

## EVOLUÇÃO DA ELETRIFICAÇÃO FOTOVOLTAICA RURAL NO ESTADO DO PARANÁ DE 2016 A 2019

## EVOLUTION OF RURAL PHOTOVOLTAIC ELETRIFICATION IN THE STATE OF PARANÁ FROM 2016 TO 2019

## EVOLUCIÓN DE LA ELECTRIFICACIÓN FOTOVOLTAICA RURAL EN EL ESTADO DE PARANÁ DE 2016 A 2019

Matheus Felipe Ziermann Viera<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-0946-2431>

Ednaldo Michellon<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-3376-9003>

Submissão: 28/09/2021 Aceito: 27/01/2022 / Publicado: 31/03/2022.

### Resumo

A utilização de painéis fotovoltaicos permite que a população rural tenha acesso à energia elétrica e aos produtores uma maior competitividade, promovendo bem-estar, desenvolvimento econômico e sustentabilidade na agricultura. Nesse sentido, o objetivo do artigo é analisar o crescimento no número de conexões fotovoltaicas e a potência instalada nas propriedades rurais do Paraná, e relacionar com o consumo de energia, entre os anos de 2016 e 2019. Dessa forma, foi realizada uma pesquisa exploratória e descritiva de artigos que abordam o tema e utilizados dados quantitativos secundários, obtidos no Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES e no portal Renew Energia, relacionados ao número de conexões e potência (kW) fotovoltaica instaladas e o consumo de energia elétrica em propriedades rurais que desenvolvem atividades com objetivos econômicos nos 399 municípios do Estado. Os resultados demonstraram que a geração de energia pela luz solar cresce de forma exponencial nos estabelecimentos rurais do Paraná, especialmente nas regiões onde há maior produtividade dessa fonte de energia e atividade rural. Entretanto, constata-se a necessidade de estabelecer estratégias para que essa fonte de energia aumente sua representatividade na matriz energética no território paranaense.

**Palavras-chave:** Agricultura. Células Fotovoltaicas. Energia Solar. Áreas Rurais e Desenvolvimento Sustentável.

### Abstract

The use of photovoltaic panels allows the rural population to have access to electricity and producers' greater competitiveness, promoting well-being, economic development and sustainability in agriculture. In this sense, the objective of the article is to analyze the growth in the number of photovoltaic connections and installed power in rural properties in Paraná and relate to energy consumption between 2016 and 2019. Thus, an exploratory and descriptive research of articles addressing the theme and using secondary quantitative data

<sup>1</sup>Mestrando em Teoria Econômica. Universidade Estadual de Maringá (PCE/UEM). E-mail: [matheusziermann@gmail.com](mailto:matheusziermann@gmail.com)

<sup>2</sup>Professor Dr. do Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Estadual de Maringá (PCE/UEM). E-mail: [emichellon@uem.br](mailto:emichellon@uem.br)



was used, obtained from the Paraná Institute and Economic and Social Development - IPARDES and the Renew Energia portal, related to the number of photovoltaic connections and power (kW) installed and the consumption of electricity in rural properties that develop activities with economic objectives in the 399 municipalities of the state. The results showed that the generation of energy by sunlight grows exponentially in rural establishments of Paraná, especially in regions where there is higher productivity of this energy source and rural activity. However, there is a need to establish strategies for this energy source to increase its representativeness in the energy matrix in Paraná territory.

**Keywords:** Agriculture. Photovoltaic Cells. Solar Energy. Rural Areas and Sustainable Development.

### Resumen

El uso de paneles fotovoltaicos permite a la población rural tener acceso a la electricidad y a los productores una mayor competitividad, promoviendo el bienestar, el desarrollo económico y la sostenibilidad en la agricultura. En este sentido, el objetivo del artículo es analizar el crecimiento en el número de conexiones fotovoltaicas y potencia instalada en propiedades rurales en Paraná, y relacionarse con el consumo de energía entre 2016 y 2019. Así, se utilizó una investigación exploratoria y descriptiva de artículos que abordan el tema y utilizan datos cuantitativos secundarios, obtenidos del Instituto paraná y desarrollo económico y social - IPARDES y en el portal Renew Energia, relacionados con el número de conexiones fotovoltaicas y de potencia (kW) instaladas y el consumo de electricidad en predios rurales que desarrollan actividades con objetivos económicos en los 399 municipios del Estado. Los resultados mostraron que la generación de energía por la luz solar crece exponencialmente en los establecimientos rurales de Paraná, especialmente en las regiones donde hay mayor productividad de esta fuente de energía y actividad rural. Sin embargo, es necesario establecer estrategias para que esta fuente de energía aumente su representatividad en la matriz energética en territorio paraná.

**Palabras chave:** Agricultura. Células fotovoltaicas. Energía solar. Las zonas rurales y el desarrollo sostenible

### INTRODUÇÃO

O uso de fontes de energias renováveis é um assunto que vem ganhando cada vez mais destaque, sendo até mesmo representado pelo sétimo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas, o qual tem como objetivo “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos” (ONU, 2020), destacando o desafio de se pensar o acesso da energia para locais distantes e isolados.

Por sua vez, conforme destacado por MME (2016), a maior parte da geração energética do Paraná é oriunda de hidroelétricas, devido à grande bacia hidrográfica que existe no Estado. Porém a expansão dessa fonte de energia pode ocasionar complicações ambientais, sociais e econômicas. A autor destaca a crescente percepção do desenvolvimento sustentável através da utilização de fontes de energias renováveis e

DOI: <http://dx.doi.org/10.22295/grifos.v31i57.6710> | Edição Vol. 31, Núm. 57, 2022.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

diversificação da matriz energética, de modo a reduzir os impactos sociais e ambientais. Nesse caso a energia solar se apresenta como uma alternativa com grande potencial de geração de energia limpa e renovável. Tiepolo (2014), aponta em seus estudos que o território paranaense tem um grande potencial de irradiação solar, o que proporciona uma alta produtividade na geração de energia solar.

Diante do processo de eletrificação no meio rural, para Cabral e Vieira (2012), os principais desafios no Brasil quando se considera a transmissão de energia elétrica nas áreas mais afastadas, como as propriedades rurais, são em relação a questão da distância e a dispersão populacional, que estão atreladas a um elevado custo operacional, podendo até mesmo resultar em um possível prejuízo financeiro para as concessionárias de energia. Assim, a geração de energia elétrica a partir da energia solar é uma alternativa importante para a superação dos desafios de expansão da eletrificação para localidades rurais e isoladas.

Em face do crescimento e do potencial de utilização da energia solar, principalmente em propriedades rurais, o presente estudo delimitou-se a seguinte questão: como tem ocorrido o crescimento da utilização da energia solar nas propriedades rurais do Paraná no período recente? Assim, o objetivo desse estudo consistiu em analisar o crescimento da eletrificação fotovoltaico nos estabelecimentos agropecuários no Estado do Paraná no período de 2016 a 2019.

Defende-se a hipótese de que a utilização da eletrificação fotovoltaica nas propriedades rurais no Estado do Paraná vêm crescendo nos últimos anos, sobretudo nas regiões com maior irradiação solar e elevado consumo de energia elétrica no meio rural. Pretende-se com este estudo apresentar um panorama atual da utilização desta alternativa energética no Estado, contribuindo com os debates sobre a utilização de fontes de energias sustentáveis, que causam menores impactos sociais, econômicos e ambientais. Além disso, há um grande entrave relacionado ao desafio de transmissão de energia elétrica nos moldes convencionais para áreas rurais devido ao elevado custo operacional.

## **MATRIZ ENERGÉTICA E ENERGIA SOLAR NO BRASIL**

O sistema brasileiro de geração e transmissão de energia elétrica possui uma matriz energética em que predomina o sistema hidroelétrico com 63,8% de todo o setor, seguido pela energia eólica (9,3%), biomassa e biogás (8,9%) e a energia solar com 1,4% de



participação (BRASIL, 2020). Nesse contexto, Cabral e Vieira (2012), afirmam que existe um grande desafio no país quando se considera a transmissão de energia elétrica nas áreas mais afastadas, como as áreas rurais, pois, por conta da distância e da dispersão populacional, há um elevado custo operacional, podendo ser inviável para as concessionárias de energia a transmissão para essas áreas. Além disso, conforme apontado pelas autoras Almeida, Souza e Mousinho (2013), o uso do sistema hidroelétrico para geração de energia acaba causando grande impacto ambiental com a inundação de grandes áreas cultiváveis e um impacto social com a inundação de vilas, terras indígenas e de pequenas cidades.

Apesar de ter uma participação menor na matriz energética brasileira, a energia proveniente da luz solar vem apresentando o maior aumento de potência instalada frente às demais fontes de energia (ANEEL, 2020). De 2018 para 2019 houve um aumento de 273,5% na potência instalada dessa fonte energética no Brasil.

### **Matriz Energética e Energia Solar no Paraná**

Assim como no Brasil, a matriz energética no Paraná é predominantemente de geração de hidroelétrica, devido à grande bacia hidrográfica pertencente ao território, a qual enfrenta maior dificuldade de expansão. Em 2015 havia uma capacidade instalada de geração de energia distribuída em hidroelétrica de 99,4% e em termoelétrica de 5,6%, enquanto a energia eólica e solar apresentavam valores irrisórios (EPE, 2016). Urbanetz (2014), aborda alguns estudos realizados no Estado, apontando que de toda a capacidade de geração de energia instalada, 93,1% são de hidroelétricas e aproximadamente 70% dessa fonte já foi explorada, o que dificulta sua expansão. Por esse fato, se faz necessário o pensamento estratégico para a utilização de outras fontes de geração de energia renováveis.

Ao comparar o potencial paranaense de geração de energia fotovoltaico com alguns países europeus, como: Alemanha, Itália, Espanha e França, onde o mercado está mais consolidado, nota-se uma vantagem no estado brasileiro, pois esses países europeus apresentam uma média de produtividade estimada total anual menor que as médias encontradas no Paraná em relação à irradiação média mensal e anual, verifica-se que os maiores valores são encontrados nas mesorregiões Noroeste e Norte Central do território, sendo, portanto, os locais com maior potencial de produtividade de energia solar (TIEPOLO, 2015).

Tiepolo *et al.* (2014) afirma que dentre as fontes de energias renováveis, a energia solar é a mais promissora no Estado, entretanto é a que menos recebe investimento em pesquisa e desenvolvimento. O autor ainda ressalta a vantagem da adoção dessa energia no Paraná quando comparado com a Alemanha (referência mundial de geração de energia solar).

### Potencial de Energia Solar

A energia solar é uma inovação apresentada como uma fonte de energia inesgotável e não poluente e, portanto, bastante promissora para a sociedade. Essa energia alternativa é obtida pela conversão da luz solar em eletricidade através de painéis fotovoltaicos (CRESESB, 2014). Segundo o National Renewable Energy Laboratory (NREL, 2014), a irradiação solar representa a taxa de energia radiante que chega em determinada superfície, também denominada de fluxo de radiação, sendo esse fenômeno que permite a geração de eletricidade através do Sol. Conseqüentemente, seus níveis são afetados por diversos fatores, como condição meteorológica, estações do ano, clima, latitude e altitude. Em relação aos painéis solares utilizados para a captação e geração dessa energia solar, Urbanetz (2014), destaca as vantagens desses sistemas, sendo eles: o emprego de alta tecnologia, simples utilização, não produção de ruídos, baixa manutenção, sistema altamente confiável, além de não poluir o meio ambiente.

De acordo com o relatório da Atlas de Energia Elétrica do Brasil de 2008, de maneira geral, nos sistemas fotovoltaicos, ocorre a transformação da radiação solar em eletricidade de maneira direta, onde um material semicondutor, geralmente o silício, que é estimulado pela radiação, formando um fluxo eletrônico entre as partículas e, assim, gerando energia. Além disso, o sistema fotovoltaico consegue operar em dias de pouca luz solar, com menor eficiência (ANEEL, 2008).

Azevedo *et al* (2015), afirma que apesar da Terra receber energia solar proporcionalmente maior do que a energia consumida sob outras formas, essa fonte de energia ainda é pouco utilizada no Brasil, sendo que o país apresenta um dos maiores índices de irradiação solar no mundo.



## A Eletrificação Rural

A falta de acesso à energia no campo limita as atividades humanas, assim, nas regiões rurais, não há escolas noturnas para os trabalhadores, iluminação pública, equipamentos e máquinas que facilitam o trabalho, aparelhos eletrodomésticos e funcionamento de serviços públicos como postos de saúde. Esses são motivos que levam a um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) baixo em regiões onde grande parte da população vive na zona rural. Nesse contexto o uso de energias de fontes renováveis mostra-se como uma solução para a eletrificação rural, que entre vários benefícios pode combater a exclusão social da população isolada e a criação de novas oportunidades de empregos (ALMEIDA; SOUZA; MOUSINHO, 2013).

Ainda de acordo com Almeida, Souza e Mousinho (2013), os sistemas tradicionais de distribuição de energia são mais custosos no processo de eletrificação rural em lugares afastados, por causa da baixa densidade demográfica e problemas de distância, maior dispersão das unidades consumidoras e baixo potencial de consumo dos usuários. Portanto, para propriedades rurais a viabilidade da eletrificação se daria pela utilização de energia solar no formato de sistemas fotovoltaicos, o qual é favorável em termos econômicos, sociais e principalmente ambientais.

Para Oliveira (2001), a eletrificação rural cria incentivos à inovação tecnológica, através da mecanização de algumas atividades que antes eram feitas manualmente, ou até mesmo, impossibilitadas de serem realizadas devido à falta de energia. Assim, esse processo proporciona maior produtividade agrícola e desenvolvimento da cadeia produtiva, permitindo o aumento do valor agregado dos produtos e conseqüentemente da renda dos produtores rurais. Os principais entraves da eletrificação rural são devido aos custos de transmissão. A baixa densidade de ligações por distâncias de rede, e pelo baixo consumo de cada ligação, faz com que as concessionárias tenham um compromisso de realizar manutenções, medições e inspeções, as quais são tarefas difíceis de serem executadas devido à distância que devem ser percorridas. Destaca-se que programas governamentais, como o Programa Luz para Todos de 2003, além de possibilitar o acesso à energia, contribui indiretamente com a inclusão digital.

A expectativa no ano de 2008, de acordo com os estudos do Atlas de Energia Elétrica do Brasil, era de que a expansão do número de usinas solares ocorreria principalmente pela eletrificação rural, como parte integrante de projetos que envolvam a



universalização da energia em comunidades pobres e localizadas a uma grande distância das redes de distribuição. Esse fato pode ser constatado quando se verifica que entre os anos de 2013<sup>3</sup> a 2019, a Taxa de Crescimento Anual Composta no número de conexões fotovoltaicas apresentou um aumento de 300%, enquanto nas residências esse aumento foi de 271%.

Nas propriedades rurais, os sistemas fotovoltaicos podem ser autônomos, não conectados a redes elétricas de distribuição, devido ao fato desses sistemas de distribuição tradicional apresentarem custos elevados para se chegar às regiões afastadas. Portanto, os sistemas fotovoltaicos autônomos apresentam-se como uma alternativa promissora para a eletrificação rural, sendo necessário o acompanhamento técnico e social para garantir a utilização eficaz dessa alternativa (ALMEIDA; SOUZA; MOUSINHO, 2013).

De acordo com o estudo de viabilidade de Kinceski *et al.* (2014), os resultados obtidos demonstram que a utilização de sistemas fotovoltaicos para fornecimento de eletricidade no meio rural pode ser economicamente viável no Paraná, entretanto é preciso levar em conta outros fatores para que este investimento seja feito da melhor maneira e traga os melhores retornos. Assim, esse sistema é uma opção considerada no processo de eletrificação rural do estado.

## METODOLOGIA DE PESQUISA

Para esse trabalho foi realizado uma pesquisa de natureza qualitativa, com uma análise de artigos a respeito do potencial da utilização da energia solar em propriedades rurais no Paraná (GIL, 2008). Além disso, a metodologia desenvolveu-se com uma pesquisa exploratória e descritiva, através de dados quantitativos secundários. Sendo assim, esse trabalho está fundamentando em uma pesquisa bibliográfica, seleção de dados secundários e consecutiva organização das informações coletadas.

A região do estudo corresponde ao Estado do Paraná, localizado na região sul do Brasil e possui 399 municípios. Nas atividades econômicas, é notável a atividade agroindustrial, com destaque para a produção de grãos (soja, milho e trigo), de óleos vegetais, laticínios e proteína animal, que atende o mercado regional, nacional e mercado externo (IPARDES, 2021). Desse modo, a pesquisa é orientada na análise dos

---

<sup>3</sup> Primeiro ano em que é apresentado os valores do número de conexões fotovoltaicas instaladas em propriedades rurais no Brasil



estabelecimentos agropecuários que desenvolvem atividades rurais com objetivos econômicos. Composto o perfil as classes agropastoris; cooperativas de eletrificação rural; indústria rural e coletividade rural. Em relação as variáveis utilizadas no estudo temos:

- **Média de Potência Instalada por Conexão:** obtido pela relação da potência fotovoltaico instalada com o número de conexões;
- **Percentual de Propriedades com Conexão:** obtido pela relação do número de conexões fotovoltaico instaladas e o número de estabelecimentos agropecuários;
- **Percentual de Potência Instalada em Relação a Energia Consumida:** obtido pela relação da energia consumida e a potência fotovoltaico instalada;
- **Taxa de Crescimento Anual Composta – CAGR (Compound Annual Growth Rate):** O obtido pela relação do valor final e do valor inicial de uma variável, considerando todo o período de análise.

Dessa forma, busca-se analisar o crescimento da energia solar nas propriedades rurais do Estado do Paraná e sua dispersão no território. Assim, os objetivos específicos são analisar as taxas de crescimento anual do número de conexões e potência instalada, verificar a média de potência instalada por conexão, verificar a relação da potência instalada com a quantidade de energia consumida e mapear a localização das propriedades rurais e das conexões fotovoltaicos no meio rural. Buscando responder como tem ocorrido o crescimento da utilização da energia solar nas propriedades rurais do Paraná no período recente?

## Dados

A base de dados utilizadas foi disponibilizada pelo Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social – IPARDES, e pelo portal da Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, e o Renew Energia. Quanto à base do IPARDES, os dados utilizados foram o consumo de energia elétrica (kW)<sup>4</sup> em propriedades rurais dos 399 municípios do Paraná, entre os anos de 2016 e 2019, e o número de estabelecimento rurais em 2017, o ano com o dado mais recente. Os dados utilizados da Renew Energia foram

---

<sup>4</sup> Para o dado relacionado ao consumo de energia em propriedades rurais foi necessário realizar a conversão de unidades, visto que sua unidade de energia consumida era dada por Megawatt (Mw), o qual foi multiplicado por mil para ser transformado em Kilowatt (kW) e assim ser possível trabalhar na análise com a potência fotovoltaico instalada.

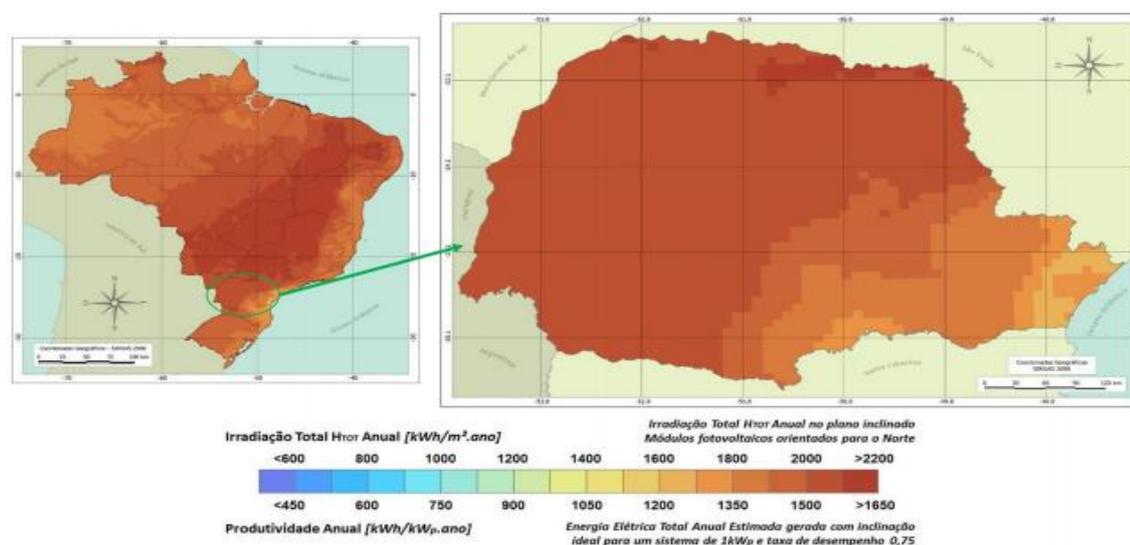


relacionados ao número de conexões fotovoltaicas instaladas e a potência instalada (kW) nas zonas rurais do Paraná entre 2016 e 2019. Os dados coletados foram organizados utilizando-se o software Excel, onde também foram realizados os cálculos e elaboração dos gráficos das variáveis estudadas. Pelo software Power BI estruturou-se os mapas de consumo energético das propriedades rurais e a potência fotovoltaico instalada, empregados na análise.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nessa seção são apresentados os resultados da pesquisa referente a evolução do uso de sistemas fotovoltaicos em propriedades rurais do Paraná. A Figura 1 representa o mapa do Brasil com destaque para o Paraná, demonstrando o potencial de instalação de painéis fotovoltaicos na região.

**Figura 1 – Mapa fotovoltaico brasileiro e do Estado do Paraná – Global Anual**



Fonte: Tiepolo (2015).

De acordo com Tiepolo *et al.* (2016), ao analisar o mapa brasileiro, verifica-se que os menores valores de irradiação e produtividade estão concentrados na região Sul, parte do Sudeste e Norte, enquanto os maiores valores são verificados na região Nordeste, Centro-Oeste e parte do Sudeste. Em relação ao Paraná, conforme Prates, Zaicovski e Guetter (2015), a região Norte e Oeste situa-se com o maior ponto de irradiação solar no Estado, enquanto a região litorânea apresenta um potencial inferior devido à menor quantidade de irradiação que ocorre. Porém o uso dos painéis fotovoltaicos ainda pode ser viável nessa

DOI: <http://dx.doi.org/10.22295/grifos.v31i57.6710> | Edição Vol. 31, Núm. 57, 2022.

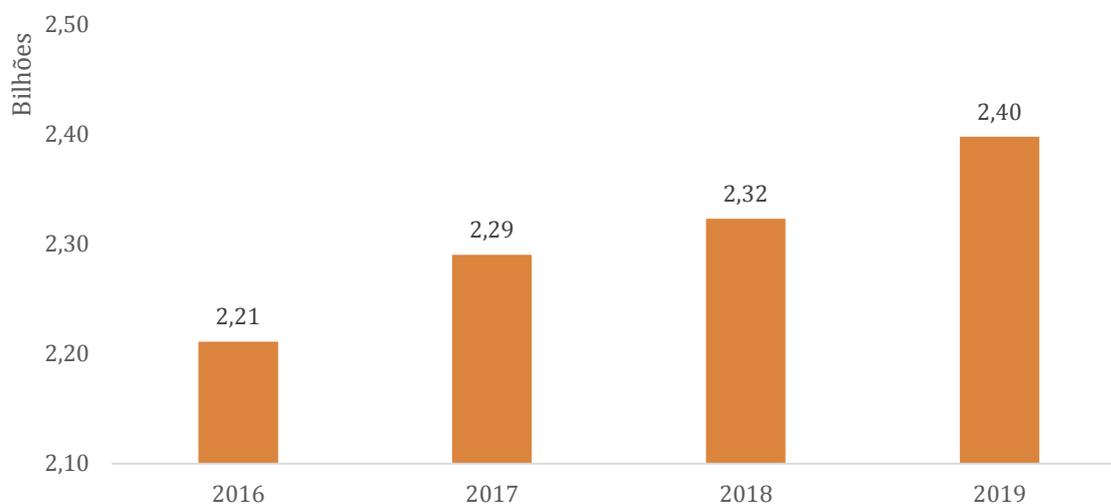


Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

região do Estado. Desse modo, o Paraná, em seu vasto território, viabiliza a implementação de sistemas fotovoltaicos para geração de energia em zonas rurais.

Utilizando-se dos dados do IPARDES (2020), relacionados ao consumo de energia elétrica por parte das propriedades rurais no estado do Paraná fornecidos pela Copel, conforme a Figura 2, tem-se a evolução do consumo entre os anos de 2016 e 2019.

**Figura 2 – Consumo de energia elétrica (kW) em propriedades rurais do Estado do Paraná entre os anos de 2016 e 2019**

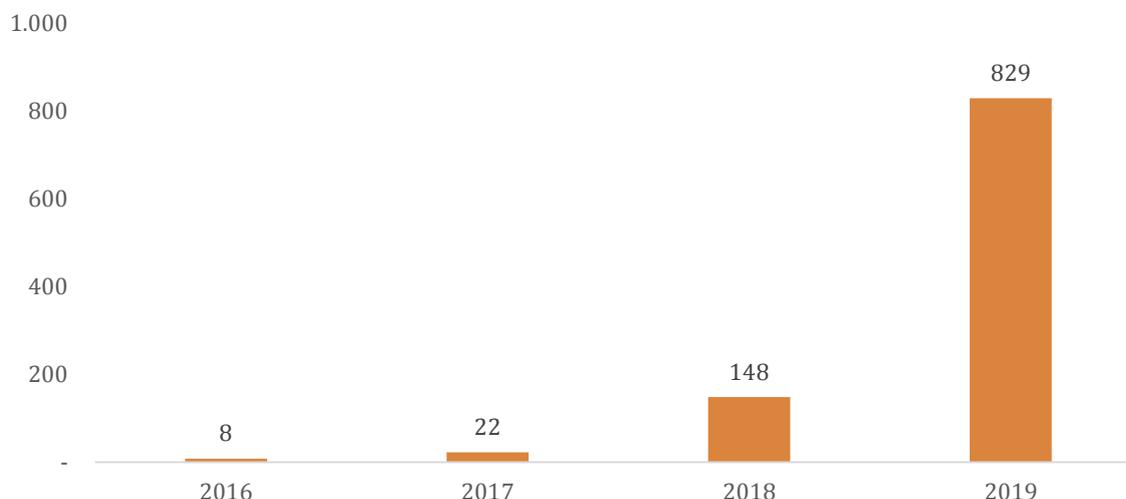


Fonte: Resultado da pesquisa, IparDES (2020).

Apesar do aumento a cada ano, o valor da energia consumida em propriedades rurais no Paraná não apresentou grandes variações, mantendo seu valor próximo da média de 2,3 bilhões de Kilowatt (kW) por ano, fato que pode estar relacionado com elevação nos valores da tarifa da energia elétrica e em questões relacionadas a produção e renda do setor agropecuário. De acordo com dados do IPARDES (2020), entre 2016 e 2019 o PIB do setor cresceu à taxa média de 4,21%. Quanto a energia solar verifica-se um crescimento representativo a cada ano.

Na Figura 3 apresenta-se o número de conexões instaladas em propriedades rurais no Estado entre os anos de 2016 e 2019, e na Figura 4, a potência instalada dessas conexões no mesmo período.

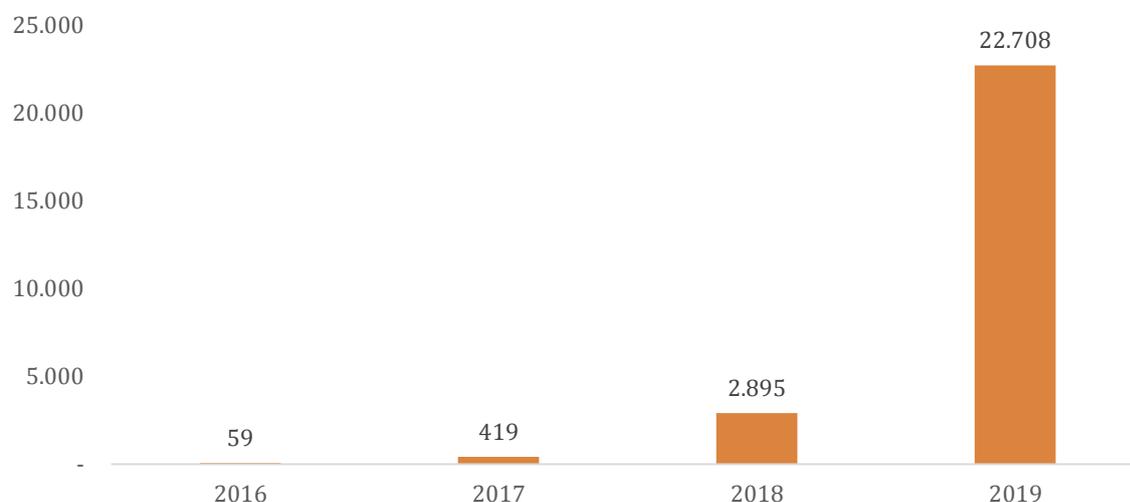
**Figura 3 – Número de conexões fotovoltaicas em propriedades rurais do Estado do Paraná entre os anos de 2016 e 2019**



Fonte: Resultado da pesquisa, Renew Energia (2020).

De acordo com os dados apresentados na Figura 3, houve um aumento exponencial no número de conexões fotovoltaicas no meio rural, passando de 8 conexões em 2016 para 829 em 2019. Conforme pode-se observar, só no ano de 2018 para 2019, o aumento de conexões fotovoltaicas rurais foi de 460%, sendo que a Taxa de Crescimento Anual Composta (CAGR) no período foi de 370%. Esse crescimento exponencial no número de conexões é refletido na potência instalada nas propriedades rurais no Paraná. A Figura 4 destaca-se o crescimento exponencial na potência durante o período analisado.

**Figura 4 – Potência fotovoltaica instalada (kW) em propriedades rurais do Estado do Paraná entre os anos de 2016 e 2019**



Fonte: Resultado da pesquisa, Renew Energia (2020).

DOI: <http://dx.doi.org/10.22295/grifos.v31i57.6710> | Edição Vol. 31, Núm. 57, 2022.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

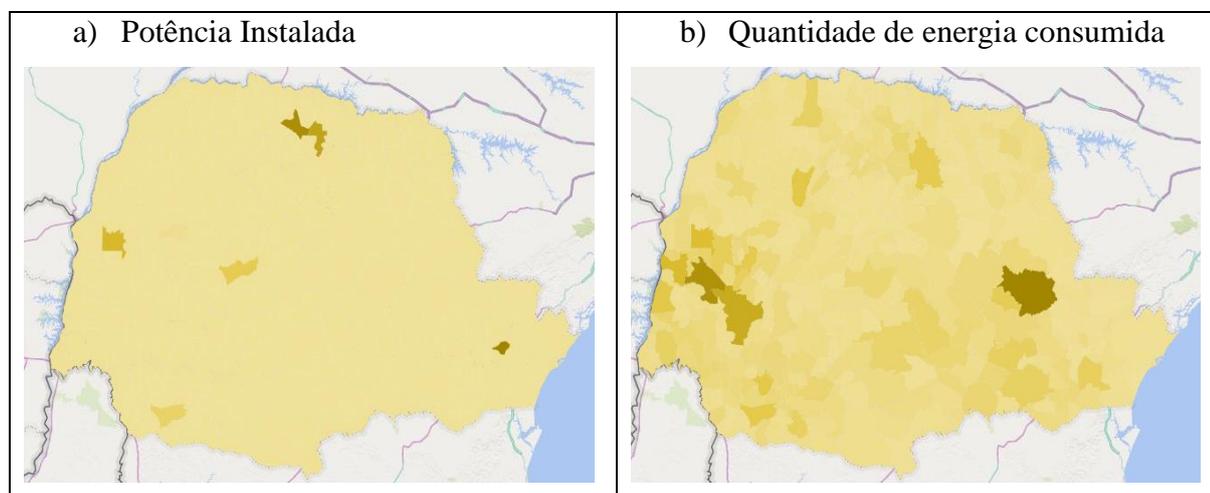
O crescimento de 2018 para 2019 foi de 684%, assim a Taxa de Crescimento Anual Composta no período foi de 627%. A consolidação do mercado de painéis fotovoltaicos, com a disseminação de informações a respeito da tecnologia e a entrada de novas empresas, o que eventualmente ocasiona redução de preços, pode justificar o crescimento verificado. Vieira *et al.* (2021) evidenciam que, entre 2017 e 2020, o mercado de energia fotovoltaico apresentou uma tendência de crescimento na demanda, acompanhado pelo crescimento no número de empresas ofertantes e da redução dos preços dos kits fotovoltaicos. Nesse período, o número de empresas de energia solar atuante foi de 1.680 para 12.000.

Todavia, mesmo com o crescimento desses sistemas de energia solar no meio rural, sua representatividade em relação ao consumo de energia elétrica tradicional ainda era pequena. Esse fato pode ser explicado pelo alto valor de investimento nesses sistemas, embora, venham apresentando redução no seu preço, conforme apontado pelo estudo da Greener (2020).

Pelos dados analisados, pode-se verificar que a média de potência instalada por conexão em 2018 era de 19,56 Kw, e que houve um crescimento significativo para 2019 passando para 27,39 kW. Nas Figuras 2 e 4, verifica-se que a quantidade de potência instalada cresce a uma taxa superior à quantidade de energia consumida no meio rural. Esse crescimento está relacionado aos objetivos das propriedades rurais de buscarem a redução de custos com energia e aumentar sua produção de forma sustentável. Outro fato a ser destacado é a oferta de linhas de financiamento que os produtores têm acesso, o qual possibilita o investimento na tecnologia (ABSOLAR, 2020).

De outro modo, é possível analisar o processo de eletrificação rural através da distribuição espacial do uso da energia solar, comparando a potência instalada e o consumo de energia das propriedades rurais nas cidades do Paraná, entre os anos de 2016 e 2019. Na Figura 5 é apresentado a potência instalada nas propriedades rurais dos municípios do Paraná no ano de 2016 e a quantidade consumida de energia no meio rural do Estado no mesmo ano.

**Figura 5 – Potência fotovoltaica instalada nas propriedades rurais e a quantidade consumida de energia no meio rural nas cidades do Paraná no ano de 2016**



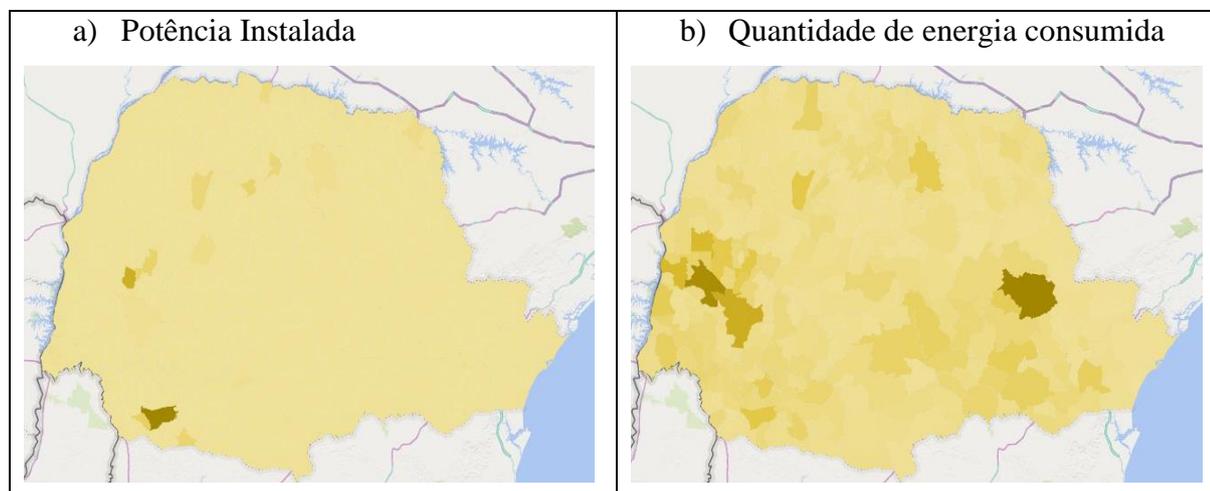
Fonte: Resultados da pesquisa. Renew Energia (2020) Iparides (2020).

Conforme a Figura 5, a potência instalada em 2016 era incipiente, sendo que apenas 8 cidades apresentava o uso de painéis fotovoltaicos em propriedades rurais, com uma média de 7,4 kW de potência instalada, tendo pouca variação de potência entre os municípios. Além disso, pode-se notar que as primeiras instalações começaram de maneira dispersa pelo Estado, próximos a cidade de Curitiba, Londrina, Maringá, Goioerê e Francisco Beltrão. Nessas regiões há uma predominância das atividades de Lavoura Temporária (Curitiba, Londrina e Maringá) e pecuária (Goioerê e Francisco Beltrão), com destaque para produção de milho, soja e de Galináceos. O percentual de potência fotovoltaica instalada em relação a energia consumida pelas propriedades rurais<sup>5</sup> era pouco significativa.

Na Figura 6 é apresentado a potência instalada nas propriedades rurais das cidades do Paraná no ano de 2017 e a quantidade consumida de energia no meio rural nas mesmas localidades do Estado.

<sup>5</sup> Os pontos com maior destaque no mapa “b” se referem as cidades com o maior consumo energético em áreas rurais do Paraná, sendo elas as cidades de Castro, Toledo, Cascavel, Marechal Cândido Rondon e Palotina.

**Figura 6 – Potência fotovoltaica instalada nas propriedades rurais e a quantidade consumida de energia no meio rural nas cidades do Paraná no ano de 2017**

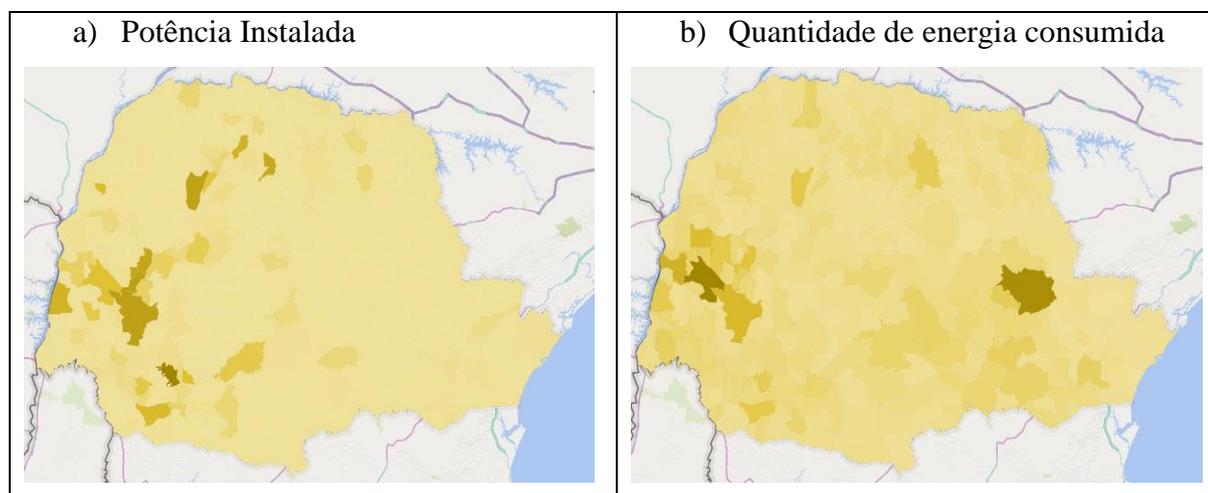


Fonte: Resultados da pesquisa. Renew Energia (2020) IparDES (2020).

Na Figura 6 pode-se perceber uma maior concentração da potência fotovoltaica instalada no meio rural na região de Francisco Beltrão, enquanto na região de Curitiba a potência instalada diminuiu. Apesar do aumento dessa potência, ainda há várias cidades onde esse tipo de tecnologia não representa a eletrificação das propriedades rurais. Em relação a quantidade de energia consumida por propriedades rurais nas cidades do Estado não houve alterações significativas.

Com os dados disponibilizados pelo censo agropecuário de 2017, a respeito do número de estabelecimento rurais no Paraná, verifica-se que aproximadamente 0,01% desses possuíam conexões fotovoltaicas instaladas. Enquanto o percentual de potência fotovoltaico instalado em relação ao de energia consumida por essas propriedades foi de 0,02%. Quanto a média da potência das conexões instaladas, houve um aumento de 7,4 kW de 2016 para 19,06 kW nesse ano. Na Figura 7 analisa-se a potência instalada nas propriedades rurais das cidades do Paraná no ano de 2018 e a quantidade consumida de energia no meio rural nas cidades do Estado.

**Figura 7 – Potência fotovoltaica instalada nas propriedades rurais e a quantidade consumida de energia no meio rural nas cidades do Paraná no ano de 2018**



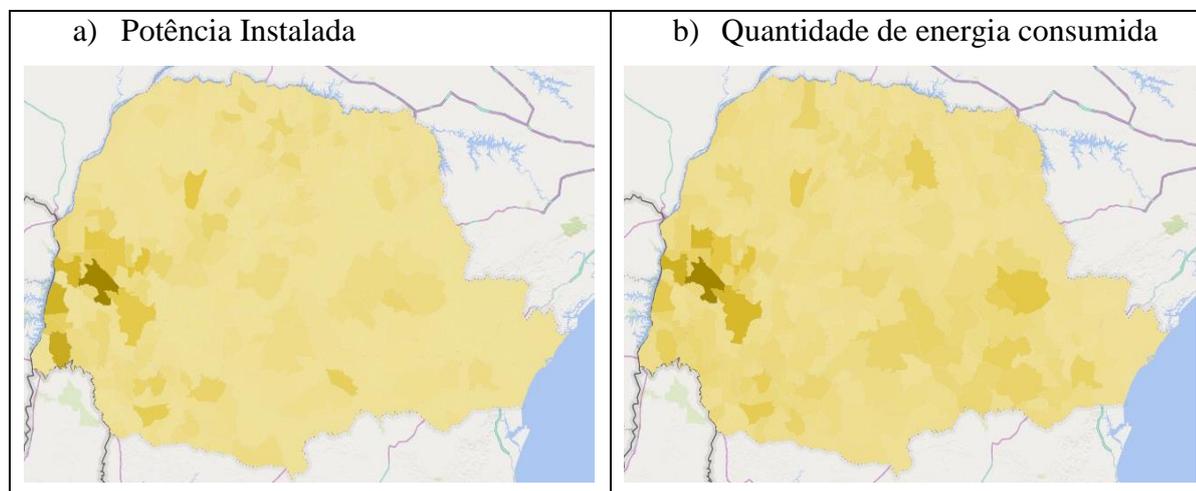
Fonte: Resultados da pesquisa. Renew Energia (2020) Iparides (2020).

Observa-se um aumento significativo na potência fotovoltaica instalada, com uma concentração na região de Francisco Beltrão, Cascavel e Cianorte. Diferente de 2017, quando a potência instalada na região de Curitiba diminuiu, em 2018 verifica-se o funcionamento de aproximadamente dez conexões fotovoltaicas. Destaca-se um aumento das conexões nas regiões onde há maior consumo de energia das propriedades rurais, na região Oeste do Estado. Nesse território, concentra as maiores produções de Pecuário do território paranaense. Dessa forma, naturalmente encontra-se os maiores valores de consumo de energia, principalmente quando se considera a participação da atividade de produção de aves, a qual necessita de elevada utilização de insumo energético. Como forma de reduzir seus custos operacionais e se manterem competitivos, os produtos rurais adotam a energia solar em suas atividades.

Ainda pela Figura 7, a região próxima ao município de Castro (o qual possui a maior quantidade de energia consumida da amostra) não apresentava o uso dos painéis solares no meio rural. Retomando a Figura 1, essa região apresenta um valor menor de produtividade anual, o que pode dificultar a adoção dos painéis fotovoltaicos.

Apesar da média da potência das conexões variar pouco em relação a 2017 (passando de 19,06 kW para 19,56 kW), o percentual de potência instalada sobre a energia consumida passou para 0,12%. Por fim, a Figura 8 mostra a potência instalada nas propriedades rurais das cidades do Paraná no ano de 2019 e a quantidade consumida de energia dessas propriedades.

**Figura 8 – Potência fotovoltaica instalada nas propriedades rurais e a quantidade consumida de energia no meio rural nas cidades do Paraná no ano de 2019**



Fonte: Resultados da pesquisa. Renew Energia (2020) Ipardes (2020).

Em 2019 ocorre o maior aumento no número de conexões durante o período analisado. Verifica-se maior concentração de conexões na região das cidades de Toledo, Cascavel, Marechal Cândido Rondon, Santa Helena e São Miguel do Iguaçu, sendo essas, as que representam maior atividade agropecuária no Paraná e, portanto, maior consumo de energia nas propriedades rurais. Nos municípios citados, destaca-se atividades da Pecuária e criação de outros animais, em especial a criação de Galináceos, nos quais as estruturas demandam elevado custo com energia. Pode-se observar que o maior número de conexões se encontra nas divisas do Estado do Paraná, localização com maior incidência solar e produtividade conforme apresentado na Figura 1.

Destaca-se que a cidade de Castro passa a apresentar conexões fotovoltaicas, enquanto na região litorânea novamente ocorre uma redução no número de conexões, sendo essa a região que apresenta o menor potencial de utilização de energia solar no Estado devido à baixa produção e necessidade energética nas atividades rurais. Além disso, é uma região com menor incidência solar, poucas propriedades rurais e com grandes áreas de preservação ambiental, o que dificulta a adoção da tecnologia. Em 2019 tem-se que a média de potência gerada por cada conexão foi de 27,39 kW o qual representa 0,95% da energia consumida pelas propriedades rurais no Paraná.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela pesquisa realizada nota-se que o crescimento da utilização da energia solar é um fenômeno mundial e que pode trazer benefícios para as propriedades rurais, pelo fato de, em muitos casos, lidarem com altos custos de transmissão devidos a suas atividades operacionais. Nesse aspecto, a eletrificação por meio de sistemas fotovoltaicos, é uma inovação que pode ser um fator que promova o desenvolvimento humano, econômico e social ao possibilitar maior acesso à eletricidade e promover maior competitividade aos estabelecimentos agrícolas ao reduzir os custos atrelados a energia sem provocar grandes externalidades negativas ao meio ambiente.

O Paraná apesar de ter sua matriz energética concentrada na dependência de hidroelétricas, e de não ser um dos estados do Brasil que apresenta o maior potencial de produtividade de energia solar, vem apresentando um aumento exponencial na utilização de conexões fotovoltaicas e, conseqüentemente de potência instalada em propriedades rurais, mostrando que há espaço para o crescimento da adoção dessa fonte de energia limpa e renovável nesse meio. Conforme verificado na pesquisa, os anos de 2018 e 2019 foram os que apresentaram o maior crescimento da utilização da tecnologia de painéis solares, isso mostra que a eletrificação rural no Paraná por meio da geração de energia solar é um fenômeno recente e que vem sendo cada vez mais disseminado entre as diferentes regiões do estado.

Considerando os dados obtidos na pesquisa, tem-se que o posicionamento geográfico das conexões dos sistemas fotovoltaicos no Paraná concentra-se justamente nas áreas onde há maior incidência solar e, portanto, maior produtividade na geração de energia. Além disso, o uso da tecnologia ocorre principalmente nas regiões onde há a predominância de atividades da pecuária, em especial a avicultura, como nas cidades de Toledo, Cascavel, Marechal Cândido Rondon, Santa Helena e São Miguel do Iguaçú.

Mesmo com o crescimento desses sistemas de energia solar no meio rural, a representatividade deles em relação ao consumo de energia elétrica tradicional é relativamente baixo. Desse modo, destaca-se a importância de criar políticas públicas para aumentar a taxa de adoção desta inovação ambientalmente sustentável. Ou seja, é importante salientar a participação do Governo em criar programas (além do PRODEEM e Luz Para Todos), incentivos e acesso ao crédito, para promover uma maior utilização dessa fonte de energia no meio rural. Atrelado a esses programas, deve-se buscar a capacitação

dos produtores rurais por meio dos trabalhos de extensão rural, a fim de utilizar essa tecnologia de maneira mais eficiente, agregando todos os benefícios que ela pode proporcionar.

Ainda há espaço para que a geração de energia através da luz solar nas propriedades rurais seja predominante na matriz energética do estado do Paraná, entretanto, é possível verificar que o uso dessa fonte renovável e sustentável de energia vem aumentando sua complementariedade no consumo energético das propriedades rurais, a uma taxa de crescimento exponencial e que ainda há muito espaço para o crescimento dessa energia limpa.

## REFERÊNCIAS

- ABSOLAR. **Energia solar em propriedades rurais cresce 120% no 1º semestre de 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-em-propriedades-rurais-cresce-120-no-1o-semester-de-2020/>. Acesso em: 08 nov. 2021.
- ALMEIDA, Raissa da Matta; SOUZA, Regina Celeste de Almeida; MOUSINHO, Maria Cândida Arrais de Miranda. **Brasil e Índia: eletrificação rural e energia de fontes renováveis**. Salvador: Unifacs, 2013.
- ANEEL. **Atlas da energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008.
- ANEEL. **Renew energia**. Disponível em: <http://renewenergia.com.br/portalbianceel/>. Acesso em: 29 ago. 2020.
- AZEVEDO, A. C. S. *et al.* **Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos Ambientais e Políticas Públicas**. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental. Florianópolis, n. esp., p.628-642, 2015. Disponível em: . Acesso em: 13 mai. 2017.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente**. 3º. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, [s. l.], 2012.
- CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**, 2014. Disponível em < [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf) > Acesso em: Janeiro, 2017.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2016: Ano base 2015**, Rio de Janeiro: EPE. 2016.



- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª ed. Editora Atlas. São Paulo, 2008
- GREENER. Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída 4º Trimestre de 2019. [s.l.] 2020. Disponível em:  
<https://www.greener.com.br/entrar/?redirect=https%3A%2F%2Fwww.greener.com.br%2Fpesquisas-de-mercado%2Festudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-4o-trimestre-de-2019%2F>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- IPARDES. **Base de Dados do Estado**. Disponível em:  
<http://www.ipardes.pr.gov.br/imp/index.php>. Acesso em: 29 ago. 2020.
- IPARDES. **Cadernos municipais**. Disponível em:  
<http://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Cadernos-municipais>. Acesso em: 05 nov. 2021.
- IPARDES. **Paraná em Números**. Disponível em:  
<http://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Parana-em-Numeros>. Acesso em: 07 nov. 2021.
- IPARDES. **PIB Trimestral do Paraná**. 2020. Disponível em:  
<http://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/PIB-Trimestral-do-Parana>. Acesso em: 08 nov. 2021.
- KINCESKI, Victor Luiz Milanez *et al.* **Comparação de custos entre fornecimento de energia elétrica por rede de distribuição rural convencional e sistema de geração fotovoltaica off-grid no Estado do Paraná**. Ponta Grossa: Cescage, 2014.
- LOVATO, Siusiane. **Análise do processo de implementação das ações integradas do Programa Luz Para Todos em uma comunidade rural: uma perspectiva de análise de desenvolvimento protagonizada pelos atores locais**. 2009. 137p. Programa de Pós-Graduação em Administração – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- MME, Ministério de Minas e Energias. “**Balço Energético Nacional 2016: ano base 2015**”, 2016a. Disponível em:  
[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf). Acesso em: 29 ago. 2020.
- NREL. National Renewable Energy Laboratory. **Glossary of Solar Radiation Resource Terms: National Renewable Energy Laboratory**. 2014. Disponível em:  
<https://data.globalchange.gov/organization/national-renewable-energy-laboratory>. Acesso em: 29 ago. 2020
- OLIVEIRA, Luciana Corrêa de. **Perspectivas para a eletrificação rural no novo cenário econômico-institucional do setor elétrico brasileiro**. 2001. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- ONU, Organização das Nações. **Energia Limpa e Acessível**. 2020. Disponível em:  
<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods7/>. Acesso em: 7 set. 2020.
- PRADO, J. A. do. **Uma experiência de cooperativa na eletrificação rural e a nova legislação para as cooperativas**. Rev. PCH Notícias & SHP News, Itajubá, 2003 - trimestral, ano 5, n.17. p. 20-23.
- PRATES, José; ZAICOVSKI, Marcelo B.; GUETTER, Alexandre K.. **Inventário de Energia Solar no Paraná**. Curitiba: Instituto Tecnológico Simepar, 2015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22295/grifos.v31i57.6710> | Edição Vol. 31, Núm. 57, 2022.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

TIEPOLO, G. **Estudo do Potencial de Geração de Energia Elétrica Através de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede no Estado do Paraná**. Tese de doutorado – Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2015.

TIEPOLO, Gerson Máximo *et al.* **Comparação do potencial fotovoltaico do estado do paraná com outros estados e Europa: resultados parciais**. Belo Horizonte: VI Congresso Brasileiro de Energia Sol, 2016.

TIEPOLO, Gerson Máximo *et al.* **Estudo do Potencial de Participação das Fontes Renováveis de Energia na Matriz Elétrica do Estado do Paraná**. Curitiba: IX Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2014.

URBANETZ JR, Jair. **Introdução A Energia Solar Fotovoltaica E O SFVCR Do Escritório Verde Da UTFPR Curitiba**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Instituto de Engenharia do Paraná – IEP, 2014. Disponível em: Acesso em: 02 set. 2016

VIEIRA, Matheus Felipe Ziermann *et al.* **ESTRUTURA DO MERCADO BRASILEIRO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS**. In: SENHORAS, Elói Martins. *Do Indivíduo à Nação: a economia em tudo que se vive*. Ponta Grossa: Atenas, 2021. p. 49-53.

