

Instalação de sistemas fotovoltaicos em Paracatu/MG: características e indicadores

Installation of photovoltaic systems in Paracatu/MG: characteristics and indicators

Instalación de sistemas fotovoltaicos en Paracatu/MG: características e indicadores

JOÃO MARCOS MARTINS SILVA¹

ALÉX GOMES DA SILVA²

RESUMO

Com a crescente busca por fontes sustentáveis para a geração de energia, a energia solar tornou-se uma ótima opção na preservação ambiental, além de promover economia na conta de luz, com diversos tipos de sistemas para demandas diferentes. Dito isto, este trabalho buscou entender as características e os indicadores dos sistemas fotovoltaicos instalados em Paracatu, Minas Gerais (MG). A pesquisa, de cunho qualitativo, guiou-se pelo campo descritivo, com base em levantamento bibliográfico, além da coleta e análise de dados, sendo estes categorizados em quantidade de sistemas em operação, de potência instalada, a modalidade de geração, a quantidade de unidades consumidoras observando a classe de consumo, a faixa de potência e o consumo faturado de cada classe. A fundamentação teórica baseou-se nos estudos relacionados ao uso da energia solar por empresas e domicílios, destacando os benefícios do uso dessa fonte renovável de energia. Os dados foram coletados no *dashboard* do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae-MG) e mostraram a utilização da energia fotovoltaica, principalmente para gerar créditos às residências e para o meio rural, com a maior presença de geração distribuída nessas classes, sendo a maioria micro e pequenas unidades geradoras de distribuição. Conclui-se que há um amplo mercado a ser explorado por empresas do setor, além de reduzida opção pela modalidade de geração compartilhada, pouco proveito da energia solar pelo poder público e a necessidade de maior divulgação, incentivos e campanhas para promover a implantação de sistemas fotovoltaicos no referido município.

Palavras-chave: energia solar; indicadores; sistemas fotovoltaicos; Paracatu-MG.

ABSTRACT

With the growing search for sustainable sources of energy generation, solar energy has become a great option for environmental preservation and savings on electricity bills, with several types of systems for different demands. This study sought to understand the characteristics and indicators of photovoltaic systems installed in Paracatu-MG. The qualitative research was guided by the descriptive field, bibliographic survey, and data collection and analysis, which were categorized into number of consumption generators, installed power, generation method, number of consumer units observing the consumption class, power range and billed consumption of each class. The theoretical basis was based on studies related to the use of solar energy by companies and households, as well as highlighting the benefits of using this renewable energy source. The data were collected through the Sebrae-MG dashboard and showed the use of photovoltaic energy, mainly to generate credits for homes and rural areas, with the greatest presence of distributed generation in these classes, the majority being micro and small distribution generating units. It is concluded that there is a broad market to

1 Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM). ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-3689-1079>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5414297995292730>. E-mail: joao.ms@estudante.iftm.edu.br.

2 Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8881-3301>. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6774244541530767>. E-mail: alexgomes@iftm.edu.br.

be explored by companies in the sector, the limited option for the shared generation modality, little use of solar energy by the government and the need for greater dissemination, incentives and campaigns to promote the implementation of photovoltaic systems in the aforementioned municipality.

Keywords: solar energy; indicators; photovoltaic systems; Paracatu-MG.

RESUMEN

Con la creciente búsqueda de fuentes sostenibles para la generación de energía, la energía solar se ha convertido en una excelente opción para la preservación del medio ambiente, además de promover el ahorro en la factura de la luz, con diferentes tipos de sistemas para diferentes demandas. Dicho esto, este trabajo buscó comprender las características y los indicadores de los sistemas fotovoltaicos instalados en Paracatu, Minas Gerais (MG). La investigación, de carácter cualitativo, se guió por el campo descriptivo, basándose en una revisión bibliográfica, además de la recopilación y el análisis de datos, que se clasificaron en cantidad de sistemas en funcionamiento, potencia instalada, modalidad de generación, cantidad de unidades consumidoras observando la clase de consumo, el rango de potencia y el consumo facturado de cada clase. La fundamentación teórica se basó en estudios relacionados con el uso de la energía solar por parte de empresas y hogares, destacando los beneficios del uso de esta fuente de energía renovable. Los datos se recopilaron en el panel de control del Servicio Brasileño de Apoyo a las Micro y Pequeñas Empresas (Sebrae-MG) y mostraron el uso de la energía fotovoltaica, principalmente para generar créditos a los hogares y al medio rural, con una mayor presencia de la generación distribuida en estas clases, siendo la mayoría micro y pequeñas unidades generadoras de distribución. Se concluye que existe un amplio mercado por explotar por las empresas del sector, además de una reducida opción por la modalidad de generación compartida, un escaso aprovechamiento de la energía solar por parte de las autoridades públicas y la necesidad de una mayor difusión, incentivos y campañas para promover la implantación de sistemas fotovoltaicos en dicho municipio.

Palabras clave: energía solar; indicadores; sistemas fotovoltaicos; Paracatu-MG.

1 INTRODUÇÃO

A energia solar tem se destacado como uma das principais alternativas sustentáveis para suprir a crescente demanda energética mundial. Proveniente da radiação solar, essa fonte de energia, limpa e renovável, tornou-se uma solução promissora para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os impactos ambientais associados à geração tradicional de eletricidade. O uso em larga escala dos sistemas fotovoltaicos poderá reduzir a demanda por investimentos em linhas de transmissão e adiar a construção de usinas baseadas em fontes convencionais de energia (Villalva, 2012). Para Almeida *et al.* (2015, p. 31) “[...] o sol, como recurso energético possível de gerar energia elétrica, vem ganhando reconhecimento e representatividade na matriz energética brasileira. Uma das tecnologias que utilizam tal recurso [...] é a energia solar fotovoltaica”.

Dada a importância dessa fonte de energia, o objetivo principal desta pesquisa foi apresentar indicadores da instalação de sistemas fotovoltaicos no município de Paracatu (MG), coletando dados relativos aos projetos e às características dos painéis solares instalados, além de relacionar benefícios do uso da energia solar. Assim, foram coletados e analisados os seguintes indicadores:

capacidade instalada, taxa de crescimento, taxa de aquisição baseada na quantidade de usinas por classe de consumo e taxa de aquisição por faixa de potência instalada.

2 ENERGIA SOLAR: IMPORTÂNCIA E DESAFIOS

A energia fotovoltaica refere-se à transformação da energia solar em energia elétrica, através de células fotovoltaicas (feitas de materiais semicondutores). Estas, ao serem atingidas pela luz solar, que é absorvida, liberando elétrons, cria uma corrente elétrica.

Essa fonte de energia ajuda a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e a pegada de carbono, “[...] sendo uma das alternativas consideradas mais promissoras para a geração de energia sustentável” (Silva; Araújo, 2022, p. 868). Pode ser usada imediatamente, armazenada em baterias para uso posterior, ou enviada para a rede de distribuição local para gerar créditos de energia que podem ser usados posteriormente quando não houver geração ou essa não for suficiente para atender o consumo atual.

A questão da preservação ambiental tem sido tratada como um grande desafio no século atual, por ser urgente a necessidade de aliar conservação, progresso e qualidade de vida, sem esgotar os recursos naturais. “Sem dúvida, um esforço mundial já vem sendo desenvolvido para o uso cada vez mais intenso das energias de fontes renováveis que causem menor impacto socioambiental nos próximos anos” (Martins; Pereira, 2019, p. 19).

Entre outras vantagens para o maior investimento na utilização de sistemas fotovoltaicos no Brasil, considera-se que o país apresenta características muito favoráveis a este tipo de geração de energia devido às elevadas taxas de incidência e irradiação solar e pela alta produção de silício, material utilizado na fabricação das placas solares (Silva; Araújo, 2022).

Esse aspecto também é evidenciado por Tolmasquim (2016, p. 328) ao afirmar:

O Brasil está situado quase que totalmente na região limitada pelos Trópicos de Câncer e de Capricórnio, de incidência mais vertical dos raios solares. Esta condição favorece elevados índices de incidência da radiação solar em quase todo o território nacional, inclusive durante o inverno, o que confere ao país condições vantajosas para o aproveitamento energético do recurso solar.

A fundamentação teórica desta pesquisa foram estudos relacionados ao uso da energia solar por empresas e domicílios, destacando os benefícios do uso dessa fonte renovável de energia. Nesse contexto, destacam-se autores como Villalva (2012), Martins e Pereira (2019), Ayrão (2018), Almeida *et al.* (2015), Silva e Araújo (2022), Burattini (2008), Vian *et al.* (2021) e Tolmasquim (2016), entre outros que abordaram, em suas respectivas obras, essas temáticas.

No entanto, apesar de suas inúmeras vantagens, a expansão da energia solar ainda enfrenta diversos desafios. Entre eles, destacam-se: o alto custo inicial de instalação dos sistemas fotovoltaicos; a necessidade de políticas públicas eficazes e incentivos financeiros; além das limitações técnicas relacionadas ao armazenamento de energia e à intermitência da geração, que depende da disponibilidade de luz solar. Superar esses obstáculos é essencial para que a energia solar desempenhe papel ainda mais relevante na transição para um modelo energético mais limpo, justo e transformador.

Cabe lembrar que a produção, comercialização e instalação de painéis solares têm a sua parcela de pegada de carbono (que é o total de gases de efeito estufa gerado por uma atividade, evento ou organização) assim especificada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC):

- Estima-se que os painéis solares podem gerar emissões de aproximadamente 20 a 50 gramas de dióxido de carbono por quilowatt-hora (gCO_2e/kWh) de eletricidade produzida, segundo o IPCC (2021) apud Soares e Norat (2024).
- A extração de matérias-primas e o processo de fabricação dos painéis solares representam cerca de 70% dessas emissões, enquanto as fases de operação, manutenção e desativação da usina solar correspondem aos 30% restantes, de acordo com o IPCC (2014) apud What [...] (2025).

Outro aspecto a ser analisado é a produção do silício e do alumínio, componentes presentes nos painéis solares que, em conjunto com o vidro (para a proteção das células solares), também requerem consumo de energia e representam parcelas significativas na emissão de CO_2 (Quanto [...], 2021).

Alguns dos metais presentes nas placas e baterias, como chumbo, cádmio, prata, índio, gálio e germânio são prejudiciais à saúde humana e também causam degradação ao meio ambiente, contaminando o solo e até mesmo o lençol freático, se descartados de maneira incorreta. De acordo com Coelho e Serra (2018, p. 91) “[...] o descarte de painéis fotovoltaicos deve ser feito e gerenciado de uma forma correta, pois se feito de uma forma inadequada e sem tratamento adequado o mesmo pode causar impactos negativos ao ambiente e também à saúde humana”.

Como os painéis solares têm vida útil média de 25 anos ou mais, há compensação da emissão de carbono, pois estudos revelam que um sistema fotovoltaico pode compensar até 20 vezes a quantidade de CO_2 emitida durante sua produção e instalação – isso o coloca em uma posição vantajosa em comparação com fontes convencionais de energia.

Sobre os benefícios para o meio ambiente, Tolmasquim (2016) destaca que a geração de energia elétrica a partir do aproveitamento solar apresenta como principal vantagem a ocorrência de poucos impactos socioambientais. Comparativamente às outras fontes, são impactos de baixa magnitude.

Portanto, os ganhos para a humanidade quanto ao uso de energias renováveis e ambientalmente sustentáveis são enormes e precisam ser alvo de pesquisa, inovação e implementação para que possam alcançar uma quantidade maior de adeptos e usuários, bem como possibilitar a produção de materiais cada vez mais eficientes e menos poluentes.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi do tipo descritiva, de natureza quanti-qualitativa. “A produção de resultados de cunho quantitativo complementa e promove questões e pesquisas metodologicamente pautadas em teorias qualitativas e vice-versa” (Pereira; Ortigão, 2016, p. 70).

Segundo Triviños (2011, p. 110), “[...] o estudo descritivo pretende descrever com exatidão os fatos e fenômenos de determinada realidade”. Já para Sampieri, Callado e Lucio (2013, p. 376), “[...] o foco da pesquisa qualitativa é compreender e aprofundar os fenômenos, que são explorados a partir da perspectiva dos participantes em um ambiente natural e em relação ao contexto”.

Procedeu-se ao levantamento bibliográfico, verificando as produções já existentes que abordam a temática. Para a constituição do referencial teórico recorreu-se às publicações em periódicos, anais de eventos, dissertações e teses, com o procedimento de fichamento, como sugerem Marconi e Lakatos (2021, p. 80): “[...] à medida que o pesquisador identifica os documentos, deverá, ao mesmo tempo, transcrever os dados nas fichas bibliográficas, com o máximo de exatidão e cuidado”.

Sobre a pesquisa bibliográfica, os autores afirmam que “sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto” (Marconi; Lakatos, 2021, p. 76).

A coleta de dados foi via *dashboard* do Sebrae-MG, que reúne diversas informações sobre a instalação de painéis solares no Estado, permitindo a separação de dados por município. Na sequência, os dados coletados, no período entre 2016 e 2023, foram analisados e apresentados em tabelas e gráficos.

Buscou-se analisar alguns dados sobre o município de Paracatu e as características dos sistemas fotovoltaicos instalados, sendo estes classificados por tipo de classe, como rural, residencial, poder público, industrial e comercial.

Nesse sentido, foram apresentados dados sobre a quantidade de sistemas, estabelecendo as seguintes categorias: quantidade de sistemas em operação, potência instalada por ano, quantidade de

sistemas por classe de consumo, unidades consumidoras por classe consumidora, potência instalada (kW) por classe de consumo, quantidade de sistemas e potência instalada por faixa de potência, e quantidade e potência instalada por tipo de usina solar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Paracatu está localizado na região Noroeste de Minas Gerais, com uma população composta por 94.023 pessoas³, um produto interno bruto (PIB) *per capita* de R\$ 72.311,27 (IBGE, 2023), índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) [2010] de 0,744, com 23.877 domicílios particulares ocupados e 10.814 empresas ativas (Listas [...], 2015).

Os dados coletados no *dashboard* do Sebrae-MG mostram como a energia solar fotovoltaica vem crescendo e popularizando-se ao longo dos últimos anos, conforme demonstra o Gráfico 1.

O município de Paracatu apresenta uma potência total instalada de 29.015 kW, com 1.765 unidades consumidoras (UC) que recebem créditos, ou seja, estas unidades produzem energia através de sistemas fotovoltaicos e, calculando a média de potência instalada por UC, obtém-se 16,44 kW. Ao analisar a quantidade de geração distribuída (GD), que é uma modalidade que permite a geração de energia elétrica no local ou próximo ao ponto de consumo, existem 1.409 GDs, cuja média de potência instalada por GD é de 20,59 kW (Sebrae/MG, 2023).

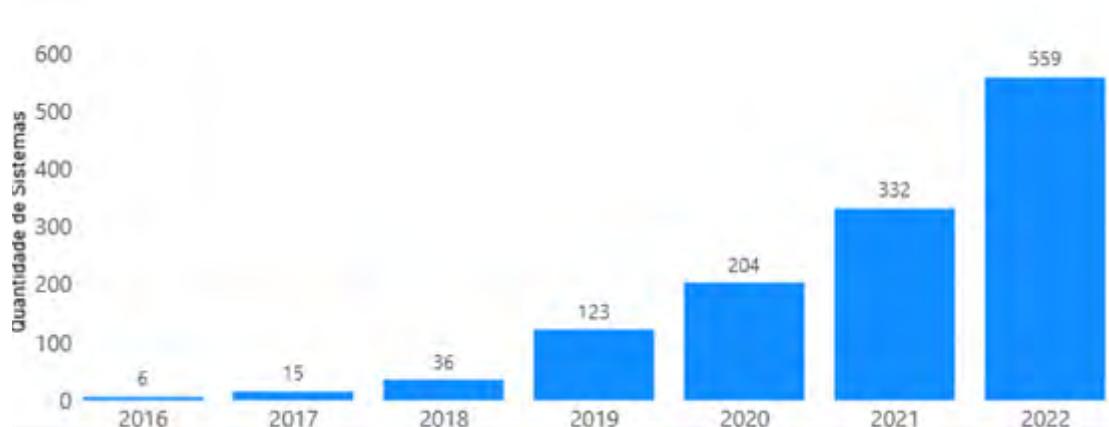


Gráfico 1 – Quantidade de sistemas em operação em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG (2023).

A respeito da expansão da utilização da energia solar, Vian et al. (2021) destacam que esse processo se deve em razão da redução de custos na instalação dos sistemas fotovoltaicos, impulsiona por investimentos em pesquisa e pela crescente demanda por energias limpas. Acrescenta-se

³ Segundo Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2022.

a isso, aumento da eficiência e confiabilidade dos módulos fotovoltaicos, bem como a flexibilidade da forma de geração, ajustando o porte das instalações às necessidades específicas.

Com relação à quantidade de usinas instaladas, nota-se um aumento de 150% em 2017, comparando com o ano anterior. Em 2018, foram instaladas 1,4 usinas para cada uma de 2017. Nos anos seguintes, são verificados aumentos de 241%, 65,85% e de 62,75%, respectivamente, em comparação ao ano anterior, o que evidencia o crescimento acentuado dessa atividade no município. No Gráfico 2, observa-se a capacidade total instalada por ano, no período de 2016 a 2022.

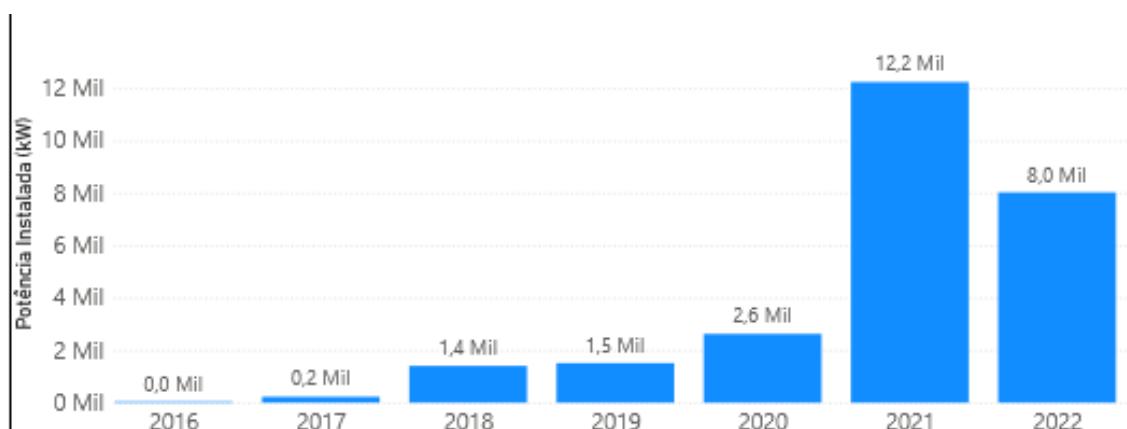


Gráfico 2 – Potência instalada (kW) por ano em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG (2023).

Na relação de potência instalada por ano, também é perceptível o crescimento. Em 2018, verifica-se um crescimento de 600% na potência instalada em comparação a 2017. Em 2019, observa-se um crescimento menor (de 7,14%); em 2020, um acréscimo de 73,34%; em 2021, outro período de intensa expansão, com 369,23%; e redução de 34,42% apenas em 2022.

O ciclo de forte expansão em 2021 ocorreu provavelmente associado a uma maior quantidade de projetos implementados antes de mudanças regulatórias previstas, ou ainda em resposta à crise energética que elevou as tarifas de energia elétrica. Em 2022, a queda no crescimento da potência instalada pode ser interpretada como uma correção no ritmo de expansão, possivelmente influenciada por mudanças na legislação, esgotamento de linhas de financiamento ou outros fatores conjunturais.

A partir do Quadro 1 e do Gráfico 3, considera-se também os dados do 1º trimestre de 2023, com 134 sistemas instalados nesse período. Com relação à quantidade de usinas instaladas em cada classe de consumo, destaca-se a seguinte distribuição:

Quantidade de sistemas por classes de consumo de 2016 a 2023	
Classes de consumo	Quantidade de sistemas
Residencial	988
Rural	231
Comercial	173
Industrial	15
Poder Público	2
Total	1.409

Quadro 1 – Usinas instaladas em Paracatu-MG por classe de consumo

Fonte: Sebrae/MG (2023).

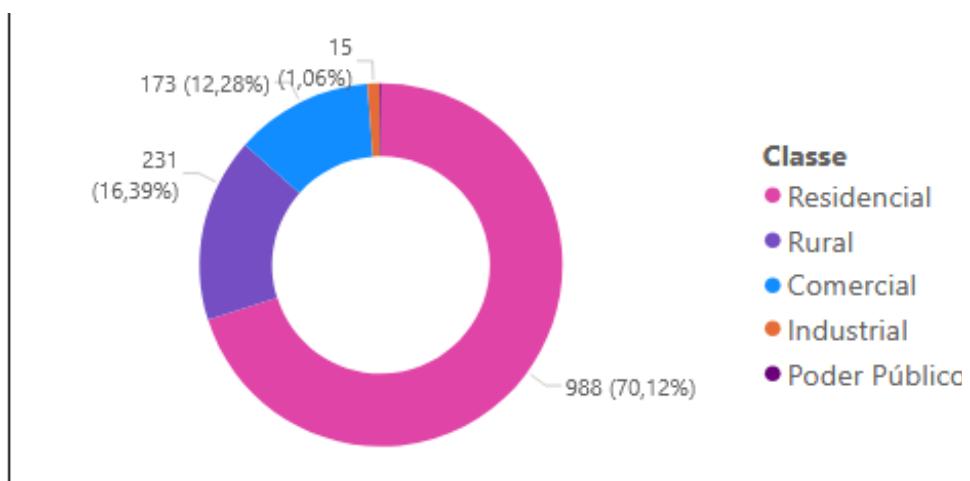


Gráfico 3 – Quantidade de sistemas por classe de consumo em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG, (2023).

A maior parte dos sistemas fotovoltaicos instalados (70,12%) é para uso residencial, para atender ao consumo diário de uma casa. Na sequência, os mais utilizados são para usos rural (16,39%) e comercial (12,28%). O setor industrial apresenta 1,06%, e o poder público apenas 0,14% do total de sistemas no período.

Reis (2017) ressalta que a utilização mais frequente de sistemas fotovoltaicos ocorre entre consumidores autoprodutores dos setores residencial, comercial e industrial. Nesses casos, quando a geração própria não é suficiente, a rede elétrica supre a demanda de energia. Por outro lado, quando há produção superior ao consumo, o excedente pode ser direcionado e injetado na rede da concessionária local.

Sobre a quantidade de unidades consumidoras (UCs) por classe de consumo, verifica-se o disposto no Quadro 2 e no Gráfico 4:

Unidades consumidoras por classe de consumo de 2016 a 2023	
Classes de consumo	Quantidade de unidades
Residencial	1.146
Rural	311
Comercial	280
Industrial	26
Poder Público	2
Total	1.765

Quadro 2 – Unidades consumidoras em Paracatu-MG por classe de consumo

Fonte: Sebrae/MG (2023).

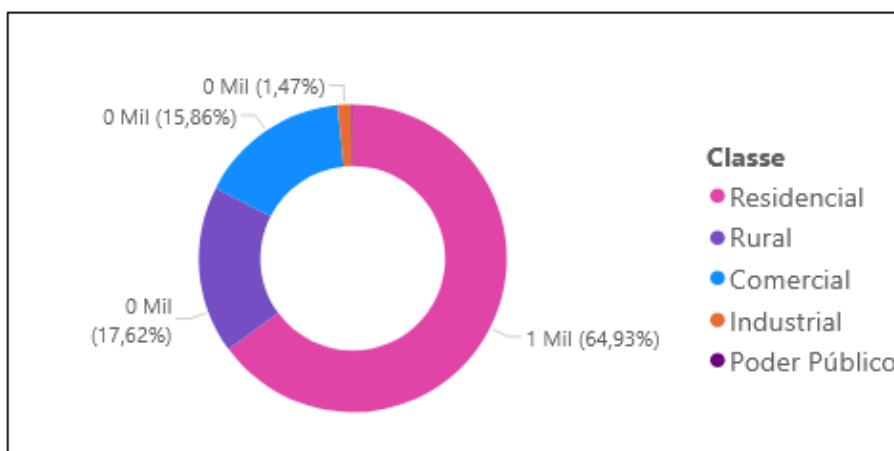


Gráfico 4 – Unidades consumidoras por classe de consumo em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG, (2023).

A classe de consumo com a maior quantidade de unidades consumidoras é a residencial (64,93%), seguida das classes rural (17,62%) e comercial (15,86%). Novamente, os menores índices são verificados nas classes: industrial (1,47%) e poder público (0,11%).

Foi constatada a potência instalada por classe de consumo, sendo esses valores apresentados no Quadro 3 e no Gráfico 5:

Potência instalada por classe de consumo de 2016 a 2023	
Classes de consumo	Potência instalada
Residencial	6.182,99
Rural	13.293,26
Comercial	5.734,99
Industrial	3.669,19
Poder Público	135
Total	29.015,43

Quadro 3 – Potência instalada em Paracatu-MG por classe de consumo

Fonte: Sebrae/MG (2023).

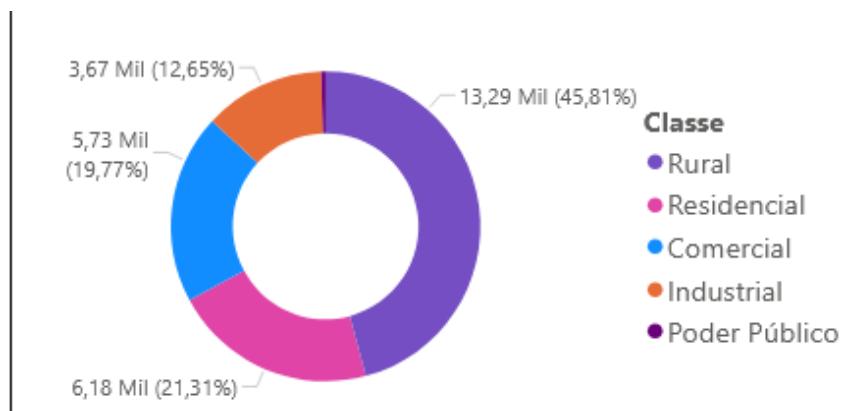


Gráfico 5 – Potência instalada em Paracatu-MG por classe de consumo

Fonte: Sebrae/MG (2023).

Apesar de apresentar a maior quantidade de unidades consumidoras e de usinas instaladas, a classe residencial não acumula a maior potência instalada, mas sim, a classe rural, com 45,81% de potência instalada. A segunda classe de consumo com a maior quantidade de potência instalada é a residencial (21,31%), com 6.182,99 kW, seguida pelas classes: comercial (19,77%), industrial (12,65%) e poder público (com apenas 0,46%).

Apesar de menos numerosas, as usinas instaladas em áreas rurais tendem a ser de maior porte e capacidade, impulsionadas por atividades agropecuárias com elevado consumo energético e maiores áreas disponíveis para a instalação de painéis solares. Essa distribuição evidencia como diferentes perfis de consumo influenciam o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, destacando o papel estratégico da classe rural na expansão da energia solar no país.

Procurou-se também investigar a relação da quantidade de sistemas e da potência instalada por faixa de potência. Os dados estão dispostos no Gráfico 6:



Gráfico 6 – Quantidade de sistemas e potência instalada por faixa de potência (kW)

Fonte: Sebrae/MG (2023).

Pode-se notar que a maior parte dos sistemas está na faixa de potência entre 1 e 5 kW, totalizando 791 GDs e 2.938,16 kW instalados, que representam sistemas fotovoltaicos de menor potência, gerando créditos às residências. O que dispõe de menor quantidade de GDs é a faixa maior do que 500 kW, com 4 GDs, mas esta é a que apresenta maior potência instalada, com 8.340 kW, sendo este tipo usado para alimentar grandes indústrias ou gerar créditos para várias residências e empresas por meio da geração compartilhada.

Por fim, foram pesquisadas a quantidade e a potência instalada total para cada tipo de GD. Entre os dois tipos de GD estão o Micro, que considera sistemas de até 75 kW de potência, e o Mini, que considera sistemas superiores a 75 kW e menor ou igual a 5 MW. Os dados obtidos foram:

Micro e Mini GD				
Tipo de GD	Quantidade de GDs	Potência instalada (kW)		
Micro	1375	97,59%	16.529,43	56,97%
Mini	34	2,41%	12.486,00	43,03%

Quadro 4 – Quantidade e potência instalada dos tipos de GDs em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG (2023).

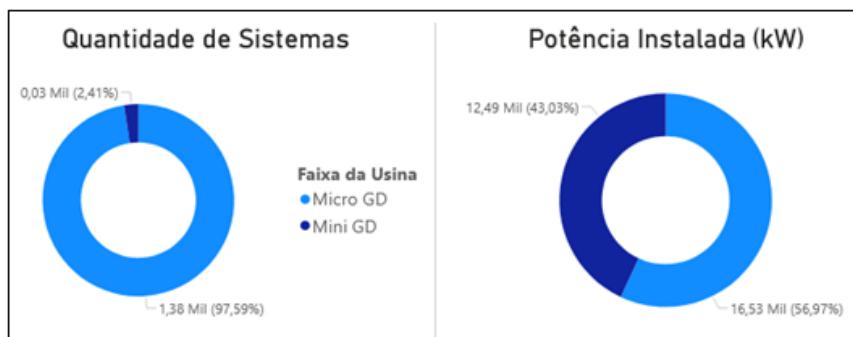


Gráfico 7 – Quantidade e potência instalada dos tipos de GDs em Paracatu-MG

Fonte: Sebrae/MG (2023).

Ao observar a distribuição dos sistemas de geração distribuída (GDs), nota-se uma predominância significativa dos sistemas de microgeração, que totalizam 1.375 unidades instaladas, em comparação aos 34 sistemas de minigeração. No entanto, ao analisar a potência total gerada, essa diferença em quantidade não se reflete de forma proporcional. A microgeração responde por 56,97% da potência instalada, enquanto a minigeração, mesmo com uma quantidade muito menor de sistemas, representa 43,03% da capacidade total. Isso evidencia que, apesar de mais numerosos, os sistemas de microgeração acumulam, em média, menor potência individual. Já os sistemas de minigeração, embora menos frequentes, são significativamente mais potentes, contribuindo de forma expressiva para a geração total de energia. Essa distribuição indica uma complementaridade entre os dois modelos, sendo a microgeração mais acessível para pequenos consumidores, e a minigeração mais voltada aos consumidores com maior demanda energética, como empresas, cooperativas e propriedades rurais de maior porte.

Nesse sentido, Vian *et al.* (2021, p. 13) destacam que:

As pequenas unidades fotovoltaicas representam uma conveniente modalidade de oferta de energia, na medida em que atendem à demanda absolutamente junto ao local de consumo, dispensando as estruturas de centrais distantes dos centros de consumo e todas as instalações associadas de transmissão e de distribuição de energia. Este fato por si só confere um importante grau de mérito à micro ou minigeração fotovoltaica.

Em relação ao aspecto socioeconômico na instalação de usinas solares, Tolmasquim (2016) pontua que a criação de empregos e de renda em áreas com baixo nível de desenvolvimento econômico é significativa, uma vez que a implementação de projetos demanda uma quantidade expressiva de mão de obra durante a fase de construção. Esse potencial de geração de empregos é particularmente relevante porque as regiões com maior incidência solar – e, consequentemente, maior capacidade para a geração de energia solar – são, em sua maioria, economicamente menos desenvolvidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado permite perceber o panorama da utilização da energia solar pelas diferentes classes (como residências, comércio, indústria, meio rural e poder público) e das características de cada GD, contribuindo para futuras implantações dessa tecnologia e promovendo, assim, sua expansão.

Para a realidade do município de Paracatu (MG), em função dos dados apresentados, a energia elétrica proveniente de sistemas fotovoltaicos (através da microgeração) prevalece em quantidade para a classe residencial. Ayrão (2018) afirma que, embora seja certo que a legislação continuará evoluindo, assim como hoje é impensável uma casa sem acesso à energia elétrica, em breve também será difícil imaginar uma residência que não gere, ao menos parcialmente, sua própria energia.

Em razão do exposto, este estudo também pode auxiliar em consultas por parte de órgãos públicos e demais entidades que visem promover a expansão dessa matriz energética, bem como eventuais investigações sobre os benefícios da energia solar fotovoltaica, a redução das emissões de gases de efeito estufa e a preservação dos recursos naturais em projetos voltados para medidas de mitigação dos impactos ambientais e a promoção de práticas sustentáveis.

Portanto, o setor de energia fotovoltaica, mesmo diante do crescimento expressivo nos últimos anos, ainda apresenta extenso potencial energético, sendo oportunidade de emprego e renda, ao permitir que mais parcelas da população possam usufruir dos benefícios que tais sistemas proporcionam na geração de energia alternativa. A popularização da microgeração distribuída tem possibilitado que os diversos setores se tornem agentes na produção da própria energia, contribuindo para a democratização do acesso à energia solar.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. et al. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. *Engenharias On-line*, Franca, SP, v. 1, n. 2, p. 21-33, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unifran.edu.br/index.php/engenharias/article/view/1004>. Acesso em: 19 fev. 2025.
- AYRÃO, V. *Energia solar fotovoltaica no Brasil: conceitos, aplicações e estudos de caso*. Rio de Janeiro: International Copper Association Brazil, 2018.
- BURATTINI, M. P. T. de C. *Energia: uma abordagem multidisciplinar*. São Paulo: Livraria da Física, 2008.
- COELHO, T. F.; SERRA, J. C. V. Tecnologias para reciclagem de sistemas fotovoltaicos: impactos ambientais. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, Curitiba, v. 15, n. 7, 2018. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/820>. Acesso em: 17 jun. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. Censo demográfico de 2022, atualizado em 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/paracatu.html>. Acesso em: 22 out. 2025.

LISTAS de empresas em Paracatu, MG: confira porte, segmento, dívidas, data de abertura e muito mais! *Empresa aqui*. Minas Gerais, 2015. Disponível em: <https://www.empresaqui.com.br/listas-de-empresas/MG/PARACATU>. Acesso em: 22 out. 2025.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. *Técnicas de pesquisa*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. *Energia solar: estimativa e previsão de potencial solar*. Curitiba: Appris, 2019.

PEREIRA, G.; ORTIGÃO, M. I. R. Pesquisa quantitativa em educação: algumas considerações. *Periferia*, Duque de Caxias, v. 8, n. 1, p. 66-79, 2016. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/periferia/article/view/27341>. Acesso em: 3 fev. 2024.

QUANTO de CO₂ é liberado na produção de painéis solares. *Energia Solar Master*. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://energiasolarmaster.com.br/2024/06/07/quanto-de-co2-e-liberado-na-producao-de-paineis-solares/>. Acesso em: 20 out. 2025.

REIS, L. B. dos. *Geração de energia elétrica*. 3. ed. Barueri: Manole, 2017.

SAMPIERI, R. H.; CALLADO, C. F.; LUCIO, M. del P. B. *Metodologia de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Penso, 2013.

SEBRAE MINAS. *Energia solar fotovoltaica em Minas Gerais – Geração Distribuída*, Solar Minas 2023: Dashboard. Belo Horizonte: Sebrae-MG, 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjNkM2I1YjItYmNmMy00MmQxLWFkYjItY2ZLZGJmYTliMDE0IiwidCI6Ijk3Mjk4MjcxLTFiZ-DctNGFjNS05MzViLTg4YWRkZWY2MzZjYylsImMiOjR9>. Acesso em: 10 ago. 2023.

SILVA, H. M. F. da; ARAÚJO, F. J. C. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 8, n. 3, p. 859-869, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i3.4654. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654>. Acesso em: 17 jan. 2024.

SOARES, D. da F.; NORAT, M. S. L. Análise do ciclo de vida de painéis solares e seu impacto ambiental. *Scientia et Ratio*, João Pessoa, v. 4, n. 7, 2024. Disponível em: <https://scientiaetratio.com.br/analise-do-ciclo-de-vida-de-paineis-solares-e-seu-impacto-ambiental/>. Acesso em: 21 dez. 2025.

TOLMASQUIM, M. T. *Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica*. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 2011.

VIAN, A. et al. *Energia solar: fundamentos, tecnologia e aplicações*. São Paulo: Blucher, 2021.

VILLALVA, M. G. *Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 2012.

WHAT is the carbon footprint of solar panels? *Sistine Solar*. Disponível em: <https://sistinesolar.com/solar-panel-carbon-footprint/#:~:text=Quanto%20di%C3%83xido%20de%20carbono%20um,sem%20medidas%20de%20mitiga%C3%A7%C3%A3o%20adequada>. Acesso em: 22 dez. 2025.

APÊNDICE – INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Resumo/Abstract/Resumen: Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Introdução ou Considerações iniciais:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Referencial teórico:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Metodologia:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **ANÁLISE DE DADOS:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Discussão dos resultados:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Conclusão ou Considerações finais:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Referências:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Revisão do manuscrito:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva; **Aprovação da versão final publicada:** Aléx Gomes da Silva; João Marcos Martins Silva.

CREDIT - Taxonomia de Papéis de Colaborador - <https://credit.niso.org/>

Todos os autores contribuíram igualmente em todas as fases da produção do artigo.

As opiniões e informações expressas neste manuscrito, no que diz respeito tanto à linguagem quanto ao conteúdo, não refletem necessariamente a opinião da **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, de seus editores e do Instituto Federal de Goiás. As opiniões são de responsabilidade exclusiva dos respectivos autores.

HISTÓRICO EDITORIAL

Submetido: 27 de maio de 2025.

Aprovado: 23 de setembro de 2025.

Publicado: 30 de janeiro de 2026.



CÓMO CITAR O ARTIGO - ABNT

SILVA, João Marcos Martins; SILVA, Aléx Gomes da. Instalação de sistemas fotovoltaicos em Paracatu/MG: características e indicadores. **Tecnia – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 11, n. 1, p. 120-135, 2026.

PROCESSO DE AVALIAÇÃO

Revisão por pares duplo-cega (Double blind peer review).

AVALIADORES

Dois pareceristas ad hoc avaliaram este artigo e não autorizaram a divulgação dos seus nomes.

EDITOR(A) SEÇÃO

Prof. Dr. Bruno Gabriel Gustavo Leonardo Zambolini Vicente

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG)