustentabilidade/>>. Acesso em: abr. 2016.

RONQUIM, C. C. **Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos**. Emprapa. Documentos 77, 2010.

VALOR ECONÔMICO. **Cortador de cana sobrevive à mecanização**. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/empresas/3070942/cortador-de-cana-sobrevive-mecanizacao>>. Acesso em: abr. 2016.

VIEIRA, D. A. F. **As relações entre capacitação de pessoas e operação de tecnologias agrícolas em empresas do setor sucroenergético**. Universidade Estadual Paulista. São Paulo. 2016. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/136403/vieira_daf_me_tupa.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

Biodiesel

ANP. **Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2018**. Junho de 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> Acesso em: ago. 2018.

BRASIL. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências.

_____. **Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016**. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional.

MME – Ministério de Minas e Energia. **RenovaBio**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/instrumentos>. Acesso em: ago. 2018.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Benefícios Ambientais da Produção e do Uso do Biodiesel**. 1ª Edição. Brasília, 2013.

SEAD – Secretaria Especial da Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário. **Balanço do Selo Combustível Social – Ano 2016**. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/>> Acesso em: ago. 2018.

_____. **Portaria nº 512, de 5 de setembro de 2017**. Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo Combustível Social.

_____. **Relação das Empresas com Selo Combustível Social**. Maio de 2018. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/>> Acesso em: ago. 2018.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Portaria nº 80, de 26 de novembro de 2014**. Cria a Câmara Técnica de Avaliação e Acompanhamento do Selo Combustível Social.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA): Pesquisa trimestral do abate de animais**. Ano 2017. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: ago. 2018.

_____. **Sistema IBGE de Recuperação automática (SIDRA): Produção Agrícola Municipal**. Ano 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: ago. 2018.