

GERAÇÃO DE ILHAS DE CALOR: IMPACTOS TÉRMICOS DA EXPANSÃO FOTOVOLTAICA NO BRASIL

EVANGELISTA, Bruno Masahal Tino¹

RODRIGUES, Mara Regina Pagliuso²

RESUMO

Este trabalho analisa a relação entre o crescimento da geração de energia fotovoltaica no Brasil e a possível formação de ilhas ou bolhas de calor, com base em revisão bibliográfica e estudos de caso internacionais. Considerando a baixa eficiência média dos sistemas fotovoltaicos (cerca de 26%), a maior parte da radiação solar absorvida é dissipada como calor no ambiente, conforme a Segunda Lei da Termodinâmica. A metodologia adotada foi teórica, fundamentada em análise de dados secundários e princípios termodinâmicos. Os resultados indicam que o impacto térmico varia conforme condições locais: em áreas urbanas densas ou regiões áridas, a concentração de painéis solares pode intensificar o efeito de ilha de calor, enquanto em áreas com vegetação o efeito pode ser mitigado. Conclui-se que são necessários limites regulatórios e pesquisas empíricas para orientar políticas públicas que previnam o agravamento desse fenômeno, garantindo um crescimento sustentável da energia solar.

Palavras-chave: energia solar, ilhas de calor, termodinâmica, eficiência fotovoltaica, geração distribuída.

INTRODUÇÃO

Este estudo investiga os impactos térmicos decorrentes da expansão da energia fotovoltaica no Brasil, com foco no potencial agravamento do fenômeno de ilhas de calor urbanas. A pesquisa, baseada em princípios termodinâmicos e análise de estudos de caso internacionais, examina como a baixa eficiência dos painéis solares (cerca de 26%) resulta na dissipação de calor no ambiente. O trabalho abordará: os mecanismos físicos envolvidos na transferência de energia em sistemas fotovoltaicos; a comparação entre os efeitos observados em diferentes contextos geográficos; e as implicações para políticas públicas e planejamento urbano. Por fim, serão discutidas propostas para mitigação dos efeitos térmicos, incluindo diretrizes para instalação de usinas solares e o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes.

¹ Bacharelado em Engenharia Civil; IFSP VTP; Votuporanga; São Paulo; masahal54@gmail.com.

² Prof.Dra; IFSP VTP; Votuporanga; São Paulo; e-mail: mara@ifsp.edu.br.

complementados por dados quantitativos sobre eficiência energética e variações de temperatura. Por se tratar de pesquisa exclusivamente documental, não houve envolvimento de seres humanos ou necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). A interpretação dos resultados considerou variáveis como albedo, cobertura vegetal, densidade de painéis e condições climáticas locais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa revelaram uma dicotomia significativa nos efeitos térmicos das usinas fotovoltaicas, diretamente relacionada às características ambientais locais. Em regiões com expressiva cobertura vegetal, os sistemas fotovoltaicos demonstraram um efeito resfriador, reduzindo a temperatura superficial em média 0,53°C. Esse fenômeno pode ser explicado pela combinação entre a conversão parcial da radiação solar em energia elétrica e a manutenção dos processos naturais de evapotranspiração pela vegetação remanescente. O estudo de Zhang e Xu (2020) corrobora essa observação, destacando ainda a importância do aumento do albedo efetivo nesses ambientes.

Contrastantemente, em áreas áridas e semiáridas, os painéis solares apresentaram um efeito térmico inverso, com elevações médias de 3-4°C nas temperaturas noturnas. A pesquisa de Barron-Gafford et al. (2016) demonstrou que esse aquecimento, denominado PVHI (Photovoltaic Heat Island), supera em intensidade o efeito de ilhas de calor urbanas tradicionais. Esse fenômeno decorre principalmente da combinação entre a baixa refletividade dos painéis, a ausência de vegetação e a alteração nos padrões naturais de circulação de ar e transferência de calor.

Tabela 1: Comparativo de Estudos sobre o Efeito Térmico de Usinas Fotovoltaicas.

Aspecto Avaliado	Zhang & Xu (2020)	Barron-Gafford et al. (2016)
Método de Estudo	Sensoriamento remoto (MODIS) com análise em 23 usinas solares globais	Monitoramento de campo com sensores de temperatura em 3 ambientes (deserto, usina PV e área urbana)
Localização	Diversos países (China, EUA, Índia, Emirados Árabes, México)	Arizona (EUA), em região semiárida
Tipo de Temperatura Medida	Temperatura da superfície (LST - Land Surface Temperature)	Temperatura do ar (2,5 m acima do solo)

Efeito Térmico Observado	Resfriamento médio diário de 0,53 °C, com 0,81 °C durante o dia e 0,24 °C à noite	Aquecimento noturno de 3 a 4 °C em relação ao deserto
Fatores Influentes	Latitude, altitude, NDVI (vegetação), radiação solar	Baixo albedo dos painéis, ausência de vegetação, acúmulo de calor sob as placas
Albedo Efetivo	Aumento de 0,22 para 0,244 devido à conversão elétrica	Redução para cerca de 5%, promovendo maior absorção de calor
Cobertura Vegetal	Resfriamento mais eficiente em áreas com maior vegetação pré-existente	Vegetação removida, eliminando efeito de resfriamento por evapotranspiração
Considerações Adicionais	Sugere que usinas bem projetadas podem reduzir temperaturas locais	PVHI pode ser mais intenso que o efeito ilha de calor urbano (UHI) em ambientes áridos
Implicações para planejamento	Uso de vegetação e escolha do local como estratégia para maximizar o resfriamento	Necessidade de revegetação e planejamento urbano para mitigar efeitos negativos

Fonte: Próprio Autor (2025).

A análise comparativa dos estudos evidencia que o impacto térmico das usinas fotovoltaicas não pode ser generalizado, variando drasticamente conforme as condições ambientais pré-existentes. Locais com vegetação abundante tendem a se beneficiar de um efeito moderador, enquanto áreas áridas enfrentam riscos significativos de intensificação do aquecimento local. Esses achados ressaltam a importância de um planejamento criterioso que considere as particularidades ecológicas e climáticas de cada região, sugerindo que soluções padronizadas podem ser inadequadas ou mesmo contraproducentes em determinados contextos ambientais.

Imagem 2: Foto térmica de um sistema fotovoltaico.



Fonte: Energia Solar Shop (2025)

CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciam que a expansão da energia fotovoltaica apresenta impactos térmicos ambivalentes, podendo tanto mitigar quanto intensificar o efeito de ilhas de calor dependendo das características ambientais locais. Enquanto em áreas com cobertura vegetal significativa os painéis solares demonstraram potencial resfriador, em regiões áridas e urbanas densas observou-se o efeito contrário, com aumento preocupante das temperaturas noturnas. Esses achados reforçam a necessidade urgente de políticas públicas que estabeleçam critérios técnicos diferenciados por bioma, incorporando análises de impacto térmico nos processos de licenciamento e incentivando pesquisas sobre materiais mais eficientes e configurações de instalação otimizadas.

Como contribuição prática, o estudo sugere a adoção de estratégias integradas que combinem o desenvolvimento fotovoltaico com medidas de revegetação e seleção cuidadosa de locais de instalação, particularmente em áreas urbanas sensíveis. A transição energética para fontes renováveis deve considerar não apenas a capacidade geradora, mas também seus efeitos microclimáticos, exigindo abordagens multidisciplinares que harmonizem engenharia, planejamento urbano e ecologia. Futuras pesquisas deveriam aprofundar a análise de soluções técnicas inovadoras e o desenvolvimento de modelos preditivos mais precisos para diferentes cenários de implantação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BARON-GAFFORD, G. A. et al. The Photovoltaic Heat Island Effect: Larger solar power plants increase local temperatures. **Scientific Reports**, v. 6, n. 35070, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/srep35070>. Acesso em: 15 out. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. Brasília: MME, 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

SANTAMOURIS, M. **Cooling the cities**: A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy*, v. 103, p. 682-703, 2014.

ZHANG, X.; XU, Y. Impacts of large-scale solar farms on land surface temperature: A case study in China. **Remote Sensing of Environment**, v. 248, 111966, 2020.

UNITED STATES. National Aeronautics and Space Administration. **Urban Heat Islands**. 2021. Disponível em: <https://earthobservatory.nasa.gov/features/UrbanHeat>. Acesso em: 18 out. 2023.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **State of the Global Climate 2022**. Genebra: WMO, 2023.