

Análise espacial das importações de painéis solares no estado de Minas Gerais (2010-2024)

Gustavo Henrique Gomes de Oliveira 

Universidade Estadual de Montes Claros
Montes Claros, Minas Gerais Brasil
gustavo_unimontes_geo@hotmail.com

Raissa Oliveira Nunes 

Universidade Estadual de Campinas
Campinas, São Paulo, Brasil
r160999@dac.unicamp.br

Marcos Esdras Leite 

Universidade Estadual de Montes Claros
Montes Claros, Minas Gerais Brasil
marcos.leite@unimontes.br

RESUMO

A energia solar é uma das energias renováveis em que o país detém um grande potencial de disseminação no território nacional. Desta forma, um dos aspectos que contribuem para este processo são os painéis solares, cujas características vinculadas aos altos custos e acessibilidade são um dos fatores determinantes para o seu desenvolvimento. Destarte, este artigo tem como objetivo entender a dinâmica das importações dos painéis solares no período de 2010 a 2024 no estado de Minas Gerais, adicionando técnicas de geoprocessamento e de tomada de decisão. Assim, conclui-se que o aumento foi expressivo, uma vez que 78,57% dos anos analisados obtiveram médias de crescimento anuais de 200,28%.

PALAVRAS-CHAVE: painéis solares; importações; portos; Minas Gerais.



INTRODUÇÃO

O contínuo aumento das necessidades de energia por parte da sociedade moderna proporcionou o surgimento de novas fontes de energia, as quais atendem às novas demandas, dinâmicas e aspectos do que é intrínseco à modernidade, características estas que estão totalmente alinhadas às questões ambientais e estruturais do planeta.

Diante desse contexto, surgem, na história recente da sociedade, as chamadas energias renováveis. Essas têm como característica a capacidade de abastecimento e geração de energia, sem, no entanto, comprometer a eficiência das futuras gerações de se satisfazerem (Brasil, 1988). Entretanto, há diversas fontes de energia renováveis que perpassam por várias formas diferentes de aproveitamento, podendo, assim, citar os exemplos do etanol, biomassa, energia solar, hidrogênio entre outros (Goldemberg, 2012).

É válido analisar que, dentro das energias renováveis, destaca-se a proveniente do sol, uma vez que, além de ser uma das opções energéticas, é também caracterizada como fonte e origem de outras energias (Mariano; Urbanetz, 2022), como o exemplo da biomassa, em que ela participa como combustível essencial e primário em sua própria formação. Além do mais, como nos apontam Pinho e Galdino (2014, p. 47) “da energia proveniente do Sol é a fonte mais abundante e inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor como de luz”. É fundamental detalhar o conceito da energia fotovoltaica, que está associada à conversão da radiação solar em eletricidade por meio de materiais semicondutores.

No que tange à disseminação da energia fotovoltaica no país, esta apresenta-se com grande crescimento nos últimos anos, principalmente devido à Resolução Normativa (REN) 482/2012. Essa norma viabilizou e incentivou a geração distribuída, além de todo este processo estar acompanhado pela diminuição dos custos dos componentes que compõem as Usinas Fotovoltaicas (Emma, 2023). Portanto, os materiais que são essenciais para a construção das usinas, os painéis solares, em sua grande maioria são importados no país, são provenientes, principalmente, da China (Santos, Monteiro, Silva, 2023). Fenômeno que se torna intensivo devido ao fato de o segmento industrial brasileiro não estar preparado tecnologicamente para a diminuição de custos da demanda e, conseqüentemente, propiciar a necessidade de importações tecnológicas estrangeiras.

Portanto, os painéis solares se tornam um dos principais pontos para disseminação e incentivo da matriz energética. As suas características de

diminuição de custo e produção em larga escala associada ao maior desenvolvimento tecnológico trazem reviravoltas em todo o cenário nacional (Pinho; Galdino, 2014).

As particularidades que tornam os painéis solares um dos pontos de maior impacto nos custos tratam-se do processo de manufatura, embora haja inúmeros estímulos para sua redução (Jaqueline, 2014).

Dessa maneira, esse trabalho tem como objetivo compreender as demandas de importações de painéis solares entre os anos de 2010 e 2024 no estado de Minas Gerais, aplicando, assim, o sistema de informações geográficas (SIG) para um estudo do cenário espacial.

METODOLOGIA

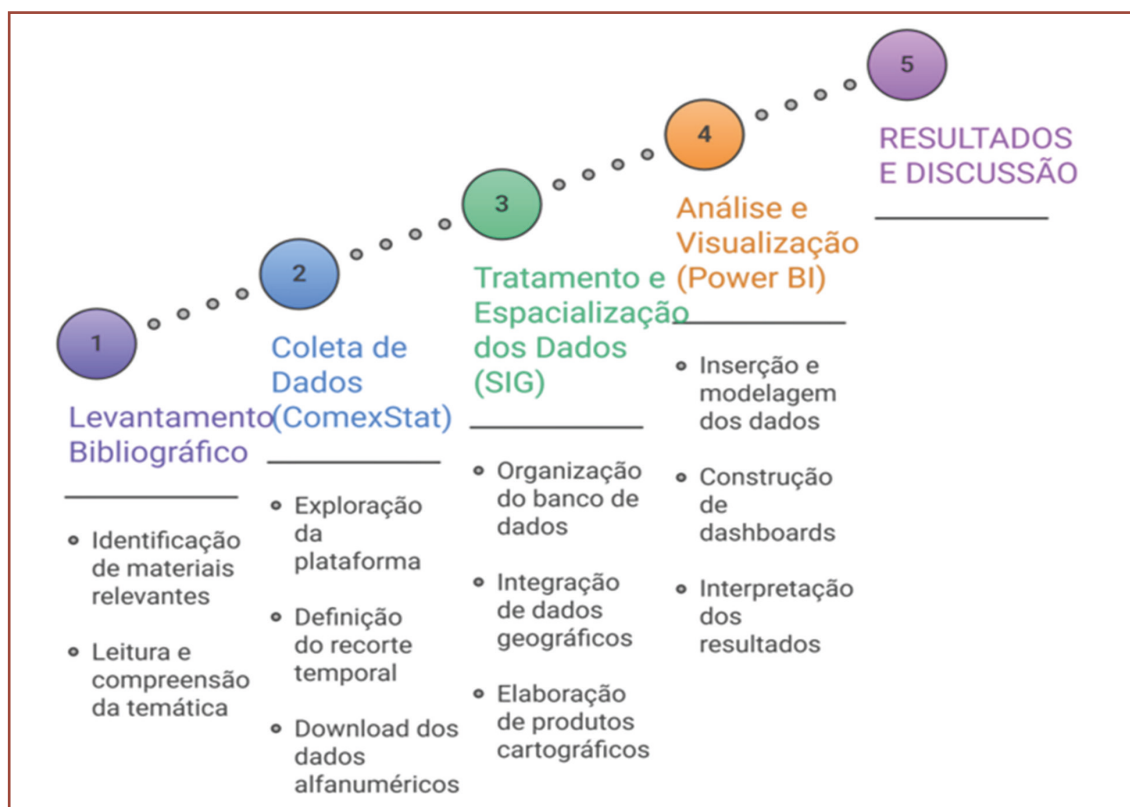
Para analisar a dinâmica espacial das importações dos painéis fotovoltaicos no estado de Minas Gerais, foi relevante a criação de etapas metodológicas, as quais possibilitaram o melhor entendimento de todo o fenômeno. A priori, realizou-se o levantamento bibliográfico contendo todos os materiais que darão base às discussões teóricas, podendo assim citar autores e estudos científicos de instituições como a IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), IEA (International Energy Agency) e pesquisadores como Goldemberg, Mariano entre outros.

As análises estatísticas e temporais foram realizadas na plataforma Power BI, enquanto os mapas temáticos foram elaborados no software ArcGIS. As representações espaciais permitiram identificar padrões logísticos e concentração portuária ao longo do período analisado. Posteriormente, foi realizado o acesso ao banco de dados oficial do site “comexstat”, o qual forneceu informações alfanuméricas importantes de todas as importações de painéis para o estado de Minas Gerais realizadas frente a todos os pontos de remessa do mundo. No terceiro momento, todos os dados foram inseridos em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), do qual as informações alfanuméricas foram tratadas e espacializadas.

Em um último momento, os dados foram postos em uma plataforma de Power BI com o intuito de gerar dinâmicas de estatística, as quais possibilitaram o aumento da interpretação sobre eles. Por fim, foram geradas cartografias de representação do fenômeno para facilitação do entendimento de toda a dinâmica, utilizando-se do sistema de geoprocessamento ArcGIS. Conforme a Figura 1, da qual se apresenta toda a metodologia.

Contudo, o trabalho seguiu quatro etapas metodológicas, nas quais cada passo contribuiu de forma quali-quantitativa para a obtenção dos resultados apurados. A primeira etapa consistiu no levantamento bibliográfico, este que é essencial para o entendimento tanto dos aspectos teóricos que balizam a temática do estudo quanto do entendimento e funcionamento do complexo sistema de importações internacionais e, ademais, segue a Figura 1, esta que visa a melhor visualização das informações postas até aqui.

Figura 1 – Metodologia aplicada no Artigo



Fonte: autores.

Sobre a segunda etapa contemplada, referente ao banco de dados Comexstat, este que trata do sistema oficial do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) para o comércio exterior (Comex). Este sistema foi usado para a realização do download do banco de dados em formato .xml, do período estudado de 2010 a 2024 e, portanto, configurou-se como fator-chave, pois os dados foram essenciais para todas as análises posteriores. Para a terceira etapa, que tem como escopo as aplicações espaciais e de análises de banco de dados, foram aplicadas técnicas de SIG, as quais possibilitaram uma visão holística espacial dos principais portos de entrada no país, além do entendimento da dinâmica ao longo do período supracitado e a confecção das cartografias finais.

Por fim, necessitou-se averiguar os resultados adquiridos a partir de aplicações técnicas de Power BI, que consistiram no cruzamento tanto dos dados alfanuméricos como espaciais para obtenção dos resultados e porcentagens. Assim, além de formatar painéis em esferas únicas que facilitaram o entendimento de todo o fenômeno estudado, uma vez que possibilitaram unir vários bancos de dados e formas de representações em um único espaço, conseqüentemente, facilitou os direcionamentos para as tomadas de decisões.

DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Em uma análise do quadro geral de estados e suas respectivas atuações com a utilização da energia fotovoltaica, é extremamente visível o destaque do estado de Minas Gerais, este que se apresenta como líder do ranking no que tange à potência solar instalada (ANEEL, 2021). As características da renda média da população juntamente com os valores das tarifas cobradas em cada estado como fatores preponderantes para a contribuição da potência solar instalada (Dantas, 2020).

Desta forma, os pontos supracitados mostram que as populações com maior rendimento associadas a elevados custos tarifários são os principais causadores do aumento do consumo da energia fotovoltaica. Portanto, como o estado de Minas Gerais figura-se entre uma das tarifas mais caras do país (ANEEL, 2018), tornando-se relevante o entendimento das importações dos painéis solares no estado, outros pontos são cruciais para entendermos a dinâmica das importações dos painéis solares. Entre elas, podemos citar a resolução normativa nº 678º/2015, a qual, possibilitou a geração da energia compartilhada em várias residências indo, por exemplo, de acordo com os interesses do proprietário (Dantas, Pompermayer, 2018).

As informações que são discutidas adiante são resultado das dinâmicas das importações internacionais; por conseguinte, é válido tratarmos de alguns aspectos peculiares a esta conduta comercial, principalmente no que se refere ao termo FOB, Quantidade Estatística e NCM, que são os três dados abordados no estudo.

A priori, é necessário entender os princípios das relações comerciais das importações, estes que são fundamentados nos aspectos contratuais, principalmente na definição de qual INCOTERM (Internacional Commercial Terms) será estabelecido, pois este diz respeito ao conjunto de normas e diretrizes que definem as responsabilidades (direitos e deveres) entre comprador e

vendedor (Oliveira, 2004). Desta forma, o FOB nada mais é do que um dos cinco INCOTERMS mais utilizados nas negociações (Maia, 2001).

O termo supracitado reúne vários deveres e obrigações, os quais somam e geram os valores finais, estes que encontraremos representados neste trabalho. Além do mais, com o intuito de melhorar o vislumbre das informações aqui tratadas, adiante segue o quadro 01, o qual representa os principais e mais utilizados INCOTERMS.

Quadro 1 – Relação e Modalidades dos INCOTERMS mais utilizados

Modalidade	Função do Vendedor	Função do Comprador
FOB <i>Free on Board</i> Livre a Bordo. Também pode ser: FOR – Livre no Trem ou FOT – Livre no Caminhão	Colocar a mercadoria a bordo do navio. Providenciar os transportes e seguros internos (do ponto-de-venda até dentro do navio). Obter os documentos para embarque e arcar com as despesas portuárias, devidas no porto de origem	Pagos o frete e o seguro, desde o porto de embarque até o do destino a despesas portuárias, devidas no porto de origem
C&F <i>Cost and Freight</i> Custo e Frete	Todas as responsabilidades constantes da cláusula FOB, acrescidas do pagamento do frete internacional	Todas as responsabilidades da cláusula FOB, com exceção do frete, que será pago pelo vendedor
CIR <i>Cost Insurance and Freight</i> Custo, Seguro e Frete	Todos os ônus e obrigações legais desde o ponto-de-venda até o porto de destino. Colocar e a mercadoria no porto de destino; pagar os fretes e seguros internos (ocorridos no país do vendedor); providenciar todos os documentos de embarque; arcar com todos os ônus no porto de embarque; e pagar frete e seguro até o porto de destino	Receber a mercadoria no porto de destino; e pagar as despesas ocorridas nesse porto
FAS <i>Free Alongside Ship</i> Livre ao lado do costado do navio	Colocar a mercadoria ao lado do navio, no porto de origem	A partir da colocação da mercadoria ao lado do navio, todos os ônus responsabilidades são do comprador

Fonte: Adaptado de MAIA (2001).

No tocante a outra definição importante, trata-se do termo “Quantidade Estatística”, este que está presente no banco de dados do “comexstat” e, de forma objetiva, reúne a quantidade de bens (peso, volume etc.) de materiais exportados e importados, utilizando medidas e estatísticas para padronização comparativa. Por último, temos o conceito de NCM (Nomenclatura Comum do Merco-

sul), que, em sua prática, diz respeito ao correto código vigente do material a ser importado ou exportado, fator importantíssimo para o correto manuseio das cargas internacionais, pois a classificação fiscal errônea traz problemas como multas, atrasos e retrabalhos em todo o processo (Godói *et al.*, 2025).

Assim, identificou-se que os painéis solares, ao longo do período, obtiveram de forma ativa dois NCMs, que são eles: 85414300 e 85414032. Desta forma, para sua aplicação, eles possuem períodos diferentes de utilização, fatores que podem ser percebidos no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 - Presença ou não dos códigos de NCM por ano nos produtos dos painéis solares ao longo de quatorze anos

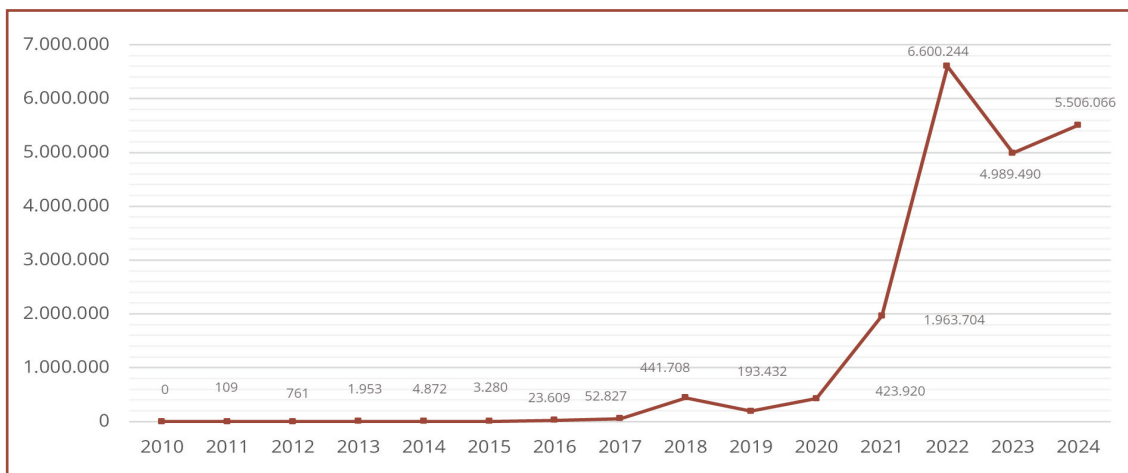
NCM	85414032	85414300
2010	Não	Não
2011	Sim	Não
2012	Sim	Não
2013	Sim	Não
2014	Sim	Não
2015	Sim	Não
2016	Sim	Não
2017	Sim	Não
2018	Sim	Não
2019	Sim	Não
2020	Sim	Não
2021	Sim	Não
2022	Sim	Sim
2023	Não	Sim
2024	Não	Sim

Fonte: Comexstat, 2026.

Contudo, alguns pontos são nítidos nas dinâmicas do uso do NCM frente às importações dos painéis solares, podendo citar o caso 85414032, o qual ocupou 85,71%, enquanto o segundo código 85414300 representou 21,42% de sua presença no período supracitado. Além do mais, há uma peculiaridade em relação ao ano de 2022, que apresentou importações de painéis solares utilizando os dois códigos de NCM no mesmo ano, fator que demonstra o processo de transição e mudança da nomenclatura.

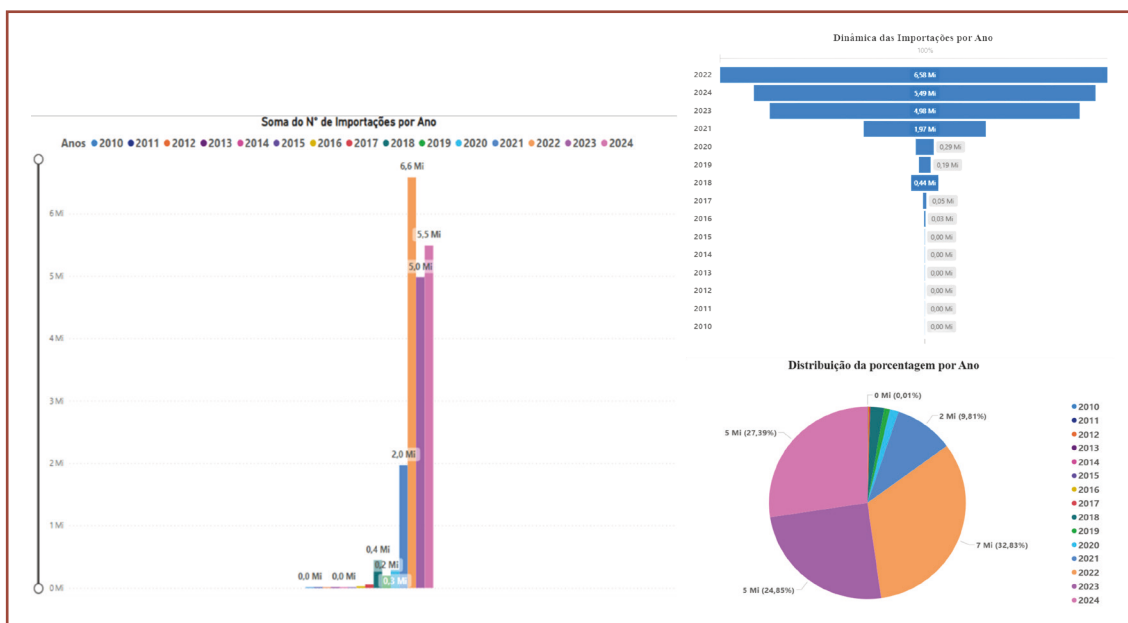
Com o intuito de ressaltar todos os pontos até então abordados, apresentaram-se, a seguir, a Figura 2 e Figura 3, que contêm os dados referentes às importações no período de 2010 a 2024, discriminados pelos anos.

Figura 2 – Importações dos Painéis Solares (n° quantitativo estatística) por ano no estado de Minas Gerais



Fonte: Comexstat, 2026.

Figura 3 – Análise do n° de importações dos painéis solares em Minas Gerais



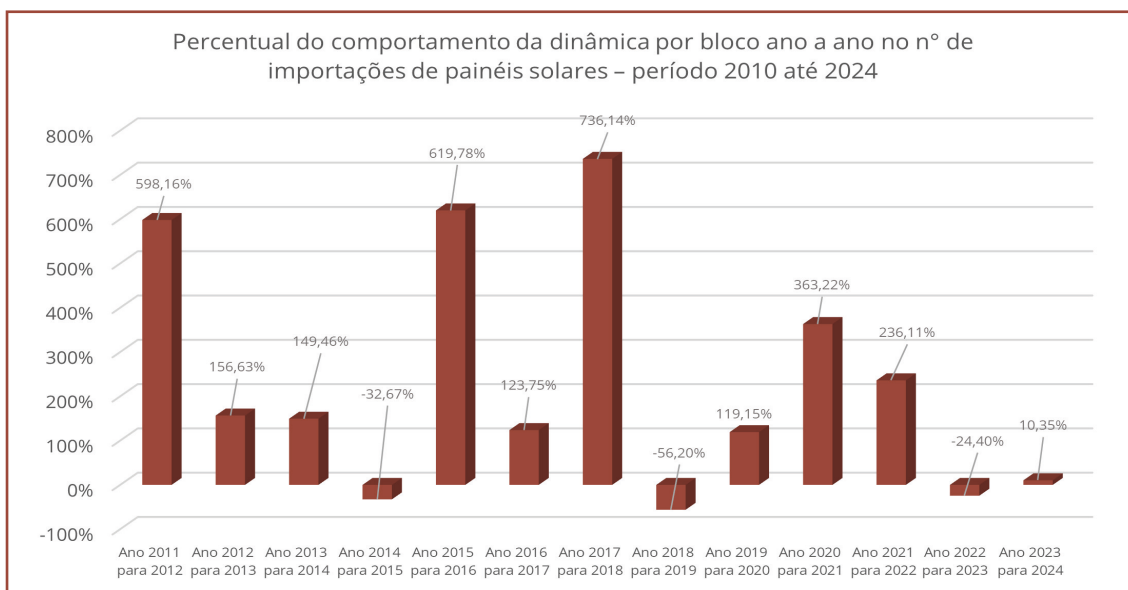
Fonte: Comexstat, 2026.

A análise desses dados possibilitou identificar tendências e oscilações de padrões de comportamentos das importações ao longo dos quatorze anos de análise. Portanto, o primeiro ponto diz respeito ao crescimento anual de 78,57% (onze anos) analisados. Sendo assim, todos os anos supracitados apresentaram média de crescimento de 200,28%, dos quais teve destaque o ano de 2022, este que apresentou o n° de 6.600.244 painéis solares importados e uma taxa de crescimento frente ao ano anterior de 236,11% (conforme pode ser visto na Figura 2), e o que representou 32,83% do total, conforme a visualização da Figura 3.

É válido destacar que, no período analisado, 78,57% dos anos (onze anos) apresentaram crescimento acentuado das importações de painéis solares, com taxa média anual de 200,28% (Figura 2). O ano de 2022 se destacou por registrar o maior volume de importações, totalizando 6.600.244 unidades, além de apresentar uma taxa de crescimento de 236,11% em relação ao ano anterior (Figura 4). Esse ano concentrou 32,83% do total das importações ao longo de todo o período analisado (Figura 3), evidenciando, assim, sua predominância em relação aos demais anos.

Uma outra ótica de se analisar as mudanças e estratégias aplicadas por cada período se dá a partir das interações entre os anos; portanto, adiante segue as figuras 4 e 5, as quais foram divididas com o intuito de melhor representar o fenômeno, isso devido à sua complexidade para representação em um único gráfico.

Figura 4 – Dinâmica do percentual por bloco ano a ano no nº de importações de painéis solares



Fonte: Comexstat, 2026.

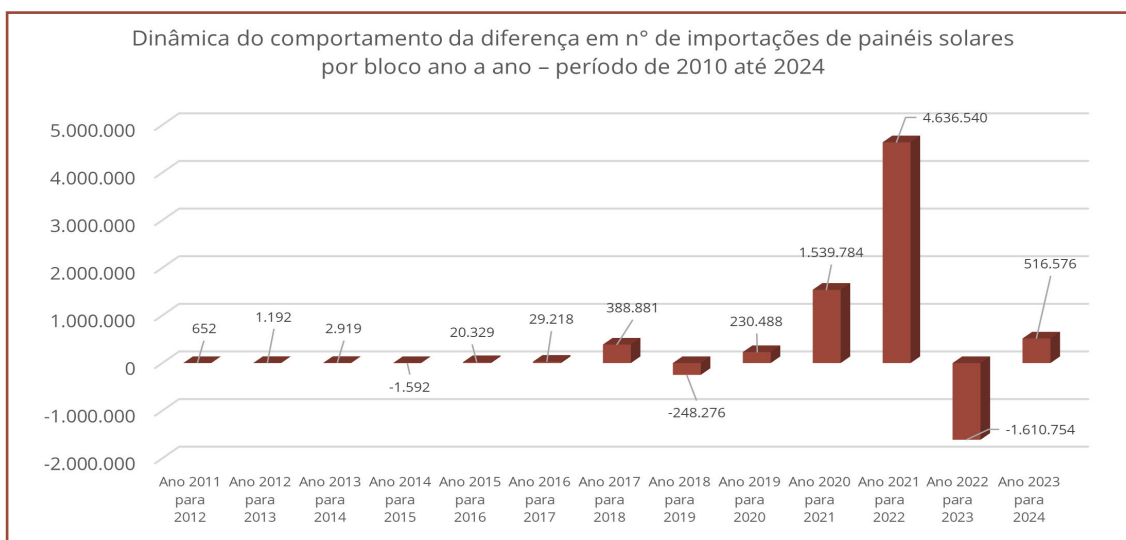
O primeiro exemplo é sobre a queda das importações no período de 2018 para 2019, este que, no contexto histórico e legislativo, é o ano em que se inicia a revisão da Resolução 482, da qual diz jus à compensação de créditos que mais tarde virá a se tornar a Lei nº 14.300/2022 (conhecida como o marco legal da geração distribuída) (Reis *et al.*, 2021).

E o segundo exemplo se trata do período de 2017 para 2018, o qual apresentou o maior crescimento proporcional, revelando uma taxa de 736,14%, número este que ocasionou a diminuição do crescimento no período ante-

rior supracitado, devido à criação da necessidade de se olhar para a utilização e absorção da energia solar no contexto social.

Ademais, fica visível a tendência de uma regularização das importações nos últimos dois anos e, além disso, para melhor elucidar os números absolutos ano a ano, logo à frente segue a Figura 5, a qual representa os mesmos blocos, mas dando ênfase aos quantitativos importados.

Figura 5 – Dinâmica do nº de painéis solares importados por bloco de ano a (redução e aumento) no período de 2010 até 2024 – MG



Fonte: Comexstat, 2026.

Contudo, no que tange aos últimos dois anos, as importações entraram em uma fase de regularização, pois apresentaram médias anuais de produtos de 5.234.778 (Figura 5), aliadas a taxas de crescimento e queda de no máximo 25% fator este bem distante dos apresentados nos períodos anteriores, os quais oscilaram entre as taxas de -57,00% até 736,14%, além de apresentarem uma média em números de importações de painéis em torno de 809.202.

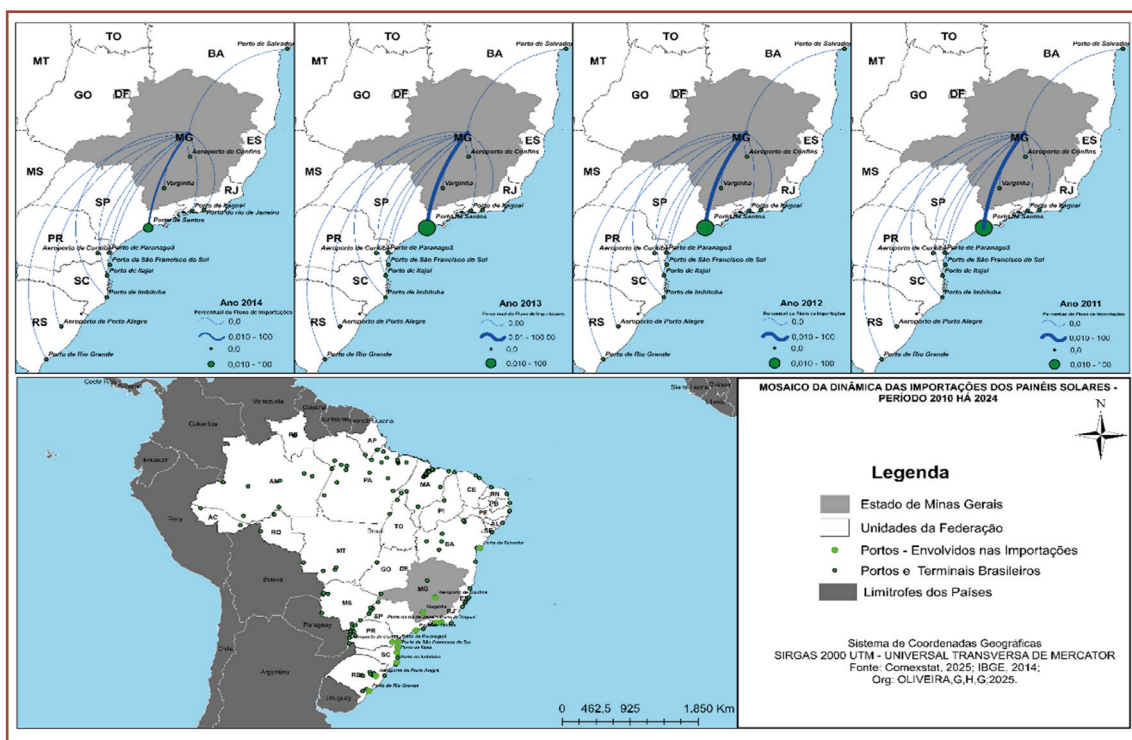
Adicionado ao entendimento dos números absolutos das importações, há também presente a dinâmica espacial, pois ela se torna fundamental para entender todo o contexto do país e suas especificações sobre a Unidade da Federação. Portanto, para exemplificar a espacialização dos dados, foi aplicado o entendimento da entrada dos painéis solares no território de Minas Gerais, os quais têm suas principais frentes pelo modal aquaviário, especificamente o marítimo, conectando portos brasileiros.

Além do mais, é importante enfatizarmos que, mesmo que haja a existência de outros modais de transporte, o comércio internacional se apoia no

modal aquaviário, o qual corresponde a 80% de todas as cargas movimentadas no cenário mundial (Andrade *et al.*, 2025). Portanto, no que tange ao recebimento e distribuição em nível nacional, ele se dá integralmente por meio dos principais portos nacionais.

Com a análise dos dados espaciais, ficou perceptível a participação de alguns portos brasileiros frente às importações dos painéis solares no estado de Minas Gerais. Desta forma, houve a necessidade da confecção de cartografias, as quais têm como escopo a representação espacial do fenômeno supracitado. Adiante segue a Figura 6, a qual apresenta a espacialização das importações nos anos de 2011 a 2014.

Figura 6 – Quadro da dinâmica espacial das importações e fluxos por portos para o estado de Minas Gerais (2011 a 2014)

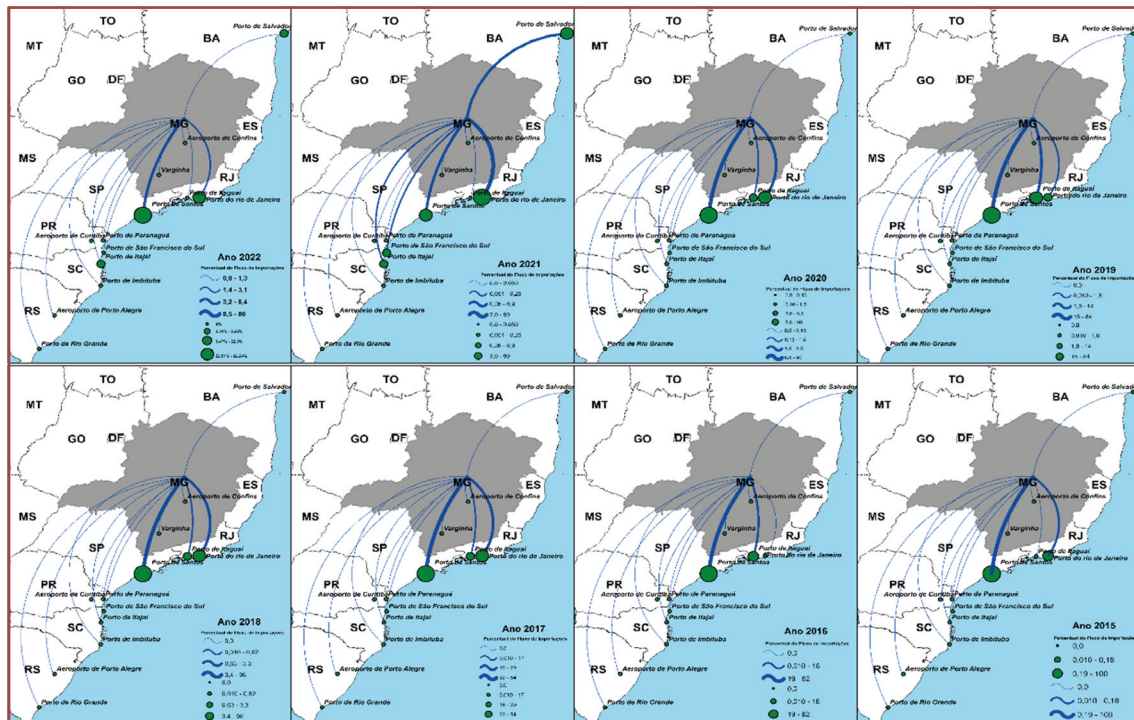


Fonte: Comexstat, 2026; IBGE, 2014.

Com a interpretação da primeira cartografia, pode-se apontar nas dinâmicas espaciais o que diz respeito às datas das participações de cada porto em relação ao período estudado. Uma vez que, nos anos de 2011 até 2015, apenas o Porto de Santos importou painéis solares para o estado de Minas Gerais (com o quantitativo de 10.975 painéis ou 0,05% de todo o estudo). Este fator começa a mudar a partir do ano de 2016. Este ano teve a adição do porto de Itaguaí no trâmite comercial, o qual realizou 18,35% do total de 23.609 painéis importados no período supracitado.

Desta forma, para complementação do vislumbre das informações acima, deixo a Figura 7, a qual representa os outros anos de 2015 a 2022 sobre a dinâmica das importações.

Figura 7 – Quadro da dinâmica espacial das importações e fluxos por portos para o estado de Minas Gerais (2015 a 2022)



Fonte: Comexstat, 2026; IBGE, 2014.

Posteriormente, nos dados espaciais para o ano de 2017, houve a participação de três portos, que são eles: o Porto de Itaguai, o Porto de Santos e a adição do Porto do Rio de Janeiro. Além do mais, nos anos subsequentes de 2018 e 2019, continuaram as presenças dos três portos supracitados, mas com diferenças no que tange suas participações nas importações.

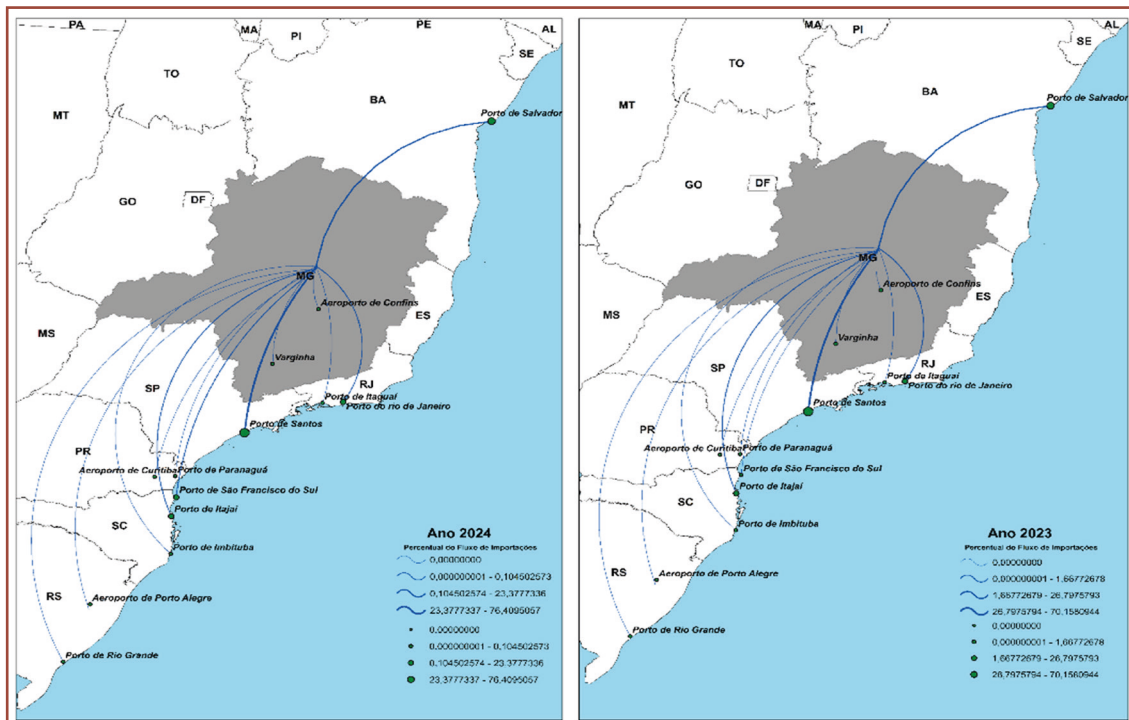
Desta forma, pode-se vislumbrar que, no ano de 2018, o Porto de Santos obtinha 96,06% do total e, logo no ano seguinte, houve uma redução de 11,76% do quantitativo. Fator que demonstra a crescente participação de outros portos no trâmite internacional e o apoio logístico para suprir a demanda crescente dos painéis solares do Estado de Minas Gerais.

Além do mais, nos últimos três anos do período mapeado, surgiu a presença de novos portos que até então não se encontravam presentes anteriormente e, portanto, no ano de 2020, as importações de painéis solares foram distribuídas entre quatro portos, dos quais, podemos citar os portos do Rio de Janeiro, Itaguai, Santos, Paranaguá e São Francisco do Sul. Outrossim, nos anos subsequentes de 2021 e 2022, temos o contínuo pro-

cesso de troca de portos no que tange à entrada de painéis solares para o estado de Minas Gerais.

Desta forma, com o intuito de fechar o período de análise espacial, deixo em anexo a Figura 8, a qual detém a representação dos últimos dois anos de 2023 e 2024.

Figura 8 – Quadro da dinâmica espacial das importações e fluxos por portos para o estado de Minas Gerais (2023 e 2024)



Fonte: Comexstat, 2026; IBGE, 2014.

Sendo que o ano de 2021 teve a presença dos portos de Salvador, Rio de Janeiro, Santos, Paranaguá, São Francisco do Sul e Itajaí, dinâmicas de importações que mudaram no ano de 2022, pois houve a redução da participação dos portos em 33,33% e a continuação dos portos do Rio de Janeiro, Salvador, Santos e Itajaí, mas vale realçar que o ano de 2022 foi o que obteve o maior número de importações de painéis para o estado de Minas Gerais. Além do mais, os anos de 2023 e 2024 basicamente continuaram com a presença dos quatro portos supracitados, com a diferença da participação do Porto de São Francisco do Sul no ano de 2023 (com uma participação de 0,11% do total de 4.989.490 de painéis importados naquele período).

Contudo, e sob a ótica espacial apresentada, apontou-se, que os portos que realizam de fato alguma movimentação quantitativa de importações dos painéis solares destinados ao estado de Minas Gerais são, portanto, distribuídos nas macrorregiões brasileiras de forma igual para as regiões do Su-

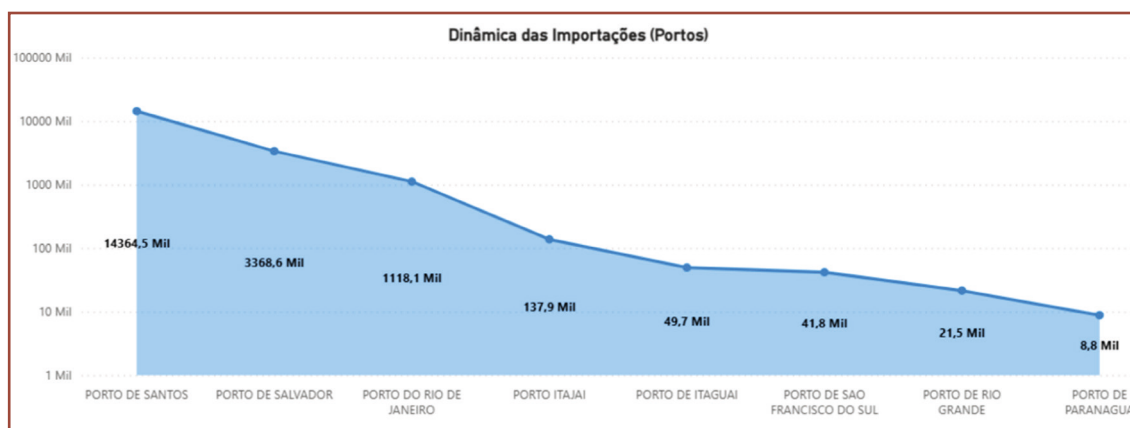
deste e do Sul (apresentam a percentagem de 42,85% cada) e para a região do Nordeste a participação de 14,28% (com o porto de Salvador).

Destarte, e com os dados em mãos, fica claro que, nos últimos anos, a base portuária, para o atendimento das importações dos painéis solares para o Estado de Minas Gerais, ocorre por meio de quatro portos principais, que são eles: o Porto de Santos, o Porto do Rio de Janeiro e o Porto de Itajaí, havendo, portanto, alguns acréscimos a depender da demanda e necessidades das dinâmicas portuárias.

Portanto, vale realçar que as dinâmicas existentes entre os portos estão amparadas em complexos contextos, como os exemplos dos conceitos: movimentação total dos portos, eficiência no nível de atração e capacidade ociosa (Menegazzo, Fachinello, 2016), pois são características importantes para os níveis de eficiência, execução e atendimento à complexa logística do comércio internacional.

Contudo, o porto de Santos é o que possui maior participação ao longo do período, sendo assim apresentou uma porcentagem de 92,85% de presença anual, só não estando listado no ano de 2010, no qual nenhum dos portos obteve dados de importações. Os números absolutos totais do porto supracitado, passaram por ele 71,09% (14.364.473) painéis solares de todo o total importado, entretanto, o porto do Salvador teve aspectos diferentes em seus resultados, como pode ser perceptível nos dados, como, por exemplo, da sua participação anual de 28,57%, a qual ocorreu principalmente nos últimos quatro anos e também mesmo com uma presença anual baixa frente ao primeiro lugar, o mesmo possui a segunda colocação no que tange ao número absoluto de painéis solares importados com 3.613.335 milhões abrangendo 16,88% do total.

Figura 9 – Tabulação da dinâmica de importações por portos – 2010 até 2022



Fonte: Comexstat, 2026.

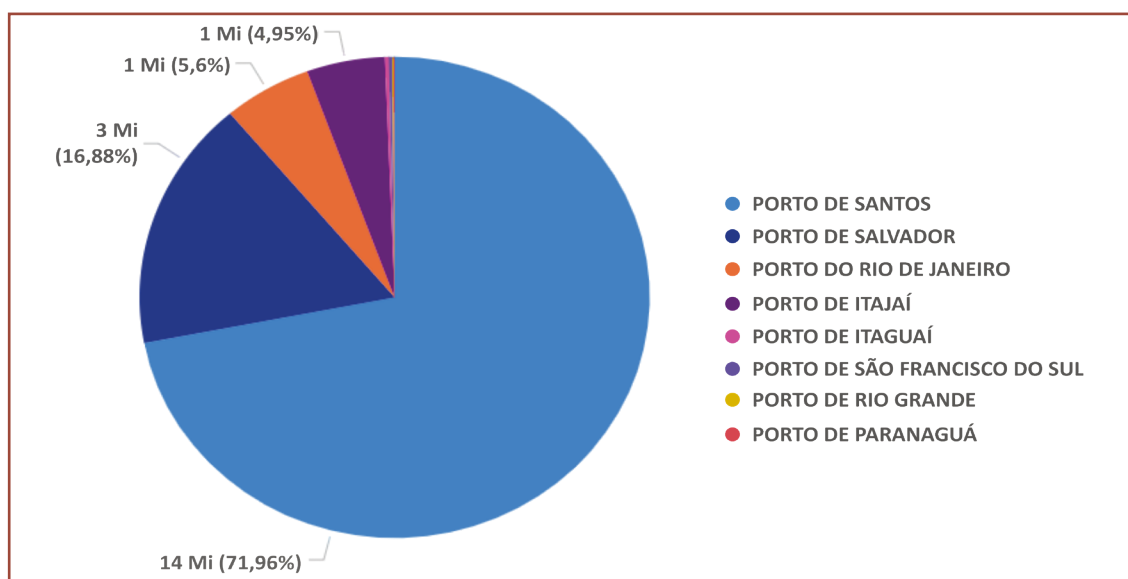
As análises de todos os dados supracitados são complementadas na Figura 9, a qual demonstra de forma abrangente vários dados das diferentes participações dos portos ao longo do período estudado.

Com a análise da Figura 9, podemos indagar que o Porto de Salvador apresentou uma média de produtos importados em grande parte inexistente na ótica anual e, nos últimos quatro anos, teve papel fundamental para as importações para o Estado de Minas Gerais, uma vez que é o segundo porto de maior frequência em todo o período estudado.

Os resultados demonstram crescimento expressivo das importações de painéis solares para Minas Gerais, com destaque para o período pós-2017, em consonância com a ampliação da geração distribuída e alterações no marco regulatório do setor elétrico. O ano de 2022 apresentou o maior volume absoluto, concentrando 32,83% do total importado no período analisado. No âmbito espacial, observou-se forte concentração das importações nos portos de Santos, Salvador e Rio de Janeiro, responsáveis por mais de 94% do total movimentado. Essa centralização reflete a capacidade logística, eficiência operacional e integração multimodal desses portos.

Portanto, para elucidar melhor as porcentagens aqui tratadas, há adiante a Figura 10, a qual tem o escopo de dar representatividade aos portos em suas respectivas porcentagens de participação em todo o período.

Figura 10 – Distribuição da percentagem de importações por portos – 2010 até 2022



Fonte: Comexstat, 2026.

Desta forma, podemos apontar que as oscilações observadas em determinados anos relacionam-se diretamente às mudanças regulatórias, como a

revisão da REN 482 e a promulgação da Lei n.º 14.300/2022, além de fatores econômicos e de mercado. Fatores essenciais para o entendimento dos diferentes resultados e dinâmicas apresentadas.

Outro ponto diz respeito à dependência do Brasil em relação às importações dos painéis solares, uma vez que a China é detentora de quase 100% de todos os produtos consumidos no país. Esta característica nos traz uma discussão sobre esta temática, uma vez que há no território brasileiro uma das maiores reservas de quartzo de alta qualidade do planeta e, desta forma, é matéria-prima base para confecção do silício metalúrgico, este que é item fundamental para a produção do silício cristalino (produto de extrema importância para a confecção das células fotovoltaicas). Contudo, mesmo com todos os pontos positivos, o país não detém uma produção de células, por não possuir uma economia de escopo inserida nos processos de fabricação (Carvalho, 2014).

Ademais, deixo por último um ponto importante no que tange as discussões dos painéis solares no país, respectivo ao processo de logística reversa, este que remete ao descarte do produto quando ele chega ao seu tempo limite de vida útil. Outrossim, é importante trazer à tona os dados deste próprio estudo, pois se um painel detém vida útil por volta de vinte anos (Rodrigues *et al.*, 2016) há de se corroborar que o estado de Minas Gerais já possui 35.584 (0,16% do total) de painéis contendo entre dez e quinze anos de vida útil já cessados (em se tratando do ano de 2011 até 2016). Portanto, o que reforça a necessidade de políticas públicas emergenciais e um olhar holístico para todo o fenômeno aqui tratado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada confirma o crescimento consistente das importações de painéis solares destinados ao estado de Minas Gerais entre 2010 e 2024, especialmente nos últimos quatro anos do período analisado, que concentraram mais de 94% do total importado. Esse comportamento está diretamente relacionado à expansão da geração fotovoltaica, aos incentivos regulatórios e à redução dos custos tecnológicos. Do ponto de vista espacial, a concentração das importações em poucos portos evidencia a importância estratégica da infraestrutura portuária nacional para o suprimento da cadeia fotovoltaica.

Destarte, esse comportamento apresentado pela dinâmica dos dados aqui tratados confirma o aumento das importações para o estado de Minas Gerais, o qual já representava os maiores números de consumo do produto painel solar entre as unidades da federação brasileira. Vale ressaltar os seguintes

fenômenos associados: redução do custo dos materiais envolvidos, altas taxas na cobrança da energia no estado, dinâmica socioeconômica alta frente a outras Unidades da Federação, presença do Sol em grande parte do estado, que fizeram com que juntas gerassem todo o fenômeno aqui demonstrado.

Diante disso, ficou visível a grande participação de três portos brasileiros, Santos, Salvador e Rio de Janeiro, pois juntos representam 94,50% de todos os materiais importados, fator que demonstra a superioridade numérica frente aos demais. Essa logística de entrada ressalta a importância da centralidade de infraestruturas portuárias na cadeia que envolve os suprimentos da energia fotovoltaica. Tal panorama sugere reflexões acerca dos modais de transporte que interligam os pontos de desembarque aos centros consumidores.

Além disso, mostra o amadurecimento frente ao segmento por parte da infraestrutura brasileira, uma vez que, conseguiu suprir as altas taxas de variação, além de, estabelecer uma possível normalidade no setor de importações de painéis solares, mesmo que sobre alta demanda mercadológica, fato que pode ser comprovado em 2022 nas mudanças no NCM para o melhor enquadramento fiscal de todos os produtos.

Logo, é válido ressaltar que há inúmeras políticas e ações que devem ser tomadas frente ao fenômeno aqui representado. Portanto, assuntos como dinâmica do quantitativo de importações, logística portuária e distribuição nacional, logística reversa, produção nacional de painéis solares e seus respectivos enfrentamentos são pontos cruciais para a corrida energética e também para um crescimento socioambiental. ●

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro e pelas bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Bernardo; BIAZON, Tássia. **O transporte marítimo e o uso sustentável do oceano**. *Jornal da USP*, 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/o-transporte-maritimo-e-o-uso-sustentavel-do-oceano/>. Acesso em: 27 out. 2025.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Unidades consumidoras com geração distribuída por estado**. 2021. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp. Acesso em: 19 ago. 2025.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1988. Disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/acervo/constituicaofederal/>. Acesso em: 15 ago. 2025.

CARVALHO, P. S. L. **A Rota Metalúrgica de Produção de Silício Grau Solar**. *BNDES SETORIAL*, v. 40, p. 205-234, 2014.

DANTAS, S.; POMPERMAYER, F. M. **Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaicos no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico**. Brasília: IPEA, 2018.

GODÓI, Isabella Araújo; BAIA, Júlia Mendes; CORREIA, Paula Valéria Chaves Pereira. **A complexidade da identificação da Nomenclatura Comum do MERCOSUL**. *InGeTec – Inovação, Gestão & Tecnologia*, v. 4, n. 8, p. 1-16, 2025.

GOLDEMBERG, José (org.); PALETTA, F. C. (org.). **Energias renováveis**. São Paulo: Edgard Blucher, 2012.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Global renewables outlook: energy transformation 2050**. Abu Dhabi, 2020. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook>. Acesso em: 20 ago. 2025.

GAMA, Jaqueline de Oliveira. **Painel fotovoltaico de baixo custo**. 2014. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MAIA, Jayme de Mariz. **Economia internacional e comércio exterior**. São Paulo: Atlas, 2001.

MARIANO, J. D.; URBANETZ JUNIOR, J. **Energia solar fotovoltaica: princípios fundamentais**. Ponta Grossa: Atena, 2022.

MENEGAZZO, L. R.; FACHINELLO, A. L. **Análise do nível de eficiência dos portos brasileiros**. *Revista de Economia (UFPR)*, v. 40, p. 173-197, 2016.

OLIVEIRA, Josmária Lima Ribeiro de; SOUZA, Antônio Artur. **Estimação de custos para a importação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 2004, Porto Seguro. Anais... Porto Seguro, 2004.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014.

SANTANDER TRADE. **Incoterms 2010**. Disponível em: <https://santandertrade.com/pt/portal/expedicoes-internacionais/incoterms>. Acesso em: 28 out. 2025.

SABADINI, Felipe. **Determinantes Socioeconômicas da Distribuição Espacial de Painéis Solares Fotovoltaicos Residenciais no Brasil**. 2019. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

SILVA, B. M. D. S. *et al.* Viabilização da importação de painéis solares em resposta à crise energética. **Revista FT**, 2005.

REIS, A. K. C.; FIGUEIRA, A. M.; SILVA, M. R. A.; REIS, Olavo Antonio de Oliveira. **Energia fotovoltaica: historicidade e legislação pertinente**. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, p. 65012-65032, 2021.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Gustavo Henrique Gomes de Oliveira: concepção inicial do trabalho, definição da estrutura científica do artigo, organização metodológica, redação do manuscrito, desenvolvimento dos gráficos e tabelas.

Raissa Oliveira Nunes: auxílio na análise dos resultados, revisão do conteúdo teórico, estrutura científica do artigo.

Marcos Esdras Leite: orientação científica, revisão metodológica, interpretação dos resultados, correção final do texto e aprovação da versão final do manuscrito.

EDITOR DO ARTIGO

Leandro Bruno Santos

Universidade Federal Fluminense

Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil

leandrobruno@id.uff.br

Artigo recebido em: 07/04/2026

Artigo aprovado em: 07/04/2026

Artigo publicado em: 30/04/2025