

## 16º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2025

### MAPEAMENTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA MESORREGIÃO DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

GABRIELLY DIAS FERNANDES<sup>1</sup>, ALEXANDRE FORNARO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Bacharelado em Engenharia Elétrica, Bolsista PIBIC CNPq, campus Votuporanga; e-mail: dias.gabrielly@aluno.ifsp.edu.br

<sup>2</sup> Professor do IFSP, campus Votuporanga; e-mail: alexandre.fornaro@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 7.06.01.00-3 Geografia Humana

**RESUMO:** O presente projeto investigou a geografia da energia solar fotovoltaica, com o objetivo de mapear sua produção na mesorregião de São José do Rio Preto, São Paulo. A pesquisa utilizou um método dialético para discutir a produção de energia, seus benefícios econômicos e contradições financeiras e ambientais. Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema, incluindo dados sobre a produção de energia solar no Brasil, seu marco regulatório, custos, benefícios e requisitos de instalação e eficiência. A motivação do estudo foi a necessidade de avaliar a aptidão da região para a produção de energia solar em diversas escalas, considerando investimentos, acessibilidade tecnológica e o novo marco regulatório. Adicionalmente, buscou-se analisar os motivos da adesão à tecnologia, a preocupação ambiental e o apoio político, explorando aspectos econômicos e geográficos regionais. O projeto focou no levantamento de dados geográficos da produção fotovoltaica no Brasil, na construção de gráficos, tabelas e material cartográfico. Espera-se concluir se a região é apta para grandes proporções de micro e minigeração de energia solar fotovoltaica.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia solar; fotovoltaica; São José do Rio Preto; irradiação; políticas públicas.

### MAPPING OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY GENERATION IN THE MESOREGION OF SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

**ABSTRACT:** This project investigated the geography of photovoltaic solar energy, aiming to map its production in the mesoregion of São José do Rio Preto, São Paulo. The research used a dialectical method to discuss energy production, its economic benefits, and its financial and environmental contradictions. A bibliographic review on the topic was conducted, including data on solar energy production in Brazil, its regulatory framework, costs, benefits, and installation and efficiency requirements. The study's motivation was the need to assess the region's suitability for solar energy production at various scales, considering investments, technological accessibility, and the new regulatory framework. Additionally, the study sought to analyze the reasons for adopting the technology, environmental concerns, and political support, exploring regional economic and geographical aspects. The project focused on surveying geographical data of photovoltaic production in Brazil and creating graphs, tables, and cartographic material. The goal is to conclude whether the region is suitable for large-scale micro and mini-generation of photovoltaic solar energy.

**KEYWORDS:** solar energy; photovoltaic; São José do Rio Preto; irradiation; public policies.

### INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o avanço tecnológico intensificam a demanda energética global, tornando a energia elétrica essencial. Nesse cenário, fontes renováveis como a energia solar

fotovoltaica emergem como alternativas estratégicas para a matriz energética brasileira. Apesar do alto potencial de irradiação solar no Brasil, entraves como o acesso limitado à tecnologia, o domínio de grandes empresas no setor energético e as políticas públicas levantam questões sobre a democratização dessa fonte. Será que toda a população tem acesso à energia solar, e a infraestrutura existente é suficiente para seu crescimento?

Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo principal produzir material cartográfico da produção e potência instalada de energia solar fotovoltaica na mesorregião de São José do Rio Preto. Buscou-se analisar o potencial técnico e climático da área, seu aproveitamento efetivo e como os instrumentos regulatórios e políticas públicas impactam o crescimento da energia solar na região. A metodologia incluiu levantamento e análise de dados geográficos, econômicos e energéticos, visando a construção de representações visuais. Propôs-se também uma análise crítica da atuação dos setores público e privado, discutindo a necessidade de políticas que promovam uma expansão equitativa e sustentável. A relevância socioeconômica e ambiental justifica este estudo, considerando a mesorregião de São José do Rio Preto um território propício para análise da implementação da tecnologia no Brasil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo adotou uma abordagem metodológica que incluiu o levantamento bibliográfico e a análise de dados geográficos e energéticos. Utilizou-se como perspectiva para a discussão uma análise sobre a produção regional de energia fotovoltaica em comparação com a evolução no país e seus possíveis benefícios econômicos à população e suas contradições, junto com os aspectos regulatórios e ambientais.

A pesquisa envolveu o levantamento de informações em sites especializados em trabalhos acadêmicos e na biblioteca do campus IFSP, focando na produção de energia solar fotovoltaica no Brasil, seu marco regulatório, custos, benefícios e condições necessárias para a eficiência e instalação da tecnologia.

Para a representação e análise dos dados, foram construídos gráficos e tabelas, além da confecção de material cartográfico. Este material visual teve como objetivo principal ilustrar a distribuição da energia solar pela expansão territorial, com foco na mesorregião de São José do Rio Preto, no noroeste paulista. A análise de dados geográficos e econômicos permitiu avaliar a adequação da região para diferentes escalas de produção de energia solar, bem como a identificar investimentos e acessibilidade à tecnologia, considerando o novo marco regulatório e a atuação dos setores público e privado.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O crescimento da demanda por energia elétrica impulsionou a busca por fontes renováveis como a solar. No Brasil, apesar do alto potencial de irradiação solar (Ferreira, 2017; Dino, 2019), a produção de energia solar fotovoltaica é incipiente, iniciada em 2012, e ainda pouco difundida em comparação com a matriz hidráulica, que ocupa 45,1% da matriz energética. A energia solar pode complementar a hidrelétrica em períodos de seca e contribuir para a demanda energética nacional, além de reduzir a sobrecarga na rede elétrica. A matriz energética brasileira, conforme dados de 2025 da ABSOLAR, mostra a significativa participação da energia hidráulica (45,1%), enquanto a solar fotovoltaica, apesar de um destaque de crescimento de 4% em janeiro de 2025, ocupa uma parcela consideravelmente menor.

A irradiação solar é a principal variável para a produção fotovoltaica, e o Brasil possui altos índices, superando países como Alemanha e China em potencial (Dino, 2019; Ferreira, 2017). O "Atlas Brasileiro de Energia Solar" (2017) apresenta um mapa de irradiação global horizontal diária no Brasil que visualmente demonstra que as regiões brasileiras, mesmo as menos ensolaradas, possuem índices superiores a áreas mais ensolaradas da Alemanha, por exemplo. No entanto, esses países são líderes em produção devido a fortes incentivos governamentais e políticas públicas disseminadas (Zhang, 2013). No Brasil, as políticas existentes enfrentam burocracia e falta de disseminação (Silva, 2015), e a Lei nº 14.300/2022, que ficou conhecida como "taxação do Sol", desestimula a adesão ao on-grid, impactando o custo-benefício para a população (Filgueira, 2021). A privatização do setor energético brasileiro e a "psicoesfera" (Santos) que favorece o privado dificultam a expansão coordenada e socialmente orientada da energia solar.

Incidentes como os ônibus elétricos parados em São Paulo por falta de infraestrutura da ENEL e o blecaute na Europa em 2025 devido à sobrecarga da rede (apesar da alta geração renovável) ilustram a necessidade de investimentos robustos em infraestrutura de controle para lidar com a intermitência das fontes renováveis. Um gráfico do Orçamento Federal Brasileiro pago para cada setor no ano de 2024 (Auditoria Cidadã da Dívida, 2024) evidencia que apenas 0,0215% do orçamento total foi destinado ao setor de energia, revelando um capital insuficiente para aprimorar a infraestrutura e prevenir falhas como blecautes.

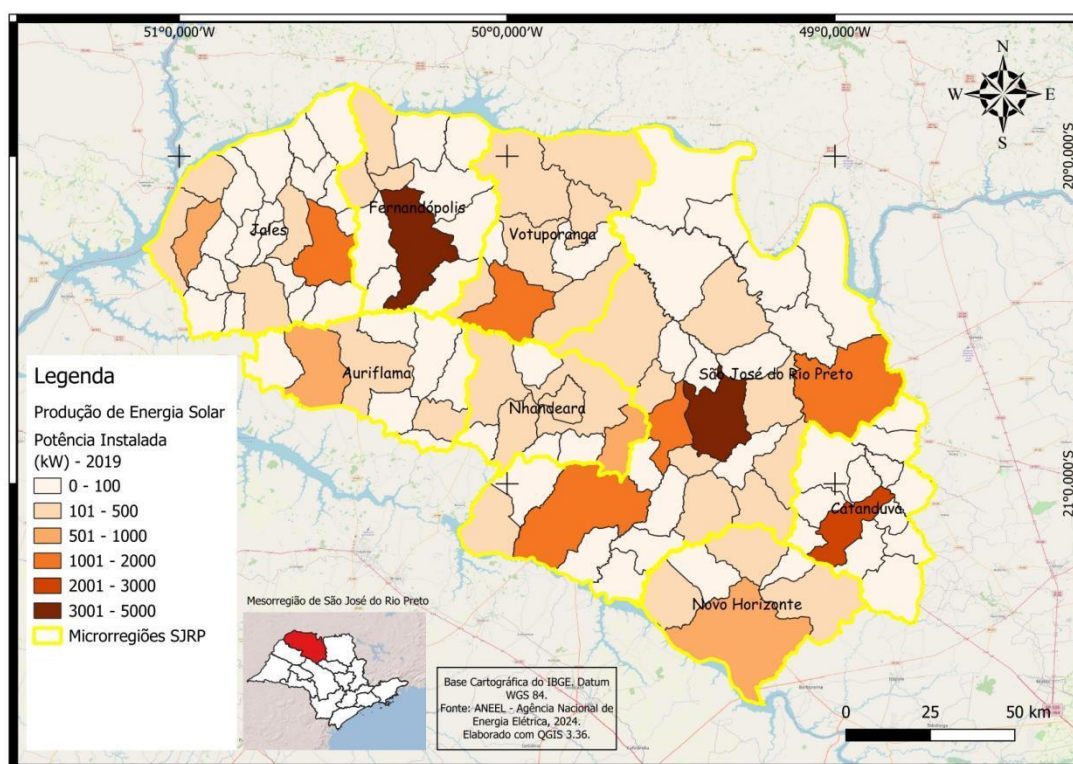
O Brasil também possui grandes reservas de silício, matéria-prima para módulos solares, mas carece de tecnologia de dopagem para a produção nacional (Silva, 2015; Atlas, 2013). A falta de desenvolvimento industrial nesse setor e a diminuição do interesse e investimento reforçam a dependência externa.

O estado de São Paulo, especialmente a região noroeste, incluindo a mesorregião de São José do Rio Preto, apresenta alto potencial de irradiação solar, comparável ao Nordeste brasileiro (Atlas, 2013; Silva, 2015). O "Atlas Brasileiro de Energia Solar, São Paulo" (2013) exibe um mapa da incidência solar global média anual por município no estado de São Paulo que confirma que a região norte do estado e o noroeste, onde São José do Rio Preto se localiza, possuem os maiores índices. Um mapa específico da incidência solar global média anual na mesorregião de São José do Rio Preto (Atlas, 2013) detalha que a região apresenta níveis elevados de incidência solar ao longo do ano, com valores médios entre 5,41 e 5,60 kWh/m<sup>2</sup> por dia, posicionando-a entre as mais favoráveis do estado para a geração fotovoltaica.

A Tabela 1 demonstra o significativo aumento da potência instalada e das unidades de geração solar em São Paulo e nos municípios da mesorregião de São José do Rio Preto entre 2019 e 2024. Votuporanga, por exemplo, teve uma variação de 11245,13% na potência instalada, superando São José do Rio Preto (977,01%), apesar de ser menor em extensão e população. Isso pode ser atribuído a maiores temperaturas e incidência solar em Votuporanga.

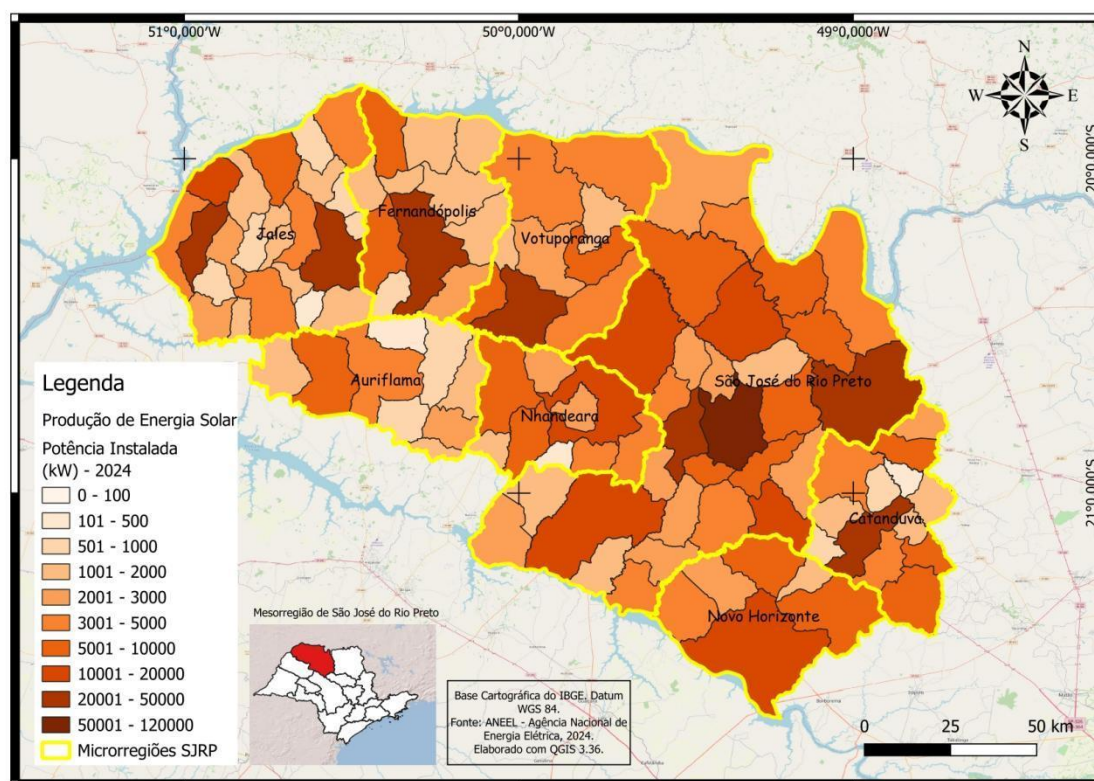
A mesorregião de São José do Rio Preto sempre demonstrou um forte potencial para a geração de energia fotovoltaica. Os mapas comparativos de potência instalada e quantidade de unidades de microgeração entre 2019 e 2024 confirmam que esse potencial começou a ser efetivamente explorado ao longo dos últimos anos.

FIGURA 1 - Mapa de potência instalada em kW na mesorregião de São José do Rio Preto em 2019.



Fonte: Base cartográfica do IBGE. Datum WGS 84. ANEEL, 2024. Elaborado com QGIS 3.36. Elaborado pelos autores.

FIGURA 2 - Mapa de potência instalada em kW na mesorregião de São José do Rio Preto em 2024.



Fonte: Base cartográfica do IBGE. Datum WGS 84. ANEEL, 2024. Elaborado com QGIS 3.36. Elaborado pelos autores.

Em 2019, observou-se no mapa de potência instalada (Figura 1) uma distribuição ainda tímida de geração solar na mesorregião, com a maioria dos municípios concentrados em faixas de 0 a 500 kW, e apenas alguns centros como São José do Rio Preto, Catanduva e Fernandópolis em faixas superiores. A predominância de tons claros evidenciava um aproveitamento limitado do potencial. Cinco anos depois, o mapa de potência instalada em 2024 (Figura 2) mostra um avanço notável: a maior parte dos municípios passou a integrar faixas mais elevadas de potência instalada, muitas delas superiores a 5.000 kW, com destaque para São José do Rio Preto, Votuporanga, Catanduva e Novo Horizonte. Este mapa exibe um visível adensamento de tons escuros, indicando um crescimento expressivo na adoção de sistemas fotovoltaicos, apesar da falta de políticas públicas de incentivo. Similarmente, os mapas de unidades instaladas em 2019 e 2024 revelam uma transição de maioria de municípios com 11 a 300 unidades para diversos municípios com 1.000 a mais de 10.000 unidades em 2024, demonstrando a disseminação da geração distribuída.

O aumento da potência instalada (kW) e das unidades de geração de energia solar entre 2019 e 2024 na mesorregião de São José do Rio Preto é notável, conforme dados da ANEEL (2025). O município de Votuporanga, por exemplo, demonstrou um crescimento excepcional, passando de 1.245,13 kW em 2019 (com 164 unidades) para 14.723,29 kW em 2024 (com 2.011 unidades), representando uma variação total de potência instalada de 11245,13% e um aumento de 1.847 unidades. São José do Rio Preto, com maior população e PIB, também apresentou um crescimento robusto, de 3.611,71 kW (447 unidades) em 2019 para 35.286,80 kW (4.716 unidades) em 2024, resultando em uma variação de 977,01% na potência e um acréscimo de 4.269 unidades. Jales, Catanduva e Fernandópolis também registraram aumentos significativos, com variações de potência instalada de 558,10%, 593,46% e 489,94%, respectivamente. Em nível estadual, São Paulo viu sua potência instalada saltar de 178.175,85 kW (17.919 unidades) para 1.556.718,85 kW (157.676

unidades), um aumento de 873,70%. No contexto nacional, o Brasil cresceu de 1.588.338,26 kW (123.114 unidades) para 9.358.989,36 kW (841.172 unidades), com uma variação de 589,23% na potência total.

Essa análise demonstra que, embora São José do Rio Preto, como polo mais populoso, tenha um grande volume de potência instalada, Votuporanga superou-o em variação percentual de crescimento. Isso sugere que a incidência solar mais favorável em Votuporanga, pode ter contribuído para uma adesão proporcionalmente maior à energia solar, mesmo com menor extensão territorial e população.

Ao analisar a potência instalada, população e PIB dos municípios da mesorregião de São José do Rio Preto em 2024 (dados da ANEEL, 2025), observa-se que São José do Rio Preto possui a maior potência instalada (117.416,48 kW), população (501.597 habitantes) e PIB (R\$ 20.962.616,00), o que é esperado para o principal centro regional. Votuporanga, com 41.638,93 kW de potência instalada, 100.159 habitantes e PIB de R\$ 3.862.539,00, destaca-se. Jales (26.356,70 kW, 50.017 habitantes, PIB R\$ 1.982.125,00), Catanduva (35.467,52 kW, 119.172 habitantes, PIB R\$ 5.218.361,00) e Fernandópolis (31.438,61 kW, 73.286 habitantes, PIB R\$ 2.468.766,00) seguem com números significativos. Para ilustrar a relação entre PIB e potência instalada, mesmo com populações similares, podemos comparar Tanabi e Bady Bassitt. Ambos possuem uma população numericamente próxima. No entanto, Tanabi apresenta uma potência instalada de 17.170,64 kW e um PIB de R\$ 1.323.669,00, enquanto Bady Bassitt possui uma potência instalada de apenas 7.558,58 kW e um PIB de R\$ 551.846,00. Essa comparação evidencia que, embora a população seja um fator relevante para a demanda energética, o Produto Interno Bruto (PIB) do município, que reflete sua capacidade econômica e de investimento, tende a ser um indicador mais forte para a potência instalada de energia solar fotovoltaica. Municípios com maior dinamismo econômico e, consequentemente, maior PIB, possuem maior capacidade de investir em tecnologias como a energia solar, impulsionando a potência instalada localmente.

## **CONCLUSÕES**

A mesorregião de São José do Rio Preto possui alto potencial para a geração de energia solar fotovoltaica, devido à elevada irradiação solar, o que foi corroborado pelo expressivo crescimento da potência instalada e do número de unidades de microgeração entre 2019 e 2024. Os resultados indicam que, apesar dos desafios regulatórios e da falta de políticas públicas robustas, o potencial técnico e climático da região tem sido cada vez mais aproveitado, impulsionando a sustentabilidade e a economia local.

Contudo, a análise da matriz energética brasileira e o comparativo com países líderes como Alemanha e China evidenciam que o desenvolvimento pleno da energia solar no Brasil é dificultado por um modelo institucional que prioriza o setor privado, pela burocracia e pela insuficiência de investimento público na infraestrutura do setor.

Para que o Brasil se torne líder na produção de energia solar e aproveite integralmente seu potencial, é fundamental a constituição de políticas públicas mais eficazes e o direcionamento de maiores investimentos em pesquisa, desenvolvimento tecnológico e infraestrutura de rede, garantindo a democratização do acesso e a soberania energética.

## **CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES**

Todos os autores contribuíram com a produção e revisão do trabalho apresentado para a versão final.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) pelo suporte e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica - PIBIC.

## **REFERÊNCIAS**

ATLAS BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR. São José dos Campos: EPE, 2013.

AUDITORIA CIDADÃ DA DÍVIDA. Sistema da dívida: a sangria continuou em 2024. 2024. Disponível em: <https://auditoriacidada.org.br/conteudo/sistema-da-divida-a-sangria-continuou-em-2024-leia-artigo-da-acd-no-monitor-mercantil/>. Acesso em: 20 maio 2025.

DINO, R. A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável. 2019.

FERREIRA, J. O. Energia Solar Fotovoltaica: Potencial e Viabilidade de Geração no Brasil. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

FILGUEIRA, T. O impacto da nova lei da energia solar no Brasil. 2021.

SÃO PAULO. Energia Solar Paulista. Secretaria de Energia e Mineração, Governo do Estado de São Paulo, 2013.

SILVA, C. G. Análise do Potencial de Geração de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ZHANG, L. Solar Energy Policy in China. 2013.

ZHANG, L. The Role of Solar Energy in Poverty Alleviation in China. 2020.