

Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

ANÁLISE DE ESTUDOS AMBIENTAIS DE EMPREENDIMENTOS
FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO CENTRALIZADA NO BRASIL

Bruna Silva Cordeiro

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Monica Pertel

Coorientadora: Juliana Durão

RIO DE JANEIRO

Março de 2019

ANÁLISE DE ESTUDOS AMBIENTAIS DE EMPREENDIMENTOS
FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO CENTRALIZADA NO BRASIL

Bruna Silva Cordeiro

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

Prof^a. Monica Pertel, D.Sc.

Juliana Velloso Durão, D.Sc.

Prof. Renan Finamore, D.Sc.

RIO DE JANEIRO

Março de 2019

Cordeiro, Bruna Silva.

ANÁLISE DE ESTUDOS AMBIENTAIS DE
EMPREENDEMENTOS FOTOVOLTAICOS DE
GERAÇÃO CENTRALIZADA NO BRASIL / Bruna Silva
Cordeiro – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica,
2019.

XII, 55p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Monica Pertel e Juliana Durão.

Projeto de graduação – UFRJ/ Escola Politécnica /
Curso de Engenharia Ambiental, 2019.

Referências bibliográficas: p. 51-56.

1. Energia fotovoltaica 2. Estudos ambientais 3.
Empreendimento fotovoltaico 4. Avaliação de Impacto
Ambiental 5. Licenciamento ambiental.

I. Pertel, Monica; Durão, Juliana. II. Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de
Engenharia Ambiental. III. Título.

“A esperança faz sua própria magia.” (Laini Taylor)

*“Apesar de minha alma viver na escuridão,
se erguerá em plena luz
Amei demais as estrelas para temer a
noite.” (Sarah Williams)*

AGRADECIMENTOS

Risos. Surpresas. Conquistas. Realização. Descobertas. Aprendizagem. Estresse. Ansiedade. Dúvidas. Compõe-se assim uma jornada. Os altos e baixos só explicitam que estamos vivos. E assim se encerra um capítulo de uma história. É necessário encerramentos para novas jornadas.

O primeiro agradecimento é d'Ele, como sempre será. Deus, por quem eu sou, pela vida que tenho, pela família e amigos, pela jornada, pela presença a cada segundo de cada dia. Ele é o primeiro, pois é responsável por tudo que veio e que virá e por tudo a seguir aqui.

Agradeço aos meus pais, Jorgina e Mauricio. Sou abençoada por ter em minha vida pessoas que me ensinaram a sonhar, que me deixaram livre e à vontade para traçar meu rumo, independente do que quer que fosse, e por estarem ao meu lado com o mais incondicional amor e suporte. E mesmo assim nem todo o agradecimento do mundo será o suficiente.

Agradeço à minha avó Balbina e meu tio José Mauricio (*in memoriam*) por serem essenciais na construção do que sou hoje.

Agradeço aos meus amigos, sejam aqueles que conheço há vinte anos ou perto disso, os da faculdade, os do intercâmbio, aqueles mais recentes ou os mais inesperados (alô, Carona Marota!). Pelos conselhos, pelas palhaçadas, pelas aventuras, pelas histórias. E que venham mais.

Agradeço a Monica Pertel e Juliana Durão pelas dicas, pelas conversas e pelos ensinamentos. Tive a sorte de partilhar esse final de jornada com mulheres tão incríveis, pessoas que considero referências tanto profissional quanto pessoalmente. Espero ter deixado as duas orgulhosas.

Agradeço à Superintendência de Meio Ambiente da Empresa de Pesquisa Energética por ter sido um dos primeiros e sem dúvida o mais marcante passo na construção de uma carreira que, espero eu, seja além de realizadora. O estágio na SMA surgiu no momento exato em que eu mais precisava, mais uma prova de como Deus sabe o que faz. Nunca aprendi tanto num ano, seja na esfera pessoal e profissional, e esse período apenas reforçou o quanto eu adoro a área de energia e o quanto quero trabalhar nela. Fui abençoada com meu primeiro ambiente externo de trabalho e por ele ser tão leve, tão tranquilo e tão incentivador. Saio da empresa com meu nome estampado em publicações importantíssimas para o planejamento energético do Brasil e com meu primeiro artigo acadêmico, uma conquista que jamais esperei.

Obrigada especialmente a Katia Matosinho e André Cassino por terem me escolhido para esse estágio. Agradeço também a Leyla Ferreira, André Viola e novamente Juliana Durão, meus companheiros do grupo de estudos de energia solar fotovoltaica da EPE que foi a inspiração para este trabalho.

Agradeço a UFRJ e seus professores, tanto aqueles que diretamente fazem parte da Engenharia Ambiental ou não, mas que foram presentes no curso. Sou abençoada por ter estudado numa universidade pública de exímia qualidade, mesmo eu tendo me frustrado em diversos momentos. Que essa instituição nunca perca seu prestígio, mesmo no atual e possivelmente momento mais sombrio da história desse país, que possa perseverar, superar seus obstáculos e que seja cada vez mais um local constituído pelo povo e para o povo.

E aqui espero ter deixado minha marca. Que quem quer que leia não apenas aprenda, mas se sentia inspirado. Não somente com o tema ou a Engenharia Ambiental, mas a qualquer coisa. Que onde quer que eu vá – e, por que não, todos que aqui foram mencionados –, que levemos luz e esperança.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

ANÁLISE DE ESTUDOS AMBIENTAIS DE EMPREENDIMENTOS FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO CENTRALIZADA NO BRASIL

Bruna Silva Cordeiro

Março/2019

Orientadora: Prof^a. Monica Pertel

Coorientadora: Juliana Durão

Curso: Engenharia Ambiental

Em convergência com o Acordo de Paris, a oferta de energia fotovoltaica tem rapidamente crescido nos últimos anos no Brasil. Desde 2014, foram licitados empreendimentos para geração centralizada no país, visando abastecimento do SIN. Estimativas apontam que até 2027 a potência instalada da geração fotovoltaica atingirá 8,6 GW na matriz elétrica nacional. Considerada como de baixo potencial de impacto, a fonte ainda assim apresenta impactos ambientais que devem ser devidamente abordados nos estudos ambientais. Este trabalho objetivou analisar estudos ambientais de empreendimentos fotovoltaicos centralizados no Brasil, com foco na qualidade da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), à luz de regramentos legais pertinentes. Foi constatado que existe uma porcentagem preocupante de estudos que não realizam devidamente a AIA, não abordando efeitos sinérgicos e cumulativos, nem consideram os impactos do descomissionamento. Após a análise, conclui-se que há espaço para melhorias no conteúdo e na qualidade dos estudos e que o estabelecimento de diretrizes para licenciamento ambiental específico para a geração fotovoltaica seria um bom instrumento nesta direção.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica; Estudos ambientais; Empreendimentos fotovoltaicos; Licenciamento Ambiental; Avaliação de Impacto Ambiental.

Abstract of Monograph present to Poli/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for degree of Environment Engineer.

ENVIRONMENTAL STUDIES ANALYSIS OF CENTRALIZED GENERATION
PHOTOVOLTAIC PLANTS IN BRAZIL

Bruna Silva Cordeiro

March/2019

Advisors: Monica Pertel

Juliana Durão

Course: Environment Engineering

In convergence with the Paris Agreement, the supply of photovoltaic energy has rapidly grown over the latest years in Brazil. Since 2014, plants have been bid for centralized generation, aiming attendance to the country's interlinked system. Estimates point that in 2027 the installed power of photovoltaic generation will reach 8,6 GW in the national electric matrix. Considered to have low impact potential, photovoltaic energy still presents environmental impacts that must be thoroughly addressed in environmental studies. The purpose of this study was to analyze environmental studies of centralized photovoltaic plants, with focus on the quality of Environmental Impact Assessments, according to the relevant law. The results present that there is a worrying percentage of studies that do not make adequate Environmental Impact Assessment, do not approach cumulative and synergic effects nor consider decommissioning impacts. The study concluded that there is room for improvements regarding content and quality of environmental studies and the establishment of environmental licensing directives specific to photovoltaic generation would be a good tool in this direction.

Keywords: Photovoltaic energy; Environmental studies; Photovoltaic plants; Environmental Licensing; Environmental Impact Assessment.

Sumário

1. Introdução	1
1.1. Objetivo geral	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Organização	3
2. Revisão de literatura	5
2.1. Acordo de Paris	5
2.2. Energias renováveis	6
2.2.1. Energia solar.....	7
2.2.2. Panorama nacional da energia fotovoltaica.....	13
2.2.3. Impactos ambientais da energia fotovoltaica.....	17
2.3. Licenciamento ambiental	21
2.3.1. Licenciamento no setor elétrico.....	23
2.3.2. Licenciamento para energia solar	25
2.4. Avaliação de Impacto Ambiental.....	30
3. Metodologia	35
4. Resultados	38
5. Conclusão	49
6. Referências bibliográficas	51

Lista de Figuras

Figura 1: Exemplo de sistema de geração elétrica por energia termossolar.	8
Figura 2: Exemplo de uma usina fotovoltaica.....	9
Figura 3: Efeito fotovoltaico em uma célula.....	10
Figura 4: Composição de um módulo fotovoltaico.....	11
Figura 5: Principais componentes de cada tipologia de sistema fotovoltaico.	12
Figura 6: Processo hierarquizado de agrupamento para obtenção de um painel fotovoltaico.	12
Figura 7: Mapa da irradiação solar global no plano inclinado.....	14
Figura 8: Evolução dos preços médios e potências contratadas dos empreendimentos fotovoltaicos de cada leilão, desde 2014.....	16
Figura 9: Localização da expansão solar fotovoltaica planejada no período 2018 – 2027.	17
Figura 10: Esquema didático da diferença entre impacto cumulativo e sinérgico.....	33
Figura 11: Frequência dos 52 impactos padronizados nos estudos.	39

Lista de Quadros

Quadro 1: Quantidades comercializadas e preços de venda a cada leilão.....	15
Quadro 2: Impactos típicos e relevantes das fases de planejamento, construção e operação de usinas fotovoltaicas.....	19
Quadro 3: Impactos expressivos de empreendimentos fotovoltaicos.....	20
Quadro 4: Modalidades de licenciamento estadual para geração solar fotovoltaica....	30
Quadro 5: Questões incluídas em impactos indevidamente caracterizados.....	41
Quadro 6: Comparação entre os RAS selecionados com a Resolução CONAMA 279/01	46
Quadro 7: Pleno atendimento dos estudos aos pontos da CONAMA 279/01	47

Lista de Tabelas

Tabela 1: Frequência de estudos por estado	38
Tabela 2: Frequência de estudos com AIA por estado.....	38
Tabela 3: Frequência de tipologias de estudos com AIA.....	38
Tabela 4: Frequência com que os atributos da AIA foram avaliados nos estudos.....	42
Tabela 5: Classificação do atendimento dos estudos à Resolução CONAMA 279/01.	47

Lista de Siglas

ACR – Ambiente de Contratação Regulada
AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
AIN – área de intervenção
APP – Área de Proteção Permanente
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP – Conferência das Partes
CSP – *Concentrated Solar Power*
EAS – Estudo Ambiental Simplificado
EIA – Estudo do Impacto Ambiental
EMI – Estudo Ambiental para Atividades de Médio Impacto
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
EPI – Estudo Ambiental para Atividades de Pequeno Impacto
GEE – gás de efeito estufa
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IRENA – *International Renewable Energy Agency*
LAC – Licenciamento Ambiental Concomitante
LAI – Licença Ambiental de Instalação
LAO – Licença Ambiental de Operação
LAP – Licença Ambiental Prévia
LC – Lei Complementar
LER – Leilão de Energia de Reserva
LI – Licença de Instalação
LIO (Ceará) – Licença de Instalação
LIO (Mato Grosso do Sul) – Licença de Instalação e Operação
LO – Licença de Operação
LP – Licença Prévia
LU – Licença Unificada
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NDC – *Nationally Determined Contributions*
OTEC – *Ocean Thermal Energy Conversion*
PA – Projeto Ambiental
PDE – Plano Decenal de Expansão de Energia
PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente
PTA – Proposta Técnica Ambiental

RAP (Santa Catarina) – Relatório Ambiental Prévio

RAP (São Paulo) – Relatório Ambiental Preliminar

RAS – Relatório Ambiental Simplificado

RCA – Relatório de Controle Ambiental

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SIN – Sistema Interligado Nacional

UC – Unidade de Conservação

UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*

1. Introdução

Não há dúvidas de que a sociedade moderna necessita de energia para praticamente todas as atividades. A tendência dessa sociedade é continuar a se expandir e a se desenvolver, tornando-se ainda mais industrializada, tecnológica e globalizada. Igualmente aumenta-se a demanda por energia, em especial a elétrica.

Existe uma forte correlação entre energia e desenvolvimento. O aumento da disponibilidade e quantidade de energia de uma localidade tende a implicar em crescimento econômico, que por sua vez pode ser um indutor de maior qualidade de vida e desenvolvimento social (PSR CONSULTORIA, LEWE CONSULTORIA, 2016). No entanto, para que desfrutar desses benefícios, a localidade deve estar conectada à fonte e à geração de energia. A maior demanda de energia acompanha o desenvolvimento tecnológico, o crescimento industrial e a melhoria no padrão de vida (SIMABUKULO *et al.*, 2006). Diante disso, atender à crescente demanda de energia é primordial para que uma sociedade alcance seus objetivos do ponto de vista social, tecnológico e de inovação.

A questão da demanda crescente de energia, porém, tem se tornado um desafio complexo nas últimas décadas, impulsionado principalmente por problemáticas ambientais, como destruição de ecossistemas, poluição hídrica e atmosférica, degradação do solo e extinção de espécies. O crescimento de emissões de gases como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e clorofluorcarbonos (CFC), os chamados gases de efeito estufa (GEE), tem intensificado o fenômeno do efeito estufa, o que tem resultado no aquecimento global e, por consequência, em mudanças climáticas. Mais ainda, aponta-se o aquecimento global como principal responsável pela intensificação de catástrofes naturais extremas, como derretimento de calotas polares, furacões, secas e enchentes, desertificação e aumento do nível do mar (SILVA, MENEZES, 2007).

A exploração de fontes de energia fósseis (carvão, petróleo e gás natural), dominantes no sistema energético mundial, é responsável por expressiva emissão de GEE, e seu uso indiscriminado tem levantado críticas e preocupação.

Mundialmente, cerca de dois terços das emissões de GEE advém da produção e uso de energia (IRENA, 2017), o que coloca o setor energético na liderança dos esforços para combater as mudanças climáticas.

O caminho para limitar o aumento da temperatura global é reduzir as emissões de GEE, reforçado pelo Acordo de Paris, um documento firmado por diversos países para

responder à ameaça da mudança do clima (MMA, 2018). Uma das soluções propostas por ele é a utilização de fontes renováveis de energia. Elas expandiram-se consideravelmente nas últimas décadas, seja em pesquisas e em investimentos, o que gerou o surgimento de um novo nicho de mercado e novos tipos de indústria.

Com uma das matrizes energéticas mais limpas¹ do mundo, o Brasil atualmente tem 72,3% de sua capacidade instalada de geração elétrica composta por energias renováveis, sendo 63,9% advindo da energia hídrica, 7,8% de energia eólica e 0,6% de energia fotovoltaica (EPE, 2018a).

Assim, nota-se que o uso de energia renovável para a produção de eletricidade não é novo para o Brasil, uma vez que o desenvolvimento do país se baseou na utilização predominante de hidroeletricidade. Nos últimos dez anos, no entanto, a energia eólica e a solar fotovoltaica têm ganhado importância crescente, tornando-se viáveis econômica e efetivamente entrando na matriz elétrica nacional (MME/EPE, 2018).

Dentre elas, a energia eólica é a mais consolidada, inclusive já apresenta legislação federal própria para licenciamento de seus empreendimentos, a Resolução CONAMA 462/14 (BRASIL, 2014). No caso da energia solar fotovoltaica, a fonte começou a se desenvolver no país mais recentemente e ainda não possui uma legislação federal específica para direcionar seu licenciamento.

De acordo com o Plano Decenal de Expansão da Energia² 2027 (EPE, 2018c), a capacidade instalada da geração fotovoltaica na matriz elétrica brasileira atingirá 8,6 GW em 2027, tornando-a cada vez mais relevante para a oferta de energia renovável no país. Por mais que carregue a imagem de ser mais limpa e sustentável, a fonte apresenta impactos ambientais negativos e é imprescindível que eles sejam contemplados nos estudos ambientais, no processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) e, conseqüentemente, no licenciamento ambiental.

A partir do exposto, é de exímia importância avaliar a qualidade dos estudos ambientais de empreendimentos fotovoltaicos, que é o objetivo deste trabalho, além de apresentar um panorama crítico sobre este processo. Assim, espera-se contribuir com a ampliação de conhecimento sobre essa fonte renovável no país.

¹ Entende-se energia limpa como aquela que não libera poluentes causadores de efeito estufa na atmosfera durante sua geração. Não significa que não causa nenhum impacto ambiental.

² O PDE é um documento informativo voltado para toda a sociedade com indicação das perspectivas de expansão futura do setor de energia em um horizonte de dez anos (MME/EPE, 2018).

1.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal analisar o conteúdo dos estudos ambientais de empreendimentos fotovoltaicos no Brasil, vencedores dos Leilões de Energia, à luz de legislações pertinentes e sugerir boas práticas para o processo de licenciamento.

1.2. Objetivos específicos

- Levantamento de legislações estaduais que abordam energia solar para subsidiar posterior análise;
- Reunir os estudos ambientais dos empreendimentos fotovoltaicos vencedores dos leilões de energia de 2014 a 2018;
- Avaliação da qualidade das AIAs contidas nos estudos ambientais;
- Estabelecer critério técnico de seleção de estudos ambientais para análise;
- Avaliar os estudos selecionados à luz das legislações pertinentes, incluindo as estaduais;
- Sugerir boas práticas para o licenciamento ambiental de empreendimentos fotovoltaicos a partir da análise dos estudos ambientais.

1.3. Organização

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

No capítulo um, foram apresentados a introdução e os objetivos deste trabalho. Para atendê-los, pensou-se em responder as seguintes perguntas: Quais as implicações dos estudos do jeito que estão? As AIAs elaboradas estão de acordo com a legislação? O que falta nos estudos que consta na legislação? O que falta no arcabouço legal? À discussão caberá respondê-las.

O capítulo dois de revisão de literatura apresentará o Acordo de Paris e os conceitos de energias renováveis, em particular o de energia fotovoltaica. Além disso, abordará legislações pertinentes sobre licenciamento ambiental e Avaliação de

Impacto Ambiental, destacando aquelas que incluem empreendimentos de geração de eletricidade.

O capítulo três descreverá a metodologia usada para análise e atendimento dos objetivos propostos.

O capítulo quatro relatará os resultados. É nele que será abordado o objetivo principal, e a discussão responderá às perguntas supracitadas.

Por fim, no capítulo cinco realizam-se as considerações finais do trabalho.

2. Revisão de literatura

Este capítulo contextualiza a motivação do trabalho, além de oferecer subsídios para a análise dos capítulos seguintes.

2.1. Acordo de Paris

Em 2015, foi firmado o Acordo de Paris na 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC, convenção da ONU sobre mudanças climáticas, com o compromisso de manter o aumento em no máximo 2°C na temperatura média global em relação a níveis pré-industriais e envidar os esforços para limitar o aumento a 1,5°C (MMA, 2018; UNFCCC, 2019b). O objetivo principal é reduzir as emissões de GEE.

Além de fortalecer a resposta global à ameaça das mudanças climáticas, almeja-se também aumentar a habilidade dos países de lidar com seus respectivos impactos. O Acordo destaca outros aspectos importantes, tais como: melhorar a capacidade mundial de adaptar, reforçar resiliência e reduzir vulnerabilidade frente às mudanças climáticas; cooperação voluntária entre as partes; participação pública e acesso à informação sobre mudanças climáticas; dentre outros. Os países desenvolvidos também se comprometem a financiar medidas de combate a alterações climáticas em países em desenvolvimento (UNFCCC, 2019b).

O compromisso de redução de emissão é chamado NDCs – *Nationally Determined Contributions* (Contribuições Nacionalmente Determinadas, em português). Cada país participante do Acordo deve construir sua própria NDC, ou seja, estabelecer uma meta de redução de emissão, além de apresentar um plano de ação para atingi-la. O Acordo também oferece requisitos para avaliar e revisar o progresso das NDCs num mecanismo que exige das partes envolvidas atualizar continuamente seus compromissos, permitindo que ampliem suas ambições e aumentem as metas, a fim de evitar retrocessos. A cada cinco anos, contados a partir do início da vigência do documento, os governos comunicarão seus progressos e ocorrerão ciclos de revisão de seus objetivos (MMA, 2018; UNFCCC, 2019a).

Quanto ao papel do setor energético, a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA, em inglês) defende que, para atingir o objetivo do Acordo, é necessário aumentar para 65% até 2050 a participação das energias renováveis na oferta mundial de energia primária, em comparação com os 15% atualmente (IRENA,

2017). Isso porque os maiores emissores de CO₂ são geração de eletricidade e indústria, juntos responsáveis por 65% das emissões de CO₂ relacionadas à energia. Os 35% restantes vêm do transporte, construção e aquecimento (IRENA, 2017).

Em 2016, o Brasil ratificou o Acordo de Paris. As NDCs brasileiras visam reduzir as emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Assim, o país comprometeu-se, dentre outros, a alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030 (MMA, 2018).

2.2. Energias renováveis

Por definição, energias renováveis são aquelas geradas por fontes advindas de processos e recursos naturais continuamente reabastecidos em uma escala de tempo humana, como sol, água (doce e salgada), vento, biomassa e calor geotérmico.

A bioenergia se refere à combustão de biomassa, ou seja, plantas, animais e seus derivados. Sua utilização pode ser feita na forma bruta ou, após transformação, em biocombustível líquido e biogás. Tecnologias modernas incluem, por exemplo, biocombustíveis – bioetanol e biodiesel – produzidos do bagaço de cana e outras plantas e biogás produzido a partir da digestão anaeróbica de resíduos (IRENA, 2018).

A energia geotérmica é o calor derivado do interior da Terra. A água e/ou o vapor carregam a energia até a superfície. Dependendo de suas características, a energia geotérmica pode ser usada para aquecimento e resfriamento. Também pode ser direcionada para geração de eletricidade, porém nesse caso são necessários recursos de média ou alta temperatura, geralmente localizados próximos a regiões tectônicas ativas (IRENA, 2018).

A geração por fonte hídrica apenas se utiliza do movimento da água. O princípio da hidroeletricidade é usar água para girar turbinas, que se conectam a geradores e assim geram energia elétrica. Os tipos de usina podem ser com reservatório de regularização ou sem. Os reservatórios de regularização – seja de potência, vazão ou queda –, garantem maior confiabilidade e segurança na geração, servem para controle de cheias dos rios, além de conferir suporte à integração de fontes renováveis intermitentes, como solar e eólica (EPE, 2018c). Já as usinas sem regularização

podem apresentar reservatórios pequenos ou não apresentar qualquer reservatório. Essas últimas, também conhecidas como usinas a fio d'água, são projetadas para operar de modo a não interferir no curso dos rios, o que abre interpretação para que esse tipo de geração – que ocorre comumente em pequena escala – seja considerado mais ambientalmente adequado (IRENA, 2018).

A energia dos oceanos contempla uma gama de tecnologias. A geração advém de ondas (através da energia potencial devido à sua altura e energia cinética devido ao movimento da água), marés (através da exploração de subida e descida da maré, semelhante a uma hidrelétrica), correntes de marés (semelhante a turbinas eólicas), gradiente de salinidade (energia osmótica advinda da diferença de concentração de salinidade entre água marinha e água doce) e OTEC – *Ocean Thermal Energy Conversion*, conversão de energia térmica do oceano, numa tradução livre (usa a diferença de temperatura entre águas profundas mais frias e superfícies mais quentes para ativar uma máquina térmica e gerar eletricidade) (ECORYS, 2013).

Em diálogo com outras fontes, também é possível gerar energia eólica e solar nos oceanos (*offshore*), assim como a partir de biomassa marinha.

A energia eólica se baseia no uso da energia cinética do ar em movimento para produzir eletricidade. O vento gira as pás das turbinas, cujo eixo é ligado a um gerador.

Existem dois tipos de geração de energia elétrica através do sol. O primeiro é a termossolar, pautada na concentração de raios solares através de espelhos. Tais raios aquecem um fluido, que cria um fluxo até uma turbina e gera eletricidade (IRENA, 2018). Já o segundo é a geração fotovoltaica, cuja eletricidade advém da luz e será explorada no item posterior.

2.2.1. Energia solar

A energia solar, por ser a fonte contemplada neste trabalho, merece o devido destaque e aprofundamento, em especial a fotovoltaica.

De toda a energia solar que chega a Terra, aproximadamente metade atinge a superfície, o que totaliza cerca de 885 milhões de TWh/ano (IEA, 2014a), mais de 8.000 vezes o consumo final total de energia mundial em 2013 (IEA, 2015). Por isso a fonte solar é conferido o maior potencial técnico de aproveitamento frente a outras fontes renováveis (IPCC, 2012).

A energia solar se tornou mundialmente uma alternativa de suprimento elétrico devido a diversos fatores: rápida expansão da capacidade instalada nos últimos anos, atrelada à forte redução de custos; vasto potencial de aproveitamento; e a não emissão de poluentes durante a operação. Estima-se que, no longo prazo, parcela significativa da geração elétrica mundial total será proveniente do sol (TOLMASQUIM, 2016).

Na geração termossolar (conforme Figura 1), também chamada de heliotérmica ou CSP (*Concentrated Solar Power*), a energia solar é primeiramente convertida em energia térmica e depois em eletricidade. Seu funcionamento consiste em utilizar espelhos para concentrar a irradiação direta solar em um ponto focal, onde se localiza um receptor pelo qual passa um fluido absorvedor (óleos sintéticos, sal fundido ou vapor d'água). Em seguida, os fluidos aquecidos, caso o fluido de transferência de calor seja igual ao fluido de trabalho da turbina, são expandidos diretamente através da turbina ou aquecem outro fluido a ser expandido. A partir disso, o processo se assemelha bastante ao de uma termelétrica convencional que utiliza um conjunto turbina-gerador (TOLMASQUIM, 2016).

Existem duas possibilidades às plantas heliotérmicas devido à presença de uma etapa térmica no processo. A primeira é o armazenamento térmico (sal fundido, por exemplo) através de uma unidade incorporada, alternativa já disponível comercialmente há anos, ao contrário do armazenamento elétrico. Já a segunda é a hibridização com uma fonte auxiliar de calor, como biomassa. Tais possibilidades se configuram como vantagens, pois permitem estender o funcionamento da planta a períodos noturnos e/ou complementar a geração elétrica em momentos de baixa irradiação solar.

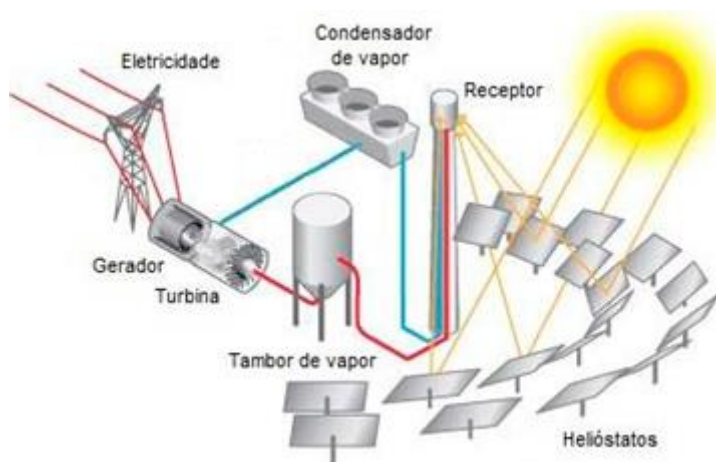


Figura 1: Exemplo de sistema de geração elétrica por energia termossolar. Fonte: GREENBRAS (2018).

Foco deste trabalho, o segundo tipo é a geração fotovoltaica (conforme Figura 2), que converte a luz do sol diretamente em eletricidade através de painéis. É a que mais vem conquistando mercado nos últimos anos, representando mais de 98% da capacidade instalada de energia solar no mundo em 2017 (IRENA, 2018).



Figura 2: Exemplo de uma usina fotovoltaica. Fonte: Horizonte Ambiental (2017).

A energia fotovoltaica é caracterizada por sua modularidade. Isso significa que permite sistemas de produção de energia com diferentes configurações e número de painéis, cujo porte varia desde produção de energia para uma residência até em grande escala para geração comercial.

Outra característica é sua intermitência. Ou seja, a geração não pode ser fornecida continuamente devido a fatores não controláveis, no caso, a presença de luz solar. É um desafio ao sistema elétrico a inserção em massa dessa fonte, pois ele deve ter condições de lidar com as súbitas variações da geração fotovoltaica.

O funcionamento de uma célula fotovoltaica tem como base o efeito fotovoltaico, conforme ilustrado na Figura 3. Por definição, ele é “o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz” (TOLMASQUIM, 2016).

Por sua vez, semicondutores “são caracterizados pela presença de bandas de energia onde é permitida a presença de elétrons (bandas de valência e bandas de condução) e de outra totalmente vazia (banda proibida ou *gap*)” (TOLMASQUIM,

2016). À temperatura ambiente, existe energia para que alguns elétrons atravessem o gap e passem para a banda de condução. Contudo, tal quantidade é pequena, e para a utilização do semiconductor na produção de eletricidade é necessário realizar o processo conhecido como dopagem, ou seja, adição de impurezas químicas para elevar, de forma controlada, um semiconductor à condição de condutor.

O semiconductor mais utilizado no mundo é o silício, devido à sua abundância na crosta terrestre. A dopagem ocorre com a introdução de átomos de boro e fósforo em cada metade de um “pedaço” de silício, formando o que se chama junção *pn*. Os elétrons livres do lado *n* (fósforo), onde há excesso, passam ao lado *p* (boro), onde há “buracos” a serem preenchidos. Desse modo, há um acúmulo de elétrons no lado *p*, tornando essa região negativamente carregada, e uma redução de elétrons no lado *n*, tornando-a eletricamente positiva. As cargas aprisionadas originam um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de mais elétrons do lado *n* para o lado *p*.

A luz é composta por partículas denominadas fótons. Se a junção *pn* for exposta a fótons com energia maior que o *gap* e numa região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas serão aceleradas, gerando uma corrente através da junção. Seu deslocamento dá origem a uma diferença de potencial, ou seja, o efeito fotovoltaico. Conectando-se as extremidades do “pedaço” de silício a um condutor, haverá circulação de elétrons.

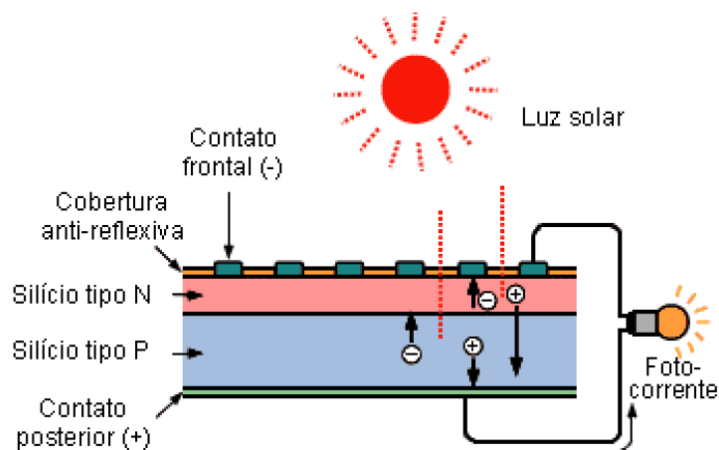


Figura 3: Efeito fotovoltaico em uma célula. Fonte: Tolmasquim (2016).

A potência máxima que é alcançada através da utilização de uma única célula fotovoltaica não excede, no geral, 3 W (CARNEIRO, 2010). Isso é insuficiente para a maioria das aplicações reais, e por isso as células são agrupadas, formando um módulo fotovoltaico. Além das células, o módulo é composto também por outros componentes, conforme a Figura 4.

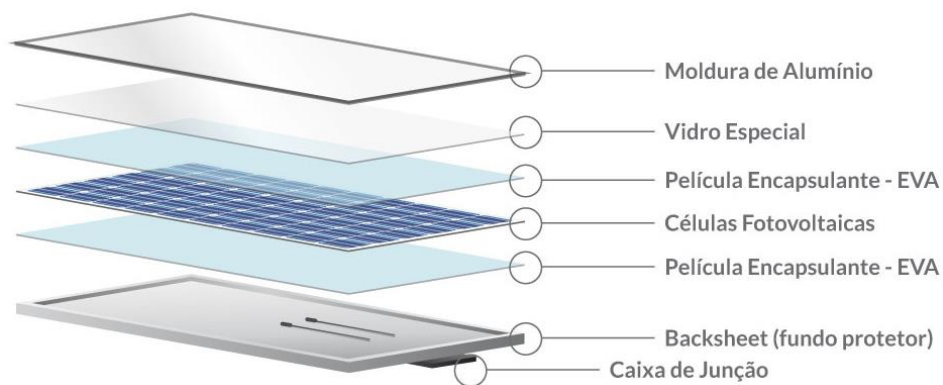


Figura 4: Composição de um módulo fotovoltaico. Fonte: BlueSol (2018).

As funções de cada camada são descritas a seguir (BLUESOL, 2018; CARNEIRO, 2010; TOLMASQUIM, 2016):

- Moldura – parte externa estruturante do módulo, confere rigidez mecânica e é através dela que é feita a fixação do módulo. Geralmente composta de alumínio por ser um material leve e resistente à corrosão;
- Vidro – protege as células e condutores do ambiente ao mesmo tempo em que permite a entrada de luz a ser convertida. É um vidro especial, resistente a impactos, antiaderente para evitar o acúmulo de sujeira e com uma camada anti-reflexiva e de superfície texturizada para evitar a reflexão de luz que o atinge;
- Encapsulante – filme que envolve as células, protegendo-as da umidade e dos materiais externos, além de otimizar a condução elétrica. O encapsulante mais utilizado é o EVA (acetato-vinilo de etileno);
- Célula fotovoltaica – componente eletrônico responsável pela conversão direta da energia eletromagnética em energia elétrica;
- *Backsheet* – parte inferior do módulo que previne a entrada de umidade e protege as células de elementos externos. Também oferece isolamento elétrico adicional.

A associação dos módulos ocorre tanto em série quanto em paralelo para formar os arranjos de geração com tensão e corrente desejadas. A geração é feita em corrente contínua, portanto, no geral é necessário o uso de um inversor para transformá-la em corrente alternada, que assim pode ser utilizada normalmente em aplicações convencionais. Em sistemas isolados, além dos equipamentos citados,

também há uso de baterias e controladores de carga para possibilitar o funcionamento do sistema. As diversas configurações estão esquematizadas na Figura 5.



Figura 5: Principais componentes de cada tipologia de sistema fotovoltaico. Fonte: Tolmasquim (2016).

O agrupamento de vários módulos fotovoltaicos é denominado painel fotovoltaico. São os painéis que ficam dispostos no terreno, conforme já retratado na Figura 6.

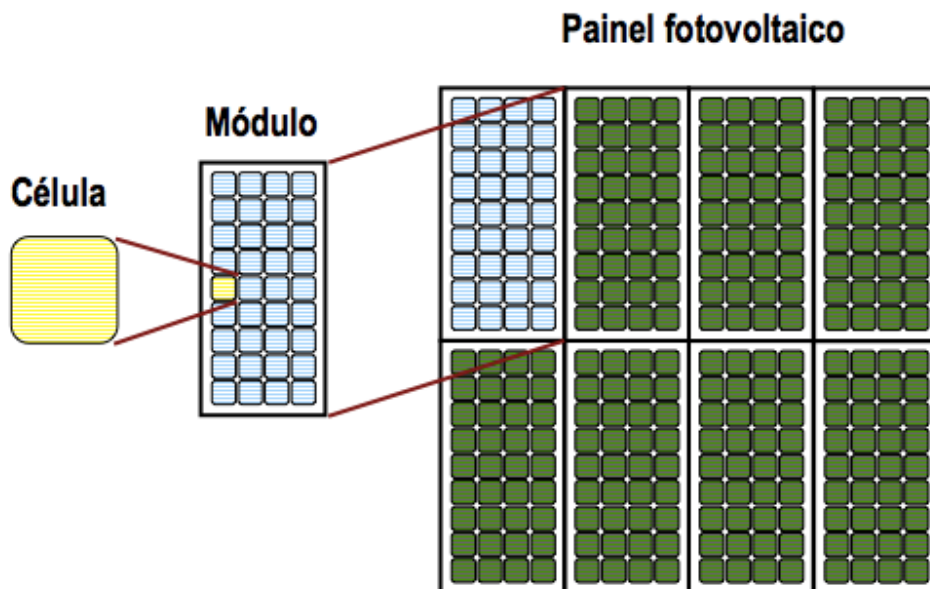


Figura 6: Processo hierarquizado de agrupamento para obtenção de um painel fotovoltaico. Fonte: Carneiro (2010).

Este trabalho abordará a geração centralizada, que se refere a empreendimentos ou parques fotovoltaicos compostos pelo conjunto de painéis, infraestrutura e componentes elétricos, conforme mais elaborado no próximo item.

2.2.2. Panorama nacional da energia fotovoltaica

O Brasil apresenta condições vantajosas para aproveitamento energético do recurso solar, devido à sua localização quase total na região entre os Trópicos de Câncer e de Capricórnio e da incidência mais vertical dos raios solares. Esta condição favorece elevados índices de incidência da radiação solar em quase todo o território nacional, inclusive durante o inverno.

A Figura 7 apresenta dados brasileiros de irradiação global adequado às aplicações fotovoltaicas.

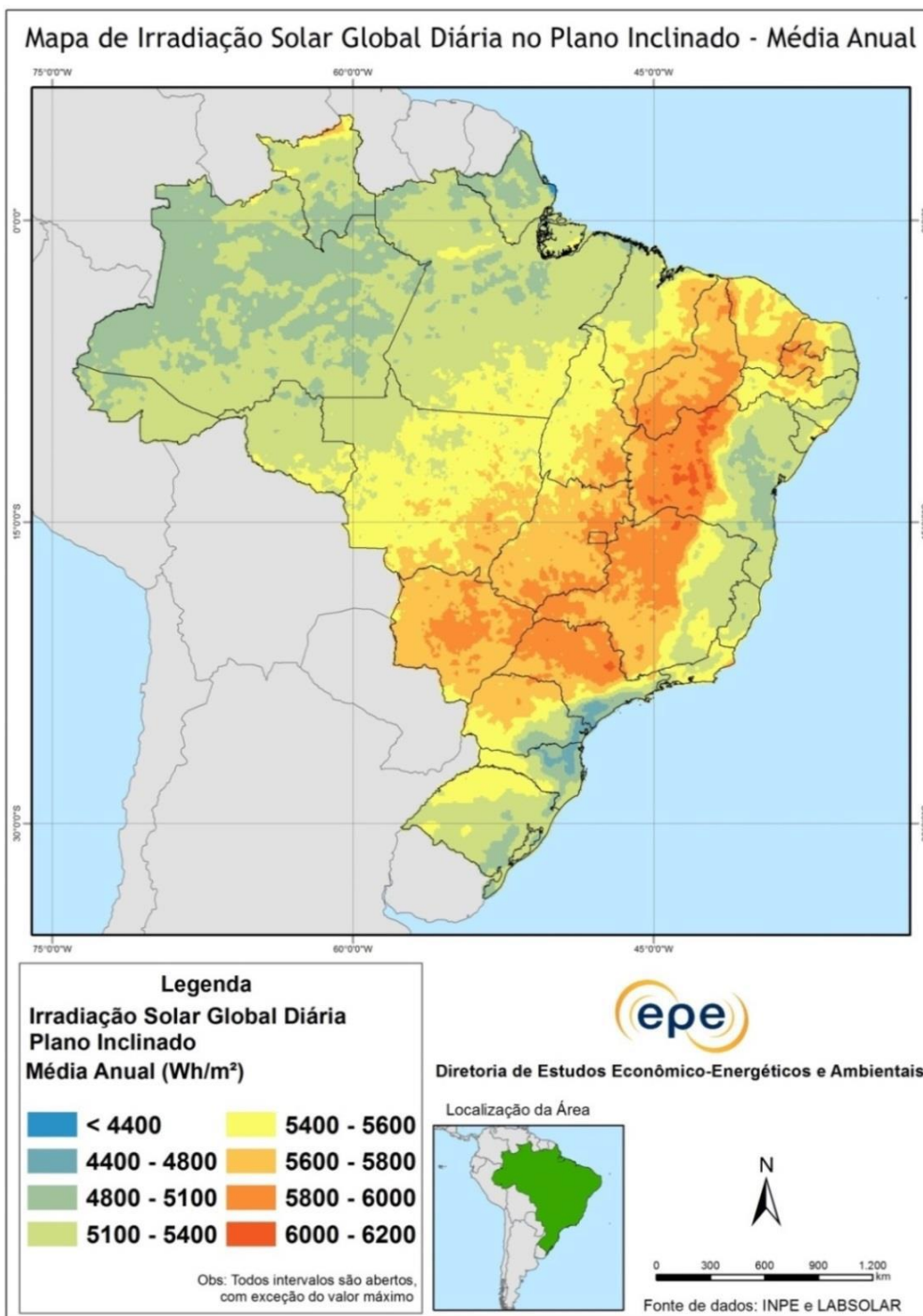


Figura 7: Mapa da irradiação solar global no plano inclinado. Fonte: Tolmasquim (2016).

Pelo mapa, percebe-se que as áreas com maior irradiação solar estão localizadas no interior da Bahia e na parte central da região Nordeste. Destacam-se também o Mato Grosso do Sul, leste de Goiás e oeste do Estado de São Paulo. Assim, é uma tendência que os complexos fotovoltaicos sejam instalados nessas regiões.

Empreendimentos fotovoltaicos centralizados são aqueles cuja potência instalada é maior que 5 MW. Essa definição advém da Resolução Normativa nº 687/15 (ANEEL, 2015), que define sistemas de microgeração (potência instalada menor ou igual a 75 kW) e minigeração elétrica (potência instalada maior que 75 kW e menor ou igual a 5 MW). Os empreendimentos centralizados são voltados para o abastecimento do Sistema Interligado Nacional³ (SIN).

A partir de 2013, a geração fotovoltaica centralizada pôde ser contratada a partir dos Leilões de Energia no Brasil. No entanto, a primeira contratação de empreendimentos dessa fonte em um leilão federal de energia elétrica no Ambiente de Contratação Regulada (ACR)⁴ ocorreu por conta do 6º Leilão de Energia de Reserva (LER)⁵, realizado em 31 de outubro de 2014. A última ocorreu através do Leilão de Energia Nova A-4⁶ de 2018.

Desde então, 3.821 empreendimentos fotovoltaicos foram cadastrados para concorrer em dez leilões de energia, dentre os quais 143 se lograram vencedores, totalizando aproximadamente 4 GW de potência contratada.

As quantidades comercializadas por leilão estão dispostas no Quadro 1.

Leilão	Projetos contratados	Potência comercializada (MW)	Preço-teto (R\$/MWh)	Preço médio na data do leilão (R\$/MWh)	Preço médio atualizado ⁴ (R\$/MWh)
LER/2014	31	890	262,0	215,1	272,5
1º LER/2015	30	834	349,0	301,79	351,85
2º LER/2015	33	929	381,0	297,75	341,72
A-4/2017	20	574	329,0	145,7	150,5
A-4/2018	29	807	312,0	118,1	120,6

Quadro 1: Quantidades comercializadas e preços de venda a cada leilão. Fonte: EPE (2018b).

³ O sistema de produção de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, interconectado por meio da malha de transmissão, o que propicia a transferência de energia entre seus quatro subsistemas (Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte). Essa integração permite melhor alocação de recursos, economicidade e maior segurança no atendimento ao mercado (ONS, 2019).

⁴ Segmento do mercado de energia no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica entre agentes vendedores e agentes de distribuição, precedidas de licitação, conforme regras e procedimentos de comercialização específicos (ANEEL, 2018a).

⁵ Os Leilões de Reserva têm a finalidade de contratar energia para elevar a segurança no fornecimento de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), seja de novos ou existentes empreendimentos de geração especialmente para este fim (CCEE, 2018).

⁶ Os Leilões de Energia Nova objetivam atender ao aumento de carga das distribuidoras. Neles são vendidas e contratadas energias de usinas que ainda serão distribuídas (CCEE, 2018). Um leilão A-4 refere-se a empreendimentos que deverão entrar em operação comercial em até quatro anos.

A Figura 8 apresenta a evolução dos preços da energia fotovoltaica. Percebe-se a tendência de redução do preço conforme a fonte torna-se cada vez mais competitiva e as tecnologias, mais viáveis, um movimento que vem acontecendo globalmente.

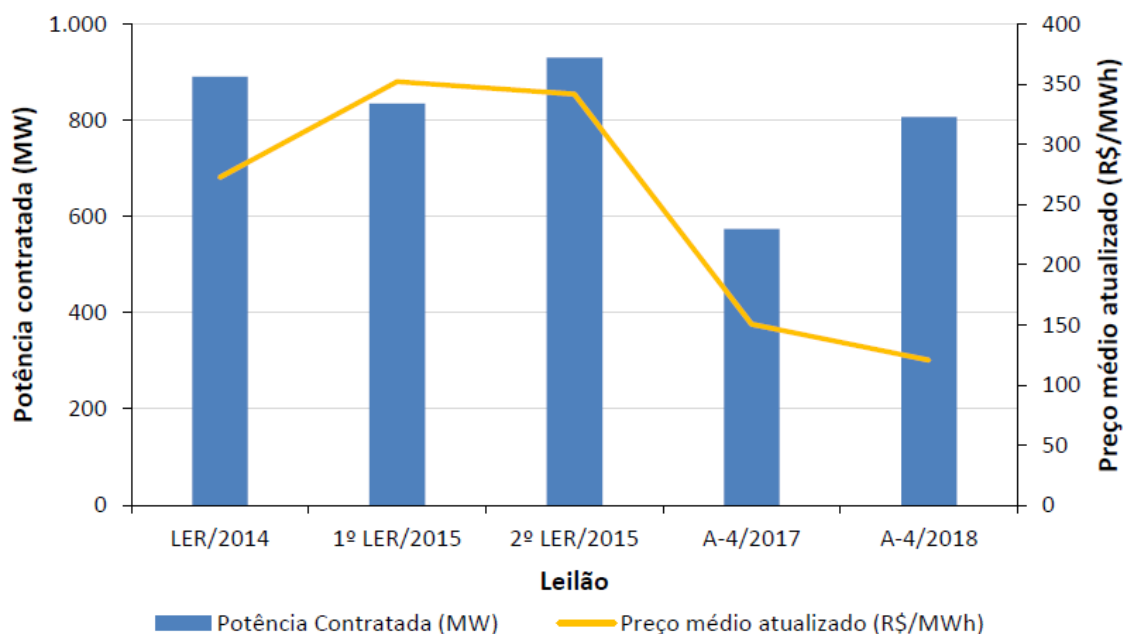


Figura 8: Evolução dos preços médios e potências contratadas dos empreendimentos fotovoltaicos de cada leilão, desde 2014. Fonte: EPE (2018b).

Hoje há 48 empreendimentos em operação dentro do sistema de geração centralizada, totalizando 1.406 MW⁷ de energia elétrica (ANEEL, 2018b). As usinas estão localizadas na região Nordeste (Rio Grande do Norte, Bahia, Paraíba e Piauí) e Sudeste (São Paulo e Minas Gerais).

Conforme já abordado, os próximos 10 anos contemplam uma expansão de 7.460 MW da energia fotovoltaica, legitimando a crescente relevância da fonte. Assim, o valor de 0,6% da capacidade instalada até então tende a crescer com a inauguração de novas usinas.

A Figura 9 mostra o comportamento da expansão fotovoltaica no Brasil para a próxima década.

⁷ Potência outorgada.

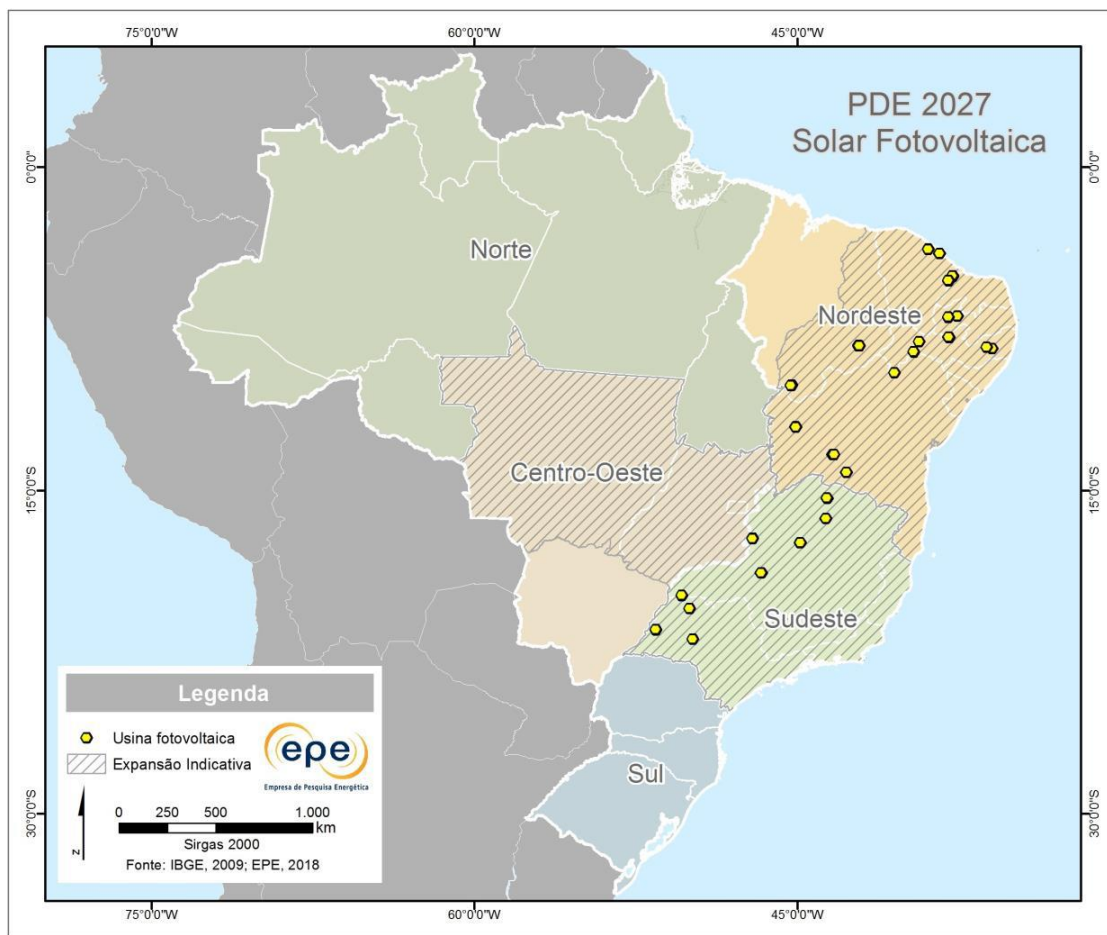


Figura 9: Localização da expansão solar fotovoltaica planejada no período 2018 – 2027. Fonte: EPE (2018c).

A Análise Socioambiental do PDE 2027 (EPE, 2018c) aponta a supremacia do Nordeste na expansão de empreendimentos fotovoltaicos. Nos primeiros cinco anos, 74% dos empreendimentos contratados estão localizados no Nordeste, seguido da região Sudeste (26%). Já nos últimos cinco anos, o período indicativo do plano, estão previstos 80% no Nordeste com os 20% restantes divididos pelo Sudeste e Centro-Oeste. Os estados que mais se destacaram, considerando todas as usinas contratadas, foram Ceará (24%), Minas Gerais (17%), Piauí (16%) e Bahia (15%).

2.2.3. Impactos ambientais da energia fotovoltaica

Embora renovável, a energia fotovoltaica apresenta impactos ambientais negativos que devem ser considerados. Para a finalidade deste trabalho, o enfoque será nos impactos do desenvolvimento de empreendimentos de geração fotovoltaica.

Há um consenso de que a escala dos impactos ambientais é local e na fase de construção da usina. Barbosa Filho *et al.* (2015) aponta que os impactos dos empreendimentos “estão estreitamente relacionados à sua localização, às características físico-climáticas do local de implantação e às características dos ecossistemas locais”.

A Análise Socioambiental do PDE 2027 (EPE, 2018c) destaca, quanto ao uso e ocupação do solo, os impactos ambientais decorrentes da construção dos empreendimentos. A interferência sobre a vegetação nativa foi considerada relevante e crítica, sobretudo no Nordeste. Não são esperadas interferências sobre a paisagem e em áreas protegidas devido à flexibilidade locacional da fonte. Menciona-se também atenção ao consumo de água, em especial em usinas cujas localidades apresentam restrições desse recurso.

Há impactos positivos que também precisam ser mencionados, principalmente no meio socioeconômico, onde há destaque para a geração de empregos tanto no âmbito local (devido à construção e operação) quanto no nacional (considerando toda a cadeia da indústria). Há também o aumento na receita por meio do arrendamento de terras, o incremento de alguns segmentos da economia e a ampliação da arrecadação de impostos. Isso pode ter um efeito positivo na economia local ao considerar a tendência de as usinas serem implementadas em cidades do semiárido nordestino, que apresentam baixo desempenho nos indicadores socioeconômicos.

Tolmasquim (2016) abordou os impactos da fonte fotovoltaica sob uma ótica de quatro temas – Uso e ocupação do solo; População; Empregos; Receitas –, resumidos no Quadro 2.

Tema	Impactos	Fase	Medidas mitigadoras
Uso e ocupação do solo	Alteração da paisagem;	C/O	Busca pela melhor alternativa locacional;
	Alteração do uso do solo;		Implantação de sistemas de drenagem;
	Interferência na flora e fauna.		Manutenção das vias de acesso; Programas de Educação Ambiental; Criação de Reserva Legal; Programa de monitoramento e resgate de fauna.
População	Geração de expectativas na população	P/C/O	Programa de comunicação;
	Interferência na infraestrutura local (estradas, habitação, saneamento, transporte, saúde, outros);		Programa de Articulação Institucional;
	Interferência/perturbação da população (modo de vida, serviços etc.).		Adequação da infraestrutura local e redimensionamento dos equipamentos e serviços sociais.
Empregos	Geração de empregos temporários durante as obras (positivo);	C/O	Programas de capacitação da mão-de-obra local;
	Geração de empregos permanentes durante a operação da usina (positivo);		Programas de realocação de trabalhadores.
	Perda dos postos de trabalho temporários após as obras.		
Receita	Aumento na arrecadação de tributos (positivo);	C/O	Ações para capacitação da gestão pública e privada;
	Incremento na economia local (positivo).		Fomento das atividades econômicas locais.

Quadro 2: Impactos típicos e relevantes das fases de planejamento, construção e operação de usinas fotovoltaicas. Legenda: P – planejamento; C – construção; e O – operação. Fonte: Tolmasquim (2016).

Reis (2015) destaca em sua tese os seguintes impactos:

- Ocupação do solo;
- Retirada de vegetação;
- Mudança na qualidade do solo: erosão do solo e salinização;
- Impedimento de circulação de animais.

Ademais, o autor foca bastante sobre impactos mais voltados ao ciclo de vida do painel fotovoltaico, i.e., desde a extração e purificação do silício até a montagem dos módulos.

Barbosa Filho *et al.* (2015) realizou uma análise dos impactos observados em empreendimentos já em operação, que seguem destacados no Quadro 3.

Meio	Impacto
Físico	Alteração e/ou degradação da paisagem
	Geração de resíduos sólidos e riscos de contaminação do solo
	Geração de poeiras/gases e alterações na qualidade do ar
	Geração ou acirramento de processos erosivos e alterações do comportamento hídrico e do fluxo hidrológico superficial
	Alterações morfológicas e instabilidade temporária da superfície
Biótico	Perda de cobertura vegetal
	Alteração da dinâmica dos ecossistemas locais

	Afugentamento e fuga da fauna local
	Diminuição de potencial ecológico (atributos ambientais e biodiversidade)
	Riscos de acidentes com animais ou causados por animais
Socioeconômico	Geração de emprego e renda
	Crescimento da economia local e aumento da arrecadação tributária
	Aumento do fluxo de veículos
	Consumo de materiais
	Riscos de acidente de trabalho
	Aumento da eficiência dos equipamentos
	Aproveitamento de fonte de energia
	Melhoria na segurança, confiabilidade e oferta de energia elétrica

Quadro 3: Impactos expressivos de empreendimentos fotovoltaicos. Fonte: elaboração própria com base em Barbosa Filho et al. (2015).

Os autores concluem que o impacto mais significativo é provocado durante a fabricação e montagem do sistema fotovoltaico. Vale o destaque para a fase de implantação, visto que a maioria dos impactos negativos previstos tem efeito temporário e praticamente não ultrapassa as fronteiras do empreendimento. Já os positivos têm seus efeitos postergados após a fase implantação e se consolidam durante a fase de operação.

Numa ótica de ciclo de vida, além da preocupação em relação à fabricação dos painéis fotovoltaicos, pois esse processo utiliza uma complexa gama de materiais, tais como alumínio, cádmio, cobre, índio, gálio e principalmente o silício, há também a questão acerca do descarte dos painéis, findada a operação de uma usina. Caso a gestão de resíduos não tenha a devida importância, o descarte inadequado pode gerar impacto ambiental, como contaminação do solo por metais pesados.

Assim, pode-se dizer que o maior problema da geração fotovoltaica é o descarte dos painéis. Estimativas apontam que, até 2050, serão gerados 78 milhões de toneladas de resíduos de painéis (IRENA, IEA-PVPS, 2016).

O PDE 2027 destaca a importância de considerar a fase de descomissionamento das usinas na avaliação de potenciais impactos socioambientais. Atualmente, esse conhecimento se restringe aos materiais empregados e seus possíveis danos ao meio ambiente. Isso porque ainda não há um histórico de descomissionamento de usinas, visto que o tempo médio de vida útil dos painéis é de 30 anos (IRENA, IEA-PVPS, 2016).

Nessa questão, destacam-se algumas experiências internacionais. Um artigo do *Solar Novus* de 2013 cita tecnologias que permitem recuperar até 90-95% do vidro do

módulo e 95% do material semicondutor. A *First Solar*, maior fabricante de painéis fotovoltaicos do mundo, reportou que é possível extrair e reaproveitar até 97% dos materiais usados na produção de módulos que não contêm silício através de reciclagem térmica. Já para os painéis com silício podem ser reciclados manual ou mecanicamente, com resultados acima de 95% (*RENEWABLE ENERGY WORLD*, 2016).

Assim, vê-se na reciclagem dos painéis uma maneira de contornar seus problemas de confecção. Isso se insere dentro da perspectiva de uma melhor gestão ambiental dos resíduos da fonte, cuja inserção de conceitos como *cradle-to-cradle*⁸ (do berço ao berço, em tradução livre) e logística reversa⁹ no processo produtivo é essencial para que os painéis continuem tendo valor após seu período de vida útil. Desse modo, reduz-se o consumo de recursos naturais e energéticos e evita-se o lançamento de rejeitos no meio ambiente, o que contribui para diminuição de impactos ambientais.

2.3. Licenciamento ambiental

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) – Lei 6.938/81 (BRASIL, 1981) tornou o licenciamento obrigatório e um de seus instrumentos. De acordo com a Resolução CONAMA 237/97 (BRASIL, 1997), licenciamento ambiental é:

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso. (BRASIL, 1997).

⁸ Esse pensamento quebra a ideia do processo linear do ciclo de vida – extração, produção e descarte, configurando o *cradle-to-grave* (“berço ao túmulo”) – e defende que os recursos sejam geridos numa lógica circular de criação e reutilização, tal que cada passagem de ciclo se torna um novo “berço” para determinado material ou produto (IDÉIA CIRCULAR, 2018).

⁹ “(...) 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).

A mesma Resolução define procedimentos e critérios a serem utilizados no licenciamento, lista as atividades e empreendimentos sujeitos a eles e determina que a licença seja expedida mediante estudo ambiental, que deve ser de acesso público.

Estudo ambiental, por sua vez, é um estudo que levanta os aspectos ambientais de uma atividade ou empreendimento relacionados à localização, instalação, operação e ampliação. Engloba, dentre outros, o diagnóstico ambiental da região da atividade, plano de controle ambiental, avaliação de impacto e análise preliminar de risco.

Existem diversos tipos de estudos ambientais e alguns deles serão abordados neste trabalho. O mais conhecido é o Estudo do Impacto Ambiental (EIA) com seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). São documentos técnicos multidisciplinares que objetivam avaliar ampla e completamente os impactos ambientais significativos e indicar medidas mitigadoras correspondentes. O RIMA, particularmente, é uma versão resumida do EIA com uma linguagem acessível, clara e objetiva para que qualquer interessado tenha acesso à informação (Master Ambiental, 2018).

De modo geral, o licenciamento é competência da União, através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), quando os empreendimentos são desenvolvidos em um ou mais Estados ou cujos impactos ambientais ultrapassem os limites do país ou de um ou mais Estados. Já aos órgãos ambientais estaduais competem os licenciamentos cujas atividades estão localizadas em mais de um Município ou unidades de conservação do Estado ou cujos impactos ambientais se estendam além dos limites de um ou mais Município. Por fim, os órgãos municipais são responsáveis pelo licenciamento de atividades de impacto ambiental local ou daquelas delegadas pelo Estado.

Tradicionalmente, existem três tipos de licença:

- Licença Prévia (LP) – atesta a viabilidade ambiental do empreendimento ou atividade, mediante apresentação do estudo ambiental. É concedida na fase de planejamento. Determina condicionantes a serem atendidas nas etapas seguintes;
- Licença de Instalação (LI) – autoriza a instalação do empreendimento ou atividade contemplando planos, programas e projetos aprovados, incluindo medidas de controle ambiental e novas condicionantes;
- Licença de Operação (LO) – autoriza a operação do empreendimento após verificação do cumprimento do acordado das licenças anteriores.

Os órgãos estaduais podem apresentar configurações de licenças de modo diferente ao, por exemplo, combinar as modalidades de LP e LI ou LI e LO. Porém, nenhum processo de licenciamento deve se sobrepor ao designado pela CONAMA 237/97.

Mesmo com o estabelecimento de uma Resolução específica para o licenciamento, ainda sim havia bastante confusão, especialmente entre os entes federativos quanto a suas atribuições em comum. Com o objetivo de diminuir os conflitos de competência entre os entes, foi determinada a Lei Complementar (LC) 140/2011 (BRASIL, 2011).

A LC 140 dispõe sobre normas para cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes da competência comum relativa à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas. Em outras palavras, a repartição de competência ganhou bases mais sólidas para evitar a sobreposição de atuação.

A lei também dispõe sobre delegações de atribuições de um ente para outro desde que esse disponha de órgão capacitado para atender à demanda, com corpo técnico habilitado e em número suficiente. Por exemplo, permite que a instalação de uma atividade num município que não tenha órgão ambiental competente seja passada para o órgão estadual.

2.3.1. Licenciamento no setor elétrico

O setor elétrico apresenta legislação complementar quanto ao licenciamento ambiental, pois se entende a questão energética como estratégica para o desenvolvimento nacional. A começar pela Resolução CONAMA 06/87 (BRASIL, 1987), que dispõe especificamente sobre o licenciamento ambiental de obras do setor de geração de energia elétrica. No entanto, na época não havia a presença de outras fontes renováveis, e a Resolução só trata de usinas hidroelétricas e termoeletricas, além de linhas de transmissão.

Já em 2001, devido ao racionamento e como uma alternativa para lidar com a crise elétrica para, assim, incrementar a oferta de energia, foi criada a Resolução CONAMA 279/01 (BRASIL, 2001). Ela dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto

ambiental, incluindo “Usinas Eólicas e outras fontes alternativas de energia¹⁰”. É a primeira vez que outras fontes renováveis são abordadas.

A Resolução apresenta um novo tipo de estudo ambiental a ser apresentado mediante requerimento da LP, o Relatório Ambiental Simplificado (RAS). Semelhante a um EIA/RIMA no objetivo de realizar o diagnóstico ambiental e avaliar os impactos ambientais, o RAS é um estudo mais simples do ponto de vista técnico. Sua estrutura consta no Anexo I da Resolução e aborda três grandes tópicos: (i) descrição do projeto; (ii) diagnóstico e prognóstico ambiental; e (iii) medidas mitigadoras e compensatórias.

Embora não defina “pequeno potencial de impacto ambiental”, a Resolução discorre que deve haver uma declaração de enquadramento do empreendimento a ela mediante requerimento da LP. Tal enquadramento é definido pelo órgão ambiental licenciador.

Dentro da pretensão já abordada do Brasil em reduzir emissões de GEE, que necessariamente engloba uma matriz energética nacional com baixa geração de GEE, a primeira fonte de energia renovável – excluindo-se a hidroeletricidade, visto que já é mais do que consolidada no país – a ter uma legislação nacional própria para o licenciamento foi a eólica.

A Resolução CONAMA 462/14 (BRASIL, 2014) dispõe de procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica. Ela estabelece um licenciamento simplificado, visto ser baixo o potencial poluidor da geração, cujos empreendimentos serão objetos de elaboração de estudos ambientais simplificados.

Fica permitida que seja atestada a viabilidade ambiental, aprovada a localização e autorizada a implantação do empreendimento eólico em uma única fase, sendo emitida diretamente licença de instalação.

A Resolução aborda claramente um dos pontos mais críticos quanto à implementação de empreendimentos eólicos: a supressão de vegetação. Caso seja necessária, sua autorização deve ser requerida na fase da Licença de Instalação, com a apresentação dos estudos pertinentes.

O licenciamento pode ocorrer por parque eólico ou por complexo eólico (conjunto de parques), sendo que, no caso separado de parques de um mesmo complexo, deverá ser considerado o impacto ambiental de todo o complexo.

¹⁰ Fontes alternativas de energia são aquelas que se propõem em ser substitutas daquelas tradicionalmente utilizadas. A cadeia energética dessa fonte não é competitiva técnica ou economicamente, por quaisquer fatores, comparada com a cadeia de fontes convencionais.

Em localidades com parques ou complexos existentes, licenciados ou em processo de licenciamento, o pedido de licença de novos projetos, cuja área de influência se sobreponha a dos outros, justificará a obrigação de elaboração de avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos.

No entanto, a Resolução não aponta especificamente o tipo de estudo a ser feito. O Anexo II propõe o conteúdo mínimo de um estudo ambiental simplificado. A caracterização do empreendimento deve conter, dentre outros, informações sobre os aerogeradores (número estimado, altura, distância entre as torres, especificação técnica), potência prevista e restrições ao uso da área do empreendimento.

Para a realização do diagnóstico ambiental, destacam-se: definição das áreas de influência direta e indireta, interceptação com unidades de conservação e outras áreas legalmente protegidas, localização de sítios de interesse arqueológico, histórico e cultural.

Quanto à identificação e avaliação de impactos, o Anexo só leva em consideração os impactos ambientais das fases de implementação e operação do empreendimento. Teria sido pertinente desde já considerar também a fase de desativação, especialmente o descarte dos aerogeradores, uma vez que, semelhante aos painéis fotovoltaicos, sua composição é complexa, com potencial de degradação ambiental caso sejam dispostos de forma incorreta.

2.3.2. Licenciamento para energia solar

No que tange a fonte solar fotovoltaica, não há um regramento específico sobre a mesma. A falta de regulamentação específica sobre o licenciamento ambiental de geração solar fotovoltaica no nível federal pode gerar insegurança quanto aos critérios a serem considerados pelos órgãos ambientais licenciadores, o que se reflete na inibição do interesse do mercado por reear um processo burocrático como outras atividades de licenciamento (JOTA, 2017).

Todavia, existem doze estados brasileiros que já têm legislação que dispõe sobre o licenciamento de empreendimentos de geração fotovoltaica.

Na Bahia, o licenciamento ambiental é determinado pelo Decreto Estadual nº. 14.024/12 (BAHIA, 2012), alterado pelo Decreto Estadual nº 15.682/14 (BAHIA, 2014). A geração de energia fotovoltaica é considerada de pequeno potencial poluidor, e o porte varia conforme o critério da área total da usina em hectare. Assim, porte

pequeno: área entre 1 e 50 ha; médio: entre 50 e 200 ha e; grande: acima de 200 ha. As classes dos empreendimentos variam com o porte, obtendo-se, assim, classes 1 (pequeno), 2 (médio) e 4 (grande), o que determina tanto o tipo de licença quanto o estudo ambiental a ser apresentado. Para as classes 1 e 2, é emitida Licença Unificada (LU) mediante Estudo Ambiental para Atividades de Pequeno Impacto (EPI), enquanto a classe 4 é objeto de LP, LI e LO com apresentação de Estudo Ambiental para Atividades de Médio Impacto (EMI) para LP. O conteúdo de ambas as tipologias de estudo é definido pelo órgão ambiental licenciador.

No Mato Grosso do Sul, o licenciamento é estabelecido pela Resolução SEMADE 09/15 (MATO GROSSO DO SUL, 2015). O tipo de licenciamento é dado pela área útil em hectare. O processo para usinas solares abaixo de 10 ha é simplificado, sendo necessária somente Licença de Instalação e Operação (LIO) mediante apresentação de Proposta Técnica Ambiental (PTA), estudo específico para empreendimentos de Categoria I, ou seja, considerado de efetivo ou potencial causador de pequeno impacto ambiental. Já para usinas acima de 10 ha, consideradas de Categoria II (médio impacto ambiental), as licenças requeridas são LP, LI e LO, e o estudo é o RAS. O Anexo X da resolução discorre resumidamente sobre o conteúdo de cada estudo ambiental.

Em Rondônia, as Leis 3.686/15 (RONDÔNIA, 2015) e 4.283/18 (RONDÔNIA, 2018) dispõem sobre o licenciamento ambiental. A geração de energia a partir de fonte solar é considerada de baixo potencial poluidor. O critério de licenciamento é a potência instalada, sendo que apenas empreendimentos acima de 5 MW necessitam ser licenciados pela rota tradicional de LP, LI e LO. As legislações não definem qual tipo de estudo ambiental a ser realizado.

No Espírito Santo, o licenciamento é dado pelo Decreto nº 4039-R/16 (ESPÍRITO SANTO, 2016a) e pela Instrução Normativa nº 014-N/16 (ESPÍRITO SANTO, 2016b). Empreendimento de geração solar fotovoltaica é considerado de baixo potencial poluidor, segue licenciamento tradicional, e seu porte é definido pela área de intervenção (ha) (AIN): porte pequeno é abaixo de 50 ha, médio é entre 50 e 200 ha e acima de 200 ha é grande. Nenhum regramento diz especificamente qual estudo ambiental deverá ser feito.

No Paraná, a Portaria IAP 19/17 (PARANÁ, 2017) também usa potência como critério. Empreendimentos abaixo de 1 MW dispensam licenciamento enquanto de 1 a 5 MW necessitam apenas de Autorização Ambiental e Memorial Descritivo. Valores maiores passam pelo licenciamento tradicional – LP, LI, LO – com diferença no tipo de estudo. Empreendimentos entre 5 e 10 MW exigem RAS e acima de 10 MW,

EIA/RIMA. A modalidade do licenciamento poderá ser modificada em função da necessidade de supressão de vegetação – o que requer autorização –, intervenção em UC de proteção integral e zona de amortecimento, área com ocorrência de espécies ameaçadas de extinção e necessidade de movimentação de terra acima de 100 m³.

Em Santa Catarina, a Resolução CONSEMA 98/17 (SANTA CATARINA, 2017) dispõe sobre o licenciamento para diversos empreendimentos, incluindo geração solar, tanto termelétrica quanto fotovoltaica. O critério usado para a fotovoltaica era a potência instalada, porém a Resolução CONSEMA 123/18 (SANTA CATARINA, 2018) alterou para área útil. Empreendimentos de porte Pequeno ($1 \leq A \leq 10$ ha) e Médio ($10 < A < 30$ ha) devem apresentar Relatório Ambiental Prévio (RAP) como estudo e de porte Grande ($A \geq 30$ ha), Estudo Ambiental Simplificado (RAS). Ambos os estudos contêm Termo de Referência no Anexo I e II, respectivamente, na legislação. O RAP deve apresentar uma caracterização simplificada da área, levantar impactos e avaliá-los, além de mostrar medidas mitigadoras. A diferença para o RAS é que esse realiza um diagnóstico ambiental mais aprofundado e aborda programas ambientais.

Em São Paulo, a Resolução SMA 74/17 (SÃO PAULO, 2017) estabelece o critério de potência instalada para o licenciamento. Empreendimento com potência menor ou igual a 5 MW, incluindo de micro e minigeração de energia elétrica, só exigem autorização para supressão de vegetação. Entre 5 e 90 MW, é requerido Estudo Ambiental Simplificado (EAS) para licença prévia. Maior que 90 MW, é requerido Relatório Ambiental Preliminar (RAP). Além disso, a Resolução também estabelece condições para licenciamento mais restritivo, tais como intervenção em APP e UC de proteção integral e áreas de interesse científico, histórico, arqueológico ou espeleológico, ou em áreas de manifestações culturais ou etnológicas da comunidade.

Ambos os estudos são definidos pela Resolução SMA 49/14 (SÃO PAULO, 2014). O EAS contém informações que permitem avaliar as consequências ambientais de atividades considerados de impactos ambientais não significativos, enquanto o RAP é composto por documentos técnicos e científicos elaborados por equipe multidisciplinar que se propõem tanto a atestar a viabilidade ambiental de uma atividade potencialmente causadora de degradação do meio ambiente quanto avaliar sistematicamente suas consequências.

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa Copam 217/17 (MINAS GERAIS, 2017) estabelece critérios para licenciamento de usinas fotovoltaicas dentre outros. Considera-se seu potencial poluidor geral como médio, e a classificação do porte é de acordo com a potência nominal do inversor. O porte é pequeno para potência nominal entre 5 e 10 MW, médio entre 10 e 80 MW e grande para maior que 80 MW. A

classificação, combinada a critérios locacionais de enquadramento, define a modalidade do licenciamento. Assim, o grau de empreendimentos fotovoltaicos varia de 2, 3 e 4 (pequeno, médio e grande respectivamente), e assim a modalidade varia:

- Classe 2: desde Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS) até Licenciamento Ambiental Concomitante 1 (LAC1);
- Classe 3: de LAS até Licenciamento Ambiental Concomitante 2 (LAC2);
- Classe 4: LAC1 ou LAC2.

No Rio Grande do Sul, o regramento específico da geração elétrica por fonte solar é a Portaria FEPAM 089/18 (RIO GRANDE DO SUL, 2018b), mas também foi abordada pela Resolução CONSEMA 372/2018 (RIO GRANDE DO SUL, 2018a), que dispõe sobre as atividades passíveis de serem licenciadas. Novamente a legislação aponta o baixo potencial poluidor desse tipo de empreendimento. As licenças a serem obtidas são LP, LI e LO, e o RAS é exigido para obtenção da LP. O critério para definição do porte é a área útil em hectare. A Portaria, por sua vez, determina que licenciamento estadual não é aplicado para micro e minigeração distribuída, com potência instalada menor ou igual a 5 MW.

No Ceará, a Resolução COEMA 06/18 (CEARÁ, 2018) estabelece o critério de área para o licenciamento. Para empreendimentos cuja área seja inferior a 450 hectares, ou seja, porte micro, pequeno, médio e grande, as licenças a serem emitidas são a Licença Prévia e a Licença de Instalação (LIO). Para porte excepcional, ou seja, área maior que 450 ha, o licenciamento seguirá a rota tradicional: LP, LI e LO. A Resolução não define qual tipo de estudo a ser feito. Entretanto, dispõe sobre exceções em que será exigido EIA/RIMA, que são as mesmas da CONAMA 462/14.

No Tocantins, a Instrução Normativa 09/18 (TOCANTINS, 2018) aborda geração solar tanto fotovoltaica quanto heliotérmica. A tipologia de licenciamento e seu respectivo estudo ambiental são determinados pela potência. Empreendimentos de até 5 MW dispensam licença e estudo, enquanto acima disso todos passam por LP, LI e LO, variando apenas o estudo. Entre 5 e 10 MW, Projeto Ambiental (PA) é requerido, entre 10 e 90 MW, Relatório de Controle Ambiental (RCA) e acima de 90 MW, EIA/RIMA. Ambos os documentos visam levantar informações para identificar e avaliar impactos, a diferença é que o RCA apresenta um grau de complexidade maior.

No Rio Grande do Norte, a Instrução Normativa 001/18 (RIO GRANDE DO NORTE, 2018) determina EIA/RIMA para empreendimentos enquadrados em uma série de situações, de modo semelhante à CONAMA 462/14, tais como intervenção em Área de Preservação Permanente (APP) ou Unidade de Conservação (UC) de proteção integral e zona de amortecimento e localização no bioma Mata Atlântica.

Fora disso, o RAS é exigido no requerimento da LP. Há ainda casos que não atendem às situações anteriores. Empreendimentos que possam ser enquadrados como micro ou pequeno porte deve adotar Licenciamento Simplificado. Entretanto, a instrução não define o que é esse porte e nem o processo simplificado. Por fim, empreendimentos que possuam até 10 MW ficam dispensados de apresentar estudo ambiental, exceto Memorial Descritivo.

O Quadro 4 resume os processos de licenciamento em cada estado:

Estado	Tipo de critério	Critério	Licenciamento?	Tipo de estudo	Tipo de licença
Bahia (Junho, 2012)	Área	$1 \leq A < 50$ ha	Sim	EPI	LU
		$50 \leq A < 200$ ha	Sim	EPI	LU
		≥ 200 ha	Sim	EMI	LP, LI, LO
Mato Grosso do Sul (Maio 2015)	Área	< 10 ha	Sim	PTA	LIO
		> 10 ha	Sim	RAS	LP, LI, LO
Rondônia (Dezembro 2015; Maio 2018)	Potência	≤ 5 MW	Não		
		> 5 MW	Sim		LP, LI, LO
Espírito Santo (Dezembro 2016)	Área	$AIN \leq 50$	Sim		LP, LI, LO
		$50 < AIN \leq 200$			
		$AIN > 200$			
Paraná (Fevereiro 2017)	Potência	$5 < P < 10$ MW	Sim	RAS	LP, LI, LO
		> 10 MW	Sim	EIA/RIMA	LP, LI, LO
		$1 < P < 5$ MW	Não	Memorial Descritivo	
		< 1 MW	Não		
Santa Catarina (Maio 2017; Outubro 2018)	Área	$1 \leq A \leq 10$ ha	Sim	RAP	LAP, LAI, LAO
		$10 < A < 30$ ha	Sim	RAP	LAP, LAI, LAO
		$A \geq 30$ ha	Sim	EAS	LAP, LAI, LAO
São Paulo (Agosto 2017)	Potência	≤ 5 MW	Não		
		$5 < P \leq 90$ MW	Sim	EAS	
		> 90 MW	Sim	RAP	
Minas Gerais (Dezembro 2017)	Potência	$5 < P < 10$ MW	Sim		LAS ou LAC1
		$10 < P \leq 80$ MW	Sim		LAS, LAC1 ou LAC2
		$P > 80$ MW	Sim		LAC 1 ou LAC 2
Rio Grande do Sul (Março 2018; Novembro 2018)	Área	≤ 40 ha	Sim	RAS	LP, LI, LO
		$40 < A \leq 300$ ha			
		$300 < A \leq 600$ ha			
		$600 < A \leq 1000$ ha			
		> 1000 ha			
Ceará (Setembro 2018)	Área	< 450 ha	Sim		LP, LIO
		> 450 ha	Sim		LP, LI, LO
Tocantins (Setembro)	Potência	< 5 MW	Não		
		$5 < P < 10$ MW	Sim	PA	LP, LI, LO

2018)		10 < P < 90	Sim	RCA/PCA	LP, LI, LO
		> 90 MW	Sim	EIA/RIMA	LP, LI, LO
Rio Grande do Norte (Novembro 2018)	Diversas situações		Sim	EIA/RIMA	LP
			Sim	RAS	LP
		< 10 MW	Sim	Memorial Descritivo	

Quadro 4: Modalidades de licenciamento estadual para geração solar fotovoltaica. Fonte: elaboração própria.

Percebe-se que metade dos estados da União (CE, TO, RN, RS, SP e PR) tem regramentos específicos para a fonte. O estado do Pernambuco também tem legislação sobre geração fotovoltaica, porém voltado somente para micro e minigeração. Portanto, como o foco do trabalho é empreendimento de geração centralizada, ele não foi considerado neste levantamento. Além dele, TO, PR, RS e SP também abordam explicitamente geração mini e microgeração.

Os outros estados abordam a geração fotovoltaica em sua legislação geral de licenciamento.

Nenhuma aborda a fase de descomissionamento, mencionados como crítico pelo PDE 2027. A resolução de Santa Catarina menciona um Plano de Desativação que levante a situação ambiental existente e, se for o caso, informe a implementação das medidas de restauração e de recuperação da qualidade ambiental da área, mas não discorre sobre seu conteúdo.

2.4. Avaliação de Impacto Ambiental

Outro instrumento estabelecido pela Lei 6.938/81 é a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). Define-se AIA como o conjunto de procedimentos capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta e de suas alternativas e que os resultados sejam apresentados, de forma adequada, ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão.

A AIA visa subsidiar a tomada de decisão ao antever as possíveis consequências de uma atividade empreendedora. É um processo formal para identificar efeitos esperados de atividades ou projetos no ambiente e meios e medidas para mitigar e monitorar esses impactos.

Os princípios de AIA são prevenção e precaução, assim como são atributos essenciais o caráter prévio e vínculo com o processo decisório e o envolvimento público no processo (SÁNCHEZ, 2013).

O processo envolve diversos participantes, como o proponente da ação, a autoridade responsável, o público afetado, grupos de interesse, etc. Assim, a AIA desempenha um papel de instrumento de negociação entre atores sociais ao levantar debate sobre ônus e benefícios de projetos.

A influência da AIA no processo decisório e seus resultados reais incluem: legitimação de projetos viáveis; retirada de projetos inviáveis, seleção de melhores alternativas de localização; reformulação de planos e projetos; redefinição de objetivos e responsabilidades dos proponentes.

A Resolução CONAMA 01/86 (BRASIL, 1986) dispõe sobre critérios e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Ela define impacto ambiental como:

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais. (BRASIL, 1986).

Nesse contexto, o meio ambiente é considerado através de seus componentes bióticos, físicos e socioeconômicos. Dessa forma, um estudo ambiental – e conseqüentemente sua respectiva AIA – é caracterizado pela multidisciplinaridade.

O impacto ambiental é visto como o desvio e/ou mudança de uma situação base causada por determinada atividade. A situação base é o ambiente antes do projeto, ou seja, sua condição na ausência da atividade. Para compreender tal situação é necessário caracterizar seus componentes ambientais. À descrição das condições ambientais existentes em determinada área no momento presente dá-se o nome de diagnóstico ambiental (SÁNCHEZ, 2013). Somente quando ele é estabelecido que se é possível medir um impacto.

A CONAMA 01/86 dispõe que uma AIA tem que identificar, prever a magnitude e interpretar a importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando-os através

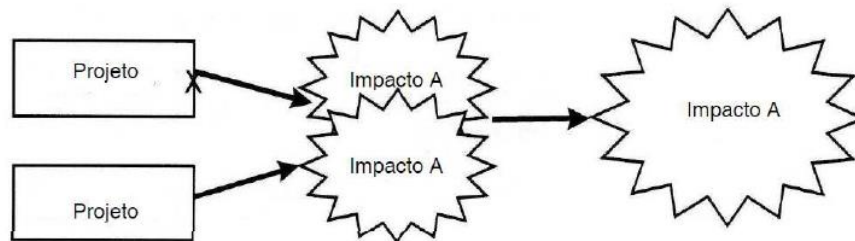
de atributos, como Natureza, Incidência, Duração, Temporalidade, Reversibilidade, Cumulatividade e Sinergia, conforme as seguintes definições (SÁNCHEZ, 2013):

- Natureza – Impacto *positivo* (benéfico) ou *negativo* (adverso). Existem casos que um impacto pode ambos, ou seja, positivo para um determinado componente ou elemento ambiental, negativo para outro;
- Incidência – Impacto *direto* é aquele que decorre das atividades ou ações realizadas pelo empreendedor (por empresas contratadas ou que por eles possam ser controladas). É uma modificação ambiental que exhibe relação inicial, de primeira ordem, com um fator importante. Já impacto *indireto* atua através de uma série de componentes intermediários do ambiente físico ou biológico. São impactos de segunda ou terceira ordem. Manifestam-se em áreas mais abrangentes (processos naturais, sociais ou recursos indiretamente afetados também podem sofrer influência de outros fatores);
- Duração – Um impacto é *temporário* quando se manifesta durante a efetuação de uma ação e cessa quando essa ação termina (ou após um determinado período). É *permanente* quando uma vez terminada a ação os efeitos não cessam de se manifestar, ou seja, é um impacto que representa uma alteração definitiva de um componente do meio ambiente;
- Temporalidade – O impacto é *imediatos* quando seu efeito surge no instante em que se executa a ação ou de *curto, médio e longo prazo* quando o efeito manifesta-se com certa defasagem em relação à ação que os gera. Uma escala arbitrária define o prazo;
- Reversibilidade – Impacto *reversível* é quando uma vez cessada a solicitação externa ou implantada uma ação corretiva, o sistema (componente afetado) é capaz de retornar ao seu estado anterior. Já quando o sistema não é capaz de retornar ao estado anterior tem-se um impacto *irreversível*;
- Magnitude – refere-se à grandeza do impacto em termos absolutos podendo ser definida como a medida da alteração no valor de um fator ou um parâmetro ambiental em termos quantitativos e qualitativos. Está diretamente relacionado à ação impactante;
- Importância – é a significância de um impacto em relação ao fator ambiental afetado comparado com os outros impactos. Está diretamente ligada às consequências do impacto. Destaca-se que “é o conjunto de atributos, o contexto em que se manifestarão os impactos e (...) a

interpretação social que definirão a importância dos impactos” (SÁNCHEZ, 2013);

- Cumulatividade – É a possibilidade de os impactos se somarem. Acúmulo no tempo ou no espaço (conforme Figura 10);
- Sinergia – Possibilidade de os impactos se multiplicarem, gerando um novo impacto (conforme Figura 10).

▶ Cumulativo



▶ Sinérgico

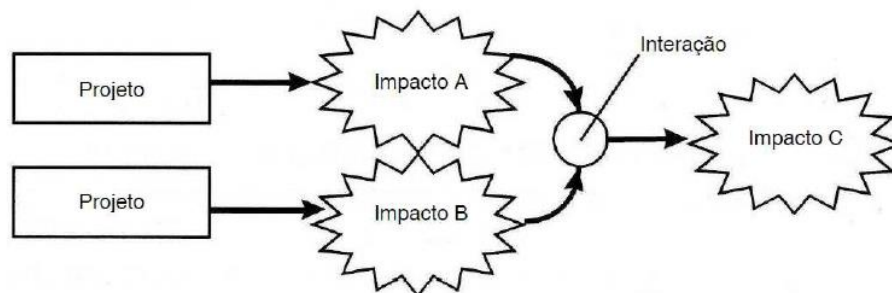


Figura 10: Esquema didático da diferença entre impacto cumulativo e sinérgico. Fonte: adaptado de Hyder Consulting (1999).

Para este trabalho, também serão utilizados outros dois atributos, conforme explicado no capítulo 3 (SÁNCHEZ, 2013):

- Abrangência – Um impacto é *pontual* quando se restringe aos limites da área do empreendimento, *local* quando afeta as proximidades e *regional* quando o efeito se propaga para além da área de influência. Se extrapola a escala espacial, considera-se o impacto como *estratégico*;
- Ocorrência – Um impacto é *certo* quando não há incerteza sobre sua ocorrência. Do contrário, ele é *provável*. Nesse caso, o grau de probabilidade pode variar, sendo alto (quando, baseado em casos similares e projetos semelhantes, estima-se que é muito provável que o impacto ocorra), médio (quando é pouco provável que se manifeste o impacto, mas sua ocorrência não pode ser descartada) ou baixo (quando é muito pouco provável a ocorrência do impacto, mas, mesmo assim, essa

possibilidade não pode ser desprezada). Este trabalho apenas considerou certo ou provável.

Há diversos métodos para identificar e avaliar impactos ambientais. Foram destacados alguns:

- *Checklist* – As listas de verificação são adequadas para uma análise preliminar de relacionar os impactos de determinadas ações. Consistem na identificação e enumeração dos impactos, com caracterização a partir de alguns atributos;
- Matriz de interação – Uma matriz é composta de duas listas, dispostas em linhas e colunas. Em uma lista são elencadas as principais atividades ou ações que compõem o empreendimento analisado e na outra, os principais componentes ou elementos do sistema ambiental. Objetiva-se identificar interações entre os componentes do projeto e os elementos do meio. É um dos métodos mais utilizados;
- Diagrama de interação – São esquemas gráficos que indicam as relações sequenciais de causa e efeito (cadeias de impacto) a partir de uma ação impactante.

Por fim, a finalidade da AIA é atestar a viabilidade ambiental de uma proposta. Através de um processo composto por procedimentos estruturados, objetiva-se assegurar que as considerações ambientais sejam explicitamente tratadas e incorporadas ao processo decisório. Assim, o conceito de AIA está intrinsecamente conectado ao de licenciamento ambiental.

3. Metodologia

Antes de abordar a metodologia em si, é essencial definir os conceitos utilizados ao longo do texto. A designação empreendimento fotovoltaico refere-se a um projeto de geração de energia fotovoltaica centralizado. Um complexo de geração de energia fotovoltaica contém vários empreendimentos, e a ele dá-se o nome de usina fotovoltaica. Um estudo ambiental, definido no item 2.3, pode contemplar toda a usina ou cada um dos empreendimentos separadamente.

O trabalho ocorreu sob duas óticas. Num primeiro momento, realizou-se a análise de todos os estudos ambientais levantados para se desenhar um panorama geral. Em seguida, houve aprofundamento para cinco estudos e análise da compatibilidade deles com o arcabouço legal vigente, conforme explicado adiante.

Para a análise geral, construiu-se uma base de dados. O tratamento dela contemplou três fases. Na primeira, foram levantados todos os empreendimentos fotovoltaicos vencedores dos leilões de energia de 2014 a 2018 com seus respectivos estudos ambientais. São 143 empreendimentos distribuídos em 54 usinas fotovoltaicas, totalizando 72 estudos ambientais. No caso de empreendimentos de um mesmo complexo com estudo ambiental único, que não participaram juntos dos mesmos leilões, contabilizou-se o estudo ambiental somente uma vez.

Em seguida, verificou-se, utilizando como parâmetro a Resolução CONAMA 01/86, quais estudos apresentaram a devida Avaliação de Impacto Ambiental, ou seja, com identificação de impactos, previsão de magnitude, interpretação de importância e discriminação por aspectos, conforme já abordado no item 2.4. Constatou-se que 48 estudos (67%) contêm AIA completa e foram apenas esses que seguiram para a etapa de análise. Também foram identificadas as tipologias de estudo ambiental apresentadas pelos empreendimentos, a área total e a potência dos empreendimentos e os órgãos licenciadores.

A segunda fase consistiu na caracterização dos impactos apresentados. Elaborou-se uma listagem contendo todos os impactos presentes nos 48 estudos. A seleção dos atributos foi baseada na Resolução CONAMA 01/86. Foram incluídos os critérios Ocorrência e Abrangência, pois se entendeu como crucial avaliar a probabilidade de ocorrência dos impactos e sua escala espacial. A análise, então, considerou os seguintes atributos: Natureza, Abrangência, Incidência, Duração, Temporalidade, Reversibilidade, Ocorrência, Cumulatividade, Sinergia, Magnitude e Importância. Também foram consideradas as fases dos projetos (Planejamento,

Instalação, Operação e Descomissionamento) e o meio (Biótico, Físico e Socioeconômico) em que os impactos se manifestam.

Como cada estudo apresentou designações diversas de impactos ambientais, que em sua essência eram bastante semelhantes, fez-se uma padronização dos impactos. Essa terceira fase tem como objetivo realizar uma análise uniforme dos estudos.

A seleção dos impactos padronizados foi orientada pelas seguintes premissas: (i) manter o máximo de fidelidade ao nome original do impacto; (ii) utilizar a Natureza do impacto como apoio à interpretação; (iii) identificar em qual meio o impacto atua; e (iv) a designação de alguns impactos continham erros conceituais, contudo, objetivando não perder a informação sobre alteração da qualidade ambiental, eles foram mantidos. Assim, obteve-se uma lista de 52 impactos padronizados, que foram aplicados aos originais através de palavras-chave.

Há ainda impactos originais considerados como “Não correspondente” tanto por não terem relação com a lista dos 52 impactos padronizados quanto devido a erros conceituais, ou seja, por abordarem questões associadas a aspectos ambientais e atividades do empreendimento fotovoltaico.

Para uma análise mais aprofundada do conteúdo dos estudos, selecionaram-se cinco estudos. A escolha foi baseada pelos seguintes pontos:

- Localização – Conforme abordado no item 2.2.2, o Nordeste apresenta alto índice de irradiação, é a região que mais apresenta empreendimentos fotovoltaicos e a frente de expansão da fonte. Logo, é essencial que a qualidade dos estudos desses empreendimentos seja adequada.
- Existência de legislação específica – Procurou-se realizar comparação com legislação local específica para energia solar para verificar, se possível, tanto a compatibilidade dos estudos com o regramento quanto à adequação do regramento à realidade da fonte. Assim, há também a implicação de haver amostras suficientes de estudos pelo estado.

Focou-se, então, a análise no estado da Bahia, ainda mais considerando que o arcabouço legal de licenciamento para geração fotovoltaica data de 2012, a mais antiga. A escolha dos estudos foi pautada no critério técnico de área útil, pois é algo dado pelo regramento. O Decreto nº. 14.024/12 indica EPI e EMI como estudos ambientais, porém não foi encontrado algum documento com o conteúdo mínimo deles. Então, a análise de conteúdo foi feita pela CONAMA 279/01, que apresenta roteiro para o RAS.

Assim, foram selecionados cinco RAS de empreendimentos cuja área útil é maior que 50 hectares (pois esses, de acordo com legislação baiana, são considerados mais complexos do ponto de vista de impacto). Não são apresentados os nomes dos estudos, mas sim códigos. Realizou-se uma comparação entre os estudos e a legislação. Os comentários foram graduados por cor, em que vermelho significa “Não atendimento”, amarelo é “Atendimento parcial” e verde é “Atendimento adequado”.

4. Resultados

Este capítulo aborda o objetivo principal. Os resultados também englobam discussão e sugestões, incorporando respostas às perguntas levantadas no item 1.3. Primeiro, são abordados os resultados da análise geral, focada em AIA, e em seguida, da análise específica dos estudos selecionados.

Quanto à análise geral, a distribuição dos estudos conforme os estados brasileiros consta nas Tabelas 1 e 2, tanto para a quantidade total quanto para aqueles 67% que apresentaram AIA.

Total de estudos por estado	BA	CE	GO	MG	PA	PB	PE	PI	RN	SP	TO
	24%	15%	1%	11%	1%	4%	17%	14%	6%	6%	1%

Tabela 1: Frequência de estudos por estado. Fonte: estudos avaliados.

Estudos com AIA por estado	BA	CE	MG	PA	PB	PE	PI	RN	SP	TO
	33%	6%	17%	2%	6%	2%	21%	8%	2%	2%

Tabela 2: Frequência de estudos com AIA por estado. Fonte: estudos avaliados.

Dentre os estudos com AIA, existem diversas tipologias, conforme constatado na Tabela 3.

Tipologia de estudo	
RAS	65%
RCA	25%
EIA	4%
EMI	2%
EPI	2%
RAP	2%

Tabela 3: Frequência de tipologias de estudos com AIA. Fonte: estudos avaliados.

Destaca-se o alto índice de Relatórios Ambientais Simplificados, o que converge com o propósito da CONAMA 279/01, abordada no item 2.3.1. Os outros tipos de estudos, com exceção do EIA, são particulares de cada estado, conforme discutido no item 2.3.2.

Tem-se na Figura 11 a frequência dos impactos ambientais por número de estudos.

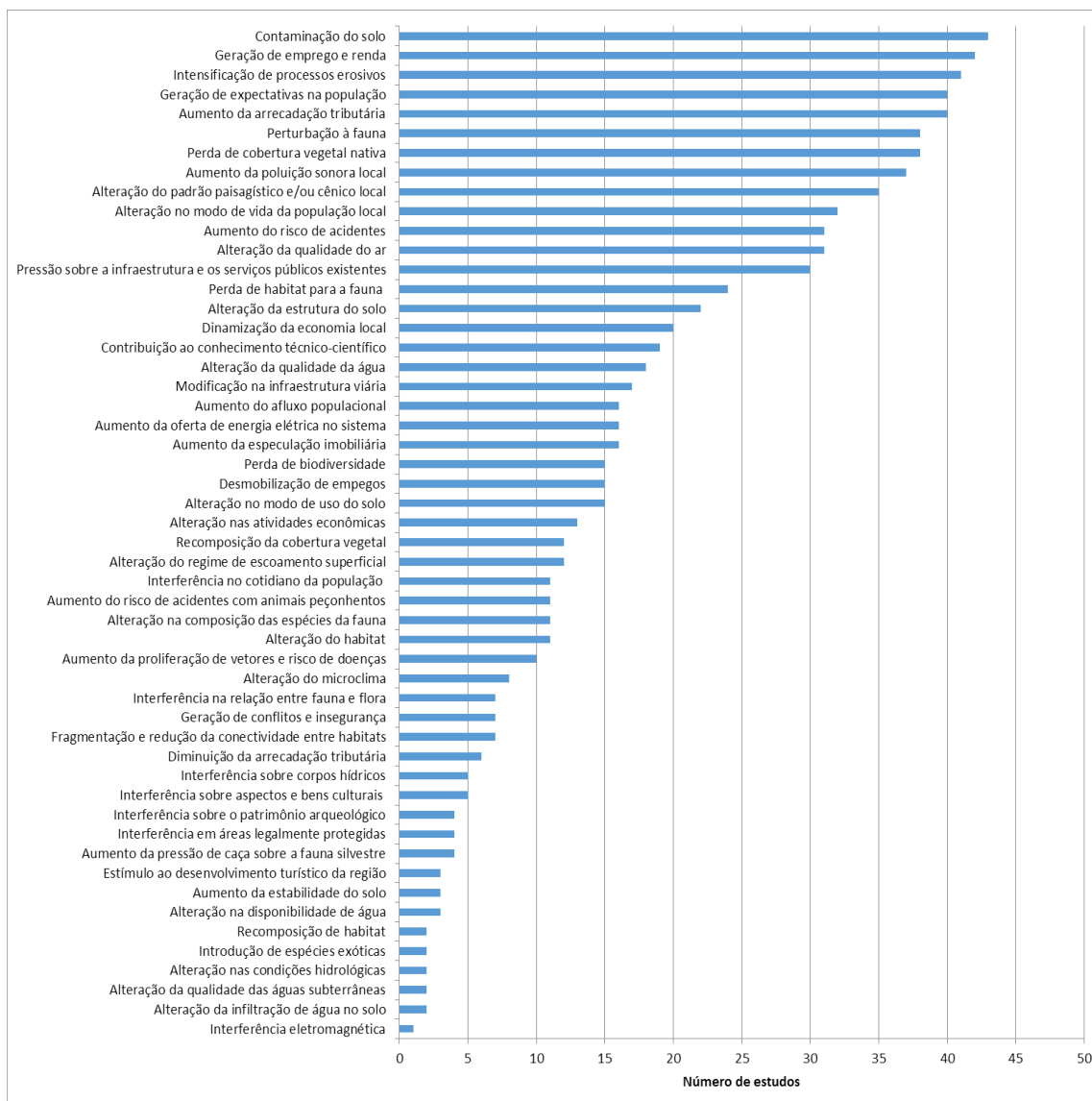


Figura 11: Frequência dos 52 impactos padronizados nos estudos. Elaboração própria.

Verifica-se convergência dos resultados com os impactos ambientais levantados pelas referências bibliográficas do item 2.2.3, o que demonstra adequação dos estudos nesse quesito. Vale o destaque para impactos relacionados à contaminação do solo, que aparecem em 90% dos estudos. Em seguida, vêm: geração de emprego e renda (88%), intensificação de processos erosivos (85%), geração de expectativas na população (83%), aumento da arrecadação tributária (83%), perturbação à fauna (79%) e perda de cobertura vegetal (79%).

Constatou-se que 33% dos estudos não atendem à Resolução CONAMA 01/86 quanto à avaliação de impacto. Eles se enquadram nas seguintes situações: listaram o impacto, mas avaliaram apenas a magnitude; apresentaram uma caracterização ambiental agregada sem identificar os impactos; mostraram apenas a existência ou

ausência de impactos; descreveram brevemente os impactos; ou elencaram os impactos sem nenhuma observação adicional. Esse é um dado preocupante, pois fere o propósito da AIA de atestar a viabilidade ambiental de uma proposta, permitindo-se, assim, a legitimação de projetos inviáveis.

A ausência de informações prejudica o pleno dimensionamento dos impactos causados pelo empreendimento, além de poder indicar uma identificação genérica, imprecisa e/ou parcial dos impactos e até omissões em termos de impactos passíveis de previsão (MPF, 2004). Assim, ao não realizarem a adequada identificação e análise de potenciais impactos, tais estudos podem ter a capacidade de interpretação da importância ambiental dos impactos reduzida e deixam de revelar a equação completa de benefícios e ônus.

A sistematização de impactos ambientais e atributos identificados são capazes de subsidiar a melhoria do processo de licenciamento através da elaboração de termos de referência específicos ao tipo de empreendimento, o que traz maior objetividade e celeridade (PEREIRA, GRAMINHA, 2016).

Esse dado pode ser explicado pela falta de conhecimento de forma geral, um grande problema que é comum ao processo de regulação ambiental. Reis (2015) aponta que a falta de conhecimento técnico influencia na qualidade e veracidade dos estudos ambientais, além de destacar que os principais problemas do licenciamento de uma nova atividade, como a geração fotovoltaica, são: a falta de informação, dados e previsão legal para uma efetiva proteção do meio ambiente.

Estudos ambientais incompletos ou que não utilizam parâmetros claros e consistentes para qualificar e priorizar os impactos podem ser nocivos tanto à gestão operacional e ambiental do empreendimento quanto ao próprio processo de licenciamento. Além disso, podem acentuar inconsistências na definição dos planos, programas e medidas socioambientais para monitoramento, mitigação ou compensação de impactos. Assim, prejudica-se o planejamento dos investimentos dos empreendedores, o que pode implicar em aumento de riscos e gastos com as atividades.

Este trabalho sugere que o ponto crucial a ser melhorado tanto na elaboração de estudos quanto no licenciamento da geração fotovoltaica é o atendimento à Resolução CONAMA 01/86. É alarmante que 33% dos estudos não apresentem devida AIA, ainda mais quando se considera que, na maioria dos casos, os estudos da fonte fotovoltaica são simplificados e, portanto, apresentam grau de complexidade menor que um EIA/RIMA. Os órgãos licenciadores devem ser mais rígidos em relação a isso.

Nos 48 estudos que apresentaram devida AIA, o número de impactos identificados por estudo variou entre 8 e 76. Dentre o total de 570 impactos em todos os estudos, 9% foram itens listados como “impactos”, mas que não obedecem à definição da Resolução CONAMA 01/86 e na verdade se referem a questões associadas a: aspectos ambientais¹¹, atividades do parque solar, finalidade do empreendimento, medidas de mitigação ou externalidade¹² (Quadro 5). Identificou-se que 98% dos estudos continham pelo menos um “impacto” desse tipo, demonstrando que pode haver falta de conhecimento conceitual e que há uma grande variação na acurácia e nos critérios adotados para a identificação de impactos.

Classificação	Questões incluídas
Aspecto ambiental	Manutenção dos processos ecológicos locais, a partir da conservação da Reserva Legal.
Atividade do empreendimento	Análise da viabilidade do projeto, análise da vulnerabilidade, caracterização geotécnica da área, concepção e arranjo geral da usina, confiabilidade no setor energético, definição da Área de Interesse Ambiental, definição da potencialidade de energia explorável, definição de potencialidade de eventos perigosos, definição do potencial de risco local, definição do potencial solar (local), delimitação de áreas de preservação permanente, eficiência dos equipamentos, elaboração de planos de controle e monitoramento, levantamento de demanda de energia, levantamento de parâmetros, minimização de acidentes, minimização de acidentes operacionais, mudanças em aspectos técnicos de projeto, otimização da produção e garantia dos níveis contratados, prognóstico das relações de causas e efeitos, proposta de conforto ambiental, regularização da averbação da reserva legal da propriedade rural, segurança e confiabilidade dos sistemas/empreendimento, segurança operacional, segurança/confiabilidade no investimento, segurança/confiabilidade no setor energético da região.
Finalidade do empreendimento	Aproveitamento de fonte de energia (limpa).
Externalidade	Garantia de definição e respeito das áreas protegidas legalmente e identificação de Áreas de Preservação Permanentes.
Medidas mitigatórias	Mitigação de impactos e riscos ambientais.

Quadro 5: Questões incluídas em impactos indevidamente caracterizados. Elaboração própria.

Dentre esses 48 estudos, apenas 27% avaliaram o atributo de Cumulatividade, enquanto 19% avaliaram Sinergia, conforme a Tabela 4 a seguir:

Atributos	Estudos (%)
Natureza	100%
Abrangência	83%
Incidência	98%
Duração	83%
Temporalidade	85%
Reversibilidade	90%
Ocorrência	19%

¹¹ Aspecto ambiental é um “elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente” (ABNT, 2004).

¹² Externalidade ocorre quando a atividade de um agente causa uma alteração de bem-estar em outro agente.

Cumulatividade	27%
Sinergia	19%
Magnitude	67%
Importância	65%

Tabela 4: Frequência com que os atributos da AIA foram avaliados nos estudos. Elaboração própria.

Defende-se que não se pode negligenciar a importância de uma abordagem mais abrangente do conjunto de empreendimentos, que considere eventuais cumulatividades e/ou sinergias de impactos entre empreendimentos fotovoltaicos e com outras fontes próximas. Isso porque “a associação de várias intervenções pode agravar ou mesmo gerar problemas sociais que, de outro modo, não ocorreriam” (MPF, 2004).

Sem contar que, devido à flexibilidade locacional, complexos fotovoltaicos possuem grande potencial de arranjos híbridos com outras fontes ou tecnologias de geração de energia, tal que a abordagem desses dois atributos pode ser importante em alguns casos durante o processo de licenciamento ambiental.

Ainda em relação a isso, convém traçar um paralelo com a energia eólica, visto a similaridade de ambas as fontes, especialmente em relação ao seu baixo potencial de impacto. A Resolução CONAMA 462/14 estabelece a necessidade de considerar o impacto de todo o complexo eólico, independente se o licenciamento é feito por parque ou complexo, e que estudos para licenciamento de novos parques eólicos cuja área de influência tenha sobreposição com a área de influência de outro parque ou complexo existente ou mais adiantado no licenciamento deverão considerar impactos cumulativos e sinérgicos do conjunto de parques ou complexos. Seria importante a instituição desse mesmo regramento para empreendimentos fotovoltaicos.

Quanto à AIA conforme as fases de um empreendimento (Planejamento, Instalação, Operação e Descomissionamento), apenas 13% dos estudos consideram a fase de descomissionamento. Conforme discorrido no item 2.2.2, a importância de abordar essa fase vem principalmente do descarte de painéis fotovoltaicos, que tende a se configurar como um grande problema nas próximas décadas. No entanto, a não abordagem pode ser justificada pela ausência de informações sobre desativação de plantas solares e pelo fato dos primeiros empreendimentos solares terem começado a operar em 2018. Mesmo assim, é importante desde já considerar este desafio para que soluções tecnológicas possam ser desenvolvidas e empregadas.

Os estudos devem abordar explicitamente cumulatividade e sinergia, além de descomissionamento. Para isso, seria essencial a elaboração de uma legislação

federal específica para licenciamento de empreendimentos fotovoltaicos, a exemplo da Resolução CONAMA 462/14, que serviria pra padronizar critérios. Assim, seria possível compatibilizar diferentes regramentos já existentes. Reis (2015) aponta que a falta de uma regulação normativa gera bastante insegurança em todos os entes envolvidos no processo de licenciamento e, dessa forma, o Estado não é capaz de atingir o objetivo pretendido de uma regulação ambiental, i.e., proteger o meio ambiente sem impedir o desenvolvimento.

Nesse regramento federal, também seria interessante estabelecer uma diretriz mínima de conteúdo dos estudos adaptada para as necessidades da fonte.

Uma boa prática observada por meio da análise e que pode ser se refere a preponderância da instalação de empreendimentos fotovoltaicos em locais que já apresentam algum nível de alteração pelo homem, evitando, assim, impactar áreas mais intocadas.

Em relação à análise dos cinco estudo selecionados, o Quadro 6 mostra a compatibilidade do conteúdo deles com Anexo I da CONAMA 279/01, que aponta o conteúdo mínimo de um RAS.

Estudo	Área (ha)	Ano do estudo	CONAMA 279/01	
			Conteúdo	Atendimento do estudo
BA1	527	2013	A.1 - Objetivos e justificativas, em relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;	O estudo atende plenamente a todos esses pontos.
			A.2 - Descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, considerando a hipótese de não realização, especificando a área de influência;	A descrição do projeto e a especificação da área de influência são adequadas, porém o estudo não discorre de alternativas.
			B.1 - Diagnóstico ambiental;	Realiza diagnóstico adequado.
			B.2 - Descrição dos prováveis impactos ambientais e socioeconômicos da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios para sua identificação, quantificação e interpretação;	Realiza AIA adequada.
			B.3 - Caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, considerando a interação dos diferentes fatores ambientais;	Discorre, mas não aprofunda.
			C.1 - Medidas mitigadoras e compensatórias, identificando os impactos que não possam ser evitados;	Aborda as medidas mitigadoras junto à AIA de forma adequada, mas não explicita impactos evitáveis.
			C.2 - Recomendação quanto à alternativa mais favorável;	Não discorre sobre alternativas.
			C.3 - Programa de acompanhamento, monitoramento e controle.	Apresenta e descreve seis planos e programas.
BA2	144	2014	A.1 - Objetivos e justificativas, em relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;	Insuficiente. O estudo usa a seção de justificativa para discorrer sobre a empresa detentora da usina. Quando aborda planos, é no item de Diagnóstico Ambiental.
			A.2 - Descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, considerando a hipótese de não realização, especificando a área de influência;	A descrição do projeto é muito boa, porém não há discussão sobre alternativas, muito menos a hipótese de não realização do empreendimento. A área de influência é bem delimitada, e o estudo apresenta um mapa dela.
			B.1 - Diagnóstico ambiental;	Realiza diagnóstico adequado.
			B.2 - Descrição dos prováveis impactos ambientais e socioeconômicos da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios para sua identificação, quantificação e interpretação;	Realiza AIA adequada. Aborda Descomissionamento.
			B.3 - Caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, considerando a interação dos diferentes fatores ambientais;	Caracterização adequada.

			C.1 - Medidas mitigadoras e compensatórias, identificando os impactos que não possam ser evitados;	Insuficiente. Dá apenas recomendações, não explicita medidas mitigatórias ou compensatórias.
			C.2 - Recomendação quanto à alternativa mais favorável;	Não discorre sobre alternativas.
			C.3 - Programa de acompanhamento, monitoramento e controle.	Apresenta e descreve cinco planos e programas.
BA3	878	2014	A.1 - Objetivos e justificativas, em relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;	O estudo atende plenamente a todos esses pontos.
			A.2 - Descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, considerando a hipótese de não realização, especificando a área de influência;	A descrição do projeto e a especificação da área de influência são adequadas, porém o estudo não discorre de alternativas.
			B.1 - Diagnóstico ambiental;	Realiza diagnóstico adequado.
			B.2 - Descrição dos prováveis impactos ambientais e socioeconômicos da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios para sua identificação, quantificação e interpretação;	Realiza AIA adequada.
			B.3 - Caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, considerando a interação dos diferentes fatores ambientais;	Discorre, mas não aprofunda.
			C.1 - Medidas mitigadoras e compensatórias, identificando os impactos que não possam ser evitados;	Aborda as medidas mitigadoras junto à AIA de forma adequada, mas não explicita impactos evitáveis.
			C.2 - Recomendação quanto à alternativa mais favorável;	Não discorre sobre alternativas.
			C.3 - Programa de acompanhamento, monitoramento e controle.	Apresenta e descreve sete planos e programas.
BA4	195,4	2012	A.1 - Objetivos e justificativas, em relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;	O estudo atende plenamente a todos esses pontos.
			A.2 - Descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, considerando a hipótese de não realização, especificando a área de influência;	A descrição do projeto e a especificação da área de influência são adequadas, porém o estudo não discorre de alternativas.
			B.1 - Diagnóstico ambiental;	Realiza diagnóstico adequado.
			B.2 - Descrição dos prováveis impactos ambientais e socioeconômicos da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios para sua identificação, quantificação e interpretação;	Realiza AIA adequada.
			B.3 - Caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, considerando a interação dos diferentes fatores ambientais;	Discorre, mas não aprofunda.

			C.1 - Medidas mitigadoras e compensatórias, identificando os impactos que não possam ser evitados;	Aborda as medidas mitigadoras junto à AIA, mas não explicita impactos evitáveis.
			C.2 - Recomendação quanto à alternativa mais favorável;	Não discorre sobre alternativas.
			C.3 - Programa de acompanhamento, monitoramento e controle.	Apresenta e descreve sete planos e programas.
BA5	105	2014	A.1 - Objetivos e justificativas, em relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;	O objetivo é claro e direto. Há justificativa da escolha do local do empreendimento. O estudo não aborda especificamente planos e programas governamentais, mas faz um apanhado relevante quanto à legislação pertinente.
			A.2 - Descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, considerando a hipótese de não realização, especificando a área de influência;	Embora o estudo não apresente alternativas, justifica a escolha do local do empreendimento. A delimitação da área de influência é devidamente explicada e definida, embora não haja mapa.
			B.1 - Diagnóstico ambiental;	Realiza diagnóstico adequado.
			B.2 - Descrição dos prováveis impactos ambientais e socioeconômicos da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios para sua identificação, quantificação e interpretação;	Realiza AIA adequada.
			B.3 - Caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, considerando a interação dos diferentes fatores ambientais;	Discorre com profundidade.
			C.1 - Medidas mitigadoras e compensatórias, identificando os impactos que não possam ser evitados;	Aborda as medidas mitigadoras junto à AIA, mas não explicita impactos evitáveis.
			C.2 - Recomendação quanto à alternativa mais favorável;	Não discorre sobre alternativas.
			C.3 - Programa de acompanhamento, monitoramento e controle.	Apresenta vinte e quatro planos e programas devidamente detalhados.

Quadro 6: Comparação entre os RAS selecionados com a Resolução CONAMA 279/01. Elaboração própria.

A Tabelas 5 e o Quadro 7, respectivamente, mostram a frequência de classificação de atendimento dos pontos da CONAMA 279/01 em relação aos estudos e a frequência de estudos que plenamente atenderam aos pontos da CONAMA.

Atendimento	Estudo				
	BA1	BA2	BA3	BA4	BA5
Adequado	50%	50%	50%	50%	75%
Parcial	25%	12.5%	25%	25%	12.5%
Não atendimento	25%	37.5%	25%	25%	12.5%

Tabela 5: Classificação do atendimento dos estudos à Resolução CONAMA 279/01.

Elaboração própria.

Pontos da CONAMA 279/01	Atendimento adequado dos estudos
A.1 - Objetivos e justificativas, em relação e compatibilidade com as políticas setoriais, planos e programas governamentais;	80%
A.2 - Descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locacionais, considerando a hipótese de não realização, especificando a área de influência;	20%
B.1 - Diagnóstico ambiental;	100%
B.2 - Descrição dos prováveis impactos ambientais e socioeconômicos da implantação e operação da atividade, considerando o projeto, suas alternativas, os horizontes de tempo de incidência dos impactos e indicando os métodos, técnicas e critérios para sua identificação, quantificação e interpretação;	100%
B.3 - Caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, considerando a interação dos diferentes fatores ambientais;	40%
C.1 - Medidas mitigadoras e compensatórias, identificando os impactos que não possam ser evitados;	0%
C.2 - Recomendação quanto à alternativa mais favorável;	0%
C.3 - Programa de acompanhamento, monitoramento e controle.	100%

Quadro 7: Pleno atendimento dos estudos aos pontos da CONAMA 279/01. Fonte: elaboração própria.

O estudo “BA5” foi considerado o que mais atendeu ao regramento, enquanto o “BA2”, o que mais teve pontos não atendidos. Os estudos atenderam 100% três pontos da Resolução: apresentaram extensivo diagnóstico ambiental, realizaram AIA adequada e descreveram programas e planos ambientais. Mais ainda, todos apresentaram no mínimo 50% de itens plenamente abordados, i.e., de cor verde. O

estudo “BA2” é o único da amostra que considerou impactos na fase de descomissionamento.

A descrição de projeto e alternativas técnicas e locacionais foi o item menos atendido, com apenas 20% dos estudos. Nenhum dos estudos sequer discorreu sobre alternativas locacionais. Contudo, uma possível justificativa é que, pelo levantamento de todos os estudos, empreendimentos fotovoltaicos tendem a ser instalados em fazendas e sítios por serem áreas que já apresentam um nível de interferência antrópica. Então o não atendimento não necessariamente impacta na qualidade do estudo e, conseqüentemente, do empreendimento. Ou seja, não se considera esse ponto como crítico ao desenvolvimento da fonte.

A crítica a ser feita aqui é a falta de um regramento que indique o conteúdo mínimo de um estudo ambiental voltado para geração fotovoltaica. Isso vai de acordo com o que foi discutido acima, pois a definição de uma diretriz mínima pode trazer benefícios à identificação e caracterização de impactos potenciais, o que, por sua vez, pode contribuir para uma melhora na qualidade dos estudos ambientais.

Embora os diagnósticos sejam feitos de forma minuciosa, vale mencionar a presença de referências bibliográficas desatualizadas nos estudos analisados. Contudo, esta não é uma particularidade da geração fotovoltaica, mas sim geral de estudos ambientais, uma vez que existe complexidade em elaborar documentos técnicos que versem sobre determinados assuntos – por exemplo, irradiação, pluviosidade, etc. Isso vai de encontro com o que já foi abordado acima por Reis (2015).

Além disso, o prognóstico ambiental é mal elaborado em 60% dos estudos selecionados. Sem devida caracterização futura do ambiente com o empreendimento, dificulta-se a plena tomada de decisão.

Embora não atendam plenamente à CONAMA 279/01, os estudos “BA1”, “BA3” e “BA4” apresentam seu próprio termo de referência, com o qual há bastante diálogo no texto.

Os estudos acima são bastante minuciosos quanto ao diagnóstico ambiental e à AIA, configurando-se como pontos positivos que elevam sua qualidade.

5. Conclusão

A análise dos estudos levantou pontos importantes para discussão, a saber: a existência de uma quantidade preocupante de estudos que não atende o mínimo de uma AIA conforme consta na Resolução CONAMA 01/86, tratando-se de estudos imprecisos no exame sistemático dos impactos. A não identificação e avaliação de efeitos esperados de uma atividade podem acarretar na indevida elaboração de medidas mitigatórias e compensatórias. Portanto, tais estudos podem ser incapazes de atestar, efetivamente, a viabilidade ambiental de uma proposta e de oferecer embasamento concreto à tomada de decisão.

Uma porcentagem pequena de estudos aborda os impactos relativos à cumulatividade e sinergia, algo preocupante tanto pela mobilidade locacional característica da fonte quanto pelo número crescente de empreendimentos renováveis no Brasil.

O mesmo vale para a fase de descomissionamento, importante para esse tipo de empreendimento. Sua correta inclusão e avaliação podem ser cruciais para um possível desenvolvimento de mercado que ofereça soluções na disposição final de componentes de uma usina fotovoltaica. Com destaque para os painéis fotovoltaicos, tal mercado já é uma realidade no mundo e sua necessidade será expressiva nas próximas décadas no país.

Outro ponto em que os estudos falham ao atender a legislação é o caso dos cinco estudos selecionados para análise sob a ótica da CONAMA 279/01 que revelaram, na maioria dos casos, pouca preocupação com o desenvolvimento do prognóstico ambiental. Contudo, embora apresentem pontos negativos e defasados, eles apresentam qualidade adequada quanto ao diagnóstico ambiental e AIA.

Todo esse panorama influencia não somente na qualidade dos estudos, como também na previsão, por parte do empreendedor, de custos e problemas relacionados à instalação e operação de empreendimentos fotovoltaicos. Ter estudos bem elaborados tende a aproximar essa previsão o mais possível da realidade e minimizar custos futuros e não orçados.

Este trabalho defende que o estabelecimento de um regimento que defina diretrizes e critérios para licenciamento de empreendimentos fotovoltaicos no Brasil poderia implicar em uma melhora na qualidade dos estudos ambientais. Fica claro com as avaliações realizadas que o estudo deve abordar sinergia e cumulatividade e descomissionamento na análise de impactos e incluir um conteúdo mínimo de estudos

ambientais personalizado para a fonte. Isso tende a trazer benefícios ao processo de identificação e caracterização de impactos potenciais de empreendimentos fotovoltaicos.

A prática de exigir estudos ambientais objetiva melhor avaliação da viabilidade ambiental de empreendimentos, procurando incorporar a esfera ambiental no desenvolvimento do país. Contudo, no que tange à energia fotovoltaica, é evidenciada a necessidade de aperfeiçoamento não somente dos estudos em si, como também de todo o processo de licenciamento, uma vez que ainda não existe legislação federal. Considerando o momento de expansão da fonte, é necessário um engajamento de todas as partes interessadas para que os estudos, e conseqüentemente o licenciamento, traduzam, com clareza e qualidade, as questões ambientais pertinentes.

A criação de uma legislação federal pode contribuir não somente para diminuir a insegurança no processo de licenciamento, como também para melhorar o conhecimento sobre a fonte. Discutiu-se aqui que o licenciamento não é antagonista do empreendedor, e que, feito de forma adequada, pode beneficiar tanto o órgão ambiental quanto o próprio empreendedor, o que reforça a ideia de que o meio ambiente não é inibidor do desenvolvimento.

Por fim, pelo fato da geração fotovoltaica ser considerada de baixo impacto, os estudos ambientais desses empreendimentos não estão apresentando a qualidade e/ou a minúcia adequada. Assim, o trabalho almejou dar início a essa discussão, visando contribuir não somente para desenvolvimento da fonte, como também de outros tipos de energia renovável.

Recomendações

Elaboração de um estudo que objetive elaborar um método formal de avaliação de qualidade de estudos ambientais simplificados, como, por exemplo, o RAS.

Estudo orientado para aprofundar conhecimentos sobre o descomissionamento de uma usina fotovoltaica.

Estabelecimento de uma base técnica para subsidiar a elaboração de uma legislação federal.

6. Referências bibliográficas

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR ISO 14001: Sistemas da gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso*. Rio de Janeiro, 2004.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2018a. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>> Acesso em: 17 out. 2018.

_____. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015*. *Diário Oficial da União* - Seção 1, p. 45, v. 152, n. 230.

_____. *BIG – Banco de Informações da Geração*. 2018b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 22 out. 2018.

BARBOSA FILHO, W. P.; FERREIRA, W. R.; AZEVEDO, A. C. S. de; COSTA, A. L.; PINHEIRO, R. B. “Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas”. In: *R. gest. sust. ambient.*, Florianópolis, n. esp, p.628-642, dez. 2015.

BLUESOL. *As 5 Principais Questões Sobre o Módulo Fotovoltaico Respondidas Para Que Você Não Erre Mais Na Escolha do Seu Gerador Solar*. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/modulo-fotovoltaico/>>. Acesso em: 03 jan. 2019.

BAHIA (Estado). Decreto nº 14.024, de 6 de junho de 2012. *Diário Oficial do Estado da Bahia*. Salvador, BA, 7 jun. 2012.

_____. Decreto nº 15.682, de 19 de novembro de 2014. *Diário Oficial do Estado da Bahia*. Salvador, BA, 20 nov. 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo. Brasília, DF, 1986.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 006, de 16 de setembro de 1987. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo. Brasília, DF, 1987.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo. Brasília, DF, 1997.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 279, de 27 de junho de 2001. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo. Brasília, DF, 2001.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 462, de 24 de julho de 2014. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo. Brasília, DF, 2014.

_____. Lei Complementar 140, de 8 de dezembro de 2011. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo. Brasília, DF, 2011.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo. Brasília, DF, 1981.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Poder Executivo. Brasília, DF, 2010.

CARNEIRO, J. *Electromagnetismo B – Módulos Fotovoltaicos – Características e Associações*. Apostila de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho. Guimarães, Portugal. 2010.

CCEE. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. 2018. Disponível em: <www.ccee.org.br> Acesso em: 17 out. 2018.

CEARÁ (Estado). Resolução COEMA nº 6 de 6 de setembro de 2018. *Diário Oficial do Estado do Ceará*. Fortaleza, CE, 6 out. 2018, p. 56.

ECORYS. *Study in support of Impact Assessment work for Ocean Energy: Final Report*. 2013. Brussels/Rotterdam, 17 May 2013.

EPE. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018 – Ano base 2017*. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2018a.

_____. *Nota Técnica DEE 091/18: Projetos fotovoltaicos nos leilões de energia – Características dos empreendimentos nos leilões de 2013 a 2018*. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2018b.

_____. *Nota Técnica EPE 026/18: Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2026*. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2018c.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Decreto nº 4.039-R, de 7 de dezembro de 2016. *Diário Oficial do Estado do Espírito Santo*. Vitória, ES, 8 dez. 2016. 2016a.

_____. Instrução Normativa IEMA nº 014-N, de 7 de dezembro de 2016. *Diário Oficial do Estado do Espírito Santo*. Vitória, ES, 12 dez. 2016. 2016b.

GRAMINHA, C. A.; PEREIRA, P. R. “Impactos ambientais associados a usinas fotovoltaicas: subsídios ao licenciamento”. In: *Anais do 3º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto*. 3º Congresso Brasileiro de Avaliação de Impacto, Ribeirão Preto, SP, 2016, p. 494-500.

GREENBRAS. *Greenbras explica: os vários tipos de energia solar*. Disponível em: <<http://greenbras.com/energia-solar/energia-fotovoltaica/greenbras-explica-os-varios-tipos-de-energia-solar/>>. Acesso: 28 dez. 2018.

HORIZONTE AMBIENTAL. *Licenciamento ambiental para usina solar fotovoltaica no estado de São Paulo*. 2017. Disponível em <<https://www.horizonteambiental.com.br/licenciamento-ambiental-para-usina-solar-fotovoltaica/>> Acesso em: 28 dez. 2018.

HYDER CONSULTING. *Guidelines for the Assessment of Indirect and Cumulative Impacts as well as Impact Interactions*. Brussels: EC DG X1 Environment, Nuclear Safety & Civil Protection. May, 1999. Disponível em: <<http://ec.europa.eu/environment/archives/eia/eia-studies-and-reports/pdf/guidel.pdf>>. Acesso: 07 mar. 2019.

IEA. *Technology Roadmap: Solar photovoltaic energy - 2014 Edition*. International Energy Agency, 2014a.

_____. *Key World Energy Statistics 2015*. International Energy Agency, 2015.

_____. International Energy Agency. Disponível em: <<https://www.iea.org/>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

IPCC. *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. Intergovernmental Panel On Climate Change. Nova Iorque, NY, EUA: Cambridge University Press, 2012.

IRENA. *Turning to Renewables: Climate-Safe Energy Solutions*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2017.

_____. International Renewable Energy Agency. Disponível em: <<http://www.irena.org/>> Acesso em: 31 ago. 2018.

IRENA e IEA-PVPS. *End-of-Life Management: Solar Photovoltaic Panels*. International Renewable Energy Agency and International Energy Agency Photovoltaic Power Systems, 2016.

JOTA. *Licenciamento ambiental de projetos de energia solar – Regulamentação e criação de um ambiente favorável*. Disponível em: <<https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/coluna-do-stocche-forbes/projetos-de-geracao-de-energia-solar-no-brasil-30082017>>. Acesso em: 13 dez. 2018

MASTER AMBIENTAL. *Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA)*. Disponível em: <<https://www.masterambiental.com.br/consultoria-ambiental/licenciamento-e-estudos-ambientais/estudo-de-impacto-ambiental/>>. Acesso em: 23 out. 2018.

MATO GROSSO DO SUL (Estado). Resolução SEMADE nº 9, de 13 de maio de 2015. *Diário Oficial do Estado de Mato Grosso do Sul*. Campo Grande, MS, 29 jun. 2015, n. 8.949, p. 1-49.

MINAS GERAIS (Estado). Deliberação Normativa Copam nº 217, de 06 de dezembro de 2017. *Diário Oficial do Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte, MG, 8 dez. 2017.

MMA. Ministério de Meio Ambiente. *Acordo de Paris*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 23 out. 2018.

MME/EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2027*. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2018.

MPF. Ministério Público Federal. *Deficiências em estudos de impacto ambiental: síntese de uma experiência*. 4ª Câmara de Coordenação e Revisão: Escola Superior do Ministério Público da União. Brasília, 2004.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. *O Sistema Interligado Nacional*. Disponível em: <<http://ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

PARANÁ (Estado). Portaria IAP nº 19, de 6 de fevereiro de 2017. *Diário Oficial do Estado do Paraná*. Curitiba, PR, 9 fev. 2017.

PSR CONSULTORIA, LEWE CONSULTORIA. *A energia que queremos*. 1 ed, dez. 2016. Disponível em: <http://riosvivos.org.br/wp-content/uploads/2017/05/998f41_16a988bd6cff45399bfaa6181e938ec4.pdf>. Acesso em: 18 out. 2018.

REIS, D. de C. *Análise crítica do processo de licenciamento ambiental de usinas fotovoltaicas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2015.

RENEWABLE ENERGY WORLD. *Funding the Risks of New Solar PV Technology and Recycling*. 2016. Disponível em: <<https://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/03/funding-the-risks-of-new-solar-pv-technology-and-recycling.html>> Acesso em: 31 ago. 2018.

RIO GRANDE DO NORTE (Estado). Instrução Normativa IDEMA nº 01, de 1 de novembro de 2018. *Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte*. Natal, RN, 2 nov. 2018.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Resolução CONESMA nº 372, de 22 de fevereiro de 2018. *Diário Oficial do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, RS, 1 mar. 2018. 2018a.

_____. Portaria FEPAM nº 089, de 12 de novembro de 2018. *Diário Oficial do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, RS, 13 nov. 2018, p. 178-179. 2018b.

RONDÔNIA (Estado). Lei nº 3.686, de 8 de dezembro de 2015. *Diário Oficial do Estado de Rondônia*. Porto Velho, RO, 8 dez. 2015.

_____. Lei nº 4.283, de 15 de maio de 2018. *Diário Oficial do Estado de Rondônia*. Porto Velho, RO, 16 mai. 2018.

SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTA CATARINA (Estado). Resolução CONSEMA nº 98, de 5 de maio de 2017. *Diário Oficial do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis, SC, 6 jul. 2017.

_____. Resolução CONSEMA nº 123, de 19 de outubro de 2018. *Diário Oficial do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis, SC, 30 nov. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Resolução SMA nº 49, de 28 de maio de 2014. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*. São Paulo, SP, 29 mai. 2014, Seção I, p. 51.

_____. Resolução SMA nº 74, de 04 de agosto de 2017. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*. São Paulo, SP, 5 ago. 2017, Seção I, p. 69.

SILVA, T. D. da; MENEZES, M. de S. “Uma discussão ambiental: o aquecimento global e a busca pelo desenvolvimento sustentável”. In: *Geografia em Atos*, n. 7, v.1. Presidente Prudente, 2007.

SIMABUKULO, L. A. N.; CORREA, L. F. da S.; SANTOS, M. M. O. dos; MARTINS, M. *Energia, industrialização e modernidade: história social*. 2006. Trabalho de conclusão de disciplina (Graduação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: < <http://www.museudaenergia.org.br/media/63129/03.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2019.

SOLAR NOVUS. *PV Recycling: Update on legal and technology issues*. 2013. Disponível em: <https://www.solarnovus.com/pv-recycling-update-on-legal-and-technology-issues_N6363.html> Acesso em: 31 ago. 2018.

TOCANTINS (Estado). Instrução Normativa/NATURATINS nº 09, de 20 de setembro de 2018. *Diário Oficial do Estado do Tocantins*. Palmas, TO, 29 out. 2018, p. 24-25.

TOLMASQUIM, M. (coord.) *Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica*. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

THE VERGE. *More solar panels mean more waste and there's no easy solution*. 2018. Disponível em: <<https://www.theverge.com/2018/10/25/18018820/solar-panel-waste-chemicals-energy-environment-recycling>>. Acesso em: 26 out. 2018.

UNFCCC. *Nationally Determined Contributions (NDCs)*. United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponível em: <<https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions/ndc-registry>>. Acesso em: 02 jan. 2019.

_____. *The Paris Agreement*. United Nations Framework Convention on Climate Change. Disponível em: <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>>. Acesso em: 02 jan. 2019.