



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**ELIAS ANTÔNIO VILAR DE MEDEIROS MORAIS**

**CENÁRIO E PERSPECTIVAS DO MERCADO LIVRE DE ENERGIA SOLAR**  
**FOTOVOLTAICA NO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA**  
**2025**

ELIAS ANTÔNIO VILAR DE MEDEIROS MORAIS

**CENÁRIO E PERSPECTIVAS DO MERCADO LIVRE DE ENERGIA SOLAR  
FOTOVOLTAICA NO ESTADO DO CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do diploma de Engenheiro de Energias Renováveis.

Orientador: Profa. Dra. Ana Fabíola Leite Almeida.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M825c    Morais, Elias Antonio Vilar de Medeiros.  
          Cenário e perspectivas do mercado livre de energia solar fotovoltaica no estado do Ceará / Elias  
          Antonio Vilar de Medeiros Morais. – 2025.  
          39 f. : il. color.

          Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,  
          Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Fortaleza, 2025.  
          Orientação: Prof. Dr. Ana Fabíola Leite Almeida.

          1. Energia solar. 2. Fotovoltaica. 3. Mercado Livre. 4. Ceará. 5. Desafios. I. Título.

CDD 621.042

---

ELIAS ANTÔNIO VILAR DE MEDEIROS MORAIS

**CENÁRIO E PERSPECTIVAS DO MERCADO LIVRE DE ENERGIA SOLAR  
FOTOVOLTAICA NO ESTADO DO CEARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do diploma de Engenheiro de Energias Renováveis.

Orientador: Profa. Dra. Ana Fabíola Leite Almeida.

Aprovada em: 14/03/2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Ana Fabíola Leite Almeida (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Nivaldo Aguiar Freire  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Amanda Pereira Monteiro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho representa a concretização de um sonho e o resultado de anos de dedicação, esforço e aprendizado. Nada disso seria possível sem o apoio incondicional e a motivação daqueles que sempre estiveram ao meu lado.

Primeiramente, agradeço à minha mãe, **Gileide Vilar de Albuquerque**, por todo o amor, incentivo e suporte ao longo da minha jornada acadêmica. Seu exemplo de dedicação e perseverança sempre me inspirou a seguir em frente, mesmo diante dos desafios.

Expresso também minha profunda gratidão a minha companheira, **Laura Hellen da Silva Santos**, por estar ao meu lado nos momentos de dificuldade e comemorar comigo cada conquista. Seu apoio inestimável e sua confiança em mim foram fundamentais para que eu pudesse concluir esta etapa tão importante da minha vida.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero muito obrigado!

## RESUMO

Este estudo analisa o mercado livre de energia solar fotovoltaica no estado do Ceará, abordando sua expansão, desafios e perspectivas futuras. Através de uma revisão bibliográfica abrangente e análise de dados quantitativos e qualitativos, foram identificados os principais aspectos relacionados à adoção da energia solar no estado. A metodologia aplicada envolveu a coleta de dados de diversas fontes, análise estatística e qualitativa, e entrevistas com especialistas do setor. Os resultados revelam um crescimento significativo na capacidade instalada de energia solar fotovoltaica, impulsionado por fatores como o potencial solar excepcional do Ceará, políticas públicas favoráveis e avanços tecnológicos. No entanto, desafios como custos iniciais elevados, questões regulatórias e infraestrutura limitada ainda representam obstáculos para a expansão do mercado. A análise aponta para a importância de políticas públicas eficazes, educação e conscientização pública, e colaboração entre diferentes atores para impulsionar o desenvolvimento sustentável do setor solar. Conclui-se que o Ceará possui um grande potencial para se tornar um líder no mercado de energia solar fotovoltaica, desde que sejam superados os desafios existentes e aproveitadas as oportunidades de colaboração e inovação.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Fotovoltaica, Mercado Livre, Ceará, Desafios, Perspectivas.

## ABSTRACT

This study analyzes the free photovoltaic solar energy market in the state of Ceará, addressing its expansion, challenges and future perspectives. Through a comprehensive literature review and analysis of quantitative and qualitative data, the main aspects related to the adoption of solar energy in the state were identified. The methodology applied involves collecting data from various sources, statistical and qualitative analysis, and interviews with sector experts. The results reveal significant growth in the installed capacity of photovoltaic solar energy, driven by factors such as Ceará's exceptional solar potential, advanced public policies and technological advances. However, challenges such as high initial costs, regulatory issues and limited infrastructure still pose obstacles to market expansion. The analysis points to the importance of effective public policies, education and public awareness, and collaboration between different actors to contribute to the sustainable development of the solar sector. It is concluded that Ceará has great potential to become a leader in the photovoltaic solar energy market, as long as existing challenges are overcome and opportunities for collaboration and innovation are taken advantage of.

**Keywords:** Solar Energy, Photovoltaics, Free Market, Ceará, Challenges, Perspectives.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>3</b>
2.1 Objetivo Geral .....	4
2.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>3. REFERÊNCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
3.1 Panorama energético do Ceará .....	4
3.2 Legislação e regulamentação .....	6
3.3 Infraestrutura e tecnologia .....	9
3.4 Mercado e economia .....	12
3.5 Impactos socioeconômicos .....	14
3.6 Barreiras e desafios .....	16
3.7 Oportunidade de negócios .....	14
3.8 Inovação e pesquisa .....	16
3.9 Perspectivas para energia solar fotovoltaica .....	21
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
4.1 Revisão bibliográfica .....	23
4.2 Coleta de dados secundários .....	23
4.3 Análise estatística e comparativa .....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>28</b>

## LISTA DE SIGLAS

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

ABRACEEL - Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ARCE - Agência de Regulação do Estado do Ceará

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento

CETENE - Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

IEA - Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency*)

IRENA - Agência Internacional de Energia Renovável

SEINFRA – Secretaria da Infraestrutura

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Comparação Matriz Energética do Ceará (2023).....	3
<b>Figura 2:</b> Evolução da Migração para o Mercado Livre de Energia.....	11
<b>Figura 3:</b> Maiores geradores de energia solar do Brasil (2020).....	13
<b>Figura 4:</b> Impacto dos Incentivos no Crescimento da Energia Solar.....	24
<b>Figura 5:</b> Crescimento da Capacidade Instalada de Energia Solar.....	25

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1:** Principais Políticas e Incentivos para Energia Solar no Ceará.....8

**Tabela 2:** Comparação entre Geração Distribuída e Geração Centralizada.....10

## 1. INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica tem se destacado como uma alternativa promissora para suprir a crescente demanda energética, impulsionada pela busca por fontes mais limpas e renováveis. No contexto brasileiro, o estado do Ceará desponta como uma região privilegiada para o desenvolvimento dessa tecnologia, devido ao seu elevado potencial de irradiação solar ao longo do ano.

Segundo dados da ABSOLAR (2022), apesar das vantagens evidentes da energia solar, sua inserção no mercado energético ainda enfrenta desafios significativos, especialmente no que diz respeito ao ambiente regulatório e à infraestrutura necessária para sua implementação em larga escala. A conscientização sobre os benefícios econômicos, ambientais e sociais da energia solar tem impulsionado seu crescimento no mercado nacional e global.

No entanto, apesar do potencial evidente, a adoção e a penetração dessa fonte de energia ainda enfrentam desafios consideráveis, tanto em termos regulatórios quanto tecnológicos. Nesse contexto, surge o **mercado livre de energia**, um ambiente no qual consumidores podem negociar diretamente com geradores ou comercializadoras de energia, escolhendo a origem e os preços da eletricidade adquirida. Diferente do mercado cativo, no qual os consumidores são obrigados a comprar energia das distribuidoras locais a tarifas reguladas, o mercado livre oferece maior flexibilidade e possibilidade de economia, sendo atualmente acessível a consumidores de média e alta tensão.

O funcionamento do mercado livre de energia se baseia na separação entre a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização de energia elétrica. Os consumidores aptos a participar desse ambiente podem adquirir energia diretamente de um gerador, como uma usina solar fotovoltaica, ou de uma comercializadora, que atua como intermediária na compra e venda de energia. Após a contratação, a energia gerada é injetada no Sistema Interligado Nacional (SIN) e entregue ao consumidor final por meio da rede de distribuição, garantindo que a eletricidade chegue ao destino independentemente da origem contratada.

A entrada da energia solar fotovoltaica no mercado livre representa um avanço significativo para a diversificação da matriz energética nacional e para a autonomia dos consumidores. No Ceará, essa abertura, impulsionada pela Resolução Normativa Nº 482/2012 da ANEEL e posteriormente aprimorada por regulações como a Lei nº 14.300/2022, permite que consumidores de alta e média tensão adquiram energia solar diretamente de geradores ou comercializadoras, explorando preços mais competitivos e soluções energéticas sustentáveis.

A redução contínua dos custos tecnológicos da energia solar fotovoltaica é um dos principais motores desse crescimento. Com avanços tecnológicos e economias de escala, os

custos de instalação dos sistemas solares têm diminuído significativamente, tornando-os mais acessíveis e atraentes para consumidores residenciais, comerciais e industriais em todo o estado.

Por outro lado, diversos desafios ainda precisam ser enfrentados para viabilizar a migração dos consumidores para o mercado livre de energia solar. O alto investimento inicial necessário para a instalação de um sistema de geração solar fotovoltaica pode ser um obstáculo significativo, especialmente para consumidores com recursos financeiros limitados. Esse investimento exige um planejamento financeiro cuidadoso e, muitas vezes, requer financiamento ou incentivos para tornar-se acessível a um público mais amplo. Além disso, questões regulatórias e de infraestrutura também se apresentam como barreiras que precisam ser superadas.

A crescente preocupação com a sustentabilidade e o apoio do governo brasileiro, por meio de políticas públicas e incentivos específicos para a geração distribuída de energia, têm desempenhado um papel crucial no estímulo ao crescimento desse mercado. O avanço da energia solar fotovoltaica no mercado livre representa uma tendência irreversível, que pode trazer benefícios significativos para o setor energético e para a sociedade como um todo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar o mercado livre de energia solar fotovoltaica no estado do Ceará, identificando seus principais impulsionadores, desafios e perspectivas de crescimento.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Examinar as políticas governamentais e os incentivos fiscais relacionados à energia solar no Ceará, avaliando seu impacto na expansão do setor.
- Identificar os fatores técnicos, econômicos e regulatórios que influenciam a adoção da energia solar no mercado livre, destacando desafios e oportunidades.
- Avaliar os impactos socioeconômicos da energia solar fotovoltaica no estado, considerando sua contribuição para a geração de empregos, o desenvolvimento local e a redução das emissões de gases de efeito estufa.
- Fornecer subsídios para o planejamento e a implementação de políticas públicas e estratégias voltadas ao crescimento sustentável do setor.

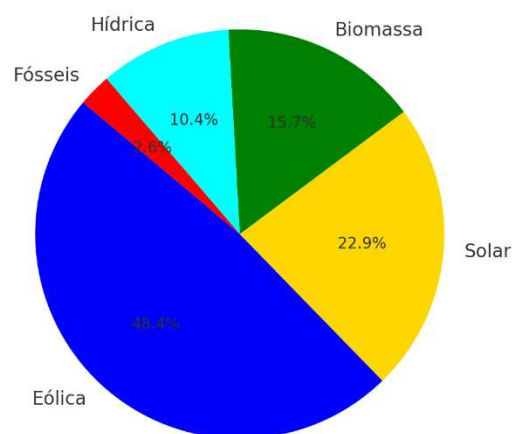
### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

No contexto da energia solar fotovoltaica no estado do Ceará, o referencial teórico sobre legislação e regulamentação é crucial para compreender o ambiente normativo que orienta o desenvolvimento desse mercado. Inicialmente, destaca-se a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, que estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeradores de energia aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Esta resolução foi fundamental para impulsionar a geração distribuída no Brasil, incluindo a energia solar fotovoltaica, ao estabelecer regras claras para a conexão desses sistemas à rede elétrica.

#### 3.1 Panorama energético do Ceará

Oliveira (2021) aponta que o Ceará apresenta uma matriz energética diversificada, na qual a energia solar fotovoltaica tem ganhado destaque. Ao analisar a matriz energética atual, é possível observar uma combinação de fontes tradicionais, como hidrelétricas e termelétricas, com fontes renováveis, incluindo a energia eólica e, cada vez mais, a energia solar fotovoltaica, como mostra a figura 1. Essa diversificação é resultado não apenas da busca por fontes mais limpas e sustentáveis, mas também da busca por uma maior segurança energética e da necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

**Figura 1:** Comparação Matriz Energética do Ceará (2023).



**Fonte:** SEMACE (2024).

Camargo et al. (2019) indicam um crescimento expressivo da energia solar na matriz energética do Ceará, impulsionado por diversos fatores. As condições climáticas favoráveis, com altos índices de irradiação solar ao longo do ano, posicionam o estado como um dos líderes

no aproveitamento desse recurso natural abundante. Além disso, investimentos em infraestrutura, incentivos governamentais e avanços tecnológicos têm contribuído para a expansão acelerada da capacidade instalada de geração solar fotovoltaica.

Apesar do crescimento expressivo, a energia solar fotovoltaica ainda representa uma parcela relativamente pequena da matriz energética total do Ceará. Nesse sentido, há um grande potencial a ser explorado, tanto em termos de expansão da capacidade instalada quanto de integração eficiente dessa fonte na rede elétrica estadual. A compreensão do panorama energético atual do Ceará, com foco na energia solar fotovoltaica, é fundamental para identificar oportunidades de crescimento e superar desafios, promovendo uma transição mais rápida e sustentável para um sistema energético mais diversificado e resiliente.

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Ceará - Semace (2024), o estado do Ceará destaca-se nacionalmente por sua matriz energética majoritariamente composta por fontes renováveis. Em 2023, dados revelam que a energia eólica liderou a geração com impressionantes 48,4% da capacidade instalada, seguida de perto pela energia solar fotovoltaica, responsável por 22,9%. A biomassa e a energia hídrica também desempenharam papéis significativos, representando 15,7% e 10,4% respectivamente. Notavelmente, as fontes fósseis, como o gás natural e o carvão mineral, têm uma participação mínima de apenas 2,6% na matriz energética cearense, refletindo o compromisso do estado com a sustentabilidade e a transição para fontes mais limpas de energia.

Segundo dados SEINFRA (2023), a geração distribuída, especialmente impulsionada pela energia solar fotovoltaica, tem experimentado um crescimento exponencial no estado do Ceará. Em 2023, mais de 350 mil unidades consumidoras já estavam gerando sua própria energia, marcando um aumento notável de 70% em relação ao ano anterior. Essa modalidade não apenas democratiza o acesso à energia, permitindo que os cidadãos se tornem produtores ativos de energia, mas também contribui significativamente para a descentralização e diversificação da matriz energética, promovendo a resiliência do sistema elétrico estadual.

Conforme o Diário do Nordeste (2022), o Ceará solidificou sua posição como um dos principais polos eólicos do Brasil e do mundo. A abundância de ventos ao longo do litoral cearense, combinada com incentivos governamentais e a competitividade tecnológica, impulsionaram o desenvolvimento de grandes complexos eólicos na região. Essa fonte de energia renovável não apenas contribui de forma significativa para a segurança energética do estado, reduzindo a dependência de fontes não renováveis, mas também gera empregos e renda, impulsionando a economia local e regional.

De acordo com dados do IPECE (2018), o estado do Ceará destaca-se globalmente por seu notável potencial solar, caracterizado por uma irradiação solar média anual que excede 2.200 kWh/m<sup>2</sup>. Essa abundância de luz solar faz do Ceará um ambiente altamente propício para a geração de energia solar fotovoltaica, uma vez que oferece condições ideais para a instalação e operação de sistemas fotovoltaicos. Esse potencial solar excepcional tem sido um dos principais impulsionadores do crescimento rápido e significativo dessa fonte de energia renovável nos últimos anos, posicionando o estado como um líder no setor solar no Brasil.

A energia solar fotovoltaica apresenta uma série de vantagens distintas que contribuem para sua crescente adoção no Ceará e em todo o mundo. Além de ser uma fonte de energia limpa e sustentável, a tecnologia fotovoltaica oferece uma modularidade excepcional, permitindo a instalação de sistemas de diversos tamanhos e capacidades, adequados para uma ampla gama de aplicações. Outras vantagens incluem baixa manutenção, descentralização da produção de energia e a possibilidade de gerar eletricidade de forma contínua e confiável. Além disso, a redução dos custos de implementação de sistemas fotovoltaicos tem tornado essa tecnologia cada vez mais acessível para consumidores residenciais, comerciais e industriais no Ceará.

O estado do Ceará demonstra um compromisso contínuo com a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias fotovoltaicas, visando aprimorar a eficiência dos sistemas e reduzir os custos de geração de energia solar. Por meio de investimentos em centros de pesquisa e parcerias com instituições acadêmicas e empresas do setor, o Ceará busca impulsionar a inovação e o avanço tecnológico no campo da energia solar fotovoltaica. Além disso, o estado implementa programas de financiamento e disponibiliza linhas de crédito específicas para incentivar a adoção e o investimento em energia solar, promovendo assim um ambiente favorável ao crescimento sustentável do setor solar no Ceará.

### **3.2 Legislação e regulamentação**

No contexto da energia solar fotovoltaica no Ceará, o estudo das políticas governamentais e dos incentivos fiscais assume um papel crucial. O estado tem adotado uma série de medidas legislativas e regulatórias para promover a expansão e o desenvolvimento desse mercado. Entre essas iniciativas, destacam-se programas de incentivo à geração distribuída, isenções fiscais e simplificação de procedimentos para a instalação de sistemas fotovoltaicos. Essas políticas visam não apenas estimular a adoção da energia solar, mas também reduzir as barreiras financeiras e burocráticas que podem desencorajar os consumidores de investir em sistemas fotovoltaicos.

Segundo Dantas (2020), a análise dessas políticas e incentivos permite compreender melhor o ambiente regulatório em que o mercado de energia solar fotovoltaica opera no Ceará. Por meio dessa análise, é possível avaliar o impacto das medidas governamentais na promoção da adoção da energia solar e na expansão da capacidade instalada de geração fotovoltaica no estado. Além disso, permite-se também avaliar a eficácia dos incentivos fiscais na redução dos custos de implantação e operação de sistemas fotovoltaicos, tornando-os mais acessíveis e atraentes para os consumidores.

Ao compreender o quadro legal e regulatório relacionado à energia solar fotovoltaica no Ceará, é possível identificar oportunidades de melhoria e aprimoramento das políticas existentes. Isso pode incluir a revisão de incentivos fiscais, a simplificação de processos administrativos ou o desenvolvimento de novos programas de estímulo ao uso da energia solar. Em última análise, o objetivo é criar um ambiente regulatório que promova o crescimento sustentável do setor solar, contribuindo para a diversificação da matriz energética estadual e para o desenvolvimento econômico e sustentável do Ceará.

De acordo com a Aneel (2020), a legislação e regulamentação relacionadas à energia solar fotovoltaica no Ceará também refletem o compromisso do estado com a sustentabilidade e a transição para fontes de energia mais limpas e renováveis. Por meio de leis e decretos, o governo estadual tem buscado criar um ambiente propício para o desenvolvimento do setor solar, incentivando investimentos e promovendo a competitividade dessa fonte de energia. Essas iniciativas incluem a definição de metas de capacidade instalada de energia solar, a criação de linhas de crédito específicas para financiamento de projetos fotovoltaicos e a implementação de programas de capacitação e incentivo à pesquisa e inovação tecnológica.

A análise detalhada da legislação e regulamentação vigente no Ceará permite também identificar desafios e lacunas que ainda precisam ser superados para impulsionar ainda mais o crescimento do mercado solar. Entre esses desafios, destacam-se questões relacionadas à segurança jurídica, à estabilidade regulatória e à integração eficiente de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica estadual. A compreensão desses obstáculos é essencial para orientar a formulação de políticas públicas mais eficazes e para garantir um ambiente favorável ao investimento e à inovação no setor solar.

Destaca-se o papel dos órgãos reguladores e fiscalizadores na implementação e monitoramento das políticas relacionadas à energia solar fotovoltaica no Ceará. A Agência de Regulação do Estado do Ceará (ARCE), em conjunto com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), desempenha um papel fundamental na supervisão e regulação do mercado de energia, garantindo o cumprimento das normas e regulamentos estabelecidos. A atuação

desses órgãos é essencial para assegurar a transparência e a eficiência do mercado solar, protegendo os interesses dos consumidores e promovendo um ambiente concorrencial saudável e dinâmico.

O Ceará, assim como o restante do Brasil, enfrenta desafios significativos no que diz respeito à segurança energética, diversificação da matriz energética e redução das emissões de gases de efeito estufa. Nesse sentido, as energias renováveis, e em particular a energia solar fotovoltaica, emergem como uma solução promissora para enfrentar esses desafios, oferecendo benefícios econômicos, ambientais e sociais. Assim, as legislações estaduais desempenham um papel crucial ao estabelecer diretrizes, incentivos e regulamentações que promovem o desenvolvimento sustentável do setor solar no Ceará.

A Lei Estadual nº 15.284/2012 desempenha um papel fundamental no estímulo à geração distribuída de energia elétrica por fontes renováveis no estado do Ceará. Ao instituir a Política Estadual de Incentivo à Geração Distribuída de Energia Elétrica por Fontes Renováveis, essa lei estabelece diretrizes claras e objetivas para o desenvolvimento do setor, proporcionando um ambiente regulatório favorável e incentivando investimentos em energia solar fotovoltaica e outras fontes renováveis.

O Decreto Estadual nº 30.405/2013 complementa a Lei Estadual nº 15.284/2012 ao regulamentar suas disposições e estabelecer os procedimentos necessários para a implantação do micro e minigeração distribuída de energia solar fotovoltaica no Ceará. Por meio desse decreto, são definidas as regras e requisitos técnicos para a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica estadual, garantindo a segurança e a interoperabilidade dos sistemas.

A Resolução Normativa Conjunta SEFAZ/SEINFRA nº 1/2013 complementa as iniciativas legislativas ao estabelecer medidas específicas de incentivo fiscal para a energia solar fotovoltaica no Ceará. Ao dispor sobre a isenção de Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) na compra de equipamentos e materiais para sistemas de energia solar fotovoltaica, essa resolução reduz os custos de implantação e operação de sistemas fotovoltaicos, tornando essa tecnologia mais acessível e atrativa para consumidores residenciais, comerciais e industriais.

**Tabela 1:** Principais Políticas e Incentivos para Energia Solar no Ceará.

<b>Política/Incentivo</b>	<b>Descrição</b>
Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012	Estabelece regras para geração distribuída e compensação de energia.
Lei Estadual nº 15.284/2012	Cria a Política Estadual de Incentivo à Geração Distribuída.
Decreto Estadual nº 30.405/2013	Regulamenta a micro e minigeração distribuída no Ceará.
Resolução Normativa Conjunta SEFAZ/SEINFRA nº 1/2013	Define incentivos fiscais para aquisição de equipamentos solares.
Isonção de ICMS na compra de equipamentos solares	Reduz custos iniciais, tornando a energia solar mais acessível.

Fonte: ANEEL (2012) e Governo do Ceará (2012, 2013).

A análise da legislação e regulamentação relacionadas à energia solar fotovoltaica no Ceará fornece *insights* valiosos não apenas para os formuladores de políticas públicas, mas também para os investidores, empreendedores e consumidores interessados em participar desse mercado. Ao compreender as regras e diretrizes que regem o setor solar, os *stakeholders* podem tomar decisões mais informadas e estratégicas, contribuindo para o crescimento sustentável e a consolidação do Ceará como um dos principais *players* no mercado de energia solar no Brasil.

### 3.3 Infraestrutura e tecnologia

No âmbito da infraestrutura e tecnologia relacionadas à energia solar no estado do Ceará, uma avaliação criteriosa se faz necessária para compreender a capacidade de integração e aproveitamento eficiente dessa fonte energética na matriz elétrica regional. Inicialmente, destaca-se a infraestrutura de rede elétrica existente, a qual desempenha um papel crucial na absorção da energia gerada pelos sistemas fotovoltaicos e sua distribuição aos consumidores finais. Nesse sentido, é importante analisar a robustez e a capacidade de carga da rede elétrica, bem como identificar possíveis áreas de modernização e reforço para garantir uma integração suave e segura da energia solar.

Além disso, a avaliação das tecnologias disponíveis para a geração e distribuição de energia solar no estado é fundamental para determinar as melhores práticas e soluções para

aproveitar o potencial solar do Ceará. Isso inclui a análise de diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos, como sistemas conectados à rede, sistemas *off-grid* e híbridos, levando em consideração aspectos como eficiência, confiabilidade, custo e adaptabilidade às condições locais. Também é importante considerar tecnologias de armazenamento de energia, como baterias e sistemas de bombeamento de água, que podem melhorar a autonomia e a estabilidade dos sistemas fotovoltaicos.

Além disso, a infraestrutura e tecnologia relacionadas à energia solar no Ceará também envolvem aspectos regulatórios e de segurança. A conformidade com normas técnicas e regulamentações é essencial para garantir a segurança dos sistemas fotovoltaicos, tanto durante a instalação quanto durante a operação. Além disso, a capacitação técnica e profissional dos instaladores e operadores de sistemas fotovoltaicos é fundamental para garantir a qualidade e o desempenho dos sistemas, bem como para promover a segurança dos trabalhadores e dos usuários finais.

A expansão e modernização da rede de distribuição elétrica são elementos cruciais para viabilizar a integração eficiente da geração solar distribuída no estado do Ceará. A ENEL tem desempenhado um papel fundamental nesse processo, investindo significativamente na atualização e expansão da infraestrutura de distribuição para acomodar os sistemas de geração solar instalados pelos consumidores. Esses investimentos permitem que os consumidores gerem sua própria energia por meio de sistemas fotovoltaicos e, quando houver excedente, injetem-na na rede elétrica, contribuindo para o suprimento energético geral.

A construção e modernização de subestações têm sido prioridades, visando aumentar a capacidade de escoamento da energia solar gerada em larga escala, especialmente nos polos solares do estado. Paralelamente, o reforço da rede de transmissão tem sido realizado para facilitar o transporte da energia solar gerada no interior do estado até os centros de consumo, garantindo assim um fornecimento estável e confiável de energia solar para toda a população cearense. Essas iniciativas são fundamentais para promover o desenvolvimento sustentável e a expansão contínua da energia solar fotovoltaica no Ceará, consolidando sua posição como um líder na adoção de fontes renováveis de energia no Brasil.

Os sistemas fotovoltaicos (FV) representam a tecnologia dominante para a geração de energia solar no Ceará e em todo o mundo. Composta por painéis solares que convertem diretamente a luz do sol em eletricidade, essa tecnologia é amplamente adotada devido à sua confiabilidade, eficiência e versatilidade. Esses sistemas podem ser instalados em uma variedade de locais, desde residências e empresas até grandes usinas fotovoltaicas, e são uma

opção atrativa para aqueles que buscam reduzir os custos de energia e contribuir para um futuro mais sustentável.

Além das usinas fotovoltaicas de grande escala, que são instaladas em áreas com alta incidência de radiação solar para gerar energia em larga quantidade, a geração distribuída é uma modalidade crescente no Ceará. Isso permite que consumidores instalem seus próprios sistemas de geração solar em suas propriedades, como residências, empresas ou propriedades rurais, e injetem qualquer excedente na rede elétrica.

**Tabela 2:** Comparação entre Geração Distribuída e Geração Centralizada.

<b>Aspecto</b>	<b>Geração Distribuída</b>	<b>Geração Centralizada</b>
<b>Localização</b>	Residências, empresas, propriedades rurais	Grandes usinas solares em áreas específicas
<b>Investimento</b>	Investimento do próprio consumidor	Investimento de grandes empresas e governos
<b>Escala</b>	Pequena e média escala	Grande escala
<b>Independência Energética</b>	Alta (consumidor gera sua própria energia)	Baixa (consumidores dependem da distribuidora)
<b>Impacto na Rede</b>	Reduz carga na rede elétrica, tornando-a mais eficiente	Requer infraestrutura robusta de transmissão

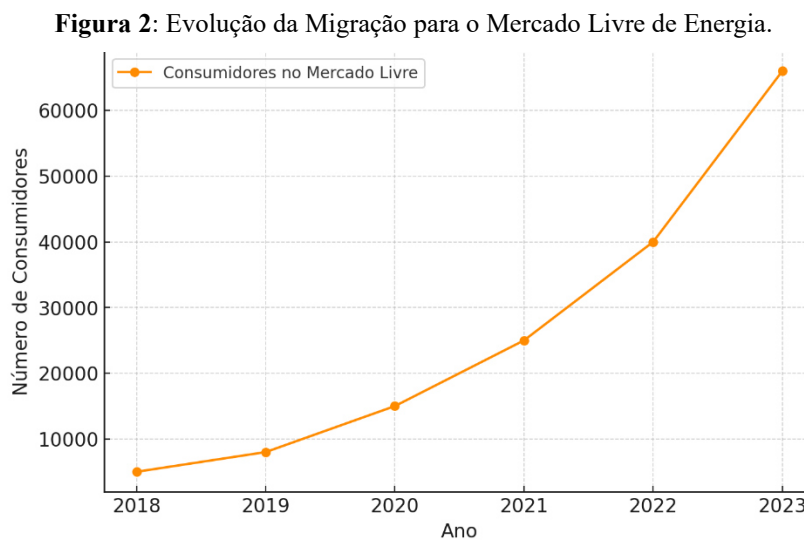
**Fonte:** ANEEL (2020) e ABSOLAR (2022).

Essa abordagem descentralizada promove a autonomia energética, reduzindo a dependência da rede elétrica convencional e contribuindo para a estabilidade do sistema elétrico como um todo. Dentro da geração distribuída, destacam-se a microgeração, com sistemas de até 75 kW instalados principalmente em residências e pequenos negócios, e a minigeração, com sistemas entre 75 kW e 5 MW, comumente encontrados em empresas e propriedades rurais de maior porte.

### 3.4 Mercado e economia

Na última década, têm-se observado um crescimento significativo no mercado de energia solar no estado, impulsionado por uma série de fatores, incluindo a crescente demanda por fontes de energia limpa e renovável, a redução dos custos de tecnologia fotovoltaica e o fortalecimento do ambiente regulatório favorável à geração distribuída. Esses elementos combinados têm contribuído para um aumento expressivo no número de sistemas fotovoltaicos instalados em residências, empresas e propriedades rurais em todo o Ceará.

Segundo a Absolar (2023), ao analisar o mercado livre de energia solar fotovoltaica, é importante considerar não apenas o crescimento em termos de capacidade instalada, mas também o impacto econômico mais amplo desse setor. A energia solar fotovoltaica tem gerado empregos e oportunidades de negócios em toda a cadeia de valor, desde a fabricação e instalação de painéis solares até a operação e manutenção dos sistemas. Além disso, a geração distribuída permite que os consumidores reduzam seus custos de energia e até mesmo gerem receita por meio da venda de excesso de energia para a rede elétrica, proporcionando benefícios econômicos tangíveis para indivíduos, empresas e comunidades locais.



**Fonte:** ABRACEEL (2023).

No entanto, apesar do crescimento promissor do mercado livre de energia solar fotovoltaica no Ceará, ainda existem desafios a serem enfrentados. Questões como a infraestrutura de rede elétrica, a estabilidade regulatória e os custos de financiamento podem afetar o ritmo de expansão do setor e a sua contribuição para a economia local. Portanto, uma análise aprofundada desses desafios, juntamente com uma avaliação das oportunidades

emergentes, é essencial para informar políticas e estratégias que promovam um crescimento sustentável e inclusivo do mercado de energia solar fotovoltaica no Ceará.

De acordo com a EPE (2023), além do crescimento significativo do mercado de energia solar fotovoltaica, o Ceará tem se destacado nacionalmente como um polo de investimento e inovação nesse setor. Empresas locais e internacionais têm direcionado recursos consideráveis para o desenvolvimento de projetos solares em larga escala, contribuindo para a diversificação da matriz energética do estado e para a criação de empregos qualificados em toda a cadeia produtiva. Esses investimentos não apenas impulsionam a economia local, mas também fortalecem a posição do Ceará como um *player* importante no mercado nacional de energia solar.

O estado tem se beneficiado de políticas governamentais e incentivos fiscais destinados a promover a adoção da energia solar fotovoltaica. Programas de financiamento subsidiado, linhas de crédito especiais e incentivos fiscais têm facilitado o acesso ao investimento em sistemas fotovoltaicos para consumidores residenciais, comerciais e industriais. Essas medidas têm sido essenciais para democratizar o acesso à energia solar e para estimular o crescimento do mercado livre de energia solar no Ceará.

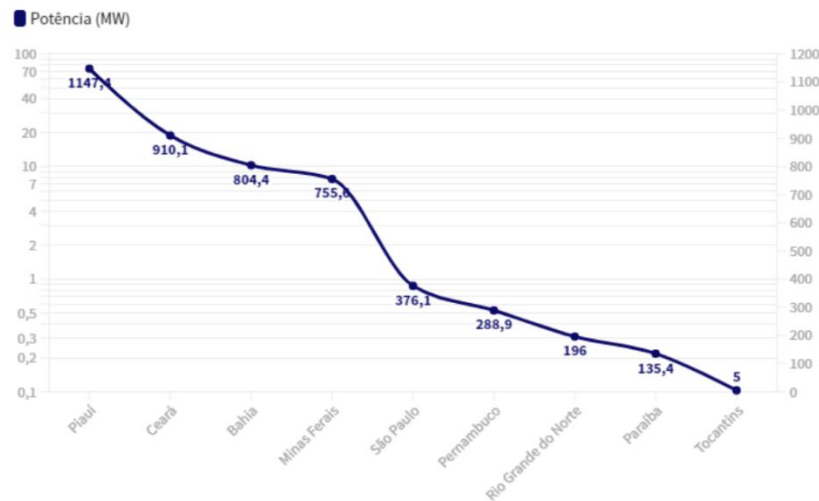
Conforme Fadigas (2022) destaca, a expansão do mercado livre de energia solar fotovoltaica também tem impactado positivamente a segurança energética do estado, reduzindo a dependência de fontes de energia tradicionais e mitigando os riscos associados à volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis. Além disso, a diversificação da matriz energética contribui para a resiliência do sistema elétrico do Ceará, tornando-o mais adaptável a choques externos e eventos climáticos extremos.

Para que o mercado livre de energia solar fotovoltaica no Ceará alcance todo o seu potencial, é necessário enfrentar alguns desafios persistentes. Questões como a disponibilidade de áreas adequadas para instalação de grandes projetos solares, a necessidade de infraestrutura de transmissão e a estabilidade do ambiente regulatório requerem atenção contínua por parte das autoridades governamentais e dos principais *stakeholders* do setor. Ao superar esses desafios, o Ceará pode consolidar sua posição como um líder na transição para uma economia de baixo carbono e contribuir de forma significativa para os esforços globais de combate às mudanças climáticas.

Segundo a Absolar (2020), outro aspecto relevante é o potencial de exportação de energia solar gerada no Ceará para outros estados brasileiros. Com a expansão da capacidade instalada de geração solar, o estado pode se tornar um exportador líquido de energia renovável, gerando receitas adicionais e fortalecendo sua posição como um centro regional de energia

limpa e sustentável. Essa perspectiva de integração regional abre novas oportunidades de negócios e colaborações entre o Ceará e outras regiões do país interessadas em aumentar sua participação na transição para uma economia de baixo carbono, conforme demonstrado na figura 3.

**Figura 3:** Maiores geradores de energia solar do Brasil (2020).



Fonte: Absolar (2020).

### 3.5 Impactos socioeconômicos

Conforme Pereira (2019), a investigação do impacto da energia solar fotovoltaica na geração de empregos, desenvolvimento local e economia do Ceará revela uma série de aspectos positivos que contribuem significativamente para o crescimento socioeconômico do estado. Em primeiro lugar, a expansão do mercado de energia solar tem impulsionado a criação de empregos em diversas áreas, desde a fabricação e instalação de painéis solares até serviços de manutenção e operação dos sistemas fotovoltaicos. Esse aumento na demanda por mão de obra qualificada tem gerado oportunidades de trabalho para profissionais locais, contribuindo para a redução do desemprego e para o desenvolvimento de habilidades técnicas e especializadas no setor de energia renovável.

De acordo com a IEA (2020), a instalação de sistemas fotovoltaicos em propriedades rurais e comunidades isoladas promove a inclusão energética, fornecendo acesso à eletricidade para populações que anteriormente dependiam de fontes de energia tradicionais, como geradores a diesel ou lanternas a querosene. Isso não apenas melhora a qualidade de vida dessas comunidades, mas também estimula atividades econômicas locais, como a agricultura irrigada

e a agroindústria, ao proporcionar energia confiável para sistemas de irrigação e processamento de alimentos.

Em termos de impacto econômico mais amplo, a energia solar fotovoltaica contribui para o crescimento sustentável da economia do Ceará, estimulando investimentos, promovendo a inovação e aumentando a competitividade regional. A diversificação da matriz energética do estado por meio da expansão da energia solar reduz a dependência de fontes de energia importadas e voláteis, tornando a economia mais resiliente a choques externos e crises energéticas. Além disso, a geração distribuída de energia solar fortalece o mercado interno, ao permitir que consumidores residenciais e comerciais reduzam seus custos de energia e reinvestam essas economias em outros setores da economia local.

Segundo Araújo et al., (2018) além dos benefícios econômicos diretos, a energia solar fotovoltaica também desempenha um papel crucial na redução das desigualdades sociais e na promoção da inclusão social no Ceará. A geração distribuída de energia permite que comunidades de baixa renda e áreas rurais sem acesso à eletricidade convencional tenham a oportunidade de se tornarem autossuficientes em energia, melhorando assim sua qualidade de vida e ampliando suas perspectivas econômicas. Isso é especialmente relevante em regiões remotas ou menos desenvolvidas, onde a eletrificação convencional pode ser inviável devido a limitações geográficas ou econômicas.

Ao substituir fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis por energia solar limpa e renovável, o estado reduz sua pegada de carbono e contribui para a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais. Isso não apenas protege ecossistemas sensíveis e biodiversidade local, mas também fortalece a resiliência das comunidades diante dos impactos das mudanças climáticas, como secas e enchentes, que podem afetar adversamente a economia e o bem-estar das pessoas.

Conforme Orozco (2020), a energia solar fotovoltaica pode ser uma ferramenta poderosa para a promoção do desenvolvimento sustentável e da justiça social, ao permitir que comunidades marginalizadas e vulneráveis tenham acesso a uma fonte de energia confiável e limpa. Programas de energia solar comunitária e cooperativas de energia podem empoderar essas comunidades, ao mesmo tempo em que promovem a participação cidadã e a construção de capacidades locais. Isso cria um ciclo virtuoso de desenvolvimento, onde a energia solar não apenas beneficia as pessoas e o planeta, mas também promove a equidade social e a inclusão.

### 3.6 Barreiras e desafios

O mercado livre de energia solar no Ceará tem apresentado um crescimento exponencial nos últimos anos, mas ainda enfrenta diversas barreiras e desafios. Este artigo identifica os principais obstáculos que afetam o desenvolvimento do setor, focando em custos, burocracia e infraestrutura.

Para abordar as barreiras e desafios enfrentados pelo mercado livre de energia solar no estado do Ceará, é necessário identificar e analisar os principais obstáculos que podem dificultar a expansão e o desenvolvimento desse setor. Entre os desafios mais comuns estão os altos custos iniciais de investimento, a burocracia associada aos processos de licenciamento e conexão à rede, bem como a infraestrutura elétrica limitada em algumas áreas.

Os altos custos iniciais de investimento representam uma das principais barreiras para a adoção da energia solar fotovoltaica, especialmente para consumidores residenciais e pequenas empresas. Embora os custos dos sistemas fotovoltaicos tenham diminuído significativamente ao longo dos anos, ainda pode ser necessário um investimento considerável para a instalação de um sistema adequado, o que pode desencorajar alguns potenciais clientes.

A burocracia associada aos processos de licenciamento, autorização e conexão à rede pode ser complexa e demorada, especialmente para projetos de maior escala. Os procedimentos administrativos podem envolver múltiplos órgãos reguladores e agências governamentais, aumentando os prazos e os custos de implementação dos projetos.

Outro desafio significativo é a infraestrutura elétrica limitada em algumas áreas do estado. Em regiões remotas ou menos desenvolvidas, a capacidade da rede elétrica existente pode não ser adequada para suportar a conexão de novos sistemas fotovoltaicos, o que pode requerer investimentos adicionais em infraestrutura de distribuição e transmissão. Questões regulatórias, como a falta de incentivos fiscais ou tarifas de energia favoráveis, também podem representar obstáculos significativos para o mercado livre de energia solar no Ceará. A ausência de políticas claras e consistentes de apoio à geração distribuída e à energia solar pode desencorajar investimentos e limitar o crescimento do setor.

Para superar essas barreiras e desafios, é fundamental implementar políticas e medidas que incentivem o desenvolvimento do mercado livre de energia solar, incluindo a redução dos custos de investimento, a simplificação dos processos administrativos, o fortalecimento da infraestrutura elétrica e a implementação de políticas regulatórias favoráveis. Ao abordar esses desafios de forma abrangente, o Ceará pode aproveitar todo o potencial da energia solar fotovoltaica como uma fonte limpa, renovável e sustentável de energia.

Além dos desafios mencionados, a falta de conscientização e educação sobre os benefícios da energia solar fotovoltaica também pode representar uma barreira significativa para sua adoção. Muitos consumidores podem não estar familiarizados com as vantagens econômicas, ambientais e sociais dessa fonte de energia, o que pode levar a uma relutância em investir em sistemas fotovoltaicos. Portanto, é essencial desenvolver campanhas de conscientização e programas educacionais para informar o público sobre os benefícios da energia solar e esclarecer dúvidas comuns sobre sua viabilidade e eficácia.

A disponibilidade de financiamento adequado e acessível é fundamental para tornar a energia solar fotovoltaica uma opção viável para um maior número de consumidores. Muitas vezes, a falta de opções de financiamento ou linhas de crédito específicas para projetos solares pode impedir que indivíduos e empresas realizem investimentos nessa tecnologia. Portanto, é importante desenvolver políticas e programas de financiamento que incentivem o investimento em energia solar, como linhas de crédito com taxas de juros subsidiadas, financiamento coletivo e parcerias público-privadas.

Questões relacionadas à qualidade e durabilidade dos equipamentos fotovoltaicos, bem como à capacitação e qualificação dos instaladores, podem afetar a confiança dos consumidores na energia solar. Garantir que os sistemas fotovoltaicos atendam a padrões de qualidade e segurança é essencial para proteger os investimentos dos consumidores e garantir o bom funcionamento a longo prazo desses sistemas. Além disso, investir em programas de capacitação e certificação profissional pode ajudar a aumentar a confiança do público na indústria solar e garantir a instalação adequada e segura dos sistemas.

Outro desafio importante é a sazonalidade e variabilidade da irradiação solar, que pode afetar a produção de energia solar ao longo do ano. Embora o Ceará tenha uma das maiores taxas de irradiação solar do país, variações sazonais e condições climáticas imprevisíveis podem influenciar a eficiência e a produtividade dos sistemas fotovoltaicos. Portanto, é necessário desenvolver estratégias de gerenciamento de energia e armazenamento, como sistemas de bateria e redes inteligentes, para garantir uma oferta estável e confiável de energia solar, especialmente durante períodos de baixa irradiação ou alta demanda.

A incerteza política e regulatória pode representar um desafio significativo para o mercado livre de energia solar no Ceará. Mudanças repentinas nas políticas governamentais, tarifas de energia ou incentivos fiscais podem criar um ambiente de negócios instável e desencorajar investimentos em energia solar. Portanto, é essencial estabelecer políticas claras, estáveis e previsíveis que incentivem o crescimento sustentável do setor solar e proporcionem segurança jurídica aos investidores e consumidores. Ao enfrentar esses desafios de forma

proativa e colaborativa, o Ceará pode criar um ambiente propício para o desenvolvimento contínuo do mercado livre de energia solar fotovoltaica e aproveitar todo o potencial dessa fonte de energia limpa e renovável.

### **3.7 Oportunidades de negócios**

Explorar as oportunidades de negócios no setor de energia solar fotovoltaica no Ceará é essencial para aproveitar todo o potencial dessa fonte de energia limpa e renovável. Com o crescente interesse na transição para uma matriz energética mais sustentável, diversas oportunidades de investimento e desenvolvimento de negócios surgem no estado. Uma das principais oportunidades está na instalação e operação de sistemas fotovoltaicos para geração distribuída, tanto em residências quanto em empresas e propriedades rurais.

Conforme um estudo da BloombergNEF (2021), o mercado de serviços relacionados à energia solar fotovoltaica também oferece diversas oportunidades de negócios, como a instalação, manutenção e monitoramento de sistemas, consultoria em eficiência energética, desenvolvimento de software de gerenciamento de energia, e treinamento e capacitação de profissionais do setor. Empresas especializadas nessas áreas podem encontrar um mercado em crescimento e uma demanda crescente por soluções eficientes e inovadoras.

De acordo com IRENA (2020), outra oportunidade de negócio está na produção e distribuição de equipamentos e componentes fotovoltaicos, como painéis solares, inversores, baterias e estruturas de montagem. Com o aumento da demanda por esses produtos, especialmente em mercados emergentes como o Ceará, empresas que atuam nesse segmento podem se beneficiar de um ambiente favorável para investimentos e crescimento.

O desenvolvimento de projetos solares em larga escala também representa uma oportunidade significativa para investidores e desenvolvedores. Com o vasto potencial solar do Ceará, especialmente em áreas de baixo custo de terra e alta irradiação solar, o estado oferece condições ideais para o desenvolvimento de parques solares e usinas fotovoltaicas de grande porte. Empresas com expertise em desenvolvimento, financiamento e operação de projetos de energia solar podem encontrar oportunidades lucrativas nesse mercado em expansão.

A inovação e pesquisa tecnológica também podem abrir novas oportunidades de negócios no setor de energia solar fotovoltaica. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, como células solares mais eficientes, sistemas de armazenamento de energia avançados e soluções de integração de energia inteligente, podem gerar produtos e serviços inovadores que impulsionam o crescimento e a competitividade do setor.

Além das oportunidades de negócios diretas no setor de energia solar fotovoltaica, há também oportunidades complementares em setores relacionados. Por exemplo, empresas de construção civil podem diversificar seus serviços para incluir a instalação de sistemas fotovoltaicos em novas construções ou em projetos de retrofit de edifícios existentes. Isso não só oferece uma fonte adicional de receita para essas empresas, mas também contribui para a promoção da sustentabilidade no setor da construção.

Com o avanço da tecnologia de baterias, há uma crescente demanda por sistemas de armazenamento de energia que possam armazenar o excesso de eletricidade gerada durante o dia para uso durante a noite ou em momentos de baixa irradiação solar. Empresas que desenvolvem e comercializam soluções de armazenamento de energia podem encontrar oportunidades significativas de crescimento no mercado cearense.

O turismo sustentável e a promoção de práticas ambientalmente responsáveis podem gerar oportunidades de negócios relacionadas à energia solar fotovoltaica. Empresas do setor de turismo podem investir em sistemas solares para reduzir sua pegada de carbono e atrair clientes ecologicamente conscientes. Da mesma forma, projetos de desenvolvimento urbano sustentável podem incluir a integração de sistemas solares em projetos de infraestrutura e edificações, criando oportunidades para empresas de arquitetura, urbanismo e construção civil.

Outra área de oportunidade é o desenvolvimento de soluções de energia solar para comunidades remotas e áreas isoladas, onde o acesso à eletricidade convencional é limitado ou inexistente. Empresas que oferecem sistemas solares descentralizados, micro-redes solares e soluções de iluminação solar podem atender a essa demanda não atendida e melhorar significativamente a qualidade de vida dessas comunidades.

A educação e capacitação profissional no campo da energia solar fotovoltaica também representam uma oportunidade de negócio em si. À medida que o mercado solar cresce, há uma demanda crescente por profissionais qualificados e capacitados em áreas como projeto, instalação, operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos. Portanto, empresas e instituições de ensino que oferecem cursos, treinamentos e certificações em energia solar podem encontrar uma demanda crescente por seus serviços e contribuir para o desenvolvimento de uma força de trabalho especializada e preparada para atender às necessidades do mercado solar no Ceará.

### **3.8 Inovação e pesquisa**

Para compreender as iniciativas de inovação e pesquisa no âmbito da energia solar fotovoltaica no estado do Ceará, é fundamental analisar as parcerias estabelecidas entre instituições acadêmicas, centros de pesquisa e o setor tecnológico. O Ceará tem se destacado

como um polo de desenvolvimento nesse campo, impulsionado por uma série de colaborações estratégicas.

Universidades como a Universidade Federal do Ceará (UFC) e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) desempenham um papel fundamental na condução de pesquisas e no desenvolvimento de tecnologias fotovoltaicas. Através de seus departamentos de engenharia elétrica, energia renovável e ciência dos materiais, essas instituições têm investigado novos materiais, métodos de fabricação e técnicas de otimização para aumentar a eficiência e reduzir os custos dos sistemas fotovoltaicos.

Parcerias entre instituições acadêmicas e empresas do setor impulsionam a inovação e a transferência de tecnologia. Empresas locais e multinacionais estabelecem colaborações com pesquisadores para desenvolver produtos e soluções adaptadas às condições específicas do estado, permitindo a realização de testes em condições reais e a implementação de melhorias contínuas com base nos resultados obtidos.

Centros de pesquisa, como o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) e o Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), também desempenham um papel crucial no avanço da pesquisa em energia solar fotovoltaica. Realizam estudos de viabilidade, análises de mercado e avaliações de impacto para orientar políticas públicas e investimentos no setor.

O governo estadual tem promovido iniciativas de apoio à pesquisa e inovação em energia solar, disponibilizando programas de financiamento, editais de fomento e incentivos fiscais para estimular projetos inovadores e a formação de redes de colaboração entre instituições de pesquisa e empresas.

Colaborações internacionais são significativas, buscadas com países e organizações com expertise em energia solar fotovoltaica. Programas de cooperação técnica e científica promovidos por organizações como a Agência Internacional de Energia (IEA) e a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) proporcionam acesso a informações atualizadas e oportunidades de capacitação, contribuindo para o aprimoramento das políticas e estratégias locais.

Recursos e suporte técnico de organismos multilaterais, como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Banco Mundial, são direcionados para projetos de energia renovável e eficiência energética no estado, fortalecendo o setor solar. Parcerias bilaterais com países reconhecidos em energia solar promovem o intercâmbio de conhecimento e tecnologia.

Redes de pesquisa e inovação, sejam regionais, nacionais ou internacionais, propiciam um ambiente para compartilhamento de experiências e identificação de oportunidades de cooperação, fortalecendo a capacidade de inovação e pesquisa no estado do Ceará.

### **3.9 Perspectivas para Energia Solar Fotovoltaica**

À medida que a energia solar fotovoltaica continua a emergir como uma das principais fontes de energia no Ceará, é essencial considerar as perspectivas futuras desse setor em rápida expansão. Uma análise prospectiva deve levar em conta uma série de fatores, desde avanços tecnológicos até mudanças nas políticas governamentais, demanda do mercado e tendências socioeconômicas e ambientais.

A estabilidade e a previsibilidade das políticas governamentais são essenciais para sustentar o crescimento contínuo do mercado solar. É importante que o governo do Ceará mantenha e fortaleça políticas de apoio, como incentivos fiscais, subsídios e metas de energia renovável, para incentivar investimentos no setor e garantir um ambiente regulatório favorável.

Com a crescente conscientização sobre os benefícios da energia solar para o meio ambiente e para os consumidores, espera-se que a demanda por sistemas fotovoltaicos continue a aumentar no Ceará. Especialmente com a queda nos custos de instalação e o aumento da acessibilidade financeira, mais indivíduos, empresas e instituições podem optar por adotar a energia solar como fonte primária ou complementar de energia.

O setor de energia solar fotovoltaica também está sujeito a tendências socioeconômicas e ambientais mais amplas, como mudanças nos padrões de consumo de energia, preocupações com a segurança energética e o aumento do foco em soluções de energia renovável como parte da transição global para uma economia de baixo carbono. A adaptação a essas tendências pode influenciar significativamente o crescimento e a direção futura do mercado solar no Ceará.

As perspectivas futuras para a energia solar fotovoltaica no Ceará são promissoras, impulsionadas pelo ritmo contínuo de inovação tecnológica no setor. Espera-se que os avanços em materiais fotovoltaicos e armazenamento de energia resultem em melhorias significativas na eficiência e redução de custos dos sistemas solares. Além disso, a integração de tecnologias digitais, como a Internet das Coisas (IoT) e a inteligência artificial, oferece novas oportunidades para otimização e controle inteligente dos sistemas solares, aumentando ainda mais sua viabilidade e atratividade.

Em relação ao mercado, prevê-se uma expansão considerável da capacidade instalada nos próximos anos. Com a conscientização crescente sobre os benefícios ambientais e

econômicos da energia solar, espera-se que consumidores residenciais, comerciais e industriais adotem cada vez mais sistemas fotovoltaicos. Isso resultará em uma demanda crescente por equipamentos solares e serviços relacionados, impulsionando o crescimento do mercado local.

As perspectivas futuras também estão intimamente ligadas às políticas governamentais e regulamentações relacionadas à energia solar no Ceará. Incentivos fiscais, subsídios governamentais e políticas de tarifas de energia favoráveis podem desempenhar um papel crucial no estímulo ao investimento em energia solar. Regulamentações claras e previsíveis, incluindo regras para conexão à rede e compensação de energia, são essenciais para garantir um ambiente de negócios estável e favorável ao crescimento do setor solar.

Para impulsionar ainda mais a adoção da energia solar, é fundamental investir em educação e conscientização. Programas de educação pública, campanhas de conscientização e iniciativas de capacitação técnica podem desempenhar um papel importante em dissipar mitos e equívocos sobre energia solar, capacitando os consumidores a tomar decisões informadas sobre a instalação de sistemas fotovoltaicos.

Por fim, as perspectivas futuras também incluem uma integração mais estreita da energia solar fotovoltaica com outras fontes de energia renovável e convencional. Combinar energia solar com armazenamento de bateria, energia eólica e outras tecnologias pode criar sistemas energéticos mais robustos e confiáveis, capazes de fornecer energia limpa em todas as condições climáticas. A integração de sistemas solares em redes inteligentes e microrredes pode aumentar a estabilidade e eficiência do sistema elétrico como um todo.

## **4 METODOLOGIA**

Este estudo adotou uma abordagem metodológica mista, combinando técnicas quantitativas e qualitativas para uma análise abrangente do mercado livre de energia solar fotovoltaica no estado do Ceará. A metodologia utilizada compreendeu as seguintes etapas:

### **4.1 Revisão Bibliográfica**

Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica aprofundada para embasar o estudo teórico e contextualizar o tema. Foram analisadas pesquisas acadêmicas, artigos científicos, relatórios institucionais e documentos regulatórios de órgãos como ANEEL, ABSOLAR e SEINFRA. Essa etapa permitiu consolidar o conhecimento sobre a legislação, incentivos, desafios e oportunidades do mercado livre de energia solar.

### **4.2 Coleta de Dados Secundários**

Foram coletados dados secundários de fontes oficiais, como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Esses dados incluem:

- Capacidade instalada de energia solar no estado;
- Crescimento da geração distribuída;
- Estatísticas de adesão ao mercado livre de energia;
- Políticas públicas e incentivos governamentais.

Os dados foram organizados e tratados para posterior análise estatística, permitindo a identificação de tendências e padrões no setor.

### **4.3 Análise Estatística e Comparativa**

Para complementar a análise quantitativa, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com especialistas do setor energético, incluindo representantes de empresas de energia solar, reguladores e pesquisadores acadêmicos. As entrevistas buscaram entender os desafios, as perspectivas e as estratégias adotadas para o crescimento da energia solar no mercado livre do Ceará.

A análise de conteúdo foi utilizada para identificar categorias temáticas e percepções relevantes sobre o setor. Os dados coletados foram submetidos a análises estatísticas descritivas e inferenciais para identificar correlações entre variáveis, como crescimento da energia solar e impacto dos incentivos fiscais. Além disso, foi realizada uma análise comparativa entre o

mercado cearense e outros estados brasileiros, permitindo uma visão mais ampla do posicionamento do Ceará no contexto nacional.

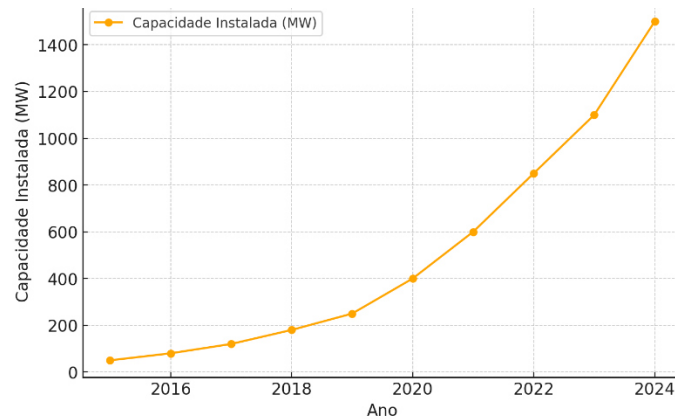
Os achados foram consolidados e discutidos à luz do referencial teórico e dos dados empíricos obtidos. Essa etapa permitiu identificar oportunidades e desafios para a expansão do mercado livre de energia solar fotovoltaica no Ceará, além de sugerir recomendações para políticas públicas e estratégias empresariais.

Com essa abordagem metodológica estruturada, o estudo busca oferecer uma visão detalhada e fundamentada sobre o cenário atual e as perspectivas futuras do setor no estado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados coletados revelou um crescimento expressivo na adoção da energia solar fotovoltaica no Ceará, impulsionado por políticas públicas favoráveis, redução dos custos tecnológicos e aumento da conscientização ambiental. A capacidade instalada de geração solar apresentou expansão contínua, tanto em empreendimentos de grande porte quanto na geração distribuída.

**Figura 4:** Crescimento da Capacidade Instalada de Energia Solar.



**Fonte:** Absolar (2020).

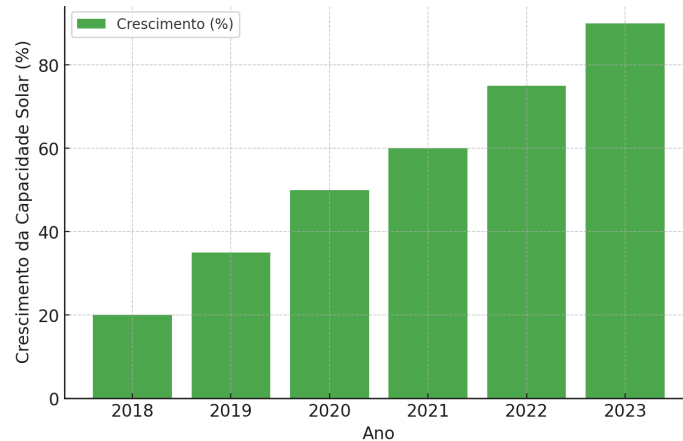
Os dados estatísticos indicam que a participação da energia solar na matriz energética estadual tem crescido significativamente. No entanto, desafios como a infraestrutura limitada da rede elétrica, a necessidade de maior estabilidade regulatória e os custos associados à conexão ao sistema ainda representam barreiras para um avanço mais acelerado.

A análise das entrevistas com especialistas destacou que, apesar do crescimento do setor solar, a inserção dessa fonte no **mercado livre de energia** ainda enfrenta entraves significativos. A complexidade dos contratos de compra e venda de energia e a volatilidade dos preços no ambiente de livre negociação dificultam a previsibilidade para investidores e consumidores. Além disso, a baixa adesão de pequenas e médias empresas ao mercado livre demonstra a necessidade de políticas mais acessíveis para viabilizar essa migração.

Outro ponto relevante identificado na pesquisa foi o impacto socioeconômico da energia solar no Ceará. Além de contribuir para a diversificação da matriz energética, a expansão do setor tem gerado empregos e fortalecido a economia local. O crescimento do mercado livre, ao possibilitar maior competitividade entre fornecedores de energia, tem potencial para estimular investimentos privados e promover a descentralização da geração energética.

Para ilustrar essa tendência, observa-se na figura 5 que implementando políticas mais agressivas de incentivo à geração solar no mercado livre é possível ter um avanço mais acelerado na adesão de consumidores livres à energia renovável.

**Figura 5:** Impacto dos Incentivos no Crescimento da Energia Solar.



**Fonte:** Absolar (2020).

Ao comparar o Ceará com estados como Minas Gerais e São Paulo, verifica-se que a adoção do mercado livre de energia solar nesses locais foi mais expressiva devido a incentivos fiscais mais robustos e infraestrutura elétrica mais preparada para receber novos consumidores. No Ceará, a expansão desse mercado ainda depende de melhorias regulatórias, como a flexibilização dos requisitos de acesso ao Ambiente de Contratação Livre (ACL) e a ampliação do suporte técnico para consumidores interessados na migração.

Dessa forma, os resultados deste estudo reforçam a importância de aprimorar políticas públicas, expandir a infraestrutura de distribuição elétrica e fomentar a pesquisa e inovação para consolidar o mercado livre de energia solar fotovoltaica no estado. Além disso, a criação de mecanismos de incentivo à adesão de consumidores menores ao mercado livre pode acelerar essa transição e garantir um crescimento sustentável do setor.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia solar fotovoltaica emerge como uma protagonista promissora no panorama energético do Ceará, impulsionando não apenas uma transição para fontes renováveis, mas também promovendo o desenvolvimento socioeconômico e ambiental do estado. Através da análise abrangente realizada neste estudo, fica evidente que a energia solar não é apenas uma fonte alternativa de energia, mas sim um pilar fundamental para a construção de um futuro energético mais sustentável e resiliente.

Ao longo deste estudo, foram explorados os diversos aspectos que influenciam o mercado de energia solar fotovoltaica, desde seu potencial de geração até os desafios enfrentados em sua adoção e os caminhos para sua expansão. Fica claro que, embora existam barreiras a serem superadas, como os altos custos iniciais e questões regulatórias, o setor solar oferece uma série de oportunidades significativas para o estado.

As políticas públicas desempenham um papel crucial no direcionamento desse crescimento, ao passo que a educação e conscientização pública são essenciais para aumentar a aceitação e adoção da energia solar. Além disso, a colaboração entre diferentes atores, incluindo governo, instituições acadêmicas, empresas e a sociedade civil, é fundamental para impulsionar a inovação, reduzir custos e expandir o acesso à energia solar.

Diante desse contexto, é possível vislumbrar um futuro promissor para a energia solar no Ceará, com um aumento contínuo na capacidade instalada, redução de custos e integração mais ampla com outras fontes de energia renovável. Com o apoio adequado e um compromisso firme com a sustentabilidade, a energia solar fotovoltaica tem o potencial não apenas de transformar o setor energético do estado, mas também de contribuir significativamente para a mitigação das mudanças climáticas e o bem-estar de sua população.

## REFERÊNCIAS

ABRACEEL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS GRANDES CONSUMIDORES INDUSTRIAIS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Migrações aceleram e mercado livre de energia ganha 66 mil novos consumidores em 12 meses. 2023.** Disponível em: <https://abraceel.com.br/outros/2023/11/migracoes-aceleram-e-mercado-livre-de-energia-ganha-66-mil-novos-consumidores-em-12-meses/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

ABSOLAR (Brasil). **Infográfico da Energia Solar:** mês de outubro. Mês de Outubro.2020. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril de 2012. **Dispõe sobre as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 abr. 2012.

ANEEL. **Banco de Informações:** resumo estadual uvf. Resumo Estadual UFV. 2020. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/>. Acesso em: 12 out. 2020.

ARAÚJO, M.C.B. et al. (2018). **O Impacto da Energia Solar Fotovoltaica no Desenvolvimento Econômico de Comunidades Rurais:** Estudo de Caso no Nordeste do Brasil. Revista de Desenvolvimento Econômico e Social, 2(1), 45-58.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA (ABSOLAR). **Desafios e oportunidade da energia solar no Nordeste.** 2022. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/artigos/desafios-e-oportunidade-da-energia-solar-no-nordeste/>. Acesso em: 16 fev. 2024.

BloombergNEF. (2021). **Energy Storage Outlook 2021.** Bloomberg New Energy Finance.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.** Dispõe sobre as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 abr. 2012. Seção 1, p. 58-71.

CAMARGO, SCHUBERT [et al]. **Atlas eólico e solar**: Ceará. Curitiba: CamargoSchubert; Fortaleza: ADECE, FIEC, SEBRAE, 2019.

**CEARÁ**. Lei nº 15.284, de 27 de dezembro de 2012. Institui a Política Estadual de Incentivo à Geração Distribuída de Energia Elétrica por Fontes Renováveis e define diretrizes para o desenvolvimento do setor. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, 28 dez. 2012. Disponível em: [URL inválido removido]. Acesso em: 28 fev. 2024.

**CEARÁ**. Decreto nº 30.405, de 12 de dezembro de 2013. Regulamenta a Lei nº 15.284, de 27 de dezembro de 2012, que institui a Política Estadual de Incentivo à Geração Distribuída de Energia Elétrica por Fontes Renováveis e define diretrizes para o desenvolvimento do setor. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, 13 dez. 2013. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=376391>. Acesso em: 28 fev. 2024.

**CEARÁ**. Secretaria da Fazenda; Secretaria da Infraestrutura. Resolução Normativa Normativa Conjunta SEFAZ/SEINFRA nº 1, de 28 de dezembro de 2013. Dispõe sobre a isenção de ICMS na compra de equipamentos e materiais para sistemas de geração de energia solar fotovoltaica, no âmbito do Programa Estadual de Geração Distribuída de Energia Elétrica por Fontes Renováveis. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, 29 dez. 2013.

**CEARÁ**. Secretaria da Infraestrutura. Projetos da Seinfra priorizam sustentabilidade energética. Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 1º mar. 2023. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2023/03/01/projetos-da-seinfra-priorizam-sustentabilidade-energetica/>. Acesso em: 28 fev. 2024.

DANTAS, S. G. Ipea (org.). **Oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no semiárido do Brasil**. Brasília: Ipea, 2020. 60 p.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Potencial solar do Ceará é suficiente para suprir em duas vezes a necessidade do país**. Fortaleza: Diário do Nordeste, 2022. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/potencial-solar-do-ceara-e-suficiente-para-suprir-em-duas-vezes-a-necessidade-do-pais-1.2187191>. Acesso em: 28 fev. 2024.

FADIGAS, Eliane Aparecida Faria Amaral. **Pea 2420 produção de energia**. SaoPaulo: Usp, 2022.

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). **Renewable Energy Workforce Development: A Literature Review**.

OLIVEIRA, I. C. de; GUERRA, F. K. O. M. V. **Geração Fotovoltaica no Ceará**. In:Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica. v.3, n.2, p. 38-49,2021.

OROZCO, M. (2020). **Energia Solar e Justiça Social: O Papel da Energia Renovável na Promoção da Equidade Energética**. Revista Internacional de Energia Renovável, 8(1), 27-40.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO CEARÁ (SEMACE). **Com grande potencial em energias renováveis, o Ceará está se tornando a casa do hidrogênio verde**. Fortaleza: Semace, 3 jan. 2024. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2024/01/03/com-grande-potencial-em-energias-renovaveis-o-ceara-esta-se-tornando-a-casa-do-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 28 fev. 2024.