ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Bairros Solares: Estratégias Inovadoras e Impactos da Energia Fotovoltaica no Planejamento Urbano

Solar Neighborhoods: Innovative Strategies ans Impacts of Integrating Photovoltaic Energy into Urban Planning

Ricardo Calabrese
USP - Universidade de São Paulo - IEE - Instituto de Energia e Ambiente | São Paulo | SP | Brasil | ricardocalabrese.arquitetura@gmail.com
Marcelo Romero
USP - Universidade de São Paulo - FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Centro Universitário Belas Artes de São Paulo - FAU Belas Artes | São Paulo | SP | Brasil | marcelo_romero@icloud.com

Resumo
Este artigo aborda a crescente urbanização global e a dependência de combustíveis fósseis, propondo a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano através de bairros solares. Examina exemplos bem-sucedidos ao redor do mundo, destacando sua eficácia na geração de energia e na redução de emissões de gases de efeito estufa. Explora estratégias de planejamento urbano, como incentivos fiscais e parcerias com empresas de energia renovável, para facilitar a adoção da energia fotovoltaica. O texto enfatiza a importância da resiliência urbana, visando tornar as cidades mais adaptáveis a eventos extremos. Conclui que a integração da energia fotovoltaica em bairros solares é uma estratégia eficaz para promover a eficiência energética e a resiliência urbana, destacando a necessidade de comprometimento das autoridades, empresas e comunidades locais.
Palavras-chave: energia fotovoltaica, planejamento urbano, resiliência urbana, eficiência energética, bairros solares.

Abstract
This article addresses the global trend of urbanization and reliance on fossil fuels, proposing the integration of photovoltaic energy in urban planning through solar neighborhoods. It examines successful examples worldwide, highlighting their effectiveness in energy generation and greenhouse gas emissions reduction. It explores urban planning strategies, such as tax incentives and partnerships with renewable energy companies, to facilitate the adoption of photovoltaic energy. The text emphasizes the importance of urban resilience, aiming to make cities more adaptable to extreme events. It concludes that integrating photovoltaic energy into solar neighborhoods is an effective strategy to promote urban resilience and decarbonization, emphasizing the need for commitment from authorities, businesses, and local communities.
Keywords: photovoltaic energy, urban planning, urban resilience, energy efficiency, solar neighborhoods.

Como citar:
CALABRESE, R.; ROMERO, M. Bairros Solares: Estratégias Inovadoras e Impactos da Energia Fotovoltaica no Planejamento Urbano. ENTAC2024. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

INTRODUÇÃO

O rápido crescimento da urbanização global e a crescente dependência de combustíveis fósseis impõem desafios críticos às cidades em todo o mundo. Estudos apontam que a expansão urbana desordenada e a utilização predominante de fontes de energia não renováveis estão acentuando problemas como mudanças climáticas e degradação ambiental. Esses desafios requerem soluções inovadoras e eficazes para promover a resiliência, eficiência energética e descarbonização urbana. Nesse contexto, a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano, por meio da criação de bairros solares, emerge como uma abordagem inovadora para enfrentar esses desafios de maneira sustentável.

A energia solar fotovoltaica tem demonstrado um crescimento significativo globalmente e no Brasil, conforme relatado pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica - ABSOLAR [1]. Até 2022, a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no Brasil ultrapassou 10 gigawatts (GW), marcando um crescimento impressionante em comparação a 2012. Globalmente, a capacidade fotovoltaica superou 770 GW no mesmo período. A tecnologia fotovoltaica oferece uma alternativa sustentável e renovável para atender às necessidades energéticas das cidades, com potencial para transformar edifícios residenciais, comerciais, estacionamentos e espaços públicos em fontes autossuficientes de energia.

Além de promover a resiliência urbana, a energia fotovoltaica contribui para a descarbonização das cidades. A Agência Internacional de Energia Renovável - IRENA [2] estima que a energia solar fotovoltaica pode evitar a emissão de até 2,5 gigatoneladas de dióxido de carbono (CO2) por ano até 2050, caso sua implementação seja amplamente expandida. Esse impacto representa uma redução significativa nas emissões de gases de efeito estufa, auxiliando na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, segundo dados da IEA - Agência Internacional de Energia [3].

A implantação de bairros solares pode oferecer uma solução eficaz para reduzir a vulnerabilidade das cidades a eventos climáticos extremos, garantindo a continuidade no fornecimento de energia. A diversificação das fontes de energia e a geração local de eletricidade aumentam a segurança energética, minimizando os impactos de eventos como tempestades, enchentes ou falhas na rede elétrica. Além disso, a integração da energia fotovoltaica tende a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e diminuir as emissões de gases de efeito estufa e poluentes ambientais.

Para facilitar a adoção da energia fotovoltaica em áreas urbanas, diversas estratégias de planejamento podem ser adotadas. A ABSOLAR destaca a importância de políticas públicas, como regulamentações específicas e incentivos fiscais, para estimular o uso da energia solar em diferentes contextos urbanos. Parcerias com empresas de energia renovável também são essenciais para fornecer conhecimento técnico, recursos

financeiros e infraestrutura necessária para a instalação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos.

Sendo assim o objetivo do estudo visa fornecer uma análise sobre a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares, destacando suas contribuições para a resiliência e eficiência energética das cidades. Com base em dados da ABSOLAR [1], IRENA [2] e IEA Agência Internacional de Energia [3] [4], busca-se aprofundar a compreensão dessa abordagem sustentável e inspirar a adoção de políticas e estratégias urbanas que promovam um futuro energético mais limpo e resiliente.

O principal objetivo deste estudo é investigar a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio da criação de bairros solares e analisar seus impactos na promoção da resiliência e eficiência energética das cidades. Especificamente, o estudo busca:

- Apresentar exemplos reais de bairros solares em diferentes partes do mundo para identificar suas características, benefícios e lições aprendidas.
- Analisar o papel da energia fotovoltaica na promoção da autossuficiência energética através dos bairros solares, incentivando a adoção de fontes renováveis e fortalecendo a segurança energética das cidades.
- Avaliar o impacto da integração da energia fotovoltaica nos bairros solares na redução das emissões de gases de efeito estufa e no combate às mudanças climáticas.
- Investigar as vantagens da implementação de bairros solares, incluindo a criação de empregos locais e a redução dos custos de energia para os moradores.

Este estudo se justifica pela necessidade urgente de encontrar soluções eficientes para os desafios impostos pela urbanização acelerada, a resiliência energética e a descarbonização. A integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano, por meio de bairros solares, apresenta uma abordagem diferenciada que pode abordar essas questões simultaneamente. Ao examinar a aplicação da energia fotovoltaica através de bairros solares, este estudo poderá contribuir para o conhecimento sobre os benefícios e desafios dessa abordagem, fornecendo informações relevantes para a formulação de políticas públicas e estratégias de planejamento urbano voltadas para a sustentabilidade, resiliência e eficiência energética. Além disso, a pesquisa tem o potencial de estimular o desenvolvimento de políticas mais eficazes e estratégias urbanas que promovam um futuro energético mais sustentável e resiliente, gerando impacto positivo em comunidades e contribuindo para a redução das desigualdades socioeconômicas. Este trabalho, portanto, se posiciona como uma contribuição crítica em um momento em que as cidades enfrentam uma crescente pressão para se adaptarem às mudanças climáticas, promovendo inovações que podem redefinir a maneira como pensamos e estruturamos os espaços urbanos.

METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos deste estudo, adotou-se uma abordagem metodológica mista, estruturada em cinco etapas principais:

1. **Revisão Sistemática da Literatura:** Foi realizada uma revisão sistemática para compilar informações sobre a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano e seus impactos. Foram consultados relatórios acadêmicos, artigos científicos, notícias e materiais de webinars disponíveis online, com foco nas tendências mais recentes da área [3] [4] [5] [6].
2. **Análise de Estudos de Caso:** Selecionaram-se e analisaram-se estudos de caso de bairros solares exemplares, como:
    - Japan Ota Solar City, Japão [7]
    - Fujisawa Sustainable Smart Town, Japão [8]
    - Dubai Sustainable City, Emirados Árabes Unidos [9]
    - Aspern-Die-Seestadt-Wiens, Áustria [10]

    Esses estudos foram examinados quanto a suas características, benefícios e desafios.

3. **Coleta e Análise de Dados:** A análise estatística identificou padrões e tendências, oferecendo uma visão clara dos efeitos e benefícios da implementação de bairros solares.
4. **Análise Qualitativa:** Realizou-se uma análise qualitativa dos estudos de caso e da literatura revisada. Identificaram-se tendências e padrões nas práticas de bairros solares e nos desafios enfrentados. Além disso, foram avaliadas as melhores práticas e lições aprendidas.
5. **Integração dos Resultados:** Os dados qualitativos e quantitativos foram integrados para proporcionar uma compreensão abrangente da integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano. Essa abordagem combinada permitiu identificar benefícios, desafios e oportunidades de aprimoramento na implementação de bairros solares.

Essa metodologia buscou fornecer uma compreensão aprofundada sobre a integração da energia fotovoltaica em bairros solares, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias eficazes e sustentáveis para o futuro das cidades.

BAIRROS SOLARES: Exemplos de eficiência e sustentabilidade na produção de energia fotovoltaica

A urbanização acelerada e a crescente dependência de combustíveis fósseis impõem desafios substanciais às cidades modernas, elevando a demanda por energia e recursos naturais e agravando as emissões de gases de efeito estufa. A energia fotovoltaica emerge como uma solução sustentável e renovável, oferecendo uma alternativa eficaz para atender às necessidades energéticas urbanas de forma limpa e eficiente.

A Figura 1 ilustra um exemplo de bairro solar no Japão, destacando a integração de painéis fotovoltaicos em edificações residenciais e espaços públicos, uma prática que ilustra a implementação bem-sucedida da tecnologia em contextos urbanos. A integração da energia solar no planejamento urbano é fundamental para maximizar o potencial dessa fonte renovável, promovendo não apenas a produção de energia limpa, mas também a resiliência urbana e a eficiência energética.

Figura 1



Bairro Solar no Japão. Fonte: JP.

Os bairros solares aproveitam diversas superfícies disponíveis, como telhados e fachadas, para instalar painéis fotovoltaicos, otimizando a exposição solar e combinando a geração de energia com sistemas de armazenamento para garantir o fornecimento contínuo de eletricidade, mesmo em períodos de baixa irradiação solar. Em novos projetos, os bairros solares podem ser planejados desde o início, integrando a energia fotovoltaica nas diretrizes de construção e desenvolvimento urbano.

Além de benefícios ambientais, como a redução das emissões de gases de efeito estufa, os bairros solares oferecem vantagens econômicas e sociais significativas. A Figura 2 apresenta o bairro Vauban em Freiburg, Alemanha, projetado na década de 1990 com a intenção de ser ambientalmente sustentável e autossuficiente em energia. O Vauban incorpora extensivamente a tecnologia fotovoltaica em seus edifícios, demonstrando a eficácia da energia solar na prática. De forma similar, a Figura 3 mostra o BedZED em Londres, Reino Unido, um exemplo de combinação entre eficiência energética e geração solar, reduzindo consideravelmente a dependência de combustíveis fósseis.

Figura 2



Vauban, Freiburg, Alemanha. Fonte: AL.

Figura 3



BedZed, Londres, Reino Unido. Fonte: UK.

A produção local de energia fotovoltaica reduz a dependência de fontes externas e aumenta a segurança energética. A eletricidade gerada pode ser utilizada em edifícios residenciais, comerciais, sistemas de iluminação pública e transporte elétrico. Além disso, a instalação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos criam empregos locais e fomentam uma economia verde, refletida na Figura 4 que ilustra um bairro solar na Alemanha, com destaque para o impacto econômico positivo.

Figura 4



Bairro Solar Alemanha. Fonte: AL.

Figura 5



Bairro Solar EUA. Fonte: US.

No entanto, a integração da energia fotovoltaica enfrenta desafios significativos, incluindo o custo inicial de instalação. Embora os custos tenham diminuído, políticas públicas e incentivos financeiros são essenciais para tornar a energia solar mais acessível. A Figura 5 exemplifica um bairro solar nos EUA, evidenciando como parcerias público-privadas e incentivos fiscais têm sido eficazes na viabilização desses projetos. A colaboração entre setores públicos e privados, bem como a conscientização e o engajamento da comunidade, são fundamentais para superar esses desafios e garantir a implementação bem-sucedida dos bairros solares.

A integração da energia fotovoltaica fortalece a resiliência urbana, diversificando as fontes de energia e reduzindo a vulnerabilidade a eventos climáticos extremos. A geração local de energia minimiza as perdas no sistema elétrico e melhora a eficiência geral da rede. Em resumo, a criação e expansão de bairros solares representam uma abordagem promissora para promover a eficiência energética e a sustentabilidade nas cidades. Com o comprometimento e a colaboração entre governos, empresas de energia renovável e comunidades locais, é possível construir cidades mais resilientes e sustentáveis, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e preparando melhor as cidades para um futuro energético mais limpo e saudável.

BAIRROS SOLARES AO REDOR DO MUNDO:

Experiências e Aprendizados

Estudos de caso internacionais oferecem insights valiosos sobre a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano. Exemplos notáveis incluem a Japan Ota Solar City e o Fujisawa Sustainable Smart Town no Japão [7][8], a Dubai Sustainable

City nos Emirados Árabes Unidos [9], e o Aspern-Die-Seestadt-Wiens em Viena, Áustria [10]. Estes projetos não apenas demonstram a eficácia da energia solar em contextos urbanos diversos, mas também oferecem lições importantes sobre planejamento e implementação.

A **Figura 6** ilustra o bairro solar Japan Ota Solar City, destacando a integração estratégica dos painéis solares em edifícios e espaços públicos [7]. A **Figura 7** apresenta o Fujisawa Sustainable Smart Town, que também se destaca pela eficácia na utilização de energia fotovoltaica para alcançar a autossuficiência energética [8].

Figura 6



Bairro Solar OSC – Japão. Fonte: JP.

Figura 7



Bairro Solar FSST – Japão. Fonte: JP.

Características:

1. **Integração da Energia Fotovoltaica:** Os projetos analisados exemplificam a integração efetiva da energia fotovoltaica. Os painéis solares são incorporados de forma a maximizar a geração de energia solar, com a **Figura 8** mostrando o bairro solar em Dubai, evidenciando a abordagem sistemática para a instalação de painéis em edifícios residenciais e comerciais [9].
2. **Autossuficiência Energética:** Os bairros solares demonstram uma capacidade de produzir energia elétrica suficiente para atender às suas necessidades internas. Isso reduz a dependência de fontes de energia tradicionais e fortalece a autossuficiência energética. A **Figura 9** mostra o bairro solar Aspern-Die-Seestadt-Wiens em Viena, que combina eficiência energética com uma abordagem sustentável para a preservação ambiental [10].

Figura 8



Bairro Solar – Dubai. Fonte: EA.

Figura 9



Bairro Solar Aspern – Viena. Fonte: VA.

Benefícios:

3. **Sustentabilidade Ambiental:** A integração da energia fotovoltaica proporciona benefícios ambientais notáveis, como a redução das emissões de gases de efeito estufa e a diminuição da pegada de carbono.
4. **Eficiência Energética:** Estes bairros são projetados para otimizar o consumo de energia, resultando em menor custo operacional e uso mais eficiente dos recursos. A combinação de tecnologias avançadas e práticas eficientes contribui para uma redução significativa dos custos relacionados à energia.
5. **Qualidade de Vida:** A geração de energia limpa e a redução da poluição do ar proporcionam um ambiente mais saudável e sustentável para os moradores. Esses benefícios são cruciais para melhorar a saúde e o bem-estar das comunidades.

Possíveis Lições Aprendidas:

1. **Planejamento Abrangente:** O sucesso dos bairros solares é frequentemente atribuído a um planejamento cuidadoso que leva em conta localização, infraestrutura, regulamentações e participação da comunidade. A **Figura 7** e a **Figura 8** evidenciam como um planejamento detalhado é essencial para a viabilidade dos projetos.
2. **Colaboração entre Setores:** A implementação eficaz requer a colaboração entre o setor público, empresas de energia, arquitetos, urbanistas e moradores. A participação ativa e a cooperação entre esses grupos são fundamentais para o sucesso dos projetos.
3. **Educação e Conscientização:** Promover a educação e conscientização sobre os benefícios da energia solar e a importância da transição para fontes de energia limpa é fundamental. O envolvimento e o apoio contínuo da comunidade são determinantes para a sustentabilidade dos bairros solares.

Em resumo, as experiências de projetos como a Japan Ota Solar City, o Fujisawa Sustainable Smart Town, a Dubai Sustainable City e o Aspern-Die-Seestadt-Wiens revelam que a integração da energia fotovoltaica pode ser altamente eficaz no planejamento urbano. Esses exemplos demonstram que é possível alcançar sustentabilidade energética, reduzir a pegada de carbono e melhorar a qualidade de vida através da adoção de fontes de energia renováveis, fornecendo importantes lições para futuras implementações.

RESULTADOS

Os resultados deste estudo evidenciam o impacto positivo da integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano, destacando a criação de bairros solares como uma estratégia eficaz. Esses bairros promovem a autossuficiência energética, gerando eletricidade suficiente para residências e comércios, e desempenham um papel

significativo na redução das emissões de gases de efeito estufa. Ao produzir energia localmente, os bairros solares aliviariam a sobrecarga das redes elétricas tradicionais e minimizam a dependência de fontes convencionais, além de reduzir as perdas na transmissão.

A instalação de sistemas fotovoltaicos também estimula a economia local, criando empregos e oferecendo economia significativa nos custos de energia. Este modelo reduz a vulnerabilidade a flutuações de preços e fortalece a segurança energética, promovendo inclusão energética e desenvolvimento urbano mais equitativo. Embora existam desafios, como o custo inicial e a necessidade de adaptar a infraestrutura, estes podem ser mitigados por políticas e incentivos financeiros. Assim, os bairros solares oferecem uma solução robusta e prática para a crescente demanda energética e a eficiência no planejamento urbano.

CONCLUSÃO

Como conclusão este estudo demonstra que a integração da tecnologia fotovoltaica no planejamento urbano pode não apenas maximizar a geração de energia, mas também desempenhar um papel fundamental na descarbonização e na resiliência das cidades. A criação de bairros solares representa uma resposta inovadora e eficaz aos desafios energéticos e ambientais globais, proporcionando uma alternativa sustentável às fontes de energia convencionais e aliviando a pressão sobre as redes elétricas urbanas.

Este trabalho oferece uma abordagem diferenciada que pode transformar a forma como as cidades são planejadas e construídas, servindo de modelo para regiões que buscam soluções sustentáveis em um contexto de urbanização acelerada. A importância deste estudo reside na sua capacidade de influenciar políticas públicas e práticas urbanísticas, incentivando a adoção de tecnologias renováveis em larga escala e promovendo um desenvolvimento urbano mais equilibrado e eficiente.

A adoção dessas práticas pode acelerar a transição para cidades mais sustentáveis, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e melhorar a qualidade de vida das comunidades, por meio da promoção da inclusão energética e do desenvolvimento econômico local. A energia solar, ao criar empregos e reduzir a vulnerabilidade às flutuações de preços, oferece uma resposta concreta às crises energéticas e ambientais que as cidades enfrentam.

Futuras pesquisas devem explorar a viabilidade econômica dessa abordagem em diferentes contextos urbanos e regionais, bem como analisar o impacto social das transformações urbanas propostas. Assim, a adoção de bairros solares representa um passo decisivo para um futuro mais verde e energeticamente eficiente.

REFERÊNCIAS

[1] ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica.
Disponível em: https://www.absolar.org.br/.
Acesso em: 3 de março de 2024.

[2] IRENA (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY).
Disponível em: https://www.irena.org/.
Acesso em:12 de março de 2024.

[3] IEA SHC - TASK 51: SOLAR ENERGY IN URBAN PLANNING
Disponível em: https://task51.iea-shc.org/.
Acesso em: 10 de março de 2024.

[4] IEA SHC - TASK 63: SOLAR NEIGHBORHOOD PLANNING.
Disponível em: https://task63.iea-shc.org/.
Acesso em: 11 de março de 2024.

[5] US DEPARTMENT OF ENERGY
Disponível em: https://www.energy.gov/
Acesso em: 15 de março de 2024.

[6] BETTER BUILDINGS WEBINAR SERIES.
Disponível em: https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/better-buildings-webinar-series
Acesso em: 4 de março de 2024.

[7] JAPAN - OTA SOLAR CITY
Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Layout-of-the-Pal-Town-neighborhood-in-Ota-City-Black-dots-show- casas com telhado PV_fig1_255250099
Acesso em: 7 de março de 2024.

[8] FUJISAWA SUSTAINABLE SMART TOWN - JAPAN
Disponível em:
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2226585622000760
Acesso em: 8 de março de 2024.

[9] DUBAI'S 'SUSTAINABLE CITY'
Disponível em: https://www.bloomberg.com/news/features/2024-03-20/dubai-s-sustainable-city-was-meant-to-start-a-trend-it-hasn-t-yet
Acesso em: 15 de março de 2024.

[10] ASCR - ASPERN SMART CITY RESEARCH.
Disponível em: https://www.ascr.at/en/energy-research/.
Acesso em: 2 de março de 2024.