



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**MARIANA MATOS FIRMEZA**

**GERAÇÃO FOTOVOLTAICA E NOVOS MODELOS DE NEGÓCIOS**  
**COMO FACILITADORES:**  
**UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE O MODELO P2P**

**FORTALEZA**

**2023**

MARIANA MATOS FIRMEZA

GERAÇÃO FOTOVOLTAICA E NOVOS MODELOS DE NEGÓCIOS  
COMO FACILITADORES:  
UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE O MODELO P2P

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Marques de Carvalho.

Coorientador: Dr. Cláudio Albuquerque Frate.

FORTALEZA

2023

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)

---

F556g Firmeza, Mariana Matos.  
Geração fotovoltaica e novos modelos de negócios como facilitadores : uma revisão bibliométrica sobre o modelo P2P / Mariana Matos Firmeza. – 2023.  
55 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Paulo César Marques de Carvalho.  
Coorientação: Prof. Dr. Cláudio Albuquerque Frate.

1. Fotovoltaica. 2. Prossumerismo. 3. Par-a-par. I. Título.

CDD 621.3

---

MARIANA MATOS FIRMEZA

GERAÇÃO FOTOVOLTAICA E NOVOS MODELOS DE NEGÓCIOS  
COMO FACILITADORES:  
UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA SOBRE O MODELO P2P

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Departamento de  
Engenharia Elétrica da Universidade  
Federal do Ceará como requisito parcial à  
obtenção do grau de bacharel em  
Engenharia Elétrica.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Paulo César Marques de Carvalho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dr. Cláudio Albuquerque Frate  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço de coração a todas as pessoas que tornaram possível a conclusão deste trabalho, contribuindo de maneiras inestimáveis ao longo dessa jornada acadêmica.

Ao meus pais, quero expressar minha profunda gratidão pelo apoio e encorajamento em todos os momentos.

À minha irmã, por sua motivação e companheirismo constantes.

À toda minha família, que sempre me demonstrou apoio em todas as fases da minha vida.

Ao meu namorado, e companheiro nesta caminhada acadêmica, por sempre me apoiar e me ajudar no que preciso.

Aos meus amigos, que sempre me encorajaram, incentivando-me nos momentos desafiadores e compartilhando a alegria nas conquistas.

Aos meus professores que, com dedicação e comprometimento, contribuíram para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Ao meu professor orientador, professor Dr. Paulo César Marques de Carvalho, por todo acompanhamento na elaboração do meu trabalho.

Ao meu coorientador, Dr. Cláudio Albuquerque Frate, por suas valiosas sugestões, paciência e incentivo em cada etapa desta pesquisa.

Agradeço também ao professor Dr. Raphael Amaral da Câmara, por aceitar fazer parte da minha banca examinadora e por suas sábias recomendações.

Cada um de vocês desempenhou um papel vital nesta conquista, e por isso, meu mais profundo agradecimento. Este trabalho não é apenas meu, mas de todos que contribuíram para o meu crescimento ao longo desses anos.

Por fim, expresso minha gratidão a Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de aprendizado, pelos recursos disponibilizados e pelo ambiente acadêmico que favoreceu meu desenvolvimento.

“You can't just jump to the end.  
The journey is the best part.”  
(How I Met Your Mother)

## RESUMO

A era atual, marcada por um interesse crescente pela adoção de energias renováveis, exige uma análise detalhada das forças motrizes e inovações que estão reconfigurando o setor elétrico. A necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, juntamente com os avanços nas tecnologias de comunicação e informação, tem impulsionado o sucesso da expansão de diversos tipos de comunidades de geração compartilhada. O objetivo deste trabalho é identificar os facilitadores, os obstáculos e as racionalidades envolvidas na adoção de sistemas de geração fotovoltaica (FV) em edifícios residenciais de multiunidades do Brasil. Fez-se por meio de uma revisão bibliográfica, de entrevistas pessoais e da aplicação de um instrumento de pesquisa quali-quantitativo proprietário, aplicado a diferentes especialistas do país. Adicionalmente, o modelo de transação de energia entre pares (P2P), identificado como possível facilitador para a adoção, foi alvo de uma revisão bibliométrica a fim de determinar futuras áreas de pesquisa. A pesquisa aplicada abordou sete proposições, abrangendo uma ampla gama de temas: as implicações do monopólio das distribuidoras de energia na adoção de sistemas FV, o potencial dos mercados de carbono, o impacto de incentivos fiscais, como abatimentos no Imposto de Renda, uso do FGTS e opções de financiamento como o *leasing*, o papel das influências sociais e da comercialização de excedentes de energia. Como resultado, a maioria dos participantes concordou com as proposições apresentadas. No âmbito da bibliometria, os artigos foram categorizados em quatro grupos, de acordo com suas abordagens semelhantes: análise de modelos de negócios; impactos do comércio de energia P2P; aplicações, desafios e oportunidades; e tecnologias empregadas nesse modelo. A partir das análises e dos estudos, torna-se evidente que o apoio à adoção de sistemas FV e novos modelos de negócios, com destaque para o P2P, surge como elemento-chave para um futuro energético mais justo, democrático e sustentável.

**Palavras-chave:** Fotovoltaica, Prosumerismo, Par-a-par.

## ABSTRACT

The current era, marked by a growing interest in the adoption of renewable energies, requires a detailed analysis of the driving forces and innovations that are reconfiguring the electricity sector. The need to reduce greenhouse gas emissions, along with advances in communication and information technologies, has driven the successful expansion of various types of shared generation communities. The aim of this paper is to identify the facilitators, obstacles and rationales involved in adopting photovoltaic (PV) generation systems in multi-unit residential buildings in Brazil. It was done by means of a literature review, personal interviews and the application of a proprietary qualitative-quantitative research instrument, applied to different experts in the country. In addition, the peer-to-peer (P2P) energy transaction model, identified as a possible facilitator for implementation, was the subject of a bibliometric review in order to determine future areas of research. The applied research addressed seven propositions, covering a wide range of topics: the implications of the monopoly of energy distributors on the adoption of PV systems, the potential of carbon markets, the impact of fiscal incentives such as income tax rebates, the use of FGTS (Fund for Guaranteed Time of Service) and financing options such as leasing, the role of social influences and the commercialization of surplus energy. As a result, the majority of participants agreed with the propositions raised. In the context of bibliometrics, the articles were categorized into four groups according to their similar approaches: analysis of business models; impacts of P2P energy trading; applications, challenges and opportunities; and technologies used in P2P model. From the analysis and studies, it is clear that support for the adoption of PV systems and new business models, especially P2P, is a key element for a fairer, more democratic and sustainable energy future.

**Keywords:** Photovoltaics, Prosumerism, Peer-to-peer.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz elétrica brasileira em 2023 .....	14
Figura 2 - Arquétipo do modelo P2P .....	16
Figura 3 - Cronologia da regulação do setor elétrico brasileiro .....	24

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição das respostas com a escala Likert .....	27
Gráfico 2 - Quantidade de artigos de acordo com a classificação .....	42
Gráfico 3 - Quantidade de artigos por origem de publicação .....	42
Gráfico 4 - Quantidade de artigos por ano de publicação .....	43

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Artigos selecionados para revisão bibliométrica .....	38
------------------------------------------------------------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

ACL – Ambiente de Contratação Livre

ACR – Ambiente de Contratação Regulada

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BOT – Construir-operar-transferir (*Build–operate–transfer*)

CM – Mercado Comunitário (*Community Market*)

DR – Resposta à demanda (*Demand Response*)

DSM – Gerenciamento pelo lado da demanda (*Demand Side Management*)

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FGTS - Fundo de Garantia do Tempo de Serviço

FIT - Tarifa de incentivo Feed-in (*Feed-in Tariff*)

FV – Fotovoltaica

GD – Geração Distribuída

GEE – Gases do Efeito Estufa

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IoT – Internet das Coisas (*Internet of Things*)

IR – Imposto de Renda

IRENA – Agência Internacional para as Energias Renováveis (*International Renewable Energy Agency*)

LEM – Mercado Local Virtual (*Local Exchange Market*)

MME – Ministério de Minas e Energia

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

P2P – Par-a-par (*Peer-to-peer*)

PL – Projeto de Lei

ProGD – Programa de Geração Distribuída

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

RED – Recursos Energéticos Distribuídos

RES – Fontes de Energia Renováveis (*Renewable Energy Sources*)

SCEE – Sistema de Compensação de Energia Elétrica

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

VE – Veículos Elétricos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1. Motivação</b> .....	17
<b>1.2. Objetivos</b> .....	17
<b>1.3. Organização do Trabalho</b> .....	18
<b>2. ESTADO DA ARTE</b> .....	19
<b>2.1. Panorama Mundial</b> .....	19
<b>2.2. Panorama Nacional</b> .....	21
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	25
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
<b>4.1. P01 - O monopólio das distribuidoras encoraja a adoção de telhados solares...</b>	27
<b>4.2. P02 – Vender o carbono não emitido no mercado nacional encorajaria a adoção de telhados solares</b> .....	28
<b>4.3. P03 - Abater no IR a compra de sistemas FV impulsionaria a adoção.....</b>	29
<b>4.4. P04 - Seria vantajoso financiar um sistema fotovoltaico por leasing.....</b>	30
<b>4.5. P05 - Usar o FGTS para pagar a entrada do sistema fotovoltaico incentivaria a adoção</b> .....	31
<b>4.6. P06 - A influência de amigos, da família e de vizinhos é decisiva para a adoção</b> .....	32
<b>4.7. P07 - Comercializar os excedentes de energia estimularia a adoção</b> .....	33
<b>4.8. Discussão</b> .....	33
<b>5. COMÉRCIO DE ENERGIA P2P</b> .....	37
<b>5.1. Classificação dos artigos</b> .....	37
<b>5.2. Análise de Modelos de Negócios</b> .....	43
<b>5.3. Impactos do Comércio de Energia P2P</b> .....	43
<b>5.4. Aplicações, Desafios e Oportunidades</b> .....	44
<b>5.5. Tecnologias Empregadas</b> .....	45
<b>5.6. Perspectivas e Tendências</b> .....	46
<b>5.7. Contexto Brasileiro</b> .....	47
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	48
<b>SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS</b> .....	50
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51

## 1. INTRODUÇÃO

A adoção de energia renovável é motivada por uma combinação de objetivos ambientais, econômicos, sociais e políticos. Dentre esses motivos, destacam-se a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), o combate às mudanças climáticas, a segurança e autossuficiência energética, a sustentabilidade, o desenvolvimento econômico, o incentivo à inovação e à tecnologia, além do fato de serem fontes de energia inesgotáveis. Com o crescimento exponencial no interesse e na implementação de soluções de energia renovável globalmente, torna-se imperativo compreender as dinâmicas e inovações que estão moldando este setor.

Nesse contexto, a geração fotovoltaica (FV) se destaca como um modelo de energia renovável e confiável, sendo uma das fontes de energia renovável que mais crescem no Brasil e no mundo. Em 2023, a geração FV caracteriza 15,8% da matriz elétrica brasileira, conforme mostrado no infográfico da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), presente na Figura 1.

Figura 1 - Matriz elétrica brasileira em 2023.



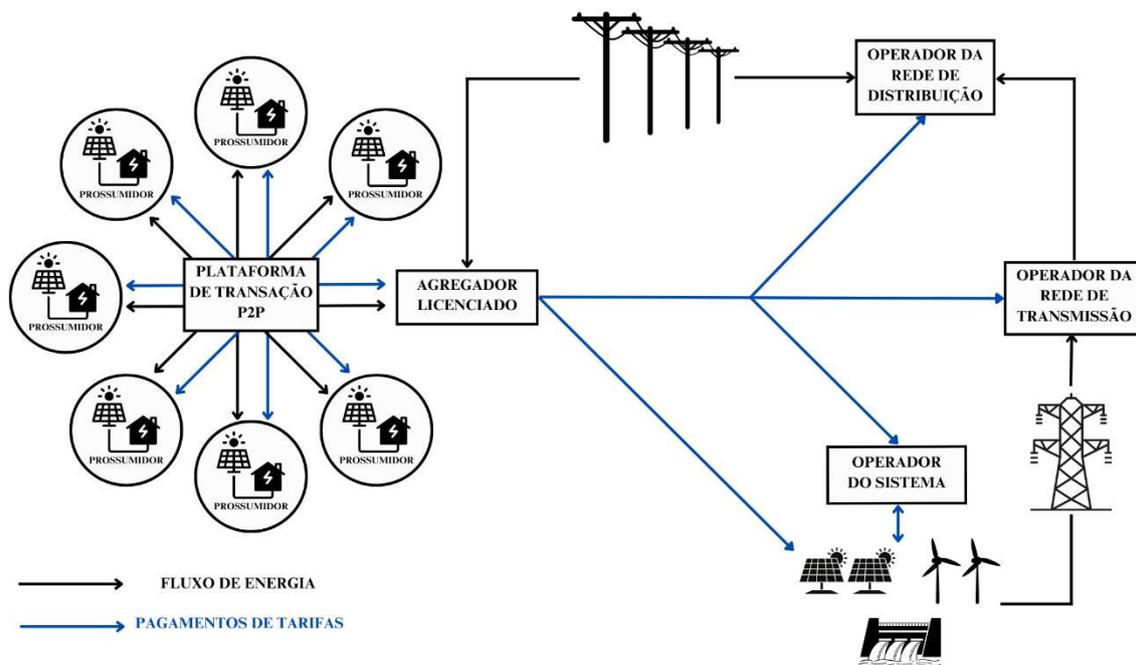
Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2023.

Historicamente, a produção e distribuição de energia elétrica são centralizadas, conduzidas por grandes empresas de utilidade pública conhecidas como concessionárias. Essas entidades, que operam de forma integrada e sob rigorosa regulação, têm o compromisso de garantir o fornecimento de energia de forma segura, econômica e confiável. Neste modelo, as principais fontes de geração de energia no Brasil têm sido as usinas hidrelétricas e termelétricas. A energia é transmitida em um sistema de fluxo unidirecional, através de uma infraestrutura de transmissão e distribuição, até os consumidores, que tradicionalmente têm ocupado um papel passivo neste processo. Entretanto, nos últimos anos, tem-se assistido a um desenvolvimento tecnológico que motivou ainda mais a produção de energia renovável.

As novas tecnologias de comunicação e informação, quando aplicadas na geração distribuída de eletricidade, têm propiciado a criação de modelos de negócios prossumeristas capazes de contribuir para descarbonização dos sistemas elétricos. Segundo Hostink et al. (2021), entende-se por prossumerismo o fenômeno que se refere a cidadãos que estão ativamente produzindo, autoconsumindo ou armazenando energia, e/ou vendendo ou compartilhando seus excedentes de energia em mercados varejistas de energia, individual ou coletivamente, como por meio de comunidades energéticas. Brown et al. (2019), por exemplo, sumarizaram sete arquétipos de modelos de negócios prossumeristas: (i) Modelo Básico, (ii) Micro Rede, (iii) Empresa Local de Energia, (iv) Provedor Flexível de Serviço, (v) Empresa de Serviços de Energia, (vi) Provedor de Serviço de Mobilidade, e (vii) Par-a-par. No modelo básico, os sistemas de geração distribuída são instalados atrás do medidor, sem envolvimento direto do prossumidor. No modelo de rede privada, ou microrrede, um operador local privado mantém a posse e o controle da rede de distribuição. A empresa de energia local retém a energia gerada no local, criando uma espécie de rede privada virtual, com tarifa própria. O provedor de serviço de flexibilidade opera otimizando a tensão e equilibrando a oferta e demanda em tempo real. As empresas de serviço de energia oferecem aos consumidores serviços de qualidade e confiabilidade, e não apenas distribuição de energia. O modelo de provedor de serviço de mobilidade permite o carregamento de veículos elétricos (VE) com energia solar convertida no local. E finalmente, o modelo par-a-par (P2P), destacado neste trabalho, permite que os prossumidores negociem energia diretamente entre si por meio de plataformas digitais ou agregadores.

Na Figura 2 é apresentado o arquétipo operacional do modelo P2P. Com o comércio de eletricidade P2P, os prossumidores podem compartilhar os benefícios da conversão própria de eletricidade com as comunidades às quais pertencem, incentivando ainda mais a economia de energia e a expansão da geração distribuída.

Figura 2 – Arquétipo do modelo P2P.



Fonte: Adaptado de Brown et al., 2019.

Levando em consideração o panorama global no mercado tradicional de energia, os pequenos produtores residenciais de geração FV desempenham um papel secundário, só conseguindo participar por meio de entidades agregadoras. Um dos estímulos promovidos para a adoção de recursos energéticos distribuídos (RED) foi a tarifa *feed-in* (FIT), que permite aos pequenos produtores venderem o excedente de eletricidade à rede, mas o preço de venda tem diminuído progressivamente nos últimos anos. Consequentemente, os ganhos resultantes dessa venda são minimizados, fazendo com que o autoconsumo seja uma alternativa mais rentável. Portanto, as transações P2P, ou transações entre pares, adquirem uma importância central, pois facilitam as negociações diretas entre usuários, otimizando a valorização da eletricidade gerada por pequenos produtores. Dessa forma, os produtores domésticos podem comercializar sua energia diretamente com outros consumidores, evitando vendê-la à rede pública por preços inferiores.

## **1.1. Motivação**

À medida que o mundo enfrenta crescentes desafios ambientais, a revolução nas tecnologias de comunicação e informação tem pavimentado o caminho para modelos inovadores de negócios voltados à energia. Estes modelos trazem os sistemas de conversão FV como facilitadores, uma vez que não apenas ajudam a reduzir as emissões de GEE, mas também fortalecem economias locais, gerando oportunidades de emprego e renda. Em destaque, o modelo de transação P2P emerge como uma solução poderosa, permitindo que indivíduos e comunidades gerem, compartilhem e negociem energia de forma descentralizada. Esta abordagem não só estimula a autossuficiência energética e a expansão da geração distribuída (GD), mas também promove uma transição mais sustentável para o futuro. Este movimento em direção ao prossumerismo redefine o papel dos cidadãos, transformando-os de meros consumidores para agentes ativos na produção e distribuição de energia. Com isso, este trabalho se faz necessário para analisar as tendências da aplicação do modelo P2P como plataforma de transação de eletricidade convertida a partir de sistemas FV, buscando revelar conceitos-chave, metodologias, resultados e tendências que podem ser aplicados no cenário de energia atual do Brasil, a fim de promover um futuro mais sustentável, além de construir uma sociedade mais conectada.

## **1.2. Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo identificar os facilitadores, os obstáculos e as racionalidades envolvidas na adoção de sistemas FV em edifícios residenciais de multiunidades do Brasil.

Complementarmente, também tem o objetivo de realizar uma revisão bibliométrica sobre a aplicação do modelo de negócio P2P como plataforma de transação de eletricidade convertida a partir de sistemas FV, a fim de determinar as vantagens da adoção do modelo P2P, os fatores que o impulsionam, os obstáculos que enfrenta, estudos de caso e perspectivas futuras, entre outros temas pertinentes.

### **1.3. Organização do Trabalho**

Este trabalho está organizado em 6 capítulos. No presente capítulo é feita uma introdução ao tema e ao trabalho desenvolvido. No capítulo 2 é apresentado o estado da arte, ou seja, uma compilação e análise de pesquisas relevantes sobre o tema. No capítulo 3 é apresentada a metodologia aplicada ao trabalho. No capítulo 4 é realizada a análise dos principais resultados obtidos, apresentando uma discussão sobre o tema. No capítulo 5 é apresentada a revisão bibliométrica sobre o comércio de energia P2P. Por fim, no capítulo 6 é apresentada a conclusão do trabalho desenvolvido.

## 2. ESTADO DA ARTE

O presente capítulo visa apresentar uma revisão de literatura científica, destacando os principais facilitadores, obstáculos e racionalidades para a adoção de sistemas FV, destacando o modelo de negócio P2P, que está redefinindo as interações no mercado de energia solar. A análise aqui contida baseia-se em uma diversidade de estudos e pesquisas realizadas em diferentes contextos geográficos e socioeconômicos, abordando diversos aspectos relativos à adoção de sistemas FV, tanto em âmbito global quanto no cenário nacional.

### 2.1. Panorama Mundial

Em relação aos facilitadores para adoção da geração FV, diversos são os autores que têm discutido sobre como as racionalidades de potenciais adotantes podem acelerar a adesão de sistemas de conversão de energias renováveis (Rai e Robbinson, 2013; Rai e Sigrin, 2013; Fleib et al., 2017; Rathore et al., 2018). Rai e Robbinson (2013) atestaram que, para tecnologias intensivas em capital como a FV, informações confiáveis advindas de adotantes da família e amigos tomam grande relevância durante seus processos de decisão. Fleib et al. (2017) comentaram que estudos tradicionais sobre a participação individual de pessoas em iniciativas FV não são suficientes para influenciar o comportamento dos diferentes tipos de potenciais adotantes. Rai e Sigrin (2013) mostraram que o acesso a módulos FV por meio de *leasing* é uma nova tendência de mercado, e que isso abrirá espaço para expansão de sistemas FV em residências com pequenos orçamentos financeiros. Rathore et al. (2018) chamaram a atenção para a falta de instituições financeiras com linhas de crédito específicas e apropriadas.

Existem também esforços de diversos pesquisadores no sentido de acelerar a adoção de telhados solares em grandes centros urbanos (Sovacool, 2009; Bergek e Mignon, 2017; Qureshi et al., 2017; Mah et al., 2018). Para Nova York (Estados Unidos), Sovacool (2009) propôs que, na essência, as ofertas das distribuidoras nem sempre são reais ou acessíveis para todos, mas ao invés disso limitadas a certas tecnologias e a determinados perfis sociais. Bergek e Mignon (2017) apontaram que investimentos em sistemas de conversão de energias renováveis são baseados principalmente em avaliações de lucro e tempo de retorno. Qureshi et al. (2017) revelaram que a presença de telhados FV em

Lahore (Paquistão) se deve mais ao interesse de reduzir custos e auferir ganhos financeiros, que por consciência ambiental dos adotantes. Para Hong Kong (China), Mah et al. (2018) apontaram que as políticas públicas para expansão de telhados FV precisam promover alterações regulatórias, criar novos mercados e melhorar o suporte técnico oferecido aos potenciais adotantes.

Para Seul (Coreia do Sul), desde o término da FIT os esquemas de carbono obrigaram a certificação da geração de energia renovável, enquanto em Tóquio (Japão) os governos nacional e da metrópole provêm subsídios e outros incentivos para adotantes residenciais (Byrne et al., 2016). Bollinger e Gillingham (2012) indicaram que o ‘efeito dos pares’ opera por meio da visibilidade dos painéis, e de boca-a-boca, e que suas interações sociais levam a uma maior taxa de adoção, pois tanto a motivação por imagem como a transferência de informação confirmam o efeito dos pares em São Francisco (Estados Unidos).

Balcombe et al. (2013) afirmaram que, para o Reino Unido, além de custo de capital e da economia de operação, potenciais adotantes também fazem um balanço entre esses e os benefícios ambientais. Bergek e Mignon (2017), por sua vez, afirmaram que, se formuladores de política querem incentivar a adoção de tecnologias, eles precisam entender o que motiva a adoção e como potenciais adotantes reagem a diferentes políticas.

Moser et al. (2018) apontaram que o setor elétrico de Bolzano (Itália) se beneficiou da criação de comunidades de geração local como um modelo de negócio emergente que coloca potenciais adotantes no centro do processo de descarbonização. Somado a isso, destacaram que se o conceito de ‘autoconsumidor’ se tornar dominante, haverá a possibilidade de vender o excesso de geração FV aos vizinhos. Assim, com a crescente demanda por sistemas de conversão de recursos energéticos renováveis nos últimos anos, observou-se um crescimento no número de artigos científicos sobre o modelo de negócio P2P (Espe et al., 2018; Khan, 2019; Kirchhoff e Strunz, 2019; Hackbarth e Lobbe, 2020; Heo et al., 2021; Gunarathna et al., 2022; Zhou e Lund, 2023; Xia et al., 2023a; Sahebi et al., 2023). Espe et al. (2018) explicaram que esse modelo envolve uma rede P2P descentralizada, autônoma e flexível em que os prossumidores se interconectam diretamente entre si, comercializando energia. Khan et al. (2019) apontaram que o modelo de negócio P2P é vantajoso devido à flexibilidade de compra e venda de eletricidade, resiliência a desastres naturais e redução de desperdícios. Xia et al. (2023a) apontaram tal modelo como eficaz para uma distribuição eficiente do excedente de energia. Kirchhoff

e Strunz (2019) ressaltaram a ascensão de microrredes como um modelo facilitador do compartilhamento P2P. Hackbarth et al. (2020) enfatizaram que a viabilidade econômica desse modelo depende das regulamentações, e que essa abordagem oferece aos participantes um papel mais ativo na transição energética. Zhou e Lund (2023) complementaram, afirmando que não só proporciona benefícios econômicos, mas também melhora a eficiência do sistema, apoia a gestão do controle de tensão, e mitiga o estresse na rede elétrica. Gunarathna et al. (2022) destacaram que, apesar dos benefícios promissores, a aplicação prática do modelo P2P ainda é limitada no mundo real, enquanto Sahebi et al. (2023) e Heo et al. (2021) foram otimistas e afirmaram que o modelo P2P é uma das formas mais promissoras para expandir a GD e enfrentar os problemas ambientais.

## **2.2. Panorama Nacional**

O setor de energia solar no Brasil tem enfrentado diversos desafios e oportunidades. Cientistas têm se dedicado a entender os obstáculos para a expansão dos sistemas FV e os fatores que podem facilitar essa expansão (Miranda et al., 2015; Farias Jr et al., 2017; Ferreira et al., 2018; Vilaça Gomes, 2018). Miranda et al. (2015) realizaram um estudo sobre a relação entre o custo nivelado da energia e a tarifa residencial em municípios brasileiros para prever a expansão do FV. Ferreira et al. (2018) propuseram a securitização de sistemas FV para viabilizar modelos de negócio alternativos, como o *leasing*. Farias Jr et al. (2017) relataram a preocupação das distribuidoras com a perda de receitas. Ademais, lembraram que o Ministério de Minas e Energia (MME) estava examinando se o fundo de garantia para trabalhadores desempregados poderia ser usado como fonte de recursos para estimular a GD. Vilaça Gomes (2018) sugeriu mecanismos financeiros para facilitar o acesso ao capital necessário para adquirir sistemas FV. Existem também pesquisas sobre barreiras e facilitadores para adoção de sistemas FV de diferentes regiões e lugares do Brasil (Garlet et al., 2019; David et al., 2021). Garlet et al. (2019) afirmaram que o investimento inicial e financiamento dos painéis são percebidos como as maiores barreiras na região Sul, realidade que se estende por todo o território nacional. David et al. (2021), por sua vez, encontraram que a falta de conhecimento durante o processo de decisão e compra implica falhas de dimensionamento do sistema e

gerenciamento do consumo de energia, tornando o aumento de custos uma barreira significativa nesse processo.

Aprofundando nas questões de expansão dos sistemas FV, estudos sobre o modelo de negócio P2P no setor energético brasileiro também têm sido realizados (Xavier et al., 2015; Barbosa et al., 2020; Botelho et al., 2022; Antonioli et al., 2022). Xavier et al. (2015) propuseram e simularam um modelo de microrrede em Viçosa, Minas Gerais, para aumentar a viabilidade econômica de sistemas FV. Barbosa et al. (2020) exploraram aspectos de um mercado centrado no consumidor no contexto elétrico brasileiro, sugerindo a necessidade de redesenhar os mercados de eletricidade e redefinir as funções dos agentes do mercado. Antonioli et al. (2022) defenderam o papel das unidades prossumidoras FV na redução dos custos de eletricidade e no apoio à GD de maneira descentralizada e sustentável, destacando o potencial transformador do comércio de energia P2P. Botelho et al. (2022) apontaram para a necessidade de considerar um sistema energético mais descentralizado diante das mudanças tecnológicas e da matriz energética do país.

A característica fundamental do setor elétrico brasileiro é que ele é planejado de forma centralizada, com desenvolvimento fortemente influenciado pelo Governo Federal e pelos órgãos reguladores. A Figura 3 apresenta uma linha do tempo com as principais legislações do setor elétrico brasileiro para resumir os avanços na sua regulação, retirada do trabalho de Botelho et al. (2022). A Lei nº 9.427/1996 criou a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e estabeleceu diretrizes para a regulação do setor elétrico. O uso de Fontes de Energia Renováveis (RES) como base da política energética do país se deve à Lei 9.478/1997. A Lei 10.848/2004, definida como Lei de Comercialização de Energia Elétrica, instituiu as regras para a formação de preços e contratação de energia elétrica no mercado brasileiro, estabelecendo as bases para a criação do Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e do Ambiente de Contratação Livre (ACL). O ACR é caracterizado por contratos regulados estabelecidos em leilões conduzidos pela ANEEL. Já o ACL é caracterizado por livre negociação de contratos de energia diretamente entre consumidores e geradores ou comercializadoras. Diferentes programas e regulamentações foram desenvolvidos ao longo dos anos com o intuito de impulsionar setores específicos, como fontes alternativas de energia, GD e inovação em energia, por meio de incentivos, medições específicas e subsídios. Por meio da Lei 10.438/2002, foi lançado o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica),

fornecendo incentivos para a produção de energia limpa e contribuindo para a sustentabilidade ambiental. Além disso, o programa INOVA ENERGIA (2013) forneceu subsídios dos custos do projeto para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) relacionados a redes inteligentes, energia renovável, veículos híbridos e eficiência energética no transporte. A Portaria MME nº 538/2015 criou o Programa Nacional de Geração Distribuída (ProGD) com o objetivo de promover a ampliação da GD de energia elétrica e incentivar sua implantação. Somado a isso, o número de prossumidores no Brasil está aumentando devido a alguns fatores, como a redução do custo dos equipamentos de GD, o aumento das tarifas reguladas de eletricidade e as regras de compartilhamento de créditos, introduzidas na regulamentação brasileira pela Resolução Normativa 687/2015. O PL 616/2020 propôs o marco regulatório para o prossumidor de energia elétrica, com o intuito de construir um ordenamento para o desenvolvimento sustentável da micro e minigeração distribuída no Brasil. A lei 14.300/2022 instituiu o marco legal da GD, estabelecendo o regramento da micro e minigeração distribuída de energia, e o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). Essa legislação permite que consumidores produzam a própria eletricidade e obtenham economia na conta de luz por meio de um sistema de compensação de créditos com a concessionária de distribuição. A ANEEL publicou a Resolução Normativa Nº 1.059/2023, que aprimora as regras para a conexão e o faturamento de usinas de GD, bem como as regras do SCEE. Isso mostra que apesar do foco nas grandes geradoras de energia renovável, há esforços em andamento buscando uma maior integração de pequenos e médios prossumidores no mercado de energia brasileiro.

Figura 3 – Cronologia da regulação do setor elétrico brasileiro.

	Estabelece as regras aplicáveis aos produtos independentes e autoprodutores de energia elétrica.		Define o uso das RES como base da política energética brasileira.
Decreto N° 41.019/1957	Decreto N° 2.003/1996	Lei N° 9.427/1996	Lei N° 9.478/1997
Regulamenta o serviço de energia elétrica.	Cria a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). A EPE foca em pesquisa e desenvolvimento (P&D) para apoiar o setor de energia no seu planejamento a médio e longo prazo.	Cria a ANEEL e estabelece regras detalhadas para a concessão e prorrogação de concessões e permissões no setor de energia.	Estabelece a reestruturação do setor energético brasileiro. Também estabelece um mercado atacadista de energia e cria o ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico).
Lei N° 10.848/2004	Lei N° 10.847/2004	Lei N° 10.438/2002	Lei N° 9.648/1998
Consolida a reestruturação do setor de energia, criando dois mercados de energia (ACR e ACL).	Concede subsídios de até 90% dos custos dos projetos de P&D relacionados com as redes inteligentes e as RES.	Cria o PROINFA.	Altera a Resolução N° 482, flexibilizando o acesso da mini e microgeração ao sistema.
Resolução N° 482/2012	Programa "INOVA ENERGIA" (2013)	Portaria N° 538/2015	Resolução N° 687/2015
Prevê a contagem líquida para os pequenos produtores de energia fotovoltaica, eólica, hídrica e de biomassa.	Reduz os limites de potência que caracteriza o consumidor livre.	Lançamento do ProGD (Programa de Geração Distribuída).	Intenção de modernizar o modelo comercial do setor elétrico e as concessões de geração de energia elétrica.
Portaria N° 465/2019	Portaria N° 514/2018	Resolução N° 792/2017	PL N° 232/2017
Complementa os limites estabelecidos na Portaria N° 514/2018.	Propõe o quadro regulamentar para os prossumidores.	Estabelece os critérios e as condições para um programa de Resposta à Demanda (DR).	
Portaria N° 460/2020	PL 616/2020	• • •	
Complementa a Resolução N° 792/2017.			

Fonte: Traduzido de Botelho et al., 2022.

### 3. METODOLOGIA

Com a finalidade de identificar os facilitadores, os obstáculos e as racionalidades para adoção de sistemas FV em edifícios residenciais de multiunidades do Brasil, inicialmente foi realizada uma revisão de literatura científica. Posteriormente, foi realizada uma série de entrevistas presenciais com 18 (dezoito) especialistas no assunto: síndicos profissionais, cientistas da área de energia, agentes reguladores de âmbito federal, representantes de distribuidoras de eletricidade e integradores de sistemas FV. Como resultado, foram identificados dezenas de obstáculos e facilitadores financeiros, regulatórios, técnicos, sociais e mercadológicos. Para avaliar a relevância de cada um desses obstáculos e facilitadores, foi desenvolvido um instrumento quali-quantitativo de pesquisa que ofereceu aos participantes a possibilidade de escolher entre “discordar extremamente” e “concordar extremamente” com uma escala Likert de sete faixas. Tal instrumento foi validado por 05 (cinco) notórios profissionais que, baseados no entendimento e na aderência dos assuntos, permitiram chegar a um instrumento com 07 (sete) diferentes proposições:

- P01 – O monopólio das distribuidoras encoraja a adoção de telhados solares.
- P02 - Vender o carbono não emitido no mercado nacional encorajaria a adoção de telhados solares.
- P03 - Abater no IR a compra de sistemas FV impulsionaria a adoção.
- P04 - Seria vantajoso financiar um sistema fotovoltaico por *leasing*.
- P05 - Usar o FGTS para pagar a entrada do sistema fotovoltaico incentivaria a adoção.
- P06 - A influência de amigos, da família e de vizinhos é decisiva para a adoção.
- P07 - A possibilidade de comercializar os excedentes de energia solar estimularia a adoção.

O instrumento desenvolvido foi aplicado por meio da plataforma Google Forms em um grupo de 42 (quarenta e dois) profissionais diretamente envolvidos com a difusão de sistemas FV no Brasil. Entre esses especialistas estavam integradores, consultores, reguladores, distribuidores e geradores, representantes de governos local, estadual e federal, síndicos profissionais, além de representantes dos Ministérios de Minas e Energia e de Ciência e Tecnologia e Inovação. Para conhecer as lógicas dos participantes quanto

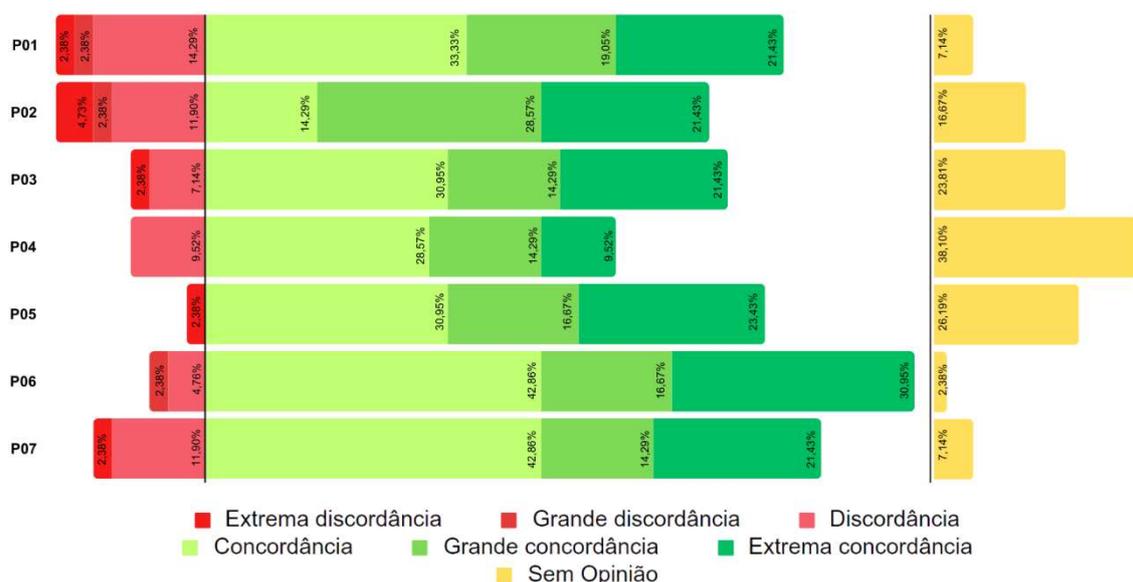
à avaliação com a escala Likert, foram solicitadas adicionalmente justificativas escritas para as avaliações realizadas para cada uma das sete proposições. Todas as justificativas foram empilhadas na ordem da maior discordância (-03) para a maior concordância (+03) com ajuda do *software* Power BI, com o qual também foi produzido um gráfico da distribuição das avaliações obtidas. Posteriormente, trechos das respostas foram codificados para análise e estatística semântica, com a finalidade de criar um banco escrito de trechos de justificativas que sirvam para enriquecer qualitativamente os resultados e a discussão de pesquisa. Durante a análise semântica se fez, para cada um dos dois lados da distribuição, uma relação entre o número de trechos que apresentavam o mesmo significado semântico e o número de respostas aderentes dadas para cada uma das proposições. Os questionários foram aplicados entre janeiro e julho de 2022. Essa metodologia é a mesma aplicada em Frate et al. (2023).

Adicionalmente, para cumprir o objetivo relativo à aplicação do modelo de negócio P2P, foi realizada uma revisão bibliométrica sobre esse modelo aplicado em sistemas FV. Nesta revisão, foi realizada uma análise detalhada de 32 artigos científicos. A busca dos artigos se fundamentou exclusivamente em plataformas de pesquisa renomadas para identificar e selecionar artigos científicos pertinentes, recorrendo especificamente ao Google Scholar, Elsevier e IEEE Xplore. A pesquisa nas plataformas foi realizada por meio das palavras-chaves “peer-to-peer”, “photovoltaics” e “prosumerism”.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são analisados os resultados da pesquisa, explorando o grau de concordância e discordância para cada proposição, bem como a justificativa para cada uma delas, permitindo realizar uma análise detalhada das opiniões dos respondentes, a fim de enriquecer o trabalho. O Gráfico 1 apresenta a distribuição das respostas, a partir da escala Likert. Em seguida, são discutidos mais profundamente os resultados obtidos para cada proposição.

Gráfico 1 - Distribuição das respostas com a escala Likert.



Fonte: Próprio autor.

### 4.1. P01 - O monopólio das distribuidoras encoraja a adoção de telhados solares

Dos participantes, 73,81% concordaram e 19,05% discordaram que o monopólio das distribuidoras encoraja a adoção de telhados solares, enquanto 7,14% não apresentaram opinião. Entre aqueles que concordaram, 19,35% trouxeram nos cerne de suas justificativas que o monopólio aumenta o custo da eletricidade, tornando a adoção de telhados solares atrativa, enquanto 9,68% citaram a insatisfação com a qualidade dos serviços como motivo para a adoção. Não foram encontrados argumentos comuns nas justificativas daqueles que discordaram.

Na voz dos que concordaram (+01), se destaca um integrador (31) que afirmou “Se não há concorrência, entende-se que os preços tendem a subir. E, quanto maior os preços da energia, maior a atratividade para telhados FV”. Com grande concordância (+02), um síndico (24) apontou que “A falta de concorrência facilita a escolha pela opção fotovoltaica, rentável a curto prazo”, enquanto um consultor (15) afirmou: “Sendo monopólio, onde não há concorrência, os preços de venda de energia ao consumidor final são extremamente altos”. Entre os que apresentaram extrema concordância (+03), um integrador (20) afirmou que “O monopólio das distribuidoras acabou sendo o maior incentivo e fator de encorajamento para os telhados solares”. Outro integrador (35) caracterizou a insatisfação com os serviços e justificou que “O consumidor sabe que paga muito caro por serviços de baixa qualidade. Fica evidente esta insatisfação quando o assunto é queda de energia e bandeiras tarifárias excessivas”.

Entre os que discordaram da afirmação (-01), um representante do governo federal (13) afirmou que “Uma maior competição poderia incentivar a geração centralizada”. Apesar de apresentar extrema discordância (-03), um integrador (19) justificou que “Acabar com esse monopólio incentivaria ainda mais a entrada da energia solar”.

#### **4.2. P02 – Vender o carbono não emitido no mercado nacional encorajaria a adoção de telhados solares**

Dos respondentes, 64,29% concordaram e 19,05% discordaram que a venda do carbono não emitido em um mercado nacional encorajaria a adoção de telhados solares, enquanto 16,67% não apresentaram opinião. Entre os que concordaram com a proposição, 29,63% destacaram em suas justificativas que a venda do carbono não emitido seria um incentivo a mais para a adoção de sistemas FV. Além disso, 7,41% dos respondentes destacaram que uma maior divulgação da possibilidade de vender o carbono estimularia a adoção de telhados FV. Já entre aqueles que discordaram, 25,00% apresentaram nos cerne de suas justificativas que essa venda só é interessante para grandes plantas conversoras.

Dentre aqueles que apresentaram simples concordância (+01), um síndico (25) afirmou que “Seria mais um benefício decorrente da adoção”, enquanto um gerador (08) justificou que “Seria mais um incentivo financeiro para o investimento”. Além disso, um

integrador (35) apontou que “Para que isso estimulasse o investimento, seria necessário explicar claramente que isso implicaria em desconto na conta”. Apresentando grande concordância (+02), destacam-se as respostas de um integrador (20) e de um gerador de energia (14), que afirmaram, respectivamente: “Seria um incentivo a mais e uma receita adicional” e “O mercado de carbono é ainda restrito ao ambiente acadêmico, campanhas de esclarecimento poderiam gerar atratividade para adoção de telhados solares”. Dentre os que expressaram extrema concordância (+03), um consultor (15) afirmou que “Isso se somaria à economia mensal com energia, um ganho adicional”, enquanto um distribuidor (03) afirmou ser “Mais um benefício ambiental e econômico”.

Dentre os que discordaram (-01), um integrador (23) apontou que “Os valores correspondentes a uma tonelada de CO<sub>2</sub> são interessantes [apenas] para grandes consumidores de energia”. Com grande discordância (-02), o integrador (05) afirmou que essa opção “Só é viável para grande geração”. Um acadêmico da área de energia (28) apresentou extrema discordância (-03), justificando que “O sequestro de carbono de um sistema fotovoltaico de um condomínio é irrisório”. Além disso, dentre os respondentes que se mantiveram neutros (00), um regulador (10) afirmou que “Dependeria do grau de complexidade para conseguir a certificação, venda e do valor obtido. Para que isso seja relevante para o consumidor de pequeno porte, deve ser simples e trazer retorno no curto prazo”.

#### **4.3. P03 - Abater no IR a compra de sistemas FV impulsionaria a adoção**

Dos respondentes, 66,67% concordaram que abater a compra de sistemas FV no Imposto de Renda (IR) impulsionaria a adoção, enquanto 9,52% discordaram e 23,81% não apresentaram opinião. Entre aqueles que concordaram, 32,14% argumentaram nas bases de suas justificativas que incentivos tributários estimulam a adoção de sistemas FV. Não foram encontrados argumentos comuns nas justificativas daqueles que discordaram.

Dentre os que apenas concordaram (+01), se destacaram as justificativas de um gerador de energia (08), um representante do governo federal (13) e de um consultor (15) que, respectivamente, afirmaram: “Como todo incentivo, seria positivo”, “Incentivos fiscais ajudam e incentivam a implantação da geração FV” e “Incentivos sejam fiscais, financeiros ou de outra natureza, sempre impulsionam e estimulam o crescimento da

energia solar”. Um outro gerador de energia (14) justificou sua grande concordância (+02): “A sociedade de consumo é movida por compensações financeiras”. Apresentando extrema concordância (+03), um integrador (23) justificou “Seria um grande incentivo para a adoção dos projetos, e certamente impulsionaria a expansão da instalação de geradores fotovoltaicos”, bem como outro integrador (21) afirmou que “É um incentivo que ao final das contas barateia os sistemas”.

Representando a voz dos discordantes (-01), um regulador (10) apontou “Acredito que o impacto desse abatimento seria pequeno na redução do *payback*”. Já entre os que não apresentaram opinião (00) sobre a proposição, um síndico (17) justificou: “Não tenho informações sobre esse assunto”.

#### **4.4. P04 - Seria vantajoso financiar um sistema fotovoltaico por leasing**

Dos respondentes, 52,38% concordaram que financiar um sistema FV por *leasing* seria vantajoso, enquanto 9,52% discordaram e 38,10% não apresentaram opinião. Entre aqueles que concordaram com a proposição, 13,64% apresentaram nos cerne de suas justificativas que o financiamento por *leasing* pode ser vantajoso a depender das taxas do contrato. Ademais, 9,09% enfatizaram a necessidade de fazer um prévio estudo de viabilidade para determinar se é uma opção vantajosa. Já entre aqueles que discordaram, 50,00% justificaram que não consideraram o financiamento vantajoso.

Na voz dos que concordaram (+01) com a proposição, destacaram-se as respostas de um consultor (15) e de um integrador (20), que afirmaram, respectivamente: “É uma questão de fazer contas. Fazer análise comparativa e um estudo de viabilidade para conferir qual modelo melhor atende, porque hoje o mercado oferece inúmeros produtos: Build-Operate and Transfer (BoT); Built-to-Suit; arrendamento de fração da usina ou ser dono e operar seu próprio sistema fotovoltaico” e “Sim, pode, mas, toda decisão deve ser antecedida de um prévio estudo econômico que mostre os benefícios e vantagens da opção de se gerar a própria energia”. Com grande concordância (+02), um gerador de energia (14) alegou que “No Brasil o sistema *leasing* para o setor solar ainda é insignificante em termos de alcance social, mas é uma barreira a ser vencida”. Apresentando extrema concordância (+03), um integrador (19) justificou que “Tudo que facilitar o acesso aos sistemas é muito interessante”.

Dentre os que apresentaram discordância (-01), destacaram-se as justificativas de um integrador (18) e de um acadêmico da área de energia (32), que afirmaram, respectivamente: “Se analisarmos o custo benefício veremos que não vale a pena. A não ser que adotemos linha semelhante a livre mercado” e “Não acredito. Área de telhado pequena, e receber um sistema depreciado após fim do contrato, não vejo vantagem nenhuma”.

Uma parte significativa dos respondentes não apresentaram opinião (00). Desses, alguns esclareceram não ter conhecimento sobre o assunto, como um acadêmico da área de energia (16), que justificou: “Não tenho informações a respeito”.

#### **4.5. P05 - Usar o FGTS para pagar a entrada do sistema fotovoltaico incentivaria a adoção**

Dos respondentes, 71,43% concordaram que usar o FGTS para pagar a entrada do sistema FV incentivaria adoção, enquanto apenas 2,38% discordaram e 26,19% não apresentaram opinião. Entre aqueles que concordaram com a proposição, 20,00% indicaram em suas justificativas que seria um incentivo financeiro para a adoção de sistemas FV. Além disso, 10,00% dos respondentes concordantes justificaram que essa opção possibilitaria uma maior rentabilidade deste investimento. Não foram encontrados argumentos suficientes nas justificativas daqueles que discordaram.

Na voz dos que concordaram (+01), um síndico (25) respondeu: “Com certeza, seria mais um facilitador”. Um acadêmico da área de energia (32) afirmou que “Qualquer incentivo ajuda a expansão da adoção”, bem como um integrador (03) afirmou que seria “Mais uma fonte de financiamento”. Justificando sua grande concordância (+02), um integrador (23) respondeu que “Com certeza, a rentabilidade deste investimento seria melhor e, conseqüentemente, incentivaria a adoção de sistemas fotovoltaicos”, além de um regulador (10) que afirmou “Sim, pois o dinheiro rende muito pouco no FGTS e poder usá-lo seria ótimo”. Em extrema concordância (+03), um integrador (27) afirmou que “Da mesma forma que se usa o FGTS para aquisição de imóveis, poderia ser utilizado para implantação de sistemas solares”, enquanto um consultor (11) justificou: “Visto que seria um bem durável e de uso contínuo, a utilização do FGTS poderia fomentar a adoção”. Dentre os que não apresentaram opinião (00), cabe destaque à resposta de um síndico

(06), que afirmou “Seria muito mais interessante, pois seria muito mais lucrativo que deixar render a juros baixos”.

#### **4.6. P06 - A influência de amigos, da família e de vizinhos é decisiva para a adoção**

Dos respondentes, 90,48% concordaram que a influência de amigos, da família e de vizinhos é decisiva no processo de adoção de energia solar, enquanto 7,14% discordaram e 2,38% não apresentaram opinião. Entre aqueles que concordaram, 13,16% apontaram nos fundamentos de suas justificativas que a indicação de outros adotantes de sistemas FV contribui na decisão, 5,26% justificaram que a propaganda também colabora e 5,26% justificaram que o exemplo de outros usuários é fundamental.

Dentre os que concordaram (+01), destacaram-se as justificativas de um consultor (15), de um síndico (17) e de um representante do Governo Federal (14), que afirmaram, respectivamente: “Não é decisiva, mas, pode ajudar no convencimento da tomada de decisão, porque se a palavra inspira, o exemplo arrasta”, “Ter referências de quem já usa o sistema faz muita diferença na tomada de decisão, em alguns casos pesquisas de implantações em vizinhos são cruciais para contratação” e “Sim, concordâncias coletivas acabam influenciando as decisões individuais”. Dois integradores (18 e 27) apresentaram grande concordância (+02) e afirmaram, respectivamente, que “Este item é o que mais influência na tomada de decisão” e “A influência dos satisfeitos tem feito a diferença na adoção da energia solar”, bem como um gerador de energia (08) afirmou que “A opinião de pessoas próximas influencia diretamente”. Além disso, apresentando extrema concordância (+03), destacaram-se as justificativas de um integrador (35) e de um consultor (11), que responderam, respectivamente: “A cultura brasileira é de esperar um vizinho instalar e dar testemunho antes de investir. O brasileiro prefere esperar uma referência do que arriscar-se em algo novo ou desconhecido, ainda mais se envolver custos altos” e “Sim. Como seres sociais, confiamos na opinião de pessoas conhecidas que são próximas”.

#### **4.7. P07 - Comercializar os excedentes de energia estimularia a adoção**

Dos respondentes, 78,57% concordaram que a possibilidade de comercializar os excedentes de energia solar estimularia a adoção de painéis FV, enquanto 14,29% discordaram e 7,14% não apresentaram opinião. Entre aqueles que concordaram com a proposição, 15,15% apresentaram nas bases de suas justificativas que comercializar os excedentes de energia promoveria uma redução de despesas e uma possibilidade de faturamento. Já entre aqueles que discordaram, 33,33% citaram nas suas justificativas os encargos tributários do comércio de energia.

Dentre os concordantes (+01), um integrador (27) e um síndico (41) justificaram, respectivamente, que “Sim, a comercialização é extremamente interessante, porém o ICMS e as tarifas de comércio são pontos negativos no processo de decisão” e “O que vier a promover redução de despesas é sempre um estímulo”. Com grande concordância (+02), um representante do Governo Federal (13) apontou: “Acredito que isso poderia reduzir a conta de energia dos consumidores”. Já com extrema concordância (+03), foram destacadas as respostas de dois integradores (20 e 22), que afirmaram, respectivamente: “Com certeza, pois além de poder reduzir os gastos, teria ainda uma adicional de receita” e “Quando as pessoas virem dinheiro e não só créditos, irão querer aderir ao sistema como uma forma de renda passiva”.

Dentre os que discordaram (-01), um regulador (10) justificou que “O sistema de compensação de energia já representa uma venda para a distribuidora por um preço extremamente alto, pois engloba não apenas o custo da energia, mas também o uso da rede, encargos, tributos federais e estaduais”. Também discordando, um integrador (18) justificou que o comércio dos excedentes de energia é “Muito difícil de vingar, considerando os paradigmas existentes no país, quanto a carga tributária, orçamentos dos poderes constituídos, o engodo das renúncias tributárias, etc.”

#### **4.8. Discussão**

Em relação à proposição 01, a maioria dos respondentes (73,81%) concordou que o monopólio das distribuidoras de energia elétrica incentiva a adoção de sistemas FV em telhados, citando o aumento do custo da eletricidade e a insatisfação com o serviço como motivadores. Essa percepção ressalta a busca por alternativas mais econômicas e

confiáveis, destacando a energia solar como uma opção atraente em um mercado sem concorrência. Sovacool (2009) dissertou que as concessionárias são, por natureza, entidades monopolistas que têm o compromisso de fornecer capacidade de energia adequada, com controle quase total sobre a produção de eletricidade e pouca responsabilidade pelos custos. Assim, os consumidores comuns têm pouca capacidade de arbitrar o poder de mercado das concessionárias. As distorções intencionais do mercado (como os subsídios) e as distorções não intencionais do mercado (como os incentivos divididos) impedem os consumidores de investirem plenamente nas suas escolhas de eletricidade. Neste contexto, Farias Jr. et al. (2017) citaram a preocupação das distribuidoras com a perda de receitas. Apesar da interligação entre energia e meio-ambiente, o fator econômico permanece como elemento decisivo para direcionar a produção de eletricidade.

A proposição 02 diz respeito à venda de carbono não emitido no mercado nacional, e a maioria dos respondentes (64,29%) concorda que essa venda seria um potencial incentivo para a adoção de telhados solares, com algumas justificativas de que seria um benefício financeiro adicional. No entanto, alguns argumentam que isso é mais aplicável a grandes consumidores, indicando que o impacto pode ser limitado para usuários menores. A venda de carbono não emitido, também chamada de compensação de carbono, ocorre quando uma empresa gera créditos de carbono ao reduzir emissões de GEE, como por meio do uso de energias renováveis. Esses créditos representam a quantidade de carbono retirada da atmosfera ou evitada. Posteriormente, esses créditos podem ser vendidos no mercado de carbono a consumidores interessados em compensar suas próprias emissões. Essa prática visa incentivar a sustentabilidade e combater as mudanças climáticas, estabelecendo um sistema onde entidades apoiam financeiramente ações para reduzir o impacto ambiental global. Qureshi et al. (2017) revelaram que a adoção de telhados FV é impulsionada, principalmente, pela busca de economia e outros incentivos financeiros. Para além do benefício financeiro, de acordo com Balcombe et al. (2013), alguns potenciais adotantes de sistemas FV são motivados pelo desejo de utilizar uma tecnologia inovadora e de baixo carbono.

Sobre o abatimento no IR para compra de sistemas FV, presente na proposição 03, a maioria dos respondentes (66,67%) acredita que esse abatimento impulsionaria sua adoção. Isso reflete a percepção de que incentivos fiscais são eficazes para estimular o uso de energias renováveis, especialmente a solar. No Brasil, é possível obter benefícios

fiscais relacionados à energia solar, por meio de iniciativas e incentivos governamentais que visam estimular a adoção de fontes de energia renovável. Atualmente, os consumidores com sistema de energia solar podem incluí-lo na declaração do IR para obterem benefícios, uma vez que a implantação da tecnologia é considerada uma benfeitoria no imóvel, reduzindo assim a base de cálculo do imposto sobre ganho de capital, em uma possível transferência de titularidade. Bergek e Mignon (2017) destacaram que, para incentivar a adoção de tecnologias, formuladores de política precisam compreender as motivações dos adotantes e como eles respondem a diferentes políticas, visando estimular a implantação de tecnologias para a geração de eletricidade renovável, como a FV.

A proposição 04 sugere o financiamento de sistemas FV por *leasing* como uma vantagem, e teve concordância de 52,38% dos respondentes. O financiamento por *leasing* permite ao consumidor adquirir e instalar sistemas FV sem a necessidade de um grande investimento inicial, uma vez que esse aluga o sistema solar de uma empresa de energia solar, pagando uma taxa mensal. No entanto, a proposição sobre o *leasing* como método de financiamento para sistemas FV divide opiniões. Enquanto alguns veem isso como uma opção viável, outros expressam ceticismo, destacando a importância de estudos de viabilidade e a comparação de taxas. Rai e Sigrin (2013) mostraram que a adoção de sistemas FV por meio de *leasing* pode resolver o problema de altas taxas para consumidores com pequenos orçamentos financeiros, expandindo o mercado FV residencial. Ademais, Ferreira et al. (2018) argumentaram que a GD em rede ainda carece de linhas de financiamento com taxas atrativas e disponíveis em todo o país, destacando a necessidade não apenas de soluções de financiamento direto, mas também mecanismos de financiamento como a securitização de ativos de GD, que facilitaria a aplicação de diferentes modelos de negócios, como o *leasing*.

No que se refere ao uso do FGTS, a ideia de usá-lo para financiar a entrada de sistemas FV, abordada na proposição 05, é amplamente apoiada (71,43%). Isso sugere que facilitar o acesso ao financiamento é uma estratégia chave para promover a adoção de energia solar. Faria Jr. et al. (2017) destacaram que o MME estava avaliando a possibilidade de utilizar o fundo de garantia para trabalhadores desempregados como uma potencial fonte de recursos para impulsionar a GD. O Projeto de Lei do Senado nº 371 de 2015 permitiu o uso de recursos do FGTS na aquisição e na instalação de equipamentos

destinados à geração própria de energia elétrica em residências, a fim de estimular a eficiência energética por meio de fontes renováveis.

Em relação à proposição 06, a grande maioria dos respondentes (90,48%) concordou que a influência de amigos, família e vizinhos é decisiva para a adoção de sistemas FV. Isso indica a importância do marketing boca-a-boca e do exemplo prático na promoção de novas tecnologias. Rai e Robinson (2013) definiram o efeito dos pares como a influência dos sistemas FV na vizinhança sobre a decisão final de um adotante em potencial de instalar um sistema FV. Essa influência se acumula passivamente por meio de simplesmente por meio da observação de sistemas FV na vizinhança, aumentando a confiança e a motivação, bem como ativamente por meio de comunicações diretas. Assim, à medida que o número de proprietários de sistemas FV aumenta, aumentando o potencial de trocas entre os proprietários de sistemas existentes e os possíveis adotantes, os efeitos dos pares devem se tornar cada vez mais observáveis no processo de decisão dos adotantes de sistemas FV. Outrossim, Bollinger e Gillingham (2012) destacaram os caminhos pelos quais o efeito dos pares funciona: tanto a visibilidade dos painéis FV quanto o boca-a-boca contribuem para as interações sociais que levam a uma maior adoção de sistemas FV.

Finalmente, a proposição 07 trata da possibilidade de comercializar excedentes de energia, que é vista como um estímulo para a adoção de painéis FV por 78,57% dos respondentes. Isso reflete a atratividade de não apenas economizar, mas também potencialmente gerar receita com energia solar. No entanto, preocupações com encargos tributários e regulamentações foram mencionadas. Moser et al. (2018) afirmaram que a possibilidade de vender o excedente de geração FV para vizinhos pode se tornar viável, principalmente se o conceito de autoconsumidores se tornar predominante. Espe et al. (2018) definem o termo “prossumidor” como autoconsumidores que produzem, consomem, armazenam e partilham energia com outros utilizadores da rede. As comunidades de prossumidores permitem um processo de partilha de energia eficiente e sustentável. Essas comunidades são caracterizadas no modelo de comércio de energia P2P, que envolve uma rede descentralizada, autônoma e flexível, onde os prossumidores comercializam os excedentes de energia. Assim, esses prossumidores e consumidores comuns se interconectam e negociam a venda de energia diretamente entre si.

## **5. COMÉRCIO DE ENERGIA P2P**

Seguindo a concepção da proposição 07 do capítulo anterior, que se refere à possibilidade de comercializar os excedentes de geração FV, evidencia-se a aplicação de novos modelos de negócios de comercialização de energia. O modelo de transação de energia entre pares (P2P) se destaca como um possível facilitador para a adoção sistemas FV. O comércio de energia P2P refere-se a um modelo em que os participantes individuais podem comprar e vender energia diretamente entre si, sem a necessidade de intermediários tradicionais, como as distribuidoras de energia ou redes elétricas centralizadas. Nesse modelo, os chamados prosumidores podem compartilhar os excedentes de energia diretamente com outros consumidores na mesma rede.

Diante disso, nesta seção é realizada uma análise exploratória detalhada de 32 artigos científicos relacionados ao modelo P2P, discutindo os resultados obtidos a partir da revisão bibliométrica, de modo a formar conexões significativas e expandir o entendimento sobre o comércio P2P. Ao delinear o desenvolvimento e a aplicação do modelo P2P na comercialização de energia e na geração FV, este capítulo busca identificar as vantagens do modelo P2P, os fatores que o impulsionam, os obstáculos que enfrenta, estudos de caso e perspectivas futuras, entre outros assuntos pertinentes.

### **5.1. Classificação dos artigos**

Cada um dos 32 artigos apresenta perspectivas sobre uma gama de temas interconectados, contribuindo para uma análise rica e multidimensional dos conceitos centrais. Uma avaliação metódica dos textos revelou padrões e semelhanças nas abordagens de pesquisa. Com isso, os artigos foram agrupados em 04 (quatro) categorias distintas, facilitando uma análise temática mais focada e organizada. As categorias determinadas foram:

1. Análise de Modelos de Negócios (9 artigos);
2. Impactos do Comércio de Energia P2P (6 artigos);
3. Aplicações, Desafios e Oportunidades (13 artigos);
4. Tecnologias Empregadas (4 artigos).

A primeira categoria compreende apenas artigos que apresentam análises dos modelos de negócios envolvendo comércio de energia P2P e prossumerismo. A segunda categoria abrange artigos que discutem as implicações do comércio P2P em diferentes áreas de estudo, como implicações econômicas, sociais, políticas e regulamentares. A terceira categoria trata das aplicações, dos desafios e das oportunidades do modelo P2P. Por fim, a quarta categoria de tecnologias empregadas compreende artigos que analisam o papel das tecnologias emergentes no suporte ao comércio de energia P2P.

Na Tabela 1 estão detalhados os artigos selecionados, incluindo suas referências, bem como uma breve descrição dos objetivos e metodologias utilizadas, sendo ordenados de acordo com as categorias estabelecidas. O Gráfico 2 apresenta a quantidade de artigos resumidos em função das categorias estabelecidas. O Gráfico 3 apresenta a quantidade de artigos de acordo com o país de origem. Já o Gráfico 4 apresenta a quantidade de artigos de acordo com o ano de publicação.

Quadro 1 - Artigos selecionados para revisão bibliométrica.

AUTORES	ANO	PAÍS	OBJETIVO E METODOLOGIA	CATEGORIA
Espe et al.	2018	Austrália	Examina a literatura sobre rede inteligente baseada na comunidade prossumidora, revisando a literatura relevante publicada de 2009 a 2018 em revistas de energia e tecnologia.	1
Zhang et al.	2018	Reino Unido	Apresenta um modelo de arquitetura de sistema hierárquico para identificar e categorizar os principais elementos e tecnologias envolvidos no comércio de energia P2P, simulando uma plataforma de negociação de energia usando a teoria dos jogos.	1
Brown et al.	2019	Reino Unido	Identifica e avalia como os modelos de negócios prossumidores podem existir além do subsídio direto e apresenta 7 modelos de negócios em operação, esclarecendo como esses arquétipos abordam os principais componentes do modelo de negócios.	1
Sousa et al.	2019	Dinamarca	Apresenta uma visão geral dos novos mercados P2P, com a motivação, os desafios, os designs de mercado, possíveis desenvolvimentos futuros neste campo, além de fornecer um caso teste.	1
Barbosa et al.	2020	Brasil	Apresenta uma análise detalhada e comparativa dos modelos de mercado de energia P2P e CM (mercados comunitários) por meio de um caso de teste baseado em dados brasileiros e o	1

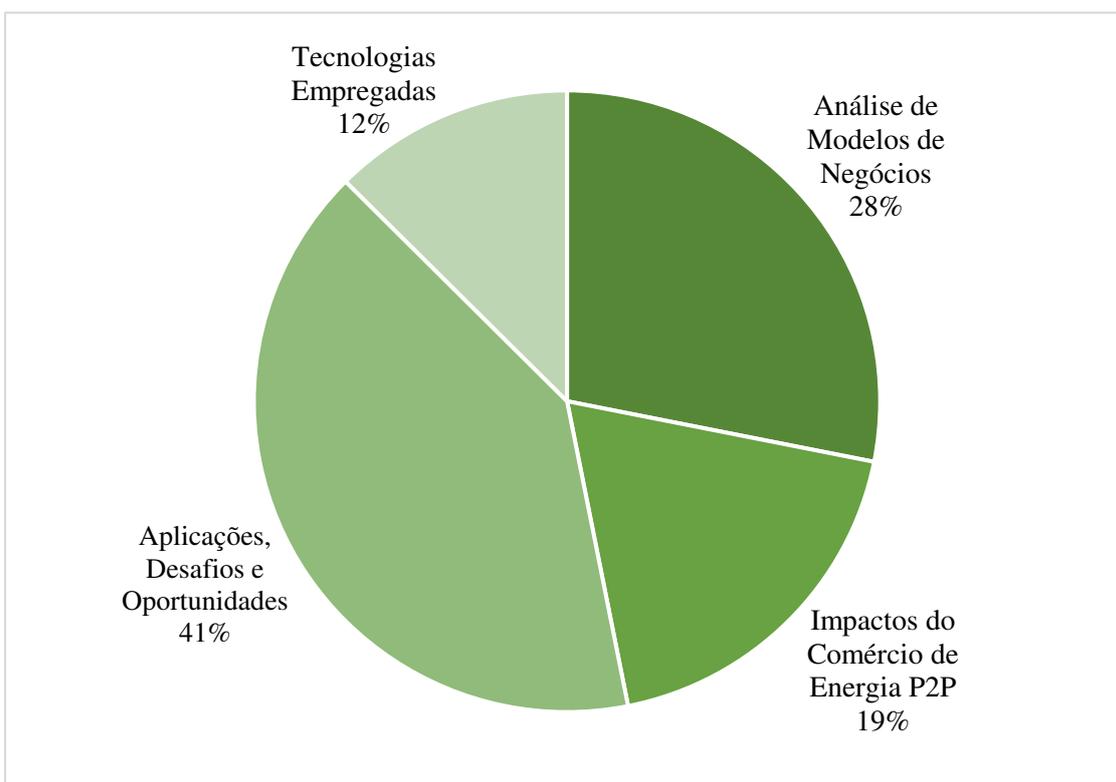
			comportamento de consumidores e prossumidores em ambos os modelos, bem como analisa a viabilidade econômica.	
Heo et al.	2021	Coreia do Sul	Propõe um novo modelo de comercialização de energia P2P que pode ser integrado ao sistema de distribuição existente. Desenvolve um esquema de negociação orientado ao operador a fim de diminuir as barreiras e permitir a entrada no comércio P2P.	1
Kühnbach et al.	2021	Alemanha	Apresenta uma estrutura de modelagem para otimização de prossumidores e simulação de mercado de energia local e central. Aplica um estudo de caso, a fim de comparar o mercado prossumidor local com o modelo de autoconsumo e da integração dos prossumidores num mercado central.	1
Zhou e Lund	2023	China	Apresenta uma revisão abrangente sobre compartilhamento e comércio de energia P2P, a fim de determinar desafios, perspectivas e recomendações sobre o comércio de energia P2P.	1
Bukar et al.	2023	Malásia	Apresenta uma visão geral do desenvolvimento da pesquisa sobre comércio de eletricidade P2P, destacando 6 componentes críticos e evidenciando tecnologias de ponta, descobertas notáveis e orientações de melhores práticas para cada um.	1
Hackbarth e Löbbe	2020	Alemanha	Identifica as motivações dos indivíduos para participarem no comércio de eletricidade P2P através de uma pesquisa, levando em consideração a avaliação do comércio P2P, a atitude ambiental, o comportamento de compra e o interesse técnico.	2
Hahnel et al.	2020	Suíça	Examina as decisões comerciais dos proprietários em uma rede de energia P2P simulada, destacando as preferências gerais, as estratégias de comércio aplicadas, a relevância da autarquia individual e das variações de preços da comunidade, além de grupos-alvo que diferem em suas decisões comerciais.	2
Hashemipour et al.	2021	Noruega	Analisa o impacto de grupos dinâmicos de P2P e o papel dos VE na criação de mercados locais de eletricidade virtuais, avaliando dois casos para compreender o valor da formação desses mercados virtuais.	2
Huang et al.	2022	Suécia	Conduz uma investigação sistemática sobre os impactos das mudanças climáticas no desempenho do comércio de energia P2P sob diferentes estratégias de preços e propriedades FV, por meio de um estudo de caso.	2

Xia et al.	2023a	China	Apresenta uma revisão sobre o desenvolvimento do comércio de energia P2P, incluindo a estrutura de mercado, as plataformas de comércio e as ciências sociais, além de discutir a política relevante com base na revisão da literatura, projetos-piloto e prática industrial.	2
Xia et al.	2023b	China	Avalia o efeito ambiental do comércio de energia entre pares com dados reais, analisando os impactos do comércio de energia P2P na quantidade de emissões de carbono na China.	2
Xavier et al.	2015	Brasil	Propõe um modelo de microrrede em que os consumidores residenciais estão conectados entre si para maximizar o retorno do investimento, comercializando entre eles o excedente de energia gerada. Diferentes cenários são estudados do ponto de vista energético e econômico.	3
Alvaro-Hermana et al.	2016	Espanha	Apresenta um sistema de comércio de energia P2P entre dois conjuntos de VE, a fim de reduzir o impacto do processo de carregamento no sistema de energia durante o horário comercial.	3
Nguyen et al.	2018	Austrália	Propõe um modelo de otimização para maximizar os benefícios econômicos para GD com baterias FV em telhados em um ambiente de comércio de energia P2P, para investigar a viabilidade de tal comércio.	3
Khan	2019	Bangladesh	Revela os impulsionadores, facilitadores e barreiras do prossumerismo de um ponto de vista socioeconômico no país, mostrando sua evolução em um país menos desenvolvido.	3
Kirchhoff et al.	2019	Bangladesh	Identifica os fatores que incentivam a participação em microrredes P2P, explorando motivações de usuários, medidas de estímulo e critérios para sustentabilidade, complementados por um estudo de caso.	3
Morstyn e McCulloch	2019	Reino Unido	Propõe uma plataforma de mercado de energia P2P para coordenar o comércio entre prossumidores com preferências heterogêneas, introduzindo um novo conceito de gerenciamento de energia multiclasse, chamado classes energéticas.	3
Antoniolli et al.	2022	Brasil	Apresenta um método para avaliar, na perspectiva da concessionária de distribuição e do prossumidor, os impactos técnico-econômicos proporcionados pela adoção da conversão FV em telhados em domicílios residenciais, aplicando-o em um estudo de caso.	3
Botelho et al.	2022	Brasil	Propõe um algoritmo iterativo e sequencial para resolver o problema de mercado P2P de energia e reserva, considerando a	3

			operação da rede de distribuição e permitindo a integração entre pares e o operador do sistema, avaliado por um estudo de caso.	
Gunarathna et al.	2022	Austrália	Apresenta uma revisão sistemática e abrangente da literatura dos modelos de negócios de projetos de comércio de energia renovável distribuída P2P em todo o mundo, analisando os pontos fortes, as limitações e os desafios desse comércio	3
Talari et al.	2022	Alemanha	Apresenta um mecanismo de mercado P2P totalmente descentralizado considerando as preferências dos prosumidores, incluindo tecnologia de conversão, localização na rede e reputação do proprietário.	3
Khodoomi e Sahebi	2023	Irã	Projeta um sistema de comércio de energia P2P sob a incerteza da conversão de energia renovável e das demandas dos pares. Modela uma negociação de Nash para calcular os preços da energia negociados entre pares.	3
Sahebi et al.	2023	Irã	Projeta um sistema de comércio de energia P2P, no qual cada casa tem diferentes tipos de tecnologias descentralizadas, bem como armazenamento de bateria, e pode negociar eletricidade diretamente com os pares ou com a rede elétrica sem intermediários.	3
Zhou et al.	2023	China	Propõe um sistema de gestão de energia aplicando um método que integra a gestão do lado da procura (DSM) no compartilhamento de energia P2P, avaliando a justiça da distribuição de receitas e a estabilidade da rede.	3
Gao et al.	2018	China	Apresenta a aplicação da tecnologia <i>blockchain</i> no comércio de energia P2P, no campo da Internet energética, mostrando a necessidade de introdução da tecnologia e as limitações da aplicação atual.	4
Baig et al.	2021	Canadá	Propõe um sistema de comércio de energia descentralizado P2P de código aberto, projetado na arquitetura <i>blockchain</i> e internet das coisas (IoT).	4
Wongthongtham et al.	2021	Austrália	Analisa adoção da tecnologia <i>blockchain</i> para o comércio de eletricidade P2P, como foco no trilema de escalabilidade, segurança e descentralização.	4
Umar et al.	2022	Índia	Apresenta uma solução para um sistema de gerenciamento de energia seguro que utiliza tecnologia <i>blockchain</i> para criar um modelo de mercado de energia de microrrede descentralizado que retrata transações de energia P2P com a incorporação de um sistema de armazenamento de bateria.	4

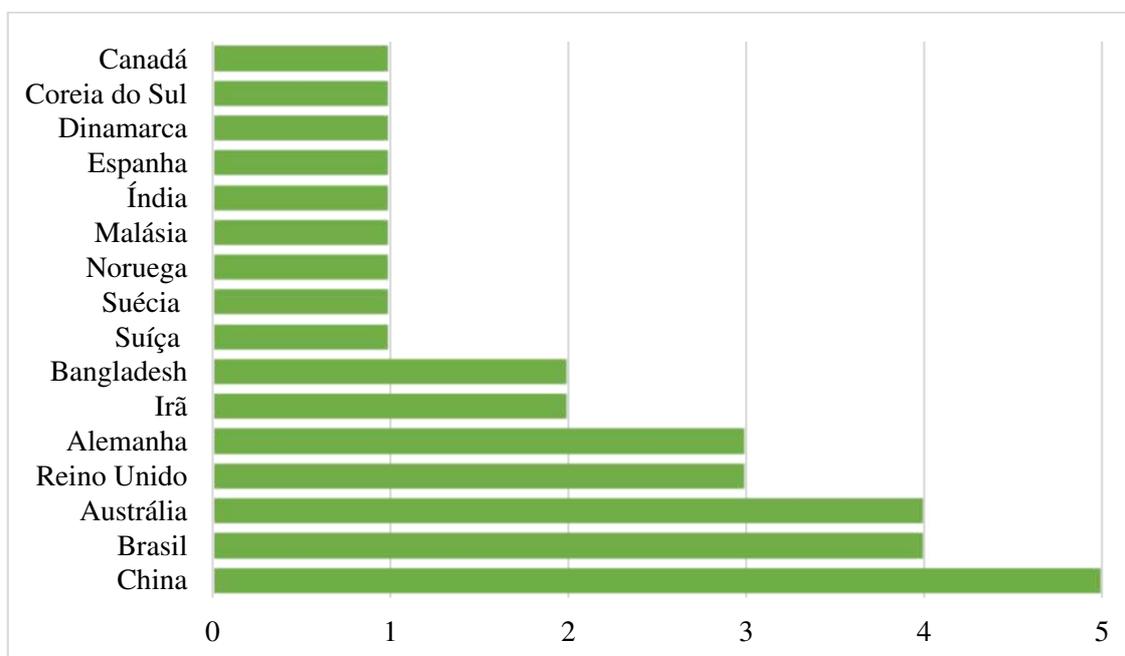
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 2 – Quantidade de artigos de acordo com a classificação.



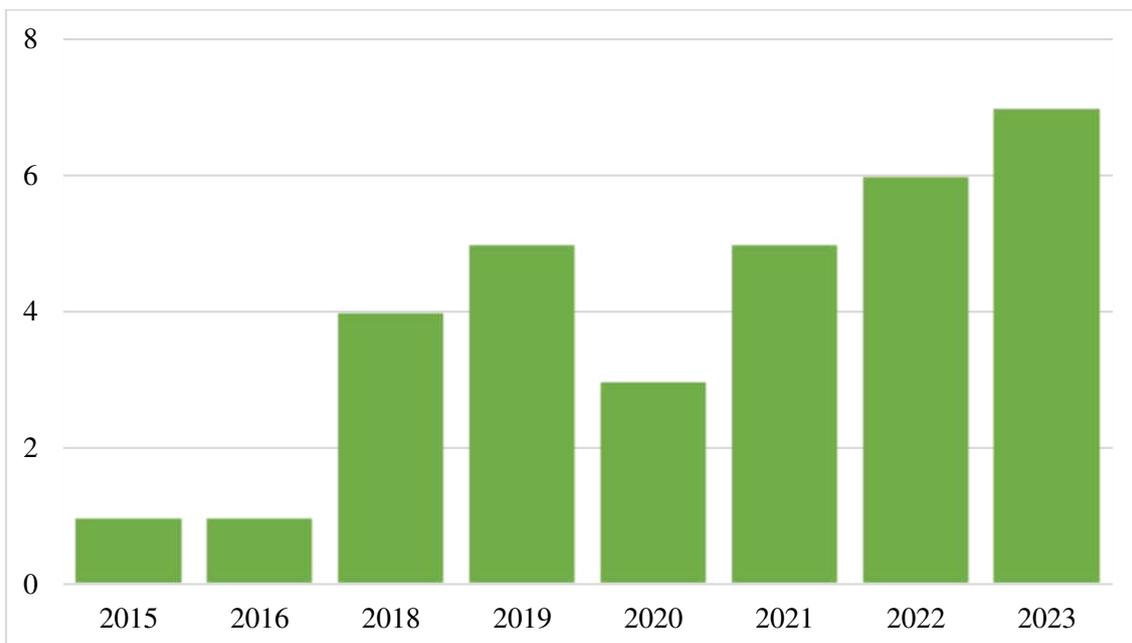
Fonte: Próprio autor.

Gráfico 3 - Quantidade de artigos por origem de publicação.



Fonte: Próprio autor.

Gráfico 4 - Quantidade de artigos por ano de publicação.



Fonte: Próprio autor.

## 5.2. Análise de Modelos de Negócios

A primeira categoria de artigos revisados abrange artigos que analisam o modelo de negócio P2P. Bukar et al. (2023) afirmaram que o modelo P2P emergiu recentemente como uma abordagem viável para gerir melhor a oferta e a demanda de eletricidade em redes ricas em recursos renováveis. Enquanto o fluxo tradicional de eletricidade é unidirecional, com eletricidade fluindo de grandes conversores centralizados para os consumidores, o comércio de energia P2P incentiva o fluxo multidirecional dentro de uma área geográfica local por meio de pequenos conversores (Zhang et al., 2018). O mercado P2P baseia-se numa perspectiva centrada no consumidor, dando-lhes a oportunidade de escolherem livremente a forma como comercializam seus excedentes de energia (Sousa et al., 2019).

## 5.3. Impactos do Comércio de Energia P2P

Em relação aos impactos do comércio, os temas mais abordados se relacionam a aspectos socioeconômicos, modelos de tarifação e regulamentações orientadas a superar desafios e fomentar oportunidades associadas ao comércio. De acordo com Hahnel et al.

(2020), a negociação P2P baseia-se em preços dinâmicos que refletem a procura e a oferta de eletricidade num determinado mercado e momento. Kirchhoff e Strunz (2019) declararam que o valor econômico da participação em microrredes pode ser abordado diretamente por meio do modelo de tarifação. Uma tarifa baixa, como as chamadas tarifas sociais, incentiva o consumo, enquanto uma alta tarifa FIT incentiva a produção, estimulando a economia de uso. O estudo de caso de Khodoomi e Sahebi (2023) visou maximizar os lucros de todos os pares, oferecendo um modelo de precificação para estimar o preço da energia comercializada utilizando a estratégia de negociação de Nash. Hashemipour et al. (2022) afirmaram que permitir a comercialização de energia P2P para os participantes de um Mercado Local Virtual (LEM) reduz os custos de eletricidade e a dependência da rede. Além dos lucros do mercado, as quantidades de emissões de carbono dos usuários finais também são reduzidas com a crescente utilização de recursos de energias renováveis distribuída, como explicado por Xia et al. (2023b). Segundo Kühnbach et al (2022), do ponto de vista da regulamentação o envolvimento dos prossumidores em mercados centralizados também deve ser facilitado. Além disso, esse mercado é acessado principalmente nos países desenvolvidos, uma vez que a maioria das políticas energéticas desses países são mais liberais do que as dos países em desenvolvimento, ou seja, as estruturas de mercado nos países desenvolvidos têm maior probabilidade de serem descentralizadas (Xia et al., 2023a). Apesar disso, Khan (2019) mostrou que o prossumerismo pode melhorar a qualidade de vida e aumentar a conscientização socioeconômica em países menos desenvolvidos.

#### **5.4. Aplicações, Desafios e Oportunidades**

Zhou e Lund (2023) apontaram como principais benefícios e oportunidades do compartilhamento de energia P2P o aumento da eficiência do sistema, a redução na capacidade necessária de armazenamento e no consumo de energia primária, a alta penetração de renováveis, diminuição das perdas energéticas em processos de armazenamento e transmissão, bem como a melhoria da qualidade da energia. Além disso, o modelo de mercado P2P promove a descarbonização, impulsiona a adoção de tecnologias renováveis e de armazenamento, aprimora a eficiência do sistema e a confiabilidade das negociações enquanto contribui para a redução de perdas e para o gerenciamento de congestionamento na rede local. Talari et al. (2022) evidenciaram o modelo P2P para a promoção de comunidades energéticas, a fim de orientar o setor

energético em direção ao prossumerismo, o que não só permite aos prossumidores promover democracia energética, mas também fortalecer uma cultura de sustentabilidade ao contribuir para a redução das emissões de GEE. Morstyn e McCulloch (2019) introduziram o conceito de "classes energéticas", que facilita a correspondência entre oferta e demanda ao considerar diferentes tipos de energia, preços e outros fatores, sendo fundamental para a eficiência das transações.

No entanto, Gunarathna et al. (2022) identificaram alguns desafios significativos que limitam a implementação bem-sucedida do comércio P2P no mundo real, incluindo a falta de regulamentações sobre as transações entre pares, a falta de conscientização pública, a complexidade da tecnologia e a falta de motivação governamental. Zhao et al. (2023) apontaram que assegurar uma distribuição justa das receitas da partilha P2P e a estabilidade da rede pública é um desafio, enquanto Xia et al. (2023a) enfatizaram desafios tanto no nível teórico, relacionados ao cálculo dos resultados comerciais em transações com múltiplos participantes, quanto no nível de aplicação, focando na tecnologia *blockchain* e na viabilidade do comércio P2P.

A aplicação da energia P2P para o armazenamento de energia em baterias e no carregamento de veículos elétricos (VE) foi bastante discutida em alguns artigos. Por meio de um estudo de caso, Kühnbach et al. (2022) demonstraram que a energia armazenada em âmbito doméstico pode ser usada para ser comercializada e que, adaptando os horários de carregamento para minimizar custos, VE podem contribuir para o controle de demanda: o chamado carregamento inteligente. O modelo de otimização proposto por Nguyen et al. (2018) teve foco na maximização dos benefícios econômicos do uso de baterias acopladas na GD em telhados, evidenciando que residências com sistemas fotovoltaicos e armazenamento de baterias podem atingir economias significativas. Álvaro-Hermana et al. (2016) exploraram o comércio de energia P2P em sistemas de VE, visando otimizar custos e promover transações bilaterais, conseguindo reduzir os custos de energia, além de diminuir a dependência do mercado centralizado.

## **5.5. Tecnologias Empregadas**

A última categoria se relaciona às tecnologias aplicadas no comércio de energia P2P. Wongthongtham et al. (2021) destacaram o significativo potencial da tecnologia

*blockchain* em facilitar esse comércio, ressaltando-a como uma inovação promissora no cenário de comércio e distribuição de energia. Baig et al. (2021) afirmaram que a tecnologia *blockchain* e a Internet das Coisas (IoT) podem aumentar a eficiência das plataformas do comércio P2P, uma vez que os pares podem realizar transações por conta própria, ao invés de confiar em uma autoridade centralizada. De acordo com Umar et al. (2022), a integração do *blockchain* com a microrrede proporciona um melhor nível de flexibilidade no equilíbrio entre demanda e oferta de forma automatizada e segura. No mesmo sentido, Zhou e Lund (2023) analisaram que a tecnologia *blockchain* aumenta a automação no comércio P2P, reduz a necessidade de interações humanas, aprimora a segurança através de sistemas transparentes e invioláveis, e agiliza as liquidações em tempo real com contratos inteligentes.

## **5.6. Perspectivas e Tendências**

A partir das análises dos artigos, foram identificadas as áreas de enfoque dos artigos selecionados, incluindo os benefícios associados à implementação do modelo P2P, as oportunidades, as barreiras, os desafios para a aplicação desse modelo, assim como os estudos de casos e as perspectivas de pesquisas futuras. Assim, observou-se que 88% dos artigos abordaram benefícios e/ou oportunidades associados ao modelo de negócio de energia P2P, reforçando o consenso entre os autores sobre as vantagens desse modelo. Em 53% dos trabalhos foram apresentados barreiras e desafios, indicando que existem obstáculos que precisam ser superados para maximizar seus benefícios. Adicionalmente, estudos de casos e simulações apareceram em 59% dos artigos revisados, oferecendo perspectivas práticas e aplicadas acerca da dinâmica do comércio de energia P2P. Por fim, 44% dos textos sinalizaram futuras direções de pesquisa, apontando caminhos promissores para a expansão e aprofundamento o conhecimento nesta área.

Em relação às tendências de pesquisas do modelo P2P, alguns autores destacaram a necessidade de avaliar mais profundamente as preferências dos clientes, os comportamentos dos participantes e a integração tecnológica (Hahnel et al., 2020; Kühnbach et al., 2021). Khan (2019) argumentou sobre a necessidade de mais investigação e de política, regulamentação e planejamento energético, a fim de evitar conflitos de interesses. Zhou e Lund (2023) destacaram a necessidade de considerar os custos de degradação dos dispositivos, equipamentos e perdas de transmissão. Bukar et

al. (2023) sublinharam a importância de investimentos em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para maximizar o potencial do comércio de energia P2P.

### **5.7. Contexto Brasileiro**

Para o caso do Brasil, os obstáculos para o crescimento desse mercado incluem altos preços de investimentos, legislação insuficiente e falta de incentivos governamentais. Para contornar essas barreiras, Xavier et al. (2015) apresentaram um modelo de microrrede no qual os consumidores residenciais interconectados comercializam o excedente de energia entre si para otimizar o retorno do investimento. O modelo demonstra que essa estratégia pode potencializar a viabilidade econômica de sistemas FV. Antonioli et al. (2022) afirmaram que unidades prossumidoras FV desempenham papel crucial na redução dos custos de eletricidade e na oferta de energia descentralizada e sustentável. Botelho et al. (2022) afirmaram que as principais barreiras para os prossumidores no comércio de energia brasileiro são de natureza regulatória e tecnológica, uma vez que seria necessária uma reestruturação do setor elétrico nacional, bem como destacam o desafio de estabelecer uma integração harmoniosa entre os prossumidores e as empresas responsáveis pela administração da rede elétrica no país.

## 6. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo identificar os elementos facilitadores, obstáculos e racionalidades envolvidas na adoção de sistemas FV em edifícios residenciais de multiunidades do Brasil. Isso foi realizado por meio da coleta e da análise de perspectivas de 42 especialistas envolvidos na disseminação da tecnologia FV no país. Adicionalmente, o modelo de transação de energia entre pares (P2P), identificado como possível facilitador para a adoção, foi alvo de uma revisão bibliométrica de 32 artigos científicos com a finalidade de analisar sua aplicação como plataforma para transações de eletricidade gerada por sistemas FV.

Os resultados da aplicação do instrumento de pesquisa revelaram um grande suporte à adoção de sistemas FV e novos modelos de negócios. A primeira proposição indica que 73,81% dos participantes concordam que o monopólio das distribuidoras incentiva a adoção de telhados solares, evidenciando preocupações com custos e insatisfação com a qualidade dos serviços. A segunda proposição indica que 64,29% concordam que vender créditos de carbono não emitidos seria um estímulo para a adoção de telhados solares, destacando a importância dos incentivos financeiros. No que diz respeito a incentivos fiscais, 66,67% dos respondentes concordam que abater a compra de sistemas FV no IR impulsionaria a adoção. Na análise da quarta proposição, 52,38% consideram vantajoso financiar sistemas FV por *leasing*, ressaltando a necessidade de estudos de viabilidade. Quanto à utilização do FGTS, 71,43% concordam que seria um incentivo para a adoção ao pagar a entrada do sistema FV. A sexta proposição destaca que 90,48% dos respondentes concordam que a influência de amigos, família e vizinhos é decisiva, ressaltando a relevância do aspecto social na decisão. Por fim, 78,57% concordam que comercializar os excedentes de energia seria um estímulo para a adoção, indicando a atratividade dessa prática. Quanto às respostas neutras apresentadas, é relevante destacar que muitas delas resultam da ausência de conhecimento aprofundado acerca dos temas abordados, como devidamente justificado em algumas respostas fornecidas. Nesse contexto, torna-se fundamental fomentar o acesso à informação e incentivar a busca pelo conhecimento, destacando a importância da disseminação de informações relacionadas à expansão de sistemas FV.

Em relação à revisão bibliométrica, os artigos revisados foram categorizados com base em seus focos de estudo, a saber: nove artigos (cerca de 28%) se concentraram na

análise de modelos de negócios, enquanto seis (19%) exploraram os impactos do comércio de energia P2P, quatro artigos (12%) dedicaram-se às tecnologias empregadas no modelo de negócio P2P, enquanto a categoria mais prevalente, com treze artigos (41%), abordou as aplicações, desafios e oportunidades deste mercado emergente. Na análise de modelos de negócios, o modelo P2P destacou-se como uma abordagem viável para gerenciar a oferta e demanda de eletricidade, proporcionando uma perspectiva centrada no consumidor. Os impactos sociais, econômicos e ambientais do comércio P2P são amplamente discutidos, enfocando temas como precificação dinâmica, regulamentação, tarifação, e redução de emissões de carbono. A eficiência do sistema, a redução de custos e a promoção de comunidades energéticas são apontadas como principais benefícios. No entanto, desafios como a falta de regulamentação, complexidade tecnológica e distribuição justa de receitas destacam a necessidade de superar obstáculos para maximizar as oportunidades do comércio P2P. A aplicação em armazenamento de energia e carregamento de VE também é explorada como uma extensão natural desse modelo. Por fim, a tecnologia *blockchain* é identificada como uma peça fundamental para facilitar o comércio P2P, oferecendo automação, segurança e transparência nas transações entre pares. A análise revelou também que a expressiva maioria dos artigos abordam áreas geográficas diferentes do Brasil (87,50%). Essas descobertas contribuem com perspectivas valiosas, ampliam a compreensão e impulsionam o avanço no campo de estudo.

No cenário brasileiro, a revisão bibliométrica destaca o potencial econômico da comercialização de excedentes entre prosumidores e consumidores interconectados. O comércio P2P representa um papel central na redução de custos e oferta de energia sustentável, apesar de desafios como altos investimentos, legislação insuficiente e falta de incentivos governamentais, além de barreiras tecnológicas. Diante disso, percebe-se que o Brasil possui uma oportunidade valiosa para absorver e aplicar as lições aprendidas a partir de outros países no sentido de facilitar e otimizar a integração do modelo P2P no setor elétrico. Dessa forma, o comércio de energia P2P emerge não apenas como uma inovação sociotécnica, mas como um pilar para um futuro energético mais justo, democrático e sustentável.

## SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

A fim de ampliar as perspectivas no âmbito do comércio de energia P2P, são recomendadas pesquisas interdisciplinares que envolvam questões técnicas, socioeconômicas, comportamentais e de políticas orientadas para aceleração do desenvolvimento de medidas regulatórias voltadas para a expansão do comércio P2P, facilitando assim sua integração aos mercados varejistas de energia. Mais especificamente para o Brasil, são recomendadas pesquisas aprofundadas a fim de entender e comparar arquétipos de modelos de negócios prossumeristas, considerando a produção e o consumo de energia dos adotantes de telhados FV, bem como sua propensão para integrar o comércio de energia P2P. Além disso, esforços regulatórios e avanços tecnológicos são necessários para promover a aplicação do comércio P2P. Espera-se que tais medidas fomentem inovações sociotécnicas no setor elétrico, proporcionando aos consumidores maior autonomia, capacidade de comércio e opções para gerenciar de forma inovadora suas relações com a energia.

## REFERÊNCIAS

- ABSOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil – Infográfico ABSOLAR**. 2023. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>> Acesso em 25/10/2023.
- ALVARO-HERMANA, R., FRAILE-ARDANUY, J., ZUFIRIA, P.J., KNAPEN, L., JANSSENS, D. **Peer to Peer Energy Trading with Electric Vehicles**. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, vol. 8, no. 3, pp. 33-44, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/MITS.2016.2573178>>.
- ANEEL. **Nota Técnica nº 0033/2022-SRD/ANEE**. 2022. Disponível em: <[https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/tomadas-de-subsidios?p\\_p\\_id=participacao\\_publica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_participacao\\_publica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_idDocumento=46758&\\_participacao\\_publica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_tipoFaseReuniao=fase&\\_participacao\\_publica\\_WAR\\_participacaopublicaportlet\\_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp](https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/tomadas-de-subsidios?p_p_id=participacao_publica_WAR_participacaopublicaportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_participacao_publica_WAR_participacaopublicaportlet_idDocumento=46758&_participacao_publica_WAR_participacaopublicaportlet_tipoFaseReuniao=fase&_participacao_publica_WAR_participacaopublicaportlet_jspPage=%2Fhtml%2Fpp%2Fvisualizar.jsp)> Acesso em 17/10/2023.
- ANEEL. **SIGA - Sistema de Informações de Geração da ANEEL**. 2023. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOiR9>> Acesso em 27/10/2023.
- ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL Nº 1.059**. 2023. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>> Acesso em 13/11/2023.
- ANTONIOLLI, A. F., NASPOLINI, H. F., DE ABREU, J. F., & RÜTHER, R. **The role and benefits of residential rooftop photovoltaic prosumers in Brazil**. Renewable Energy, 187, 204-222. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.072>>.
- BAIG, M.J.A., IQBAL, M.T., JAMIL, M., KHAN, J. **Design and implementation of an open-source IoT and blockchain-based peer-to-peer energy trading platform using ESP32-S2, Node-Red and, MQTT protocol**. Energy Rep. 7, 5733–5746. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.190>>.
- BALCOMBE P.; RIGBY D.; AZAPAGIC, A. **Motivations and barriers associated with adopting microgeneration energy technologies in the UK**. Renew Sustain Energy Rev 2013; 22:655–66. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.012>>.
- BARBOSA, P. H. P., DIAS, B., & SOARES, T. **Analysis of consumer-centric market models in the Brazilian context**. In Proceedings of the 2020 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exhibition—Latin America (T&D LA), Montevideo,

Uruguay, 28 September–2 October 2020; pp. 1–6. 2020. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/9326204>>.

BERGEK, A.; MIGNON, I. **Motives to adopt renewable electricity technologies: Evidence from Sweden.** Energy Policy 106; 547–559. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.04.016>>.

BOLLINGER, B.; GILLINGHAM, K. **Peer effects in the diffusion of solar photovoltaic panels.** Mark. Sci. 31 (6), 900–912. 2012. Disponível em: <[https://resources.environment.yale.edu/gillingham/BollingerGillingham\\_PeerEffectsSolar.pdf](https://resources.environment.yale.edu/gillingham/BollingerGillingham_PeerEffectsSolar.pdf)>.

BOTELHO, D.F., DE OLIVEIRA, L.W., DIAS, B.H., SOARES, T.A., MORAES, C.A. **Prosumer integration into the Brazilian energy sector: an overview of innovative business models and regulatory challenges.** Energy Pol. 161, 112735. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112735>>.

BROWN, D., HALL, S., & DAVIS, M. E. **Prosumers in the post-subsidy era: An exploration of new prosumer business models in the UK.** Energy Policy, 135, 110984. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110984>>.

BUKAR, A.L., HAMZA, M.F., AYUB, S., ABOBAKER, A.K., MODU, B., BRENT, S.M.A.C., OGBONNAYA, C., MUSTAPHA, K., IDAKWO, H.O. **Peer-to-peer electricity trading: A systematic review on current developments and perspectives.** Renewable Energy Focus, Volume 44, Pages 317-333, ISSN 1755-0084. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ref.2023.01.008>>.

BYRNE, J.; TAMINIAU, J.; KIM, KN.; SEO, J.; LEE, J. **A solar city strategy applied to six municipalities: integrating market, finance, and policy factors for infrastructure scale photovoltaic development in Amsterdam, London, Munich, New York, Seoul and Tokyo.** Wiley Interdisciplinary Rev: Energy Environment 2016; 5:68–88. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/wene.182>>.

DAVID, T. M.; BUCCIERI, G. P.; SILVA ROCHA RIZOL, P. M. **Photovoltaic systems in residences: A concept of efficiency energy consumption and sustainability in brazilian culture.** Journal of Cleaner Production, 298, 126836. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126836>>.

ESPE, E., POTDAR, V., CHANG, E. **Prosumer Communities and Relationships in Smart Grids: A Literature Review, Evolution and Future Directions.** Energies, 11, 2528. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/en11102528>>.

FARIAS, T. M. **Afetividade e resistência: vínculo, transformações socioambientais e oposição capital-lugar na cidade de Galinhos-RN.** Tese (doutorado) do Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal 367pp. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/24345>>.

FERREIRA, A.; KUNH, S. S.; FAGNANI, K. C.; DE SOUZA, T. A.; TONEZER, C.; DOS SANTOS, G. R.; COIMBRA-ARAÚJO, C. H. **Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 181–191. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.102>>.

FRATE, C. A., CARVALHO, P. C. M., SHAYANI, R. A. **Barreiras para adoção de sistemas FV em condomínios residenciais: vozes de especialistas do planalto central do Brasil**. *Revista Brasileira de Energia* 29(2). 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.47168/rbe.v29i2.743>>.

GAO, C., JI, Y., WANG, J., SAI, X. **Application of Blockchain Technology in Peer-to-Peer Transaction of Photovoltaic Power Generation**. 2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), Xi'an, China, pp. 2289-2293. 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8469363>>.

GARLET, T. B.; RIBEIRO, J. L. D.; DE SOUZA SAVIAN, F.; MAIRESSESILUK, J. C. **Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 157–169. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.013>>.

GRZANIC, M., CAPUDER, T., ZHANG, N., HUANG, W. **Prosumers as active market participants: A systematic review of evolution of opportunities, models and challenges**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 154; 111859. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111859>>.

GUNARATHNA, C.L., YANG, R.J., JAYASURIYA, S., WANG, K. **Reviewing global peer-to-peer distributed renewable energy trading projects**. *Energy Research & Social Science*, Volume 89, 2022, 102655, ISSN 2214-6296. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102655>>.

HACKBARTH, A., LÖBBE, S. **Attitudes, preferences, and intentions of German households concerning participation in peer-to-peer electricity trading**. *Energy Policy*, 138, 111238. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111238>>.

HAHNEL, U. J., HERBERZ, M., PENA-BELLO, A., PARRA, D., & BRISCH, T. **Becoming prosumer: Revealing trading preferences and decision-making strategies in peer-to-peer energy communities**. *Energy Policy*, 137. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111098>>.

HASHEMIPOUR, N., GRANADO, P.C., AGHAEI, J. **Dynamic allocation of peer-to-peer clusters in virtual local electricity markets: A marketplace for EV flexibility**. *Energy*, Volume 236, 2021, 121428, ISSN 0360-5442. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121428>>.

HEO, K., KONG, J., OH, S., & JUNG, J. **Development of operator-oriented peer-to-peer energy trading model for integration into the existing distribution system.** International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 125, 106488. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106488>>.

HERBES, C., BRUMMER, V., ROGNLI, J., BLAZEJEWSKI, S., GERICKE, N. **Responding to policy change: new business models for renewable energy cooperatives – barriers perceived by cooperatives’ members.** Energy Policy, Volume 109, 2017, Pages 82-95, ISSN 0301-4215. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.051>>.

HORSTINK, L., WITTMAYER, J. M., NG, K. **Pluralising the European energy landscape: Collective renewable energy prosumers and the EU’s clean energy vision.** Energy Policy 153; 112262. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112262>>.

HUANG, P., LOVATI, M., SHEN, J., CHAI, J., ZHANG, X. **Investigation of the Peer-to-Peer energy trading performances in a local community under the future climate change scenario in Sweden.** Energy Reports, Volume 8, 2022, Pages 989-1001, ISSN 2352-4847. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.12.032>>.

IRENA – International Renewable Energy Agency. **Peer-to-peer electricity trading - Innovation Landscape Brief.** 2020. Disponível em: <[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA\\_Peer-to-peer\\_electricity\\_trading\\_2020.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jul/IRENA_Peer-to-peer_electricity_trading_2020.pdf)> Acesso em: 19/10/2023.

KHAN, I. **Drivers, enablers, and barriers to prosumerism in Bangladesh: A sustainable solution to energy poverty?** Energy Research & Social Science, 55, 82–92. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.04.019>>.

KHODOOMI, M., SAHEBI, H. **Robust optimization and pricing of Peer-to-Peer energy trading considering battery storage.** Computers & Industrial Engineering, Volume 179, 2023, 109210, ISSN 0360-8352. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109210>>.

KIRCHHOFF, H., STRUNZ, K. **Key drivers for successful development of peer-to-peer microgrids for swarm electrification.** Applied Energy, 244, 46–62. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.016>>.

KÜHNBACH, M., BEKK, A., & WEIDLICH, A. **Towards improved prosumer participation: Electricity trading in local markets.** Energy, 122445. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122445>>.

MAH, D. N.; WANG, G.; LO, K.; LEUNG, M. K. H.; HILLS, P.; LO, A.Y. **Barriers and policy enablers for solar photovoltaics (PV) in cities: Perspectives of potential adopters in Hong Kong.** Renewable and Sustainable Energy Reviews 92; 921–936. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.041>>.

MIRANDA, R. F. C.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. **Technical--economic potential of PV systems on Brazilian rooftops**. *Renewable Energy*, 75, 694–713. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.037>>.

MORSTYN, T. E MCCULLOCH, M.D. **Multiclass Energy Management for Peer-to-Peer Energy Trading Driven by Prosumer Preferences**. *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 34, no. 5, pp. 4005-4014, Sept. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/TPWRS.2018.2834472>>.

MOSER, D.; LOVATI, M.; MATURI, L. **2.8 - Photovoltaic City: Effective Approaches to Integrated Urban Solar Power**. *Urban Energy Transition (Second Edition)*, Elsevier, 2018, Pages 313-333, ISBN 9780081020746. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102074-6.00030-9>>.

NGUYEN, S., PENG, W., SOKOLOWSKI, P., ALAHAKOON, D., YU, X. **Optimizing rooftop photovoltaic distributed generation with battery storage for peer-to-peer energy trading**. *Applied Energy*, Volume 228, 2018, Pages 2567-2580, ISSN 0306-2619. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.07.042>>.

PARAG, Y., SOVACOOOL, B.K. **Electricity market design for the prosumer era**. *Nature Energy* 1. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.32>>.

Portal Solar. **Lei 14300: mudanças com o Marco Legal da Geração Distribuída**. 2023. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/lei-14300>> Acesso em 13/11/2023.

QURESHI, T. M.; ULLAH, K.; ARENTSEN, M. J. **Factors responsible for solar PV adoption at household level: A case of Lahore, Pakistan**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78, 754–763. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.020>>.

RAI, V., ROBINSON, S. A. **Effective information channels for reducing costs of environmentally friendly technologies: evidence from residential PV markets**. *Environ. Res. Lett.* 8; 014044. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014044>>.

RAI, V., SIGRIN, B. **Diffusion of environmentally-friendly energy technologies: buy versus lease differences in residential PV markets**. *Environ. Res. Lett.* 8; 014022. 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014022>>.

RATHNAAYAKA, A., POTDAR, V., DILLON, T., HUSSAIN, O., KURUPPU, S. **Goal-oriented prosumer community groups for the smart grid**. *IEEE Technology and Society Magazine*; 33(1):41–8. 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/MTS.2014.2301859>>.

RATHORE, P. K. S.; CHAUHAN, D. S.; SINGH, R. P. **Decentralized solar rooftop photovoltaic in India: On the path of sustainable energy security**. *Renewable Energy*. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.049>>.

SAHEBI, H., KHODOOMI, M., SEIF, M., PISHVAEE, M., HANNE, T. **The benefits of peer-to-peer renewable energy trading and battery storage backup for local grid.** *Journal of Energy Storage*, Volume 63, 2023, 106970, ISSN 2352-152X. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.est.2023.106970>>.

Senado Federal. **Projeto de Lei do Senado nº 371, de 2015.** 2015. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/121833>> Acesso em 09/11/2023.

SOUSA, T., SOARES, T., PINSON, P., MORET, F., BAROCHE, T., & SORIN, E. **Peer-to-peer and community-based markets: A comprehensive review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 367–378. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.036>>.

SOVACOOOL, B. K. **Rejecting renewables: The socio-technical impediments to renewable electricity in the United States.** *Energy Policy* 37, 4500–4513. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.073>>.

TALARI, S., KHORASANY, M., RAZZAGHI, R., KETTER, W., GAZAFROUDI, A.S. **Mechanism design for decentralized peer-to-peer energy trading considering heterogeneous preferences.** *Sustainable Cities and Society*, Volume 87, 2022, 104182, ISSN 2210-6707. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104182>>.

UMAR, A., KUMAR, D., GHOSE, T. **Blockchain-based decentralized energy intra-trading with battery storage flexibility in a community microgrid system.** *Applied Energy*, Volume 322, 2022, 119544, ISSN 0306-2619. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119544>>.

VILAÇA, P.; KNAK NETO, N.; CARVALHO, L.; SUMAILI, J.; SARAIVA, J.; DIAS, B. H.; MIRANDA, V.; DE SOUZA, S. M. **Technical-economic analysis for the integration of PV systems in Brazil considering policy and regulatory issues.** *Energy Pol.* 115(2018) 199-206. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.014>>.

WONGTHONGTHAM, P., MARRABLE, D., ABU-SALIH, B., LIU, X., MORRISON, G. **Blockchain-enabled peer-to-peer energy trading.** *Computers & Electrical Engineering*. 94. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107299>>.

XAVIER, G. A., FILHO, D. O., MARTINS, J. H., MONTEIRO, P. M. D. B., & DINIZ, A. S. A. C. **Simulation of Distributed Generation with Photovoltaic Microgrids—Case Study in Brazil.** *Energies*, 8, 4003-4023. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/en8054003>>.

XIA, Y., XU, Q., LI, S., TANG, R., DU, P. **Reviewing the peer-to-peer transactive energy market: Trading environment, optimization methodology, and relevant resources.** *J. Clean. Prod.* 135441. 2023(a). Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135441>>.

XIA, Y., XU, Q., FANG, J., DU, P. **Emission reduction estimation by coupling peer-to-peer energy sharing with carbon emission markets considering temporal and spatial factors.** Journal of Cleaner Production, Volume 421, 2023, 138452, ISSN 0959-6526. 2023(b). Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138452>>.

ZHANG, C., WU, J., ZHOU, Y., CHENG, M., LONG, C. **Peer-to-Peer energy trading in a Microgrid.** Applied Energy, Volume 220, 2018, Pages 1-12, ISSN 0306-2619. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.010>>.

ZHAO, F., LI, Z., WANG, D., MA, T. **Peer-to-peer energy sharing with demand-side management for fair revenue distribution and stable grid interaction in the photovoltaic community.** Journal of Cleaner Production, Volume 383, 135271, ISSN 0959-6526. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135271>>.

ZHOU, Y., LUND, P.D. **Peer-to-peer energy sharing and trading of renewable energy in smart communities – trading pricing models, decision-making and agent-based collaboration.** Renewable Energy 207, 177–193. 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.02.125>>.