

ANÁLISE DA DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA APLICADA EM ESCOLAS ESTADUAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO

1 INTRODUÇÃO

A região de São Paulo vem enfrentando uma crise energética que pode ser compreendida sob diversos aspectos, seja na questão ambiental, econômica ou social, o que potencializa a necessidade da transição energética, para que assim seja possível suprir as demandas de energia, como no caso de períodos de secas hídricas, no qual as hidrelétricas operam em condições desfavoráveis. É válido observar que as hidrelétricas são responsáveis por cerca de 65% da produção paulista, o que evidencia uma alta dependência desse tipo de geração.

Neste contexto, a transição energética é uma medida fundamental para evitar as mudanças climáticas. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA) em 2021 a matriz energética mundial era composta majoritariamente por fontes não renováveis de energia, sendo o Petróleo e seus derivados responsáveis por 29,5% da energia total gerada, carvão mineral 27,2%, gás natural 23,6%, energia nuclear 5%, biomassa 9,5%, hidráulica 2,5% e outras fontes 2,5%, a categoria “outros” engloba fontes renováveis como a energia solar, eólica e geotérmica, por estes dados vemos que as fontes de energia com emissão de CO₂ zero são correspondentes por apenas 15% do total dentro da matriz energética mundial, um valor baixo para mudanças significativas em impactos climáticos.

Já a matriz energética brasileira é composta por 35,7% por petróleo e derivados, 15,4% Derivados da cana-de-açúcar, 12,5% Energia hidráulica, 10,5% gás natural, 9% Lenha e carvão vegetal 3,5% Eólica e Solar, 7% de outras energias renováveis, 4,6% carvão mineral, 1,3% energia nuclear e 0,6% outras energias não renováveis, incontestavelmente pode-se perceber que a variedade de fontes energéticas no Brasil é maior do que na malha mundial, e que, somando todas as fontes de energia renovável totalizam 47,4% da matriz energética, sendo assim o desafio do Brasil na transição energética não é o mesmo de tantos outros países, o objetivo se consiste em fortalecer cada vez mais as fontes de energia sustentável para chegar a uma matriz energética majoritariamente limpa.

Analisando a região Sudeste do Brasil, do total de energia gerado 84,2% vêm de fontes renováveis sendo estas eólica, solar, nuclear, termal, bagaço de cana, lenha, lixo e outras fontes. Dentro do estado de São Paulo este valor é ainda mais expressivo, da energia gerada no ano de 2022 93,8% foram provenientes de fontes renováveis, mas deste apenas 4,42% vieram de energia solar. (BEN, 2023).

Com relação a capacidade instalada de mini e micro geração de energia, que compreende centrais geradoras de 75 KW a 3 MW, como painéis solares, a região sudeste se destaca com 33,7% de capacidade instalada com relação ao cenário brasileiro e o estado de São Paulo, responsável por 2348 MW gerados equivalente a 13,5%, é um valor expressivo com relação a todo o país sendo superado apenas pelo estado de Minas Gerais, mostrando que uma alternativa possível para geração de energia limpa é a energia solar que já se mostra com grande potencial, mas por que a energia solar fotovoltaica?

A matriz energética brasileira, como mostrado, é muito dependente da energia hidroelétrica, esta que, por sua vez é muito volátil a mudanças climáticas, principalmente períodos de seca, deixando o sistema energético brasileiro em instabilidade, sendo necessário recorrer a energia termoeletrica que muitas vezes utiliza de fontes poluentes como óleo, carvão e gás natural, além disso a ampliação da malha hidroelétrica esbarra nos impactos sociais e nos biomas brasileiros que acontecem em sua instalação por conta da necessidade de alagar grandes áreas. (Atlas brasileiro de energia solar, 2017).

A energia solar fotovoltaica é uma alternativa a esses problemas, juntamente com uma Geração Distribuída adequada. O Brasil possui na maioria de seu território um clima tropical e o país tem capacidade de rendimento energético anual de até 1800 kWh/kWp.ano, com maiores rendimentos provindos da região nordeste do país. Na região sudeste, principalmente nos meses de verão o potencial de geração de energia é máximo podendo contribuir para a redução dos picos de demanda dos sistemas de transmissão, em valores absolutos a irradiação solar total máxima para a região sudeste é de 5,26 kWh/m².dia e 1918 kWh/m².ano. (Atlas brasileiro de energia solar, 2017).

Visando a instalação em escolas públicas a alternativa da geração fotovoltaica distribuída se mostra muito favorável, já que no estado de São Paulo são 5.758 escolas estaduais, se mostrando unidades consumidoras expressivas dentro da malha elétrica do estado.

Ao investigar a implementação de sistemas de energia solar fotovoltaica no ambiente escolar, a pesquisa busca não apenas promover o uso de fontes renováveis e reduzir custos, mas também fomentar a conscientização ambiental entre os estudantes e a comunidade, contribuindo para um desenvolvimento mais sustentável e equitativo. Estando diretamente alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU, especialmente os ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), 12 (Consumo e produção responsáveis), 4 (Educação de Qualidade) e 17 (Parcerias e meios de implementação).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este artigo fundamenta-se em referências científicas sobre mudanças climáticas, dados do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), do Balanço Energético Nacional (BEN) e de publicações da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), dentro das publicações da EPE também foram considerados dados de eficiência energética e transição energética justa. Além disso, considera os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, com informações, metas e indicadores fornecidos pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Para o cálculo da estimativa da quantidade de painéis solares, utilizam-se também livros e artigos da área, como o Atlas Brasileiro de Energia Solar e a Revista Brasileira de Energia Solar, com base em dados solarimétricos do Cresesb.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada fundamenta-se no método de estudo de caso, amplamente reconhecido por permitir uma análise aprofundada de fenômenos em seu contexto real (YIN, 2015). Esse método é adequado para a presente pesquisa, pois busca-se compreender o perfil de consumo energético e dimensionar sistemas fotovoltaicos em oitenta e dois (82) prédios públicos vinculados à Diretoria de Ensino da Regional Leste de Campinas, de forma a identificar padrões, estimar a potência necessária (módulos e inversores) e propor soluções de eficiência energética.

Para a formalização do estudo de caso, adotou-se o uso do software HelioScope, ferramenta consolidada internacionalmente para o dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos. Este software possibilita a modelagem em 3D dos sistemas, contemplando telhados, áreas de solo e obstáculos, incluindo sombreamentos de árvores e edificações, bem como a simulação energética baseada em dados meteorológicos regionais. Além disso, a ferramenta permite avaliar perdas elétricas e gerar relatórios detalhados de performance. A escolha do HelioScope se justifica pela sua capacidade de integrar design técnico, análise de eficiência e viabilidade econômica.

O levantamento energético foi conduzido de acordo com boas práticas de auditoria energética, em alinhamento ao PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) que orientam o uso sistemático de dados históricos para identificação de oportunidades de eficiência.

A realização do levantamento energético utilizando o software seguiu as etapas:

1ª Etapa: Levantamento e organização dos dados.

Nesta etapa foram obtidos os dados das faturas de oitenta e dois (82) prédios da Diretoria de Ensino da Regional Leste de Campinas no período entre julho de 2023 e junho de 2024, formando os dados de consumo correspondente a um ano letivo.

Os dados de todas as escolas foram organizados em uma planilha para análise individual de cada escola.

2ª Etapa: Formalização do padrão de consumo, do cálculo da quantidade de potência para a definição do sistema solar fotovoltaico para suprir a demanda de consumo e simulação utilizando o software HelioScope de uma escola para ser utilizada como modelo de análise.

A tabela 1 mostra a formalização do padrão de consumo da escola utilizada como modelo de análise.

Tabela 1 - Dados de consumo médio de energia.

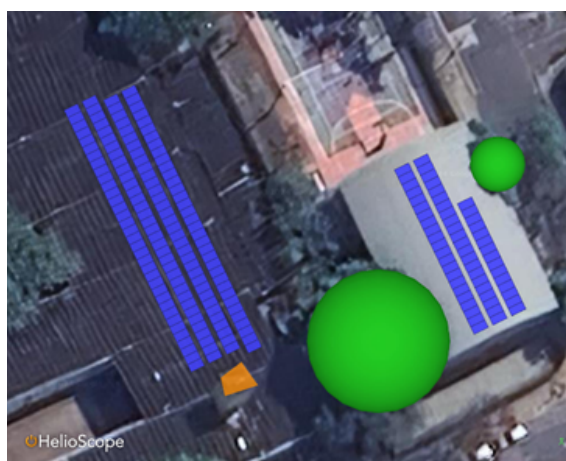
Mês	Consumo Médio (kWh)
jul/2023	5355
ago/2023	7959
set/2023	7783
out/2023	7330
nov/2023	7330
dez/2023	5683
jan/2024	5507
fev/2024	6767
mar/2024	9000
abr/2024	8326
mai/2024	8302
jun/2024	8548
Média Mensal	7324,2
Média Diária	244,1

Fonte: autores.

Com os dados de consumo energético das escolas, suas localizações, o cálculo da quantidade de módulos necessários e a escolha dos pontos ótimos nos prédios, são os pontos em que considerando fatores como a capacidade ideal dos painéis, o dimensionamento do sistema, a radiação solar local, o consumo de energia da unidade e os custos de instalação e manutenção, maximizam a eficiência e os benefícios econômicos ao longo da vida útil do sistema. Utilizou-se, então, o software Helioscope para realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

A figura 1 mostra o tipo análise feita com software HelioScope para a simulação do funcionamento dos módulos na escola modelo.

Figura 1- Simulação feita utilizando Software.



Fonte: autores.

3ª Etapa: Realizar estudo de caso dos oitenta e um (81) prédios restantes seguindo o modelo padrão estabelecido no caso 1.

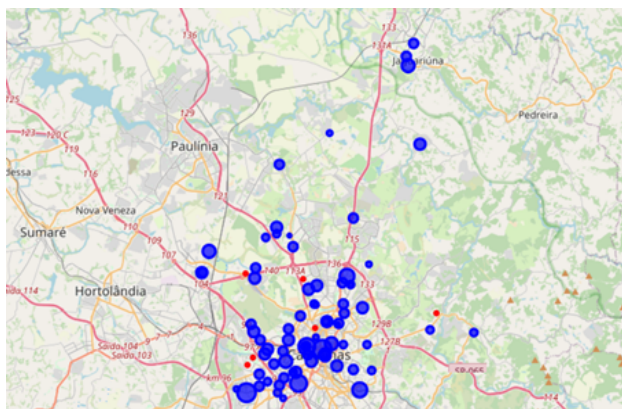
4ª Etapa: Análise utilizando dados das faturas de energia elétrica.

Utilizando outros dados, como classificação dos prédios, geolocalização e tipo de tarifação das faturas elétricas, são discutidos padrões de classificação dos prédios, localização geográfica e sazonalidade, na busca de padrões que podem gerar melhorias nas instalações elétricas atuais.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A figura 2 mostra o panorama geral do consumo de energia nas escolas analisadas. Ao total foram considerados 82 prédios públicos, sendo 79 escolas e 3 prédios administrativos da Secretaria de Educação da Diretoria de Ensino da Regional Leste de Campinas, que contempla escolas de Campinas e Jaguariúna.

Figura 2 – Panorama geral de consumo



Fonte: autores.

A comparação entre as escolas analisadas revelou variações expressivas no consumo de energia elétrica, mesmo entre unidades com estruturas administrativas semelhantes. Essa diferença pode ser explicada por fatores como o número de estudantes e funcionários, o regime de funcionamento (tempo integral ou parcial), o uso de equipamentos elétricos de maior demanda, como aparelhos de ar-condicionado e laboratórios de informática, bem como os hábitos de uso e a gestão do consumo por parte da equipe escolar.

A análise temporal do consumo energético revelou padrões sazonais recorrentes entre as escolas avaliadas. De modo geral, observou-se uma redução acentuada no consumo nos meses de janeiro, julho e dezembro, coincidentes com os períodos de férias escolares.

Por outro lado, os meses letivos apresentaram consumo elevado e relativamente constante, com variações pontuais que podem estar relacionadas a fatores climáticos, como o aumento da temperatura nos meses mais quentes, ou quantidade de dias letivos no mês.

Essa sazonalidade reforça a importância de considerar o calendário escolar e as condições ambientais locais na interpretação dos dados energéticos e no planejamento de ações de eficiência. Intervenções como ajustes no contrato de demanda, campanhas de uso consciente ou implementações de outras fontes de energia, como energia solar fotovoltaica, podem ser melhor direcionadas e planejadas quando alinhadas a esses ciclos de variação no consumo.

Os resultados, além de revelarem padrões e aspectos técnicos de consumo e gasto energético, podem implicar no aspecto social das unidades escolares. A identificação de ineficiências energéticas abre espaço para iniciativas de educação ambiental e uso consciente, contribuindo para a formação de uma cultura de sustentabilidade dentro da comunidade escolar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou a importância de uma análise do consumo e gasto energético em instituições públicas de ensino, utilizando como base as escolas estaduais da Diretoria de Ensino da Regional Leste de Campinas. Ao examinar os dados de 82 prédios, foi possível traçar um panorama que transcende a quantificação de consumo, revelando padrões sazonais, diferenças significativas entre unidades, e a correlação entre o consumo e a densidade populacional nas áreas adjacentes e torna possível análises ainda mais profundas futuramente.

A sazonalidade no consumo, com quedas notáveis durante os períodos de férias escolares, reforça a importância de considerar o calendário letivo e as condições climáticas na elaboração de planos de eficiência energética.

Mais do que uma análise técnica, os resultados deste trabalho sublinham o impacto social e pedagógico da gestão energética nas escolas. A identificação de ineficiências abre

portas para a implementação de iniciativas de educação ambiental, cultivando uma cultura de sustentabilidade e responsabilidade energética no ambiente escolar.

Em um cenário de transição energética global, no qual o Brasil se destaca pela sua matriz predominantemente limpa, a eficiência no uso final da energia torna-se um pilar fundamental para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente o ODS 7. Este estudo serve como um diagnóstico para embasar futuras políticas públicas e ações concretas, como a modernização de equipamentos, a revisão de contratos de demanda e a adoção de fontes renováveis como a energia solar fotovoltaica.

REFERÊNCIAS

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (Cresesb). **Banco de dados solarimétricos**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 10 out. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional**: Ano base 2022. Rio de Janeiro: EPE, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>. Acesso em: 8 jul 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São José dos Campos, SP: INPE.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Chairs' Summary and Call to Action: COP29-IEA High-Level Energy Transition Dialogues**. Disponível em: <https://www.iea.org/news/chairs-summary-and-call-to-action-cop29-iea-high-level-energy-transition-dialogues>. Acesso em: 14 dez. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy Statistics Data Browser: Total Energy Supply by Source**. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>. Acesso em: 8 jul. 2024.

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Guia de Eficiência Energética em Edificações Públicas**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2018.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.