



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
ENGENHARIA DE ENERGIA



KETLYN EMILIA ALMEIDA BRANDÃO

**ANÁLISE DO MODELO DE ENERGIA POR ASSINATURA EM ALAGOAS:  
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR ENERGÉTICO**

RIO LARGO, ALAGOAS

2025

KETLYN EMILIA ALMEIDA BRANDÃO

**ANÁLISE DO MODELO DE ENERGIA POR ASSINATURA EM ALAGOAS:  
ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR ENERGÉTICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de energia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto

RIO LARGO, ALAGOAS

2025

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 – 1512

B817a Brandão, Ketlyn Emilia Almeida.

Análise do modelo de energia por assinatura em Alagoas: estudo de caso em uma empresa do setor energético. / Ketlyn Emilia Almeida Brandão. – 2025.

48 f.: il.

Orientador: Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energia) –  
Graduação em Engenharia de Energia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias,  
Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Geração distribuída. 2. Usinas fotovoltaicas. 3. Modelo de negócio. 4. Sustentabilidade.  
I. Título.

CDU: 620.91(813.5)

## Folha de Aprovação


KETLYN EMILIA ALMEIDA BRANDÃO

Análise do modelo de energia por assinatura em alagoas: estudo de caso em uma empresa do setor energético

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de bacharela em Engenharia de Energia.

Aprovado em: 28/10/2025

### Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 ANDREA DE VASCONCELOS FREITAS PINTO  
Data: 28/10/2025 19:54:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto, UFAL (Orientadora)

Documento assinado digitalmente  
 ALLAN DAVID DA COSTA SILVA  
Data: 28/10/2025 20:21:33-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Me. Allan David da Costa Silva, UFAL

Documento assinado digitalmente  
 JULIO INACIO HOLANDA TAVARES NETO  
Data: 04/11/2025 11:57:30-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Júlio Inácio Holanda Tavares Neto, UFAL

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pela proteção e força ao longo desta jornada, guiando meus passos e fortalecendo-me para superar cada desafio e concluir esta graduação.

À minha família, em especial à minha mãe Paula e à minha avó Maria, pelo amor, apoio, incentivo e por acreditarem em mim. Vocês foram minha maior fonte de força e motivação.

Aos meus amigos mais próximos da vida cotidiana, que estiveram ao meu lado nos estudos, nos rolês, nas conversas e risadas, nos momentos de desafio e silêncios compartilhados, por me motivarem e compartilharem experiências que me fizeram evoluir, fortalecendo meu crescimento pessoal, caráter e visão de mundo.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andréa de Vasconcelos, pela dedicação, paciência e constante presença ao longo desta jornada, cujo incentivo foi fundamental para avançar com confiança e determinação em cada etapa deste trabalho.

Agradeço a todos que contribuíram para meu aprendizado, especialmente aos professores, técnicos e servidores da UFAL, cuja dedicação assegura a excelência do ensino público, e aos meus chefes e colegas da empresa, que gentilmente me disponibilizaram dados, acolheram minha proposta e colaboraram para finalização, meu sincero agradecimento pelo apoio, confiança e incentivo.

Agradeço a mim mesma por perseverar com coragem e resiliência, transformando desafios em crescimento.

Por fim, agradeço ao meu avô, que me deixou ainda criança, mas cuja presença sempre sinto ao meu lado, guiando meus passos e protegendo meu caminho. Ele brilha como uma estrela no céu, aquela que bate no coração de quem torce com paixão, celebrando comigo esta conquista e iluminando minha vida com luz e lembranças inesquecíveis.

*“Audaz, revel e vivaz.” – RET*

## RESUMO

O presente trabalho analisa o modelo de energia por assinatura em Alagoas, por meio de um estudo de caso em uma empresa do setor energético localizada em Maceió. O objetivo consiste em avaliar a viabilidade e os impactos desse modelo no estado, considerando a dinâmica de mercado, os benefícios oferecidos aos consumidores e os desafios operacionais enfrentados pela empresa responsável pela operação das usinas fotovoltaicas. A pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e descritiva, adotando abordagem qualitativa e quantitativa, o que permitiu uma compreensão detalhada do funcionamento do modelo na prática. Foram analisadas diferentes modalidades de participação no sistema de geração distribuída, incluindo consórcio, associação e locação, bem como os mecanismos de faturamento, compartilhamento de benefícios e gestão operacional das unidades geradoras. Os resultados evidenciam que o modelo de energia por assinatura apresenta vantagens significativas para os consumidores, como redução de custos e acesso facilitado à energia renovável, ao mesmo tempo em que impõe desafios para a empresa operadora, relacionados à manutenção, faturamento e regulamentação do setor. Conclui-se que, embora existam obstáculos operacionais e regulatórios, a adoção desse modelo em Alagoas mostra potencial promissor, contribuindo para a expansão da geração distribuída e para a consolidação de práticas sustentáveis no fornecimento de energia elétrica.

**Palavras-chaves:** geração distribuída; usinas fotovoltaicas; modelo de negócio; sustentabilidade.

## ABSTRACT

This study analyzes the subscription-based energy model in Alagoas, focusing on a case study of a company in the energy sector. The objective is to evaluate the feasibility and impact of this model in the state, emphasizing market dynamics, consumer benefits, and operational challenges faced by the company managing photovoltaic power plants. The research is applied, exploratory, and descriptive, with both qualitative and quantitative approaches. A case study was conducted in a company located in Maceió, allowing a comprehensive understanding of how the subscription energy model operates in practice and its effects on consumers and the organization itself. The results indicate that the model provides accessible renewable energy to a broad range of consumers, offering economic advantages and flexibility while presenting operational and regulatory challenges for the company. It is concluded that, although there are operational and regulatory obstacles, the adoption of this model in Alagoas shows promising potential, contributing to the expansion of distributed generation and to the consolidation of sustainable practices in electricity supply.

**Keywords:** Distributed generation; photovoltaic plants; business models; sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Oferta interna de energia elétrica por fonte .....	18
Figura 2 - Trajeto operacional da energia.....	19
Figura 3 - Evolução anual das conexões de micro e minigeração distribuída no Brasil .....	20
Figura 4 - Modalidades de geração distribuída de energia.....	22

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs) estratégicos em negócios baseados em assinaturas.....	25
Quadro 2 - Comparação do mercado de energia. ....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo dos ciclos de julho e agosto de 2025 para a Usina 01 – Consórcio. .....	37
Tabela 2 - Comparativo dos ciclos de julho e agosto de 2025 para a Usina 02 – Associação... .....	38
Tabela 3 - Resultados energéticos e econômicos da Usina 03 – Aluguel. ....	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
GD	Geração Distribuída
GEE	Gases do Efeito Estufa
CHESF	Companhia Hidroelétrica do São Francisco
MME	Ministério de Minas e Energia
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
AC	Autoconsumo
CAC	Customer Acquisition Cost – Custo de Aquisição de Clientes
CAPEX	Capital Expenditure – Despesa de Capital
COVID-19	Coronavirus Disease 2019
EDP	Energias de Portugal
EMBRASUL	Empresa Brasileira de Soluções Sustentáveis
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GC	Geração Compartilhada
LTV	<i>Customer Lifetime Value</i> – Valor do Tempo de Vida do Cliente
MMGD	Micro e Minigeração Distribuída
MRR	Monthly Recurring Revenue - Receita Mensal Recorrente
MUC	Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
KWH	Quilowatt-hora
Paas	Product as a Service - Produto como Serviço
MaaS	Manufacturing as a Service – Manufatura como Serviço
RE-SEB	Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro
REN	Resolução Normativa
S&P 500	Standard & Poor's 500 - índice de ações norte-americano

SFV	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
TE	Tarifa de Energia
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
CISP	Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IBGE	Instituto Nacional de Meteorologia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CPF	Cadastro de Pessoas Físicas
O&M	Operation and Maintenance – Operação e Manutenção
EQTL	Equatorial – Concessionária de Energia
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 Objetivo geral.....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
3.1 Setor Elétrico Brasileiro.....	<b>16</b>
3.1.1 Geração Distribuída .....	19
3.1.2 Estruturas e Modalidades de Expansão da GD .....	21
<b>3.2 A Economia da Assinatura (Subscription Economy)</b> .....	<b>23</b>
3.2.1 Comportamento do consumidor e vantagens do modelo .....	23
3.2.2 Desafios, limitações e métricas de sucesso .....	24
3.2.3 Aplicações em diferentes setores .....	25
<b>3.3 Modelos de Negócios Inovadores no Setor de Energia e a Geração Compartilhada</b> .....	<b>26</b>
3.3.1 Expansão e Aplicações da GD .....	27
<b>3.4 Aplicação do Modelo de Energia por Assinatura – Empresa responsável pela operação das usinas fotovoltaicas</b> .....	<b>28</b>
3.4.1 Benefícios e Impactos .....	29
<b>3.5 Transição energética e sustentabilidade</b> .....	<b>30</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>33</b>
4.1 Área do estudo .....	33
4.2 Tipo de pesquisa .....	33
4.3 Coleta de dados.....	33
4.4 Participantes do estudo.....	34
4.5 Caracterização técnica das usinas .....	34
4.6 Tratamento e análise dos dados .....	35
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>37</b>
5.1 Desempenho energético e econômico – Usina 01 (Consórcio).....	37
5.2 Desempenho energético e econômico – Usina 02 (Associação).....	38
5.3 Desempenho energético e econômico – Usina 03 (Aluguel).....	38
5.4 Impactos Ambientais das Usinas .....	39
5.5 Considerações finais das usinas .....	41
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, eventos e alterações climáticas têm sido notados e despertado atenção em escala global, principalmente em razão dos efeitos negativos dessas mudanças (JÚNIOR et al., 2025). Nesse contexto, a preservação do meio ambiente e a diminuição da emissão dos gases de efeito estufa (GEE), tornam-se medidas imprescindíveis (EPE, 2025). Diante desse cenário, a produção de energia desempenha um papel relevante, uma vez que a utilização de fontes renováveis está diretamente relacionada a diminuição de impactos ambientais e a uma transição energética limpa e sustentável (ISMAEL et al., 2019).

É evidente que a energia solar é uma fonte energética limpa e renovável, com menores consequências ambientais e mudanças no regime climático (EDP, 2023). Países como o Brasil obtm vantagens ao adotar os sistemas fotovoltaicos devido sua geolocalização, em especial a região Nordeste, que recebe altos níveis de irradiância solar ao decorrer do ano (OLIVEIRA et al., 2022). Considerando os elevados níveis de irradiação, torna-se vantajosa a aquisição desses sistemas em estados nordestinos, especialmente em AL, visto que o número de implementações de usinas fotovoltaicas, bem como a instalação de geradoras em residências tem apresentado ampliação no estado (ABSOLAR, 2024).

Em sintonia a esse panorama, em 2022, o presidente do Congresso Nacional aprovou a Lei Federal 14.300/2022, consolidando e regulamentando formalmente as disposições anteriormente estabelecidas pela Resolução Normativa 482/2012, da ANEEL. Ao conferir segurança jurídica e estabilidade regulatória ao setor de geração distribuída, a lei passou a ser reconhecida como o Marco Legal da Geração Distribuída, proporcionando um ambiente mais seguro para consumidores e investidores.

Apesar desses avanços, grande parte da população ainda está inserida no mercado cativo, no qual os consumidores dependem exclusivamente das concessionárias locais e enfrentam tarifas muitas vezes elevadas, sem alternativas de escolha. Nesse contexto, modelos alternativos, como a energia por assinatura, surgem como soluções viáveis para ampliar o acesso à energia renovável, reduzir custos e aumentar a competitividade no setor (INFOMONEY, 2024). Essa modalidade vem se expandindo com empresas que operam em diferentes estruturas jurídicas, como associação e consórcio, oferecendo flexibilidade de participação e descontos na fatura de energia (ABSOLAR, 2024).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Nesse cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade e os impactos do modelo de energia por assinatura no estado de Alagoas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Analisar o funcionamento do modelo de energia por assinatura e sua regulação;
- Avaliar os benefícios econômicos, sociais e ambientais associados à sua implementação;
- Comparar diferentes modalidades de usinas fotovoltaicas inseridas no contexto da geração distribuída;
- Identificar as oportunidades e os desafios regionais relacionados à adoção desse modelo no estado.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta o referencial teórico que fundamenta o estudo sobre o modelo de energia por assinatura em Alagoas. São abordados a estrutura e a evolução do setor elétrico brasileiro, o papel da geração distribuída, os princípios da economia da assinatura e os modelos de negócios inovadores aplicados à energia solar. Por fim, relaciona-se a transição energética e a sustentabilidade como bases para a consolidação desse modelo no contexto regional.

#### 3.1 Setor Elétrico Brasileiro

A introdução da energia elétrica no Brasil teve início em meados do século XIX e se expandiu no começo do século XX com a implantação dos primeiros empreendimentos nacionais e estrangeiros, a partir do domínio de capitais internacionais (GOMES; VIEIRA, 2009a). Mais adiante, na década de 60, houve a criação da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), que permitiu a coordenação, expansão e transmissão de energia elétrica para diferentes regiões do território nacional, antes consideradas inviáveis, promovendo assim desenvolvimento socioeconômico.

Além disso, com o passar dos anos, a empresa adquiriu grandes concessionárias de energia elétrica que operavam no país, o que fortaleceu o controle sobre o setor (GOMES; VIEIRA, 2009b). Nesse cenário, ocorreu a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu e a expansão das usinas da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), que fortaleceu a geração hidrelétrica no Brasil, matriz principal de energia na época (EMBRASUL, 2024). Ademais, nas décadas seguintes, foi ampliada a diversificação das fontes de energia no país, como estratégia para reduzir a dependência das hidrelétricas e aumentar a segurança do fornecimento, entre elas, destacam-se a energia eólica, biomassa e solar, cuja participação na matriz elétrica passou de praticamente inexistente em 1980 a expansão significativa desde então (LIMA et al., 2022).

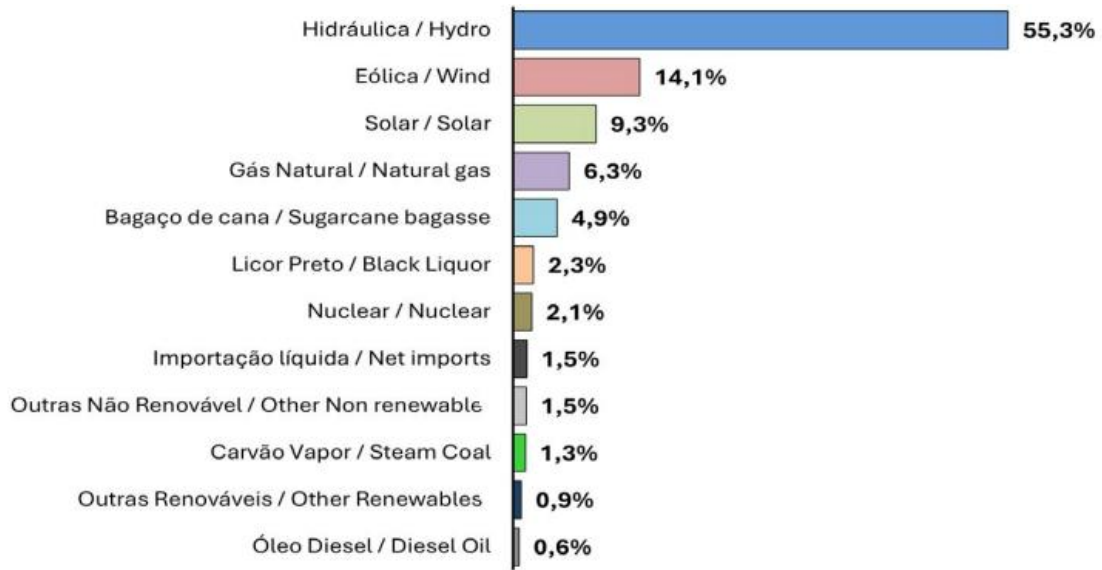
Dessa maneira, a configuração do setor elétrico passou por uma significativa reestruturação a partir de 1996, resultando na criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), formalizada pela Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, quando o país passa a atuar como regulador e há uma desverticalização das atividades de geração, transmissão e comercialização de energia elétrica. A ANEEL foi instituída como um órgão regulador com regime jurídico especial, vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME), e tinha como objetivo regular, fiscalizar e supervisionar os segmentos do setor elétrico, desde a geração até

a comercialização da energia elétrica, com vistas a promover a eficiência, a confiabilidade e a estabilidade desse setor fundamental.

A criação da ANEEL ocorre de maneira estratégica no contexto mais amplo do Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (RE-SEB), cujo lançamento ocorreu simultaneamente à implementação das primeiras medidas de modernização do setor. Este projeto objetivava o reordenamento do arcabouço regulatório do setor, visando simultaneamente o estímulo a aportes de capital privado e a garantia da ampliação da capacidade de oferta de energia elétrica no território nacional (PIRRES, 2000). Dentre as principais transformações estruturais impulsionadas pelo RE-SEB, destacam-se a desverticalização das empresas estatais, que implicou a segregação dos segmentos de geração, transmissão e distribuição, e o fomento à maior participação da iniciativa privada. Tais medidas foram fundamentais para a modernização setorial, a elevação da competitividade e a otimização da eficiência operacional do sistema elétrico brasileiro (OLIVEIRA; SANTOS, 2015).

Como consequência dessa reestruturação, configurou-se um modelo setorial estruturado em três segmentos, que define diferentes funções, regras regulatórias e agentes de mercado. Atualmente, a matriz elétrica brasileira caracteriza-se por sua predominância renovável. Em 2024 as fontes renováveis respondiam por cerca de 88% da geração total de eletricidade, dentro deste panorama, as usinas hidrelétricas se mantêm como a principal fonte, contribuindo com aproximadamente 57% de participação, enquanto as fontes eólica, solar e biomassa têm expandido sua participação, alcançando juntas 29% (EPE, 2024). As fontes não renováveis e a importação líquida totalizam cerca de 13% da matriz, sendo compostas por gás natural, nuclear, carvão, óleo diesel e outras não renováveis. Todas essas fontes, em conjunto, desempenham um papel crucial na segurança e complementaridade do sistema (EPE, 2024).

Figura 1 - Oferta interna de energia elétrica por fonte

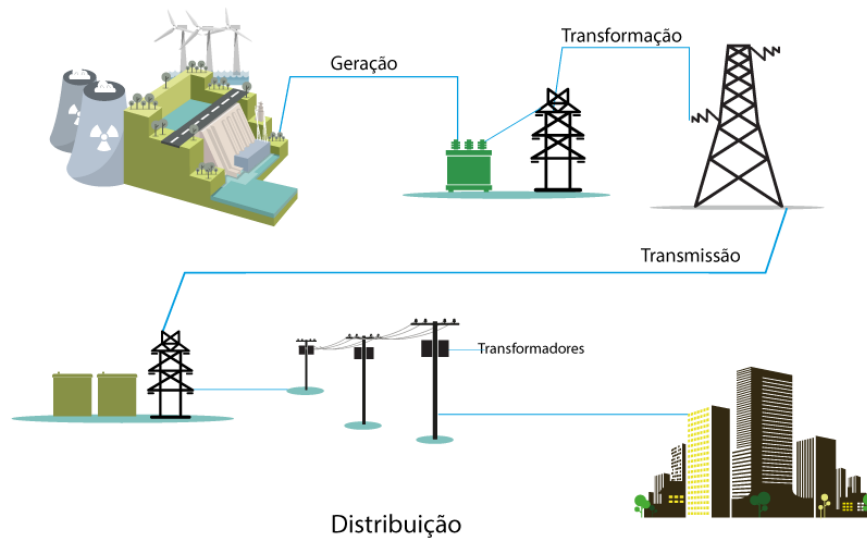


**Fonte:** Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2024)

Na área de geração, a energia elétrica é produzida a partir de diversas fontes, operando em um mercado competitivo, onde as empresas geradoras comercializam por meio de leilões ou contratos bilaterais (CCEE, 2024). A área de transmissão é responsável por transportar a energia das usinas até os centros de consumo, sendo geralmente operada por concessionárias reguladas por uma agência reguladora, com tarifas definidas segundo normas específicas (ANEEL, 2021).

Por fim, a distribuição corresponde à entrega da energia aos consumidores finais, residenciais, comerciais e industriais, e é regida por contratos de concessão e fiscalizada pelo órgão regulador (ABRADE, 2021). O conjunto desses arranjos estruturais sustenta a configuração atual do setor elétrico brasileiro, que busca equilibrar expansão, competitividade e segurança no atendimento à demanda (ANEEL, 2022).

Figura 2 - Trajeto operacional da energia



**Fonte:** SP Geradores (2015)

### 3.1.1 Geração Distribuída

Paralelamente a diversificação acelerada da matriz e modernização regulatória, a Geração Distribuída surge como um elemento transformador do setor elétrico, capaz de ampliar a participação de fontes renováveis e promover maior eficiência, ao mesmo tempo em que empodera o consumidor (CONJUR, 2025). A GD consiste na implantação de unidades geradoras de baixa potência, próximas aos pontos de consumo, que utilizam recursos renováveis, como pequenas centrais hidrelétricas, sistemas fotovoltaicos e parques eólicos de baixo porte, ou não renováveis, como unidades termelétricas de média e baixa potência, oferecendo flexibilidade operacional e redução das perdas na transmissão de energia (GOLDEMBERG, 2007; ANEEL, 2016).

Nesse modelo, o consumidor deixa de ser um agente passivo e passa a atuar como “*prosumer*”, participando ativamente da produção de energia, o que reforça a sustentabilidade, aumenta a segurança energética e contribui para a manutenção e expansão dos elevados índices de geração renovável no país (BAJAY et al., 2018).

A evolução da GD no Brasil recebeu um impulso decisivo com a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL. Esta resolução pioneira estabeleceu as diretrizes iniciais para a micro e minigeração distribuída, introduzindo o fundamental Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), amplamente conhecido como *net metering* (ANEEL, 2017). Por meio desse mecanismo, os consumidores injetam a energia ativa

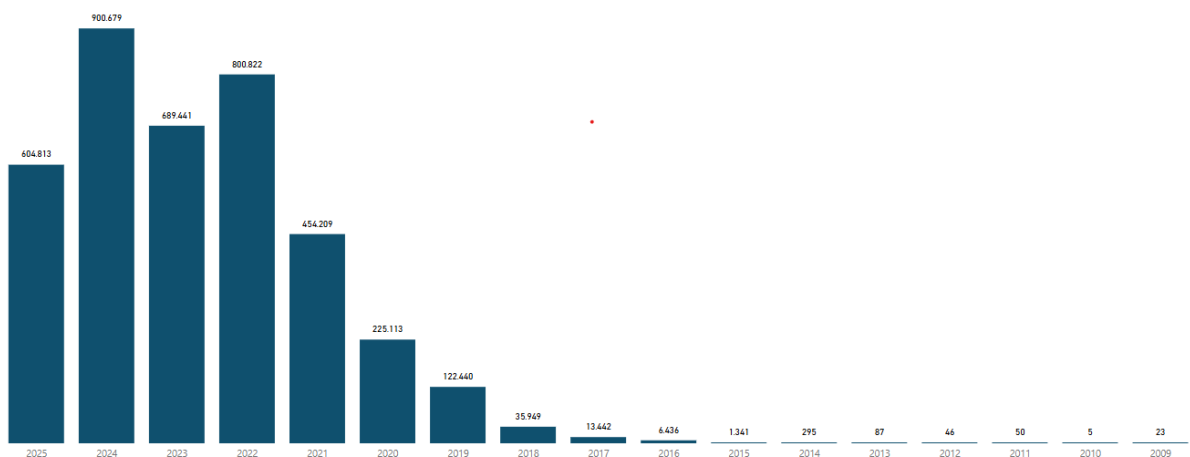
excedente de suas unidades de Micro e Minigeração Distribuída (MMGD), predominantemente de fontes renováveis, como solar e eólica, na rede da distribuidora, recebendo créditos de energia que podem ser utilizados para compensar consumos futuros, estimular o engajamento na produção energética e gerar uma mudança de paradigma no consumo de eletricidade no país (BORGES, 2020).

Posteriormente, a Resolução Normativa nº 687/2015 trouxe atualizações significativas às regras da MMGD, com o objetivo de reduzir custos e prazos de conexão, padronizar procedimentos e formulários, compatibilizar o SCEE com as condições gerais de fornecimento de energia e definir limites de potência claros: microgeradores, com potência instalada de até 75 kW e minigeradores, com potência superior a 75 kW, com limite máximo de 5 MW para fontes despacháveis e 3 MW para fontes não despacháveis (ANEEL, 2015).

Apesar dos avanços proporcionados por essas resoluções, ainda se identificavam lacunas e a necessidade de maior clareza regulatória, contexto que culminou na promulgação da Lei nº 14.300/2022, o Marco Legal da Geração Distribuída, que consolidou e ampliou os mecanismos de participação dos consumidores no setor elétrico, entre as modalidades contempladas, destacam-se o autoconsumo remoto e a geração compartilhada, cuja base legal foi consolidada e detalhada (CUPERTINO, 2023).

Como reflexo das estruturas normativas consolidadas, a MMGD apresentou crescimento significativo ao longo dos anos. Em 2025 o Brasil contava com aproximadamente 3,84 milhões de unidades de micro e minigeração em operação, das quais cerca de 49,5 mil estavam localizadas em Alagoas, evidenciando tanto a expansão nacional da GD quanto sua disseminação em âmbito regional (ANEEL, 2025).

Figura 3 - Evolução anual das conexões de micro e minigeração distribuída no Brasil



Fonte: Adaptado de ANEEL (2025)

O aumento das conexões reflete tanto a maturidade regulatória quanto a introdução de modalidades inovadoras de participação na GD, cada uma com regras e características próprias, contribuindo para a diversificação e democratização do setor.

### 3.1.2 Estruturas e Modalidades de Expansão da GD

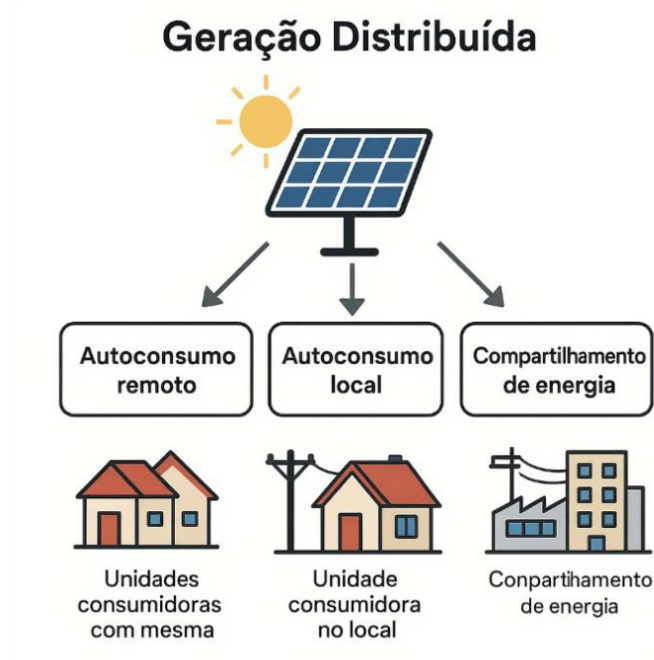
A consolidação regulatória e a evolução das conexões de micro e minigeração distribuída no Brasil possibilitaram o surgimento de diferentes estruturas organizacionais e modalidades de participação na GD. Cada modalidade apresenta especificidades regulatórias, operacionais e formas de compartilhamento de benefícios, permitindo que consumidores individuais e coletivos acessem o modelo (ANEEL, 2022).

Segundo a Lei nº 14.300/2022 e a RN nº 482/2012, as principais modalidades são:

1. Autoconsumo local (ACL) refere-se à energia gerada e consumida no mesmo ponto de conexão da unidade geradora, predominantemente em residências, comércios ou indústrias. O consumidor deve ser titular da unidade consumidora onde a energia é produzida, permitindo que ela seja contabilizada em seu nome para posterior compensação. O excedente de energia pode ser injetado na rede elétrica e convertido em créditos por meio do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) (ANEEL, 2017).
2. Autoconsumo remoto, permite que a energia gerada em uma unidade seja utilizada em outra unidade de mesma titularidade, atendida pela mesma distribuidora. Aplica-se tanto a pessoas físicas (CPF) e jurídicas (CNPJ), incluindo empresas com matriz e filiais, permitindo a compensação da energia em pontos distintos do mesmo titular. Assim, o ACR possibilita maior flexibilidade na utilização da energia, otimização de créditos e operações com múltiplas unidades ou geração terceirizada.
3. Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras (MUC) é a modalidade em que um mesmo titular possui várias unidades consumidoras na mesma propriedade ou em terrenos conectados. As áreas comuns são consideradas unidades distintas, com uso de energia independente, sob responsabilidade do titular ou da administração. A energia gerada em uma unidade pode ser compensada nas demais, com porcentagens definidas pelos próprios consumidores, funcionando como um caso específico do ACR e sem envolver múltiplos titulares.
4. A geração compartilhada (GC) é uma modalidade em que consumidores se unem por meio de condomínios, consórcios, cooperativas ou outras associações, para compartilhar a energia de uma unidade geradora. A titularidade da unidade pode ser

distinta das unidades consumidoras, que mantêm suas faturas individuais, e os créditos são distribuídos proporcionalmente, respeitando rateio, limites de potência e território de operação da distribuidora. A GC permite o acesso à GD para consumidores sem espaço próprio, reduzindo custos e garantindo transparência e segurança jurídica.

Figura 4 - Modalidades de geração distribuída de energia



**Fonte:** Adaptado de ENERGÊS (2022)

A expansão da GD, amparada por avanços regulatórios e pela diversificação de modalidades, evidencia benefícios tanto para o consumidor, ao reduzir e tornar previsível o custo da energia, valorizar o imóvel e permitir participação ativa na geração, quanto para o sistema elétrico, ao aproximar a geração do consumo, contribuindo para a redução da carga na rede, diminuição de perdas técnicas e otimização de investimentos em infraestrutura (SANTOS, 2022).

Adicionalmente, o uso de fontes renováveis reforça os benefícios ambientais, ao reduzir emissões de gases de efeito estufa e mitigar mudanças climáticas, enquanto a expansão de unidades de micro e minigeração gera emprego local e incentiva inovação (BAJAY et al., 2018).

Entre os principais desafios para a expansão da GD, destacam-se o custo inicial de implantação dos sistemas, a integração técnica à rede elétrica e a necessidade de adaptação frente às mudanças regulatórias (PEREIRA et al., 2020).

Nesse contexto, o estado de Alagoas, caracterizado pela elevada irradiação solar e pelo crescimento no número de unidades geradoras, apresenta elevado potencial para a expansão da geração distribuída. O modelo de energia por assinatura representa uma solução inovadora para ampliar o acesso à energia solar e superar barreiras de investimento e infraestrutura (ABSOLAR, 2024).

### 3.2 A Economia da Assinatura (Subscription Economy)

A economia da assinatura (*Subscription Economy*) é um modelo de negócios em que clientes pagam periodicamente pelo acesso contínuo a produtos ou serviços (DHANRAJ; KAVITHA, 2022). De acordo com a *Pesquisa de Assinaturas 2025*, realizada pela plataforma brasileira Vindi sobre hábitos de consumo recorrente, 69% da população brasileira possuía ao menos uma assinatura digital, e cerca de metade planejava aumentar seus gastos, evidenciando a consolidação do modelo, inicialmente centrada em serviços de streamings e clubes de produtos, mas que se expandiu rapidamente para setores essenciais, como fornecimento de energia, água e internet, mostrando que a lógica da recorrência se tornou estrutural no consumo contemporâneo (VINDI, 2025).

#### 3.2.1 Comportamento do consumidor e vantagens do modelo

O modelo de assinatura deixou de ser uma tendência emergente e consolidou seu papel como pilar dos negócios modernos ao substituir transações pontuais por contratos recorrentes, promovendo relacionamentos duradouros, engajamento e fidelização, além de oferecer previsibilidade de receitas e oportunidades de crescimento, aumentando a competitividade e a atratividade das empresas para investidores (DHANRAJ; KAVITHA, 2022).

A pandemia do COVID-19 acelerou significativamente esse movimento, condensando anos de transformação digital em poucos meses, atuando como catalisadora da digitalização, redefinindo padrões de consumo e ampliando a adesão a serviços de assinatura em diversos setores da mídia ao varejo, funcionando como um marco decisivo na consolidação desse modelo (MCKINSEY; COMPANY, 2020).

Negócios baseados em receita recorrente têm desempenho superior ao das empresas tradicionais, podendo crescer até cinco vezes mais que a média do S&P 500<sup>1</sup>, evidenciando a robustez financeira do modelo, sua atratividade para investidores e a capacidade de fidelizar

---

<sup>1</sup> O S&P 500 (Standard & Poor's 500) é um índice do mercado acionário norte-americano que reúne as 500 maiores empresas listadas na Bolsa de Valores dos Estados Unidos, incluindo setores como tecnologia, saúde, finanças e energia. Ele é amplamente utilizado como parâmetro de desempenho do mercado, permitindo comparar o crescimento de outras empresas ou modelos de negócio com a média do mercado acionário dos EUA.

clientes, reforçando a tendência global de transformação digital e adaptação às novas demandas de consumo (FREED et al., 2022).

O interesse por serviços de assinatura é elevado entre consumidores jovens e cresce entre faixas etárias mais maduras, ampliando a abrangência do modelo, com motivações como conveniência, experiências personalizadas e diluição de custos, enquanto confiança na marca, percepção de valor agregado, diversidade de opções e facilidade de cancelamento reforçam a popularidade e consolidação da economia de assinatura (BAEK; KIM, 2022).

As vantagens da economia da assinatura abrangem consumidores e empresas. Para os consumidores incluem conveniência, diluição de custos, acesso contínuo sem necessidade de aquisição definitiva e personalização, enquanto para as empresas são evidenciadas a previsibilidade de receitas, a maior retenção de clientes e o incentivo à inovação, elementos que consolidam o modelo como estratégia competitiva (BAEK; KIM, 2022).

### 3.2.2 Desafios, limitações e métricas de sucesso

Os desafios da economia de assinaturas incluem a gestão da rotatividade de clientes (*Churn*) e o equilíbrio entre aquisição e retenção (Custo de Aquisição de Clientes - CAC), além da necessidade de infraestrutura tecnológica eficiente, qualidade no suporte e experiência do cliente, cumprimento de normas regulatórias e atenção à fadiga de assinaturas, fenômeno que reduz o engajamento e a adesão a novos serviços, exigindo atenção estratégica para garantir a sustentabilidade do modelo (AGARWAL, 2025).

O Quadro 1 apresenta as principais métricas utilizadas na avaliação do desempenho de modelos de negócios baseados em assinaturas. Essas métricas permitem compreender a sustentabilidade financeira, aquisição de clientes e o engajamento do consumidor, fornecendo subsídios para estratégias de fidelização e retenção, ainda, em conjunto, fornecem uma visão estratégica que permite às empresas identificarem oportunidades de crescimento, reduzir cancelamentos e maximizar o valor de cada cliente (AGARWAL, 2025).

Quadro 1 - Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs) estratégicos em negócios baseados em assinaturas.

<b>Métrica</b>	<b>Função / Importância</b>
Receita Mensal Recorrente (MRR – <i>Monthly Recurring Revenue</i> )	Permite prever a receita mensal e avaliar a estabilidade financeira do modelo.
Valor do Tempo de Vida do Cliente (LTV – <i>Customer Lifetime Value</i> )	Mede o valor total gerado por um cliente durante seu relacionamento com a empresa.
Custo de Aquisição de Cliente (CAC – <i>Customer Acquisition Cost</i> )	Avalia o custo para conquistar um novo cliente.
Taxa de Cancelamento ( <i>Churn Rate</i> )	Indica a perda de assinantes, ajudando a identificar problemas de retenção.
Engajamento ( <i>Engagement</i> )	Mede a utilização contínua do serviço e a satisfação do cliente.

Fonte: Adaptado de AGARWAL (2025)

### 3.2.3 Aplicações em diferentes setores

O modelo de assinaturas estabelece seu papel como estratégia do futuro ao combinar fidelização de clientes, previsibilidade de receita e adaptação às necessidades do consumidor, com aplicações em setores como SaaS, exemplificado por Salesforce e Adobe, e streaming, como Netflix e Amazon Prime Video, bem como clubes de produtos, como cosméticos e alimentos, evidenciando a flexibilidade do modelo e a aplicação de métricas estratégicas, como Churn, CAC e LTV, para otimizar retenção e engajamento (DHANRAJ; KAVITHA, 2022).

Além desses setores, o modelo expandiu-se para tecnologia, manufatura e serviços financeiros, integrando inovação e economia circular, com soluções como Product as a Service (PaaS) e Manufacturing as a Service (MaaS), que combinam produto físico e serviço recorrente, privilegiando o acesso sobre a posse e oferecendo suporte, atualizações e personalização, fortalecendo a fidelização e a sustentabilidade dos negócios (LINDSTRÖM; VISHKAEI; DE GIOVANNI, 2024).

A adaptabilidade da economia de assinaturas evidencia seu potencial em setores como energia, promovendo modelos inovadores de geração compartilhada e comércio distribuído de energia, abrindo oportunidades para otimização de recursos, eficiência e personalização de serviços, ao mesmo tempo em que impõe desafios estratégicos e regulatórios e ressalta o caráter transformador do modelo em contextos dinâmicos (YANG; WANG, 2021).

### 3.3 Modelos de Negócios Inovadores no Setor de Energia e a Geração Compartilhada

O setor de energia elétrica tem experimentado transformações substanciais, impulsionadas pela expansão da GD e pelo surgimento de novas modalidades de contratação, e nesse contexto a energia solar fotovoltaica destaca-se pelo crescimento expressivo, representando cerca de 9,3% da matriz elétrica nacional em meados de 2024, consolidando-se como uma alternativa viável não apenas para autoconsumo, mas também como opção de investimento estratégico (EPE, 2024).

Nesse contexto, a geração compartilhada surge como modelo inovador, permitindo que consumidores residenciais, comerciais e institucionais acessem energia limpa sem a necessidade de investir em infraestrutura própria, combinando os princípios da geração distribuída com mecanismos de faturamento recorrente, promovendo benefícios econômicos, operacionais e ambientais, incentivando maior engajamento do consumidor enquanto prosumer e contribuindo para a eficiência e sustentabilidade do sistema elétrico

A parti da reestruturação do setor em 1990 e criação da ANEEL, o setor elétrico brasileiro é estruturado em dois ambientes de contratação, o regulado (ACR) e o livre (ACL). No ACR o consumidor adquire energia da distribuidora local por meio de leilões públicos, e as tarifas incluem a Tarifa de Energia (TE), a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e encargos setoriais e bandeiras tarifárias que refletem as condições de operação e o equilíbrio do sistema elétrico nacional, proporcionando previsibilidade e segurança, mas limitando a autonomia do consumidor e sua gestão estratégica dos custos. No ACL, consumidores do Grupo A adquirem energia diretamente de geradores ou comercializadores por contratos bilaterais registrados na CCEE, negociando preços e condições de forma flexível, podendo reduzir custos em mais de 30% e consolidando-se como pilar da modernização do setor elétrico, promovendo competitividade, eficiência e incentivo a fontes renováveis (NEOENERGIA,2025).

Os ambientes de contratação ACR e ACL estruturam o mercado de energia elétrica brasileiro, oferecendo diferentes níveis de flexibilidade aos consumidores. O Mercado Cativo atende principalmente residências e pequenos comércios, enquanto o Mercado Livre é voltado a grandes consumidores (CLARK, 2024).

Quadro 2: Comparação do mercado de energia.

AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO REGULADO (ACR) X AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE (ACL)					
	Fornecedor	Consumidores	Tarifas	Flexibilidade	Vantagens Principais
ACR	Distribuidor local	Residencial e pequenos comércios	TE, TUSD, encargos setoriais e bandeiras	Baixa	Previsibilidade, segurança e estabilidade tarifária
ACL	Geradores e comercializadores	Grandes consumidores (Grupo A)	Negociável via contrato bilateral	Alta	Redução de custos, flexibilidade e incentivo a fontes renováveis

Fonte: Adaptado de ENERGÊS (2021)

### 3.3.1 Expansão e Aplicações da GD

A GD, regulamentada pela REN 482/2012 e consolidada pela Lei 14.300/2022, ampliou a participação ativa dos consumidores na matriz elétrica, favorecendo a descentralização, o surgimento de modelos inovadores e a formação de ecossistemas colaborativos em um setor historicamente concentrado e regulado (ANEEL, 2022; HAMWI; LIZARRALDE, 2017). Nesse contexto, o consumidor deixa de ser passivo e passa a atuar ativamente, produzindo e consumindo energia de forma ativa na microgeração elétrica (SALLES, 2020).

A regulamentação da REN 482 possibilitou também o desenvolvimento de modelos de negócios para micro e minigeração distribuída no Brasil, classificados de acordo com a propriedade do sistema fotovoltaico (FRANTZIS et al., 2008; RUBIN, 2018), permitindo acessar geração própria ou compartilhada, reduzir custos e flexibilizar o consumo:

1. *Turnkey*: consumidor detém propriedade, créditos de energia e reduz barreiras para microgeração. O autoconsumo remoto permite instalar o sistema fotovoltaico em local distinto da unidade principal, sob mesma titularidade e área de concessão, com créditos distribuídos proporcionalmente, otimizando o aproveitamento da energia.
2. *Compra Coletiva*: consumidores se agrupam em cooperativas, consórcios ou condomínios para adquirir uma planta única, dividindo créditos proporcionalmente ao aporte. Segundo a REN 687, o modelo amplia o acesso à geração compartilhada, reduz custos e proporciona ganhos de escala, embora envolva burocracia, taxas administrativas e, para usinas maiores, pagamento de demanda contratada.
3. *Locação*: o cliente possui apenas a posse do sistema, que continua sob propriedade da empresa investidora. Pode incluir operação e manutenção, aplicar-se a clientes individuais ou a Fazendas Solares, com energia injetada na rede e créditos proporcionais, o modelo

otimiza o CAPEX, amplia o alcance de mercado e oferece flexibilidade contratual, com limitações de gestão, burocracia e ausência de benefícios tributários (DINIZ, 2017).

4. *Leasing*: classificado como arrendamento mercantil, permite ao cliente utilizar o sistema sem adquiri-lo, pagando mensalidades fixas e com opção de compra ao final do contrato. Sua adoção ainda é limitada no Brasil devido à baixa liquidez dos equipamentos e exigências de garantias adicionais (GREENER, 2018).

Cada modelo de negócio da GD demonstra flexibilidade e diversidade de aplicações, permitindo que diferentes perfis de consumidores acessem geração própria, compartilhada e soluções inovadoras, como a energia por assinatura, que democratiza o acesso e reduz barreiras de entrada (FRANTZIS et al., 2008).

Derivada do modelo de tecnologia terceirizada, a energia por assinatura permite que empresas financiem, instalem e mantenham sistemas, mantendo a propriedade dos SFV e comercializando a energia, promovendo inovação e maior protagonismo do usuário na geração distribuída (SALLES, 2020).

### **3.4 Aplicação do Modelo de Energia por Assinatura – Empresa responsável pela operação das usinas fotovoltaicas**

De acordo com informações fornecidas pela empresa fornecedora de energia e análise da operação interna, a atuação no mercado ocorre em diferentes modalidades: consórcio, associação e locação.

No consórcio as unidades geradoras permanecem sob o registro empresarial da empresa investidora, enquanto as beneficiárias são CNPJs distintos, mantendo suas faturas em seus próprios nomes, sem alteração de titularidade. Na associação, as geradoras também estão vinculadas ao registro empresarial da empresa, mas a titularidade das beneficiárias de energia é transferida para a associação, sendo aceitos consumidores pessoa física, jurídica ou condomínios, desde que a titularidade seja alterada para receber os créditos da geração distribuída.

Na locação, a empresa mantém a propriedade das fazendas solares, enquanto o cliente detém apenas a posse do sistema, mesmo que a titularidade legal da usina seja transferida; o contrato inclui operação e manutenção, com prazo mínimo de permanência. Em todas as modalidades, os equipamentos permanecem sob posse da empresa geradora, eliminando a necessidade de investimento inicial ou obras por parte do consumidor.

A comercialização da energia ocorre via assinatura: no consórcio ou associação, os créditos são injetados na rede e distribuídos proporcionalmente ao consumo mensal das

unidades, conforme lista de rateio que detalha a distribuição da energia excedente, e na locação, toda a energia gerada é destinada às unidades da empresa em posse do sistema (dados internos da empresa, 2025).

### 3.4.1 Benefícios e Impactos

Os dois modelos oferecem benefícios econômicos aos consumidores. Para o Grupo A, o desconto sobre a tarifa compensável é de cerca de 10%, e para o Grupo B, em torno de 20%, podendo ser negociado conforme o volume consumido. Os consumidores continuam pagando a taxa de disponibilidade e a CISP, repassada à concessionária local. A tarifa do Grupo B é competitiva em relação ao mercado cativo, enquanto a do Grupo A varia conforme ponta e fora de ponta, garantindo economia e previsibilidade.

Os benefícios operacionais incluem a gestão integral realizada pela empresa, com operação e manutenção já incluídas no cálculo do desconto concedido aos consorciados e associados, eliminando custos adicionais e simplificando a adesão. Todo o processo de contratação e ativação é realizado digitalmente, garantindo agilidade e facilidade de expansão para novas unidades.

O impacto no mercado é expressivo em Alagoas, promovendo a democratização do acesso à geração distribuída, aumentando a participação do consumidor como *prosumer*, estimulando a inovação no setor elétrico local e reforçando práticas de sustentabilidade. Esses modelos contribuem para a inclusão de diferentes perfis de consumidores, fortalecendo a transição energética regional, tornando o acesso à energia limpa mais acessível e sustentável.

A adoção do modelo de energia por assinatura proporciona à empresa vantagens estratégicas e operacionais relevantes. Entre os principais benefícios está a expansão de mercado, permitindo o alcance de consumidores que, por diferentes razões, não podem investir em sistemas fotovoltaicos próprios, seja por limitações financeiras, falta de espaço, restrições contratuais em imóveis alugados ou impedimentos técnicos. Essa flexibilidade amplia o público atendido, permitindo à empresa alcançar pessoas físicas e jurídicas de diversos perfis, diversificar seu portfólio e fortalecer sua atuação no setor elétrico regional.

O modelo otimiza CAPEX<sup>2</sup> e OPEX<sup>3</sup>, pois a atuação em escala permite à empresa responsável diluir custos de investimento, operação e manutenção entre diversos consumidores. A gestão centralizada das usinas aumenta a eficiência no uso dos recursos e no monitoramento

---

<sup>2</sup> CAPEX (Capital Expenditure): investimentos iniciais na implantação da usina, como compra de equipamentos e obras.

<sup>3</sup> OPEX (Operational Expenditure): custos recorrentes de operação e manutenção da usina.

das unidades, reduzindo despesas e garantindo previsibilidade financeira. Além disso, as assinaturas mensais asseguram receita recorrente e estável, fortalecendo o fluxo de caixa e o planejamento de longo prazo.

A energia por assinatura adotada pelo operador do sistema fotovoltaico apoia práticas de sustentabilidade e ESG (*Environmental, Social and Governance*). Ambientalmente, reduz emissões de carbono e incentiva energia limpa. Socialmente, amplia o acesso à geração distribuída. Em governança, fortalece transparência, ética e responsabilidade corporativa, reforçando o compromisso com inovação e desenvolvimento sustentável.

Apesar dos benefícios, o modelo de energia por assinatura enfrenta desafios operacionais e regulatórios. A gestão eficiente das unidades exige monitoramento e manutenção constantes, enquanto a prospecção de clientes demanda identificação, educação sobre o modelo e negociação de adesão. Além disso, a burocracia regulatória e a limitação de certos incentivos fiscais ao autoconsumo direto ou à geração distribuída convencional podem reduzir vantagens econômicas adicionais.

### **3.5 Transição energética e sustentabilidade**

Na década de 1970, com o avanço da Segunda Revolução Industrial, houve uma crescente dependência de fontes energéticas fósseis para alimentação do desenvolvimento econômico. Entretanto, a crise energética de 1973 desencadeou uma reorganização do mercado mundial de energia, evidenciando a vulnerabilidade da matriz energética tradicional (ARIHAN, 2021). Paralelo a isso, começaram as discussões internacionais sobre o meio ambiente, a partir da Conferência de Estocolmo, que levantaram a problemática da finitude das fontes naturais disponíveis no planeta, bem como a poluição geradas pelas grandes potências econômicas e corporações em prol do crescimento (MAY, 1999).

Nesse contexto, o termo sustentabilidade passou a ser designado e interpretado como princípio de um desenvolvimento econômico responsável, visto que, assegura a progressão econômica atual e das futuras gerações ao articular gestão ecológica dos recursos disponíveis aos objetivos sociais, modo de produção e política (FIA, 2023). Diante disso, a implementação de acordos internacionais e políticas voltadas à produção de bens e serviços com foco na redução de carbono consolidam-se como instrumentos essenciais desse processo.

Dessa maneira, a transição energética representa um passo fundamental na construção de um modelo de desenvolvimento sustentável e de baixo carbono (MARTINS; PEREIRA; PASQUALINO, 2023). O conceito de transição energética surgiu de forma gradual por meio

de pesquisas direcionadas à substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis, resultando de um desenvolvimento conjunto entre a comunidade científica, organismos internacionais e iniciativas governamentais (LIU; CHEN; KIM, 2025). Com isso, sobre o cenário elétrico, a utilização de matrizes energéticas fundamentada na responsabilidade ambiental e caráter renovável é uma das alternativas na pluralidade da produção de energia na medida em que equivale às demandas do mercado moderno, principalmente para o Brasil que já possui mais de 49% de sua estrutura de geração elétrica renovável (EPE, 2023). Ainda, o Congresso Nacional no ano de 2024, volta a focar no pacote crítico de propostas destinadas a promoção da transição energética, o que torna estratégico, em razão do alinhamento do Brasil com os objetivos globais.

Nesse sentido, a GD é uma das principais ferramentas práticas da transição energética e apesar de corresponder a uma porcentagem ainda pequena, há um incremento no número de conexões futuras que acarretará mais benefícios ao meio ambiente como a redução da emissão de carbono e por meio dela, uma maior mitigação dos impactos ambientais negativos (HERNÁNDEZ-CALLEJO et. al., 2019). Dentre as alternativas renováveis que ganham protagonismo, destaca-se a energia solar fotovoltaica, especialmente no modelo da GD, promovendo maior autonomia ao consumidor, mas também contribui para a redução de perdas no sistema de transmissão, aumento da eficiência energética e democratização do acesso à energia (ANEEL, 2022).

No âmbito ambiental, a energia solar representa uma das alternativas mais limpas e sustentáveis disponíveis atualmente (TAN et al., 2023). Sua operação não emite gases de efeito estufa, não gera resíduos poluentes e tem impacto mínimo sobre o solo e os recursos hídricos, contribuindo diretamente para o cumprimento das metas estabelecidas nos acordos climáticos internacionais e para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, um dos principais desafios globais do século XXI (MAHMUD et al., 2018).

Além de sua relevância ambiental e tecnológica, a transição energética, sobretudo por meio da expansão da energia fotovoltaica e da GD, apresenta uma diversidade de benefícios socioeconômicos como a geração de empregos diretos e indiretos em setores como engenharia para a instalação de sistemas fotovoltaicos, fabricação de componentes, instalação, manutenção e consultoria energética (DAVID; DE SOUZA; RIZOL, 2024). Esse movimento contribui significativamente para o fortalecimento da economia local, especialmente em regiões menos industrializadas ou com menor acesso à infraestrutura energética tradicional (ABSOLAR, 2025).

Ademais, modernização do setor energético representa também os princípios abordados na ESG, relevantes no cenário nacional e internacional, ao reduzir emissões de carbono (E), promover o acesso justo à energia e a geração de empregos verdes (S), e fortalecer marcos regulatórios e mecanismos de incentivo (G), reposicionando o setor energético brasileiro como protagonista de um modelo de desenvolvimento mais responsável, ético e sustentável (KOLSOZUK; SAUAIA; TAKATA, 2020).

Em síntese, os aspectos regulatórios, técnicos e estruturais na expansão da geração distribuída são cruciais para assegurar uma transição energética próspera e bem-sucedida, especialmente para garantir um modelo de setor elétrico mais sustentável e resiliente (AMARAL; BÜTTENBENDER; THESING, 2024). Dessa maneira, a utilização de recursos renováveis para a reformulação da matriz elétrica é de fundamental importância para a sustentabilidade ambiental, pois recursos finitos e poluentes são substituídos por recursos infinitos e com menor impacto ambiental (ISMAEL et al, 2019).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Área do estudo**

O estudo foi realizado em Maceió, capital de Alagoas, localizada no litoral nordeste do Brasil, com população aproximada de 1 milhão de habitantes em sua região metropolitana e se destaca como principal polo econômico e demográfico do estado, com economia baseada no turismo, comércio, serviços e uma crescente atividade industrial e portuária (IBGE, 2025).

O clima da região é tropical úmido, com temperaturas elevadas ao longo de todo o ano e chuvas sazonais bem definidas. Essa constância térmica, aliada à elevada irradiância, torna Maceió favorável à instalação de sistemas fotovoltaicos, aumentando a eficiência dos sistemas, reduzindo seus custos de implantação e diminuindo a dependência da rede elétrica (INMET, 2025).

Alagoas integra o Sistema Interligado Nacional (SIN) e possui uma matriz elétrica diversificada, composta por fontes hidrelétricas, termelétricas, eólicas e solares, destacando-se no cenário nacional pela alta participação de fontes renováveis. Entre essas, a energia solar fotovoltaica tem apresentado crescimento expressivo, ultrapassando 525 megawatts no início de 2025 (ABSOLAR, 2025). O estado também investe em usinas híbridas de energia solar e eólica e aproveita o bagaço da cana-de-açúcar como fonte bioenergética, enquanto a geração distribuída fotovoltaica tem promovido autonomia energética, redução de custos aos consumidores da Equatorial Alagoas e diminuição dos impactos ambientais. Segundo levantamentos, instalações solares já estão presentes em todos os 102 municípios, consolidando o estado como referência regional em energia limpa (ANEEL, 2025).

### **4.2 Tipo de pesquisa**

Este estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada, exploratória e descritiva, com enfoque qualitativo e quantitativo. Foi realizado um estudo de caso em uma empresa do setor energético, localizada no município de Maceió, permitindo compreender o funcionamento do modelo e avaliar seus efeitos sobre os consumidores e sobre a própria organização.

### **4.3 Coleta de dados**

Os dados para este estudo foram obtidos por meio de fontes primárias e secundárias. Primárias: informações qualitativas sobre percepção de benefícios, satisfação e desafios dos consumidores, coletadas por observação direta e interação via WhatsApp e ligações. Incluem

percepções sobre prospecção de clientes, como desconhecimento do modelo, desconfiança e resistência à mudança de titularidade.

Secundárias: dados quantitativos de registros internos da empresa di, como volume de energia gerada, faturamento mensal e informações consolidadas sobre distribuição de créditos e adesão de clientes, permitindo análise operacional e econômica sem expor documentos sigilosos.

#### 4.4 Participantes do estudo

A população do estudo é composta por clientes ativos do modelo de energia por assinatura administrado pela empresa responsável pela operação de usinas solares fotovoltaicas localizadas no estado de Alagoas. Essas usinas estão distribuídas em diferentes municípios e destinam-se ao atendimento de consumidores residenciais, comerciais e condomínios, conforme a modalidade de adesão contratada.

**Consórcio:** aproximadamente 40 consorciados, que compartilham cotas de geração de uma mesma UFV;

**Associação:** cerca de 40 associados, vinculados a uma UFV;

**Localização:** planta totalmente alocada, atendendo a 17 unidades consumidoras, sob responsabilidade do titular do contrato.

#### 4.5 Caracterização técnica das usinas

As usinas analisadas pertencem à empresa responsável pela operação do modelo de energia por assinatura no estado de Alagoas, localizadas em municípios distintos da região metropolitana de Maceió.

Todas as usinas integram a Geração Distribuída do Grupo I, tendo sido conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN) antes de 7 de janeiro de 2023, o que lhes garante direito adquirido à isenção de tarifas de uso e encargos de rede, conforme previsto no artigo 26 da Lei nº 14.300/2022. Dessa forma, não incidem sobre a energia compensada encargos como a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD fio B e encargos), mantendo-se o modelo econômico mais vantajoso para os consumidores até 2045.

#### Usina 01

- Número de módulos: 3.614
- Potência dos módulos: 405 W

- Potência total instalada: 1,46 MWp
- Inversores: 13 unidades Sungrow 75 kW
- Geração média mensal: 190.000 kWh

#### **Usina 02**

- Número de módulos: 2.830
- Potência dos módulos: 530 W
- Potência total instalada: 1,50 MWp
- Inversores: 10 unidades WEG 100 kW
- Geração média mensal: 195.000 kWh

#### **Usina 03**

- Número de módulos: 720
- Potência dos módulos: 625 W
- Potência total instalada: 450 KWp
- Inversores: 03 unidades Huawei 100 kW
- Geração média mensal: 55.000 kWh

As três usinas seguem os padrões de instalação e operação vigentes, integradas ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica. O monitoramento é realizado por plataforma digital que acompanha parâmetros de geração, irradiação solar e desempenho dos inversores, garantindo confiabilidade e eficiência operacional.

#### **4.6 Tratamento e análise dos dados**

##### Quantitativos:

Os dados referentes ao volume de energia gerada, faturamento e adesão de clientes foram consolidados em planilhas eletrônicas para o cálculo de médias e para a comparação entre as diferentes modalidades de adesão.

A análise quantitativa considerou o desempenho das usinas nos meses de julho e agosto, período escolhido por representar meses consecutivos e com condições climáticas típicas do funcionamento regular das plantas fotovoltaicas. A utilização de dois meses consecutivos permitiu observar possíveis variações sazonais e garantir maior representatividade dos resultados.

Foram calculadas médias mensais dos principais indicadores, possibilitando uma comparação uniforme entre as modalidades e uma análise mais consistente do impacto econômico do modelo de energia por assinatura sobre os consumidores.

Qualitativos:

Foram categorizados por temas (benefícios percebidos, desafios operacionais e aceitação do modelo) para identificar padrões de comportamento, dificuldades na prospecção e oportunidades de melhoria. As respostas foram agrupadas conforme a recorrência e relevância dos tópicos, permitindo uma análise interpretativa que complementa e contextualiza os resultados quantitativos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Desempenho energético e econômico – Usina 01 (Consórcio)

A análise dos ciclos 07/25 e 08/25 da Usina 01 evidenciou estabilidade na geração e no desempenho econômico dos 40 consorciados. Observou-se aumento no consumo total e na energia faturada, acompanhado de leve variação tarifária, sem comprometer a economia média obtida. Os resultados indicam que a geração distribuída proporcionou redução média de aproximadamente 20% nas faturas de energia, mesmo com o aumento do consumo, confirmando a eficiência econômica do modelo de consórcio. Dessa forma, os participantes obtêm economia recorrente sem comprometer a compensação energética.

A Tabela 1 de indicadores sintetiza os principais resultados de ambos os ciclos, permitindo visualizar a consistência da geração e a relação direta entre consumo, faturamento e economia. Além do benefício financeiro, a regularidade da geração reforça a confiabilidade técnica do sistema fotovoltaico e evidencia seu potencial para estimular a adesão de novos consumidores ao modelo de energia compartilhada.

Ainda, os dados da Tabela 1 evidenciam a estabilidade operacional e econômica do sistema ao longo dos dois ciclos analisados. Custos fixos, como iluminação pública e taxa mínima, mantiveram-se próximos, representando parcela pequena da despesa total. A elevação proporcional entre consumo e faturamento indica uso otimizado da energia gerada, evitando perdas e assegurando previsibilidade financeira. No geral, o modelo de assinatura solar demonstrou vantagem econômica consistente, com redução significativa nas faturas e reforço do compromisso dos consorciados com a eficiência energética.

Tabela 1 – Comparativo dos ciclos de julho e agosto de 2025 para a Usina 01 – Consórcio.

<b>Indicadores</b>	<b>Ciclo 07/25</b>	<b>Ciclo 08/25</b>	<b>Variação (%)</b>
Consumo total (kWh)	105.197,97	117.532,99	+11,7%
Quantidade faturada (kWh)	101.547,97	113.882,99	+12,1%
Faturamento mensal (R\$)	88.750,34	97.084,66	+9,4%
Economia total (R\$)	22.158,44	24.255,00	+9,4%
Iluminação pública (R\$)	9.066,54	10.224,01	+12,8%
Taxa mínima (R\$)	3.986,45	3.889,00	-2,4%
Tarifa (R\$/kWh)	1,0922	1,0655	-2,4%
Fatura sem desconto (R\$)	123.963,76	131.566,34	+6,1%

Fonte: Dados internos da empresa (2025)

## 5.2 Desempenho energético e econômico – Usina 02 (Associação)

A análise dos ciclos 07/25 e 08/25 da Usina 02, referente à modalidade de associação com 40 unidades consumidoras, demonstrou estabilidade operacional e desempenho econômico consistente. Houve leve redução no consumo e na energia compensada nas unidades consumidoras dos associados, influenciada pela variação de irradiação solar entre os meses e por ajustes tarifários.

Mesmo com pequenas oscilações em custos fixos, como iluminação pública e taxa mínima, a economia total manteve-se significativa, com redução média entre 17% e 21% nas faturas. O modelo também se destaca pelo formato de cobrança unificada, que integra o valor da energia compensada às taxas fixas, simplificando o pagamento e garantindo previsibilidade financeira aos associados.

Na Tabela 2, são apresentados os principais indicadores de desempenho energético e econômico dos dois ciclos analisados.

Tabela 2 - Comparativo dos ciclos de julho e agosto de 2025 para a Usina 02 – Associação.

Indicadores	Ciclo 07/25	Ciclo 08/25	Varição (%)
Consumo total (kWh)	70.220,32	69.153,69	-1,5%
Quantidade faturada (kWh)	66.613,32	65.363,69	-1,9%
Faturamento empresa (R\$)	54.204,05	55.714,81	+2,8%
Faturamento EQTL sem GD (R\$)	83.673,49	80.943,13	-3,3%
Economia total (R\$)	69.322,30	64.052,88	-7,6%
Iluminação pública (R\$)	14.351,19	13.928,70	-2,9%
Taxa mínima (R\$)	6.978,86	7.261,42	+4%
Tarifa (R\$/kWh)	1,09	1,06	-2,4%
Fatura EQTL (Taxa + Ilum.)	11.118,25	11.299,62	+1,6%

Fonte: Dados internos da empresa (2025) EQTL = Equatorial.

De forma comparativa, tanto o modelo de consórcio (Usina 01) quanto o de associação (Usina 02) apresentaram desempenho econômico previsível e redução significativa nas faturas, cerca de 20% para os consorciados e entre 17% e 21% para os associados. Esses resultados comprovam a eficiência da GD e o potencial da energia solar compartilhada em promover economia e sustentabilidade no contexto energético de Alagoas.

## 5.3 Desempenho energético e econômico – Usina 03 (Aluguel)

A Usina 03 atende a 17 unidades de um hospital, sendo a titularidade do grupo. A energia gerada é utilizada integralmente pelas unidades, com faturamento centralizado.

A implantação da GD proporcionou economia significativa nas faturas de energia, garantindo também receita previsível para o titular da usina e redução dos custos operacionais. A Tabela 3 a seguir apresenta os principais indicadores de desempenho e a distribuição da economia gerada.

Os indicadores evidenciam que o modelo de aluguel proporciona economia significativa para o hospital e receita previsível para o titular da usina, cobrindo os custos de locação e operação da planta, e mantendo um saldo positivo adicional. Dessa forma, a Usina 03 demonstra como a GD pode ser adaptada a diferentes modelos de negócio, conciliando benefício financeiro e eficiência energética.

Tabela 3 - Resultados energéticos e econômicos da Usina 03 – Aluguel.

<b>Indicadores</b>	<b>Valores</b>
Geração média mensal (kwh)	50.000
Fatura sem GD (R\$)	64.000
Fatura com GD (R\$)	17.000
Economia total com GD (R\$)	47.000
Locação da planta (R\$)	29.000
Operação e Manutenção (O&M) (R\$)	4.000
Economia líquida para o hospital (R\$)	14.000

Fonte: Dados internos da empresa (2025)

#### 5.4 Impactos Ambientais das Usinas

A geração distribuída de energia fotovoltaica apresenta benefícios econômicos e ambientais, principalmente na redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e na promoção da sustentabilidade energética. Dessa forma, é possível calcular a mitigação de CO<sub>2</sub> proveniente da substituição da energia elétrica convencional utilizando o fator médio de emissão da rede elétrica brasileira de aproximadamente 0,095 kg CO<sub>2</sub>/kWh, conforme dados do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2023), sendo assim, essa estimativa foi obtida por meio da Equação 1:

$$E_{CO_2} = E_{gerada} \times F_{emissão} \quad (1)$$

Onde:

$E_{CO_2}$  = emissões evitadas de CO<sub>2</sub> (kg);

$E_{gerada}$  = energia elétrica gerada (kWh);

$F_{emissão}$  = fator médio de emissão (kg CO<sub>2</sub>/kWh).

Resultados por usina:

Usina 01 – Consórcio (40 consorciados)

Geração média mensal: 177.778 kWh

$$E_{CO_2} = 177.778 \times 0,095 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 16.889 \text{ kg CO}_2$$

Usina 02 – Associação (40 associados)

Geração média mensal: 130.977 kWh

$$E_{CO_2} = 130.977 \times 0,095 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 12.443 \text{ kg CO}_2$$

Usina 03 – Aluguel (17 unidades do hospital)

Geração média mensal: 52.500 kWh

$$E_{CO_2} = 52.500 \times 0,095 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 4.988 \text{ kg CO}_2$$

Dessa forma, a energia gerada pela usina 01 resulta em uma redução de cerca de 16.889 kg de CO<sub>2</sub> por mês, o equivalente à quantidade de dióxido de carbono que seria absorvida por aproximadamente 79 árvores em plena capacidade fotossintética, considerando que cada uma absorve em média 20 kg de CO<sub>2</sub> por ano (MCTI, 2023). Seguido da usina 02 com redução de 12.433 kg de CO<sub>2</sub>, equivalente a 58 árvores e a usina 03, de 4.988 kg de CO<sub>2</sub>, equivalente a 21 árvores por mês. Com isso, caso a geração se mantenha ao longo de um ano, a redução acumulada corresponderia a cerca de 950, 705 e 253 árvores para as usinas 01, 02 e 03, respectivamente, reforçando o impacto ambiental positivo do sistema fotovoltaico.

Esse cálculo evidencia o impacto ambiental da geração distribuída, reforçando seu papel na promoção da sustentabilidade energética, na redução das emissões de GEE, na diminuição da dependência de fontes fósseis, na redução de perdas na transmissão e na melhoria da eficiência do sistema elétrico local. Sendo assim, a geração distribuída fotovoltaica contribui para uma matriz energética mais sustentável, alinhada aos objetivos de transição energética de Alagoas e do Brasil.

## 5.5 Considerações finais das usinas

A análise integrada das três usinas fotovoltaicas permite compreender de forma abrangente a efetividade do modelo de energia por assinatura em Alagoas. Os resultados confirmam a consistência técnica, a viabilidade econômica e os impactos sociais e ambientais positivos, demonstrando que o modelo atende satisfatoriamente aos diferentes perfis de consumidores avaliados.

Sob o aspecto econômico, observou-se redução média entre 15% e 22% nas tarifas de energia, previsibilidade financeira e eliminação de custos iniciais de implantação, assegurando acessibilidade e estabilidade tanto para os consumidores quanto para a empresa operadora. No âmbito social, o modelo favorece a democratização do acesso à energia solar, promove a inclusão de consumidores sem capacidade de investimento próprio e reforça o papel do *prosumidor* como agente ativo na transição energética.

Do ponto de vista ambiental, as três usinas contribuem para a mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>, a redução da dependência de fontes fósseis e o aproveitamento do elevado potencial de irradiação solar da região, em consonância com os princípios da sustentabilidade e os ODS.

Em síntese, a análise conjunta das três usinas demonstra que o modelo de energia por assinatura mantém desempenho consistente nos aspectos técnico, econômico, social e ambiental. Os resultados obtidos reforçam sua aplicabilidade no contexto alagoano e indicam potencial de expansão do modelo.

## 6. CONCLUSÃO

O modelo de energia por assinatura surge como uma alternativa viável e promissora para Alagoas, integrando inovação tecnológica, sustentabilidade e democratização do acesso à energia solar. Os resultados confirmam sua viabilidade técnica e econômica, evidenciando que essa modalidade pode contribuir efetivamente para a transição energética e o fortalecimento da sustentabilidade regional.

Para os consumidores, oferece previsibilidade financeira, redução das barreiras de entrada e contribuição à diminuição das emissões de carbono. Além disso, fortalece o papel do consumidor como *prosumidor* e agente ativo da transição energética, ampliando sua participação no mercado e incentivando o uso consciente da energia.

Para as empresas operadoras, o modelo possibilita consolidação de receita estável e expansão de mercado, embora exija gestão operacional, manutenção e monitoramento.

Entre os desafios, há a necessidade de profissionais qualificados para gerir de forma integrada todas as etapas do processo, abrangendo desde a geração até a comercialização da energia, a fim de garantir eficiência técnica e operacional. O modelo também exige investimentos contínuos em infraestrutura e inovação, além de atenção constante às políticas regulatórias, que ainda apresentam limitações nos incentivos fiscais e demanda por programas permanentes de educação energética voltados à sociedade.

Apesar dessas barreiras, a energia por assinatura possui potencial para reconfigurar o setor elétrico alagoano, promovendo novos modelos de negócio e maior integração entre tecnologia, mercado e sustentabilidade. O fortalecimento dessa modalidade depende do equilíbrio entre os benefícios aos consumidores, a viabilidade econômica das operações e a consistência das políticas públicas, elementos essenciais para consolidar um ambiente favorável ao desenvolvimento energético sustentável no estado.

## REFERÊNCIAS

AGARWAL, R. Avaliando o sucesso de modelos de negócios baseados em assinaturas: métricas, desafios e tendências futuras. **Revista Internacional de Pesquisa Multidisciplinar**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2025.v07i03.49188>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Geração distribuída: painel de monitoramento interativo**. Brasília, DF: ANEEL, 2025. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2VmMmUwN2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4MGU2NTkxIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 09 out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRO-DIST, Módulo 8 – Qualidade de Energia Elétrica. **Última Revisão Aprovada pela Resolução Normativa nº 767/2017 – Vigência de 01/01/2018**. Brasília, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Brasília, DF: ANEEL, 2015. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.html>. Acesso em: 01 out 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 1.009, de 22 de março de 2022**. Estabelece as condições gerais para a contratação de energia elétrica no âmbito do Sistema de Compensação de Energia Elétrica – SCEE, com ênfase na micro e minigeração distribuída. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 mar. 2022. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20221009.html>. Acesso em: 6 out. 2025.

AMARAL, V. R. do; BÜTTENBENDER, P. L.; THESING, N. J. Novo marco legal à geração distribuída de energia elétrica no Brasil: uma abordagem das principais mudanças. **Informe GEPEC**, v. 28, n. 1, p. 440–461, 2024. DOI: 10.48075/igepec.v28i1.31536.

ARIHAN, C. Oil Crisis (Oil Price Revolution) of 1973 and the United States' Response to the Crisis: The International Energy Agency. **Journal of Management Policy and Practice**, v. 22, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33423/jmpp.v22i1.4176>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – ABSOLAR. **Energia solar distribuída por assinatura: expansão e benefícios no Brasil e em Alagoas**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/>. Acesso em: 13 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – ABSOLAR. Energia solar deve gerar 3,6 milhões de empregos até 2030. **Revista Mundo Elétrico**, 9 set. 2025. Disponível em: <https://www.revistamundoeletrico.com.br/geracao/solar/energia-solar-deve-gerar-36-milhoes-de-empregos-e-ocupar-33-da-matriz-energetica-brasileira-ate-2030/>. Acesso em: 6 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – ABSOLAR. **Infográfico ABSOLAR nº 55 – 02/05/2023: Energia solar fotovoltaica no Brasil**. São

Paulo: ABSOLAR, 2023. Disponível em:

<https://pt.scribd.com/document/647698127/Infografico-ABSOLAR-n-55-02-05-2023>. Acesso em: 09 out. 2025

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – ABSOLAR.

**Infográfico ABSOLAR 2025**. São Paulo: ABSOLAR, 2025. Disponível em:

<https://pt.scribd.com/document/873981934/Absolar-2025-2>. Acesso em: 19 out. 2025.

BAEK, H.; KIM, K. Um estudo exploratório das percepções dos consumidores sobre os tipos de produtos e fatores que afetam as intenções de compra na economia de assinaturas: 99 casos de negócios de assinaturas. **Ciências Comportamentais**, v. 12, 2022. Disponível em:

<https://doi.org/10.3390/bs12060179>. Acesso em: 25 set. 2025.

BAJAY, S.; JANNUZZI, G. M.; HEIDEIER, R. B.; VILELA, I. R.; PACCOLA, J. A.; GOMES, R. Geração distribuída e eficiência energética: reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro. **Campinas: International Energy Initiative – IEI Brasil**, 2018.

BORGES, C. Análise regulatória da Geração Distribuída no Brasil: atualidades e perspectivas. **Revista Tecnologia & Cultura**, Rio de Janeiro, n. 36, v. 23, p. 122-133, ago./dez. 2020.

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica e o Programa de Energia Renovável Social. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm). Acesso em: 05 out 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Institui o Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída de Energia Elétrica e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm). Acesso em: 09 out. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Disponível em:

[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19427compilada.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19427compilada.htm). Acesso em: 09 out. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Fatores de emissão de CO<sub>2</sub> do Sistema Interligado Nacional (SIN)**. Brasília, 2023. Disponível em:

<https://sistema.mcti.gov.br/sirene/>. Acesso em: 18 out. 2025.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Contratos**.

Disponível em: <https://www.ccee.org.br/mercado/contratos>. Acesso em: 13 set. 2025.

CLARKE. **Mercado cativo e livre de energia**. Disponível em:

<https://clarke.com.br/post/mercado-cativo-e-livre-de-energia/>. Acesso em: 5 out. 2025.

CORREIO DA MANHÃ. Alagoas aumenta uso de energia solar. **Correio da Manhã**, 2024.

Disponível em: [https://www.correiodamanha.com.br/nacional/nordeste/2024/06/138469-alagoas-aumenta-uso-de-energia-solar.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.correiodamanha.com.br/nacional/nordeste/2024/06/138469-alagoas-aumenta-uso-de-energia-solar.html?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 13 set. 2025.

CUPERTINO, SILVIA ANDREA; TOMÉ, FERNANDA; COSTA, HIRDAN KATARINA DE MEDEIROS. O marco legal da microgeração e minigeração distribuída: considerações sobre a Lei no 14.300/2022. **Revista de Informação Legislativa: RIL**, Brasília, DF, v. 60, n. 240, p. 107-123, out./dez. 2023.

DAVID, T. M.; DE SOUZA, T. M.; RIZOL, P. M. S. R. Photovoltaic systems: a review with analysis of the energy transition in Brazilian culture, 2018–2023. **Energy Informatics**, v. 7, n. 1, art. 14, 2024. DOI: 10.1186/s42162-024-00316-4.

DHANRAJ, C.; KAVITHA, M. Subscription based business model – the future of business. **International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)**, v. 2, n. 1, p. 743–748, jan. 2022. DOI: <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-24526>.

EDP BRASIL S.A. **Energia solar por assinatura**. 11 set. 2023. Disponível em: <https://empresas.edp.com.br/blog/como-funciona-energia-solar-por-assinatura/#:~:text=Funciona%20assim%3A%20a%20empresa%20contratada,consumidor%20que%20contrata%20esse%20servi%C3%A7o>. Acesso em: 28 nov. 2025.

ELTAYEB, T. K.; HOSSAIN, E.; MORA, C. Investigating the willingness of residential customers to participate in solar photovoltaic programs: case study in Malaysia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 80, p. 80-90, 2017. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.214. EMBRASUL. Energia elétrica no Brasil: história, conquistas e desafios. **Porto Alegre: Embrasul**, 2024. Disponível em: <https://www.embrasul.com.br/post/energia-eletrica-no-brasil-historia-conquistas-desafios-e-perspectivas>. Acesso em: 19 out. 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Balanco Energético Nacional 2023**: Ano base 2022. Brasília: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>. Acesso em: 01 out. 2025.

ENERGY TRENDS BRASIL. **Mercado de energia solar por assinatura cresce 25% em 2025**. São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.energytrendsbrasil.com/mercado-solar-assinatura-2025>. Acesso em: 6 out. 2025.

**FIA Sustentabilidade 2023**. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/sustentabilidade/>. Acesso em: 10 out 2025.

FORBES COUNCIL. Subscription business models are the future. **Forbes Councils**, 17 fev. 2021. Disponível em: <https://councils.forbes.com/blog/the-rise-of-subscription-based-business-models>. Acesso em: 23 set. 2025.

FORBES. The Rise of Subscription-Based Business Models. **Forbes**, 2021. Disponível em: <https://councils.forbes.com/blog/the-rise-of-subscription-based-business-models>. Acesso em: 24 set. 2025.

FRANTZIS, L., GRAHAM, S., KATOFSKY, R., SAWYER, H. Photovoltaics Business models. **National Renewable Energy Laboratory - NREL**. 2008

FREED, L. et al. Implications of the Subscription Economy. **SSRN Electronic Journal**, [S. l.], jan. 2022. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3998519>. Acesso em: 24 set. 2025.

FREIRE, G. S.; LOPES, M. A. R. O potencial da geração distribuída para a transição energética no Brasil: análise regulatória e impactos sociais. **Revista de Energia e Sustentabilidade**, v. 14, n. 3, p. 250–270, 2023.

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS. **Geração Distribuída: conceitos, benefícios e regulamentação**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.furnas.com.br/geracaodistribuida>. Acesso em: 6 out. 2025.

GALVÃO, L. C.; SILVA, P. R. da. O desenvolvimento da geração distribuída no Brasil: panorama atual e perspectivas. **Revista Brasileira de Energia**, v. 29, n. 2, p. 15-30, 2024. **GOLDEMBERG, J.** Energia, meio ambiente e desenvolvimento. **Revista USP**, São Paulo, n. 72, p. 6–15, dez./fev. 2006–2007. Disponível em: <https://revistas.usp.br/revusp/article/view/13564/15382>

HAMWI, M.; LIZARRALDE, I. A review of business models towards service oriented electricity systems. **Procedia CIRP**, v. 64, p. 109–114, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.032>.

HERNÁNDEZ-CALLEJO, L.; GALLARDO-SAAVEDRA, S.; ALONSO-GÓMEZ, V. A review of photovoltaic systems: Design, operation and maintenance. **Solar Energy**, [S. l.], p. 426-440, 1 ago. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.06.017>>. Acesso em: 21 jul. 2019. <https://seer.uniacademia.edu.br/index.php/eletrica/article/download/3250/2238>

INFO MONEY. Energia solar distribuída por assinatura vira alternativa à alta da conta de luz. **Infomoney**, São Paulo, 12 jun. 2024. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/minhas-financas/energia-solar-distribuida-por-assinatura-vira-alternativa-a-alta-da-conta-de-luz>. Acesso em: 13 set. 2025

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama de Maceió (AL)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/maceio/panorama>. Acesso em: 01 out. 2025.

INSTITUTO IDEAL. **Energia solar no Brasil: análise do mercado e oportunidades para geração distribuída**. São Paulo, 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Portal do Instituto Nacional de Meteorologia**. Brasília, DF: INMET, 2025. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 19 out. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Avaliação da qualidade da energia elétrica no Brasil: relatório 2024**. Rio de Janeiro, 2024.

KOLSOZUK, R.; SAUAIA, R.; TAKATA, M. O papel da energia solar no chamado “ESG”. **O Setor Elétrico**, 2020. Disponível em: <https://www.osestoreletrico.com.br/o-papel-da-energia-solar-no-chamado-esg/>. Acesso em: 06 out. 2025.

LIMA, N. A. et al. MELHORIAS NOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **UniAcademia**, 2022. Disponível em:

LINDSTRÖM, C. W. J.; VISHKAEI, B. M.; DE GIOVANNI, P. Subscription-based business models in the context of tech firms: theory and applications. **International Journal of Industrial Engineering and Operations Management**, v. 6, n. 3, p. 256-274, 2024. Emerald Publishing Limited. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJIEOM-06-2023-0054>.

LIU, Y.; CHEN, H.; KIM, J. Sustainable Development Through Energy Transition: The Role of Natural Resources and Gross Fixed Capital in China. **Sustainability**, Basel, v. 17, n. 1, p. 1–18, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/1/83>. Acesso em: 06 out. 2025.

LOPES, A. B.; SILVA, R. M.; PEREIRA, F. J. Modelos de negócios para geração distribuída de energia elétrica no Brasil: estudo comparativo. **Revista Brasileira de Administração**, v. 58, n. 1, p. 50-67, 2023.

MAHMUD, M. A. P.; HUDA, N.; FARJANA, S. H.; LANG, C. Environmental Impacts of Solar-Photovoltaic and Solar-Thermal Systems with Life-Cycle Assessment. **Energies**, [S. l.], v. 11, n. 9, art. 2346, 2018. DOI: 10.3390/en11092346. Acesso em: 6 out. 2025.

MARTINS, A. L.; PEREIRA, M. R.; PASQUALINO, J. C. Renewable Electricity Transition: A Case for Evaluating Infrastructure Investments through Real Options Analysis in Brazil. **Sustainability**, [S. l.], v. 15, n. 13, art. 10495, 2023. DOI: 10.3390/su151310495.

**MAURICIO JUNIOR, Roberto Donisete; BOTELHO, João Pedro Machado; BOTELHO, Matheus Machado; PAKES, Paulo Renato; MARTINS, Tailise Mascarenhas.** O mercado de energia solar no Brasil: uma análise dos desafios e oportunidades do setor. **Revista de Gestão e Secretariado – GeSec**, São José dos Pinhais, v. 16, n. 3, p. 1–19, 2025. DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v16i3.4768>.

MAY, P. Avaliação integrada da economia do meio ambiente: propostas conceituais e metodológicas. **Economia do meio ambiente**, v. 3, 1999.

MCKINSEY & COMPANY. **How COVID-19 has pushed companies over the technology tipping point—and transformed business forever.** 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever>. Acesso em: 24 set. 2025.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2035.** Brasília, 2023.

NASCIMENTO, L. P.; ALMEIDA, J. F.; CARVALHO, R. D. Energia solar distribuída e sua contribuição para a matriz energética brasileira: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Energia**, v. 30, n. 1, p. 45-60, 2025.

OLIVEIRA, A.C.L.; TÓTOLA, L.A.; LORENTZ, J.F.; SILVA, A.A.E.; ASSIS, L.R. Spatial analysis of energy indicators and proposition of alternative generation sources for the Brazilian territory. **Journal of Cleaner Production**, v. 356, p. 131894, 2022.

OLIVEIRA, M. C. de; MENDES, T. P.; COSTA, F. S. Impacto da geração distribuída no sistema elétrico brasileiro: uma análise de viabilidade técnica e econômica. **Revista Engenharia Energética**, v. 9, n. 2, p. 100-115, 2024.

PEREIRA, E. B.; et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2020.

PEREIRA, L. A.; SOUZA, R. A. Aspectos regulatórios da geração distribuída no Brasil: estudo de caso do modelo por assinatura. **Revista de Direito Energético**, v. 4, n. 1, p. 20-38, 2025.

PIRES, J. C. L. **Desafios da reestruturação do setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro: BNDES, 2000. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14249?locale=pt\\_BR](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14249?locale=pt_BR).

PORTAL ENERGIA. **Como funciona a energia solar por assinatura**. 2024. Disponível em: <https://www.portalenergia.com.br/energia-solar-por-assinatura/>. Acesso em: 6 out. 2025.

PRADO, L. C. de Q.; DIAS, C. T. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 2, p. 325 – 349, abr. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-76122009000200002>.

RUBIN, B., 2018. Modelos de Negócios em Geração Distribuída. Seminário Internacional de Micro e Minigeração Distribuída. ANEEL. Brasília – DF. 21 de junho de 2018.

SALLES, B. B. **Setor Elétrico Brasileiro e Modelos de Negócios Inovadores**. 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2020.

SANTOS, M. T. **Estudo sobre a geração distribuída no Brasil: benefícios e impactos para distribuidoras e consumidores**. Niterói: Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, 2022. Dissertação (Mestrado).

SANTOS, V. R.; LIMA, M. F. Geração distribuída e os impactos na sustentabilidade energética: uma análise do cenário brasileiro. **Sustainability Journal**, v. 12, n. 4, p. 200-215, 2024.

SILVA, C. T.; MOURA, D. L.; ALMEIDA, F. J. Avaliação dos modelos de negócios em geração distribuída: desafios e oportunidades no Brasil. **Revista de Administração e Energia**, v. 11, n. 3, p. 130-147, 2024.

SOUZA, J. P. **Modelos de negócio para micro e minigeração distribuída fotovoltaica no Brasil: características e impactos com a alteração da compensação de energia**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020.

TAN, D.; WU, Y.; ZHANG, Z.; JIAO, Y.; ZENG, L.; MENG, Y. Assessing the Life Cycle Sustainability of Solar Energy Production Systems: A Toolkit Review in the Context of Ensuring Environmental Performance Improvements. **Sustainability**, [S. l.], v. 15, n. 15, art. 11724, 2023. DOI: 10.3390/su151511724.

TAVARES, L. F.; SANTOS, M. A. Análise da evolução do mercado de energia solar por assinatura no Brasil: tendências para 2025. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 8, n. 1, p. 34-49, 2025.

TRAPP, H. Geração distribuída de energia e direito dos ‘prosumidores’ diante das distribuidoras. **Consultor Jurídico**, São Paulo, 15 maio 2025. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2025-mai-15/geracao-distribuida-de-energia-e-o-direito-dos-prosumidores-perante-as-distribuidoras/>. Acesso em: 09 out. 2025.

VIEIRA, R. S.; PEREIRA, L. M. Regulação e expansão da geração distribuída no Brasil: estudo de impacto econômico. **Revista de Políticas Públicas em Energia**, v. 7, n. 2, p. 67-81, 2023.

VINDI. **Pesquisa de Assinaturas 2025**: Futuro da recorrência. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://blog.vindi.com.br/pesquisa-de-assinaturas/>. Acesso em: 09 out. 2025.

YANG, Q.; WANG, H. Distributed energy trading management for renewable prosumers with HVAC and energy storage. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 12, n. 2, p. 1124-1136, mar. 2021. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2105.00175>. Acesso em: 28 set. 2025.

NEOENERGIA. **Evolução do Mercado Livre de Energia**. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/w/evolucao-mercado-livre-de-energia>. Acesso em: 31 out. 2025.