

### **Integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano: Promovendo a resiliência e descarbonização das cidades por meio de bairros solares**

**Ricardo Calabrese<sup>1</sup>, Marcelo Romero<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Av. Prof. Almeida Prado, 532 - Butantã, São Paulo, SP, Brasil - ricardocalabrese.arquitetura@gmail.com

<sup>2</sup> USP - Universidade de São Paulo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAUUSP – marcelo\_romero@icloud.com

#### **RESUMO**

A crescente urbanização mundial e a dependência de combustíveis fósseis são dois dos principais desafios enfrentados pelas cidades atualmente. A energia fotovoltaica é uma das alternativas sustentáveis e renováveis que podem ser usadas para superar esses desafios. Este artigo discute a integração da energia fotovoltaica no novo planejamento urbano por meio de bairros solares colaborando com a resiliência urbana e descarbonização das cidades.

O estudo apresenta exemplos de bairros solares em diferentes partes do mundo que têm sido eficazes na produção de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos integrados em edifícios residenciais e comerciais. Esses bairros solares também provocaram a redução das emissões de gases de efeito estufa contribuindo para a melhoria da qualidade do ar nas cidades.

Além disso, o artigo explora as estratégias de planejamento urbano que podem ser utilizadas para facilitar a integração da energia fotovoltaica em bairros solares. Essas estratégias incluem incentivos fiscais, legislações específicas, políticas públicas e parcerias com empresas de energia renovável.

Por fim, o artigo destaca a importância da resiliência urbana no contexto da integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano. A resiliência urbana é uma abordagem que busca tornar as cidades mais adaptáveis e resistentes a eventos extremos, como mudanças climáticas e desastres naturais. A integração da energia fotovoltaica em bairros solares pode contribuir para aumentar a resiliência urbana, a independência de combustíveis fósseis e a segurança energética das cidades.

Em conclusão, a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares pode ser uma estratégia eficaz para promover a resiliência e descarbonização das cidades. No entanto, é necessário o compromisso das autoridades governamentais, empresas e comunidades locais para implementar essa mudança.

Palavras-chave: energia fotovoltaica, planejamento urbano, resiliência urbana, descarbonização, bairros solares

### **Integration of photovoltaic energy in urban planning: promoting resilience and decarbonization of cities through solar neighborhoods**

**Ricardo Calabrese<sup>1</sup>, Marcelo Romero<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Av. Prof. Almeida Prado, 532 - Butantã, São Paulo, SP, Brasil - ricardocalabrese.arquitetura@gmail.com

<sup>2</sup> USP - Universidade de São Paulo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAUUSP – marcelo\_romero@icloud.com

#### **ABSTRACT**

Growing global urbanization and dependence on fossil fuels are two of the main challenges facing cities today. Photovoltaic energy is one of the sustainable and renewable alternatives that can be used to overcome these challenges. This article discusses the integration of photovoltaic energy in new urban planning through solar neighborhoods collaborating with urban resilience and decarbonization of cities.

The study presents examples of solar neighborhoods in different parts of the world that have been effective in producing electricity through photovoltaic panels integrated into residential and commercial buildings. These solar neighborhoods also led to a reduction in greenhouse gas emissions, contributing to the improvement of air quality in cities.

Furthermore, the article explores urban planning strategies that can be used to facilitate the integration of photovoltaics into solar neighborhoods. These strategies include tax incentives, specific legislation, public policies and partnerships with renewable energy companies.

Finally, the article highlights the importance of urban resilience in the context of integrating photovoltaic energy into urban planning. Urban resilience is an approach that seeks to make cities more adaptable and resilient to extreme events such as climate change and natural disasters. The integration of photovoltaic energy in solar neighborhoods can contribute to increase urban resilience, independence from fossil fuels and energy security in cities.

In conclusion, the integration of photovoltaics into urban planning through solar neighborhoods can be an effective strategy to promote resilience and decarbonization of cities. However, commitment from government authorities, businesses and local communities is needed to implement this change.

Keywords: photovoltaic energy, urban planning, urban resilience, decarbonization, solar neighborhoods

## INTEGRAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO PLANEJAMENTO URBANO: PROMOVENDO A RESILIÊNCIA E DESCARBONIZAÇÃO DAS CIDADES POR MEIO DE BAIROS SOLARES



*Figura 1: Um bairro moderno e sustentável em Almere, na Holanda, onde a energia é parcialmente gerada por uma ilha de painéis solares. (Foto de Pavlo Glazkov/Shutterstock)*  
<https://www.energymonitor.ai/sectors/power/community-energy-power-to-the-people/>

### 1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento da urbanização global e a crescente dependência de combustíveis fósseis representam desafios impressionantes para as cidades em todo o mundo. As mudanças climáticas e a degradação ambiental resultaram desses padrões de desenvolvimento insustentáveis, e agora precisamos desenvolver soluções inovadoras e eficazes para promover a resiliência e a descarbonização urbana. Nesse contexto, a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares emerge como uma abordagem promissora para enfrentar esses desafios de forma sustentável.

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), a energia solar fotovoltaica tem apresentado um crescimento expressivo no Brasil e no mundo. Até 2021, a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no Brasil ultrapassou a marca de 10 gigawatts (GW), representando um aumento de mais de 500 vezes em comparação a 2012. Globalmente, a capacidade fotovoltaica consumiu mais de 770 GW no mesmo período.

A energia fotovoltaica, que converte a luz solar em eletricidade, apresenta-se como uma alternativa sustentável e renovável para suprir as necessidades energéticas das cidades. Através da instalação de painéis solares em edifícios residenciais e comerciais, estacionamentos e espaços públicos, os bairros solares têm o potencial de se tornarem fontes autossuficientes de energia limpa.

Além de promover a resiliência urbana, a energia fotovoltaica contribui para a descarbonização das cidades. Segundo a Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), a energia solar fotovoltaica pode evitar a emissão de até 2,5 gigatoneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por ano até 2050, caso haja um aumento significativo na sua implementação. Isso representa uma redução expressiva nas emissões de gases de efeito estufa, ajudando a mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Ao promover a resiliência urbana, os bairros solares podem contribuir para reduzir a vulnerabilidade das cidades a eventos climáticos extremos e contínuos no fornecimento de energia. A diversificação das fontes de energia e a geração local de eletricidade fornecem maior segurança energética e minimizam os impactos de eventos como tempestades, enchentes ou falhas na rede elétrica. Além disso, a integração da energia fotovoltaica reduz a dependência de combustíveis fósseis, as emissões de gases de efeito estufa e os poluentes no meio ambiente.

Para facilitar a integração da energia fotovoltaica nas áreas urbanas através de bairros solares, diversas estratégias de planejamento urbano podem ser adotadas. De acordo com a ABSOLAR, a implementação de políticas públicas, como leis e regulamentações específicas, pode estimular o uso da energia solar fotovoltaica em edifícios residenciais, comerciais e espaços públicos. Além disso, incentivos fiscais, como isenções ou reduções de impostos, podem tornar a energia solar mais acessível e atraente para os moradores. Parcerias com empresas de energia renovável também são fundamentais para fornecer conhecimento técnico, recursos financeiros e infraestrutura necessários para a instalação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos.

Ao explorar esses aspectos, este artigo busca fornecer uma visão abrangente sobre a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares, destacando suas contribuições para a resiliência e descarbonização das cidades. Com base nos dados atuais da ABSOLAR e de outras fontes relevantes, espera-se que os resultados apresentados possam contribuir para uma compreensão aprofundada dessa abordagem sustentável e inspirar a adoção de políticas e estratégias urbanas que promovam um futuro energético mais limpo, resiliente e ambientalmente consciente.

## 2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste estudo é investigar a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares e analisar seus impactos na promoção da resiliência e descarbonização das cidades. Pretendemos examinar os benefícios e desafios dessa abordagem, bem como identificar estratégias de planejamento e políticas públicas que possam facilitar sua efetiva implementação.

Além do objetivo principal, este estudo também busca alcançar os seguintes objetivos:

Apresentar exemplos reais de bairros solares em diferentes partes do mundo para identificar suas características, benefícios e lições aprendidas.

Investigar o papel da energia fotovoltaica na promoção da autossuficiência energética 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, como a criação de empregos locais e a redução dos custos de energia para os moradores.



### **3. JUSTIFICATIVA**

Este estudo se justifica pela urgência de encontrar soluções eficientes para os desafios enfrentados pelas cidades em relação à urbanização, resiliência energética e descarbonização. A integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares surge como uma abordagem inovadora, capaz de abordar essas questões simultaneamente.

Ao investigar a integração da energia fotovoltaica em bairros solares, este estudo poderá contribuir para a geração de conhecimento sobre os benefícios e desafios dessa abordagem, fornecendo informações para a tomada de decisões por parte das autoridades governamentais, empresas e comunidades locais. Além disso, esse estudo tem o potencial de estimular o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes e estratégias de planejamento urbano orientadas para a sustentabilidade.

### **4. METODOLOGIA**

Para atingir os objetivos propostos, este estudo seguirá uma abordagem metodológica mista, combinando análise qualitativa e quantitativa. Será realizada uma revisão sistemática da literatura para reunir informações relevantes sobre a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano e seus efeitos. Para obter uma compreensão mais aprofundada, foram consultadas diversas fontes, incluindo relatórios, artigos, notícias e materiais, além de diversos webinars realizados e disponíveis online acrescentando novas formas de pesquisa através dos avanços tecnológicos dos últimos tempos.

Estudos de caso e exemplos reais de bairros solares serão analisados para identificar suas características, benefícios e desafios. Dados quantitativos, como capacidade instalada de energia fotovoltaica e redução de emissões de gases de efeito estufa, serão coletados de fontes voluntárias, como relatórios oficiais, organizações especializadas e bancos de dados concedidos. Não foram realizadas entrevistas e pesquisas com especialistas, autoridades governamentais, representantes da indústria de energia renovável e membros das comunidades locais para obter perspectivas adicionais sobre a implementação de bairros solares e suas diretrizes.

A análise dos dados coletados será realizada de forma sistemática, utilizando métodos de análise de conteúdo qualitativo e referências de bairros para identificar tendências, padrões e resultados.

Ao adotar essa abordagem metodológica, buscamos obter uma compreensão da integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares, contribuindo para a construção de um conhecimento mais específico sobre essa questão.

### **5. BAIRROS SOLARES: EXEMPLOS DE EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA**

A crescente urbanização mundial e a dependência de combustíveis fósseis são desafios que as cidades enfrentam atualmente. O rápido crescimento populacional e a concentração de pessoas nas áreas urbanas resultam em demandas cada vez maiores por energia, transporte e recursos naturais. Como resultado, as cidades são responsáveis por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa e induzidas para as mudanças climáticas.

No entanto, a energia fotovoltaica surge como uma alternativa sustentável e renovável que pode ajudar a superar esses desafios. A energia solar é abundante e disponível em todo o mundo, tornando-a uma fonte promissora para suprir as necessidades energéticas das cidades. A tecnologia fotovoltaica converte a luz solar diretamente em eletricidade, sem emissões poluentes ou ruídos, colaborando assim com a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas.

A integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano é essencial para aproveitar todo o potencial dessa fonte de energia renovável. Uma abordagem inovadora é a criação de bairros

solares, onde a geração de energia solar é construída em edifícios, infraestruturas e espaços públicos. Esses bairros solares não fornecem apenas energia limpa, mas também promovem a resiliência urbana e a descarbonização das cidades.

Os bairros solares podem ser projetados com painéis solares instalados em telhados, fachadas de edifícios, estacionamentos e áreas públicas, aproveitando ao máximo a exposição solar disponível. Além disso, uma combinação de energia fotovoltaica com sistemas de armazenamento de energia, como baterias, permite o armazenamento e uso da eletricidade durante períodos de baixa irradiação solar ou à noite.

Esses bairros solares podem ser incorporados em áreas urbanas já existentes ou incorporadas em novos projetos urbanos. No primeiro caso, é possível adaptar edifícios e infraestruturas existentes para a instalação de painéis solares, aproveitando as superfícies disponíveis. No segundo caso, os bairros solares podem ser planejados desde o início, integrando a energia fotovoltaica nas diretrizes de projeto e construção.

Além dos benefícios ambientais, os bairros solares oferecem diversas vantagens para as cidades. A produção local de energia reduz a dependência de fontes externas e a vulnerabilidade no fornecimento de energia. A eletricidade gerada pode ser usada para edifícios residenciais, comerciais e industriais, sistemas de iluminação pública, infraestrutura de transporte elétrico e até mesmo redes inteligentes de distribuição de energia.

A implementação de bairros solares também contribui para a criação de empregos locais e o desenvolvimento de uma economia verde. A instalação, manutenção e monitoramento dos sistemas fotovoltaicos exigem mão de obra qualificada, criando oportunidades de emprego para os moradores locais. Além disso, a transição para a energia solar promove a inovação tecnológica e impulsiona o crescimento do setor de energias renováveis.

No entanto, a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano enfrenta alguns desafios. Um dos principais é o custo inicial de instalação dos sistemas solares, embora os custos tenham diminuído significativamente nas últimas décadas. É essencial que as políticas públicas e de incentivos financeiros sejam implementadas para promover o investimento em energia solar e torná-la acessível a um maior número de pessoas.

Outro desafio é a necessidade de colaboração entre os setores públicos e privados, assim como a conscientização e engajamento da comunidade. A criação de bairros solares requer a cooperação do governo municipal, empresas de energia, arquitetos, urbanistas e moradores. É fundamental educar e envolver a população para que compreenda os benefícios da energia solar e apoie sua implementação.

Dessa forma, a crescente urbanização mundial e a dependência de combustíveis fósseis representam desafios para as cidades. No entanto, a energia fotovoltaica oferece uma alternativa sustentável e renovável para enfrentar esses desafios. A integração da energia solar no novo planejamento urbano, por meio de bairros solares, pode colaborar com a resiliência urbana e a descarbonização das cidades, proporcionando energia limpa, sustentando a independência externa e estimulando o desenvolvimento econômico. Com esforços conjuntos dos setores público e privado, é possível construir um futuro urbano mais sustentável e resiliente.

O estudo sobre bairros solares apresenta uma série de exemplos ao redor do mundo que demonstram a eficácia da produção de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos integrados em edifícios residenciais e comerciais. Esses projetos têm desempenhado um papel fundamental na transição para uma matriz energética mais sustentável, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a melhoria da qualidade do ar nas cidades.

Um exemplo importante é o bairro solar Vauban, localizado em Freiburg, na Alemanha. Esse projeto pioneiro foi concebido na década de 1990 com o objetivo de criar um bairro ambientalmente sustentável e energeticamente autossuficiente. Os edifícios residenciais e

comerciais do bairro foram projetados para incorporar painéis fotovoltaicos em suas estruturas, maximizando a geração de energia solar. Como resultado, o bairro solar Vauban reduziu significativamente as emissões de carbono e se tornou um exemplo inspirador de planejamento urbano sustentável.

Outro exemplo é o bairro solar Beddington Zero Energy Development (BedZED), localizado em Londres, Reino Unido. Esse projeto foi concebido como uma comunidade sustentável, onde os edifícios foram projetados para maximizar a eficiência energética e a geração de energia solar. Os painéis fotovoltaicos instalados nos telhados dos edifícios fornecem eletricidade limpa para os moradores, reduzindo significativamente dependência de combustíveis fósseis na geração de energia. Além disso, o bairro solar BedZED implementou medidas de conservação de água, gestão de resíduos e uso de materiais de construção sustentáveis, garantindo a redução do impacto ambiental e a melhoria da qualidade de vida dos residentes.



*Figura 2: Vauban, Freiburg, Alemanha*



*Figura 3: BedZed, Londres, Reino Unido*

Em todo o mundo, podemos encontrar diversos outros bairros solares que se destacam como exemplos de eficiência e sustentabilidade. Essas bairros adotam, logo durante a etapa de projeto, a energia solar como uma solução sustentável e eficiente para suprir suas necessidades energéticas. Ao integrar painéis fotovoltaicos em seus edifícios residenciais e comerciais, de forma planejada, conseguem reduzir sua dependência de fontes de energia não renováveis, mitigar as emissões de gases de efeito estufa e promover a autossuficiência energética. Além disso, muitos desses bairros solares estão implementando sistemas avançados de armazenamento de energia, permitindo que a eletricidade seja armazenada e utilizada mesmo em momentos de baixa irradiação solar. Com essas soluções inovadoras, aplicadas na etapa de planejamento, os bairros solares têm demonstrado a viabilidade econômica e ambiental da energia solar, fornecendo benefícios tangíveis para suas comunidades, como a redução das contas de energia, a criação de empregos locais e o fortalecimento da resiliência energética. Esses exemplos evidenciam o potencial e a importância dos bairros solares como impulsionadores da transição energética global.



*Figura 4: Bairro Solar Japão*



Esses exemplos também destacam como os bairros solares têm se mostrado eficazes na produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis, como a energia solar. Além disso, esses projetos contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa, um fator crucial na luta contra as mudanças climáticas. A geração de energia limpa nos bairros solares também tem impactos positivos na qualidade do ar nas cidades, reduzindo a poluição e melhorando a saúde pública.

No entanto, é importante ressaltar que a implementação de bairros solares requer um planejamento cuidadoso e uma abordagem integrada. É necessário considerar fatores como a orientação solar durante a sua implantação, a geometria das edificações, a eficiência energética dos sistemas, a infraestrutura de distribuição de energia e a participação ativa da comunidade. Além disso, políticas públicas e incentivos financeiros podem desempenhar um papel importante na promoção da energia solar e na viabilidade econômica dos bairros solares.

Dessa forma, os exemplos de bairros solares ao redor do mundo ilustram como a integração da energia fotovoltaica, logo nas etapas iniciais de planejamento, pode contribuir para a produção de energia elétrica limpa, a redução das emissões de gases de efeito estufa e melhoria da qualidade do ar nas cidades. Esses projetos demonstram o potencial da energia solar como uma alternativa sustentável e renovável para enfrentar os desafios da urbanização e da dependência de combustíveis fósseis. Com o planejamento adequado e o apoio necessário, os bairros solares podem desempenhar um papel significativo na construção de cidades mais atraentes e resilientes.



Figura 5: Bairro Solar Alemanha



Figura 6: Bairro Solar EUA

Além dos exemplos concretos de bairros solares ao redor do mundo, o estudo também explora as estratégias de planejamento urbano que podem ser adotadas para facilitar a integração da energia fotovoltaica nesses bairros solares. Essas estratégias desempenham um papel fundamental ao estabelecer o ambiente propício e as condições necessárias para o desenvolvimento desses projetos. Algumas das estratégias mais eficazes incluem incentivos fiscais, legislações específicas, políticas públicas e parcerias com empresas de energia renovável.

Um dos aspectos-chave é a implementação de incentivos fiscais que estimulem a adoção da energia fotovoltaica. Isso pode incluir a isenção ou redução de impostos sobre a instalação de painéis solares, o que torna o investimento mais atraente para os proprietários de edifícios. Além disso, programas de financiamento com juros baixos ou rendimentos para a instalação de sistemas solares também podem ser oferecidos, tornando-os mais acessíveis e viáveis financeiramente. Essas medidas incentivam os moradores e as empresas a adotarem a energia solar, impulsionando a transição para os bairros solares mais sustentáveis.

A criação de legislações específicas é outra estratégia importante para facilitar a integração da energia fotovoltaica nos bairros solares. Essas leis podem incluir requisitos ou diretrizes para a instalação de painéis solares em novas construções ou em reformas de edifícios existentes. Por exemplo, pode-se estabelecer que uma porcentagem mínima de área de cobertura dos telhados



seja destinada à instalação de painéis solares. Além disso, as legislações podem estabelecer padrões de eficiência energética que incentivam o uso de tecnologias solares em conjunto com medidas de conservação de energia. Dessa forma, o planejamento urbano incorpora a energia fotovoltaica como uma solução integrada e incentivada para os projetos de construção.

As políticas públicas também desempenham um papel fundamental na integração da energia fotovoltaica nos bairros solares. Os governos municipal e estadual podem desenvolver programas e iniciativas que promovam a adoção da energia solar, como campanhas de conscientização, programas de treinamento e capacitação para instaladores de sistemas fotovoltaicos e regulamentações de conexão à rede elétrica. Além disso, os órgãos governamentais podem estabelecer metas de energia renovável e implementar políticas de compra de energia limpa, incentivando as empresas de energia renovável a investirem em projetos de bairros solares. Essas políticas públicas criam um ambiente favorável e demonstram o compromisso do governo com a transição para uma matriz energética mais sustentável.

As parcerias com empresas de energia renovável são essenciais para viabilizar os projetos de bairros solares. As empresas especializadas em energia solar podem fornecer conhecimento técnico, experiência e recursos financeiros para a implementação dos sistemas fotovoltaicos. Além disso, a colaboração entre o setor público e as empresas de energia renovável pode resultar em acordos de compra de energia a longo prazo, garantindo um mercado estável para a eletricidade produzida pelos bairros solares. Essas parcerias promovem a inovação, a eficiência e a expansão da energia fotovoltaica, impulsionando o desenvolvimento dos bairros solares em larga escala.

Em resumo, a integração da energia fotovoltaica em bairros solares requer a implementação de estratégias de planejamento urbano adequadas. Incentivos fiscais, legislações específicas, políticas públicas e parcerias com empresas de energia renovável desempenham papéis importantes nesse processo. Essas estratégias criam um ambiente favorável para a adoção da energia solar, impulsionando a transição para um modelo energético mais sustentável nas cidades. Ao incorporar essas estratégias em seu planejamento urbano, as cidades podem aproveitar os benefícios da energia fotovoltaica, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a resiliência e a sustentabilidade no longo prazo.

A resiliência urbana desempenha um papel fundamental na integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano. Diante dos desafios cada vez maiores das mudanças climáticas e dos desastres naturais, é essencial que as cidades adotem uma abordagem resiliente, tornando-se mais adaptáveis e capazes de se recuperar de eventos extremos. A energia fotovoltaica, quando integrada nas áreas urbanas por meio dos bairros solares, pode desempenhar um papel crucial na promoção da resiliência urbana, na independência de combustíveis fósseis e no aumento da segurança energética das cidades.

As mudanças climáticas levaram a um aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como tempestades, enchentes e secas. Esses eventos podem interromper o fornecimento de energia das cidades, causar danos à infraestrutura elétrica e afetar a qualidade de vida dos moradores. Ao integrar a energia fotovoltaica em bairros solares, as cidades podem diversificar suas fontes de energia, reduzindo sua vulnerabilidade em relação ao fornecimento de energia. Os sistemas de energia solar podem continuar a gerar eletricidade mesmo durante eventos extremos, desde que haja armazenamento adequado. Isso contribui para a resiliência das cidades, garantindo um fornecimento contínuo de eletricidade para residências, empresas e serviços essenciais, como hospitais e centros de emergência.

A integração da energia fotovoltaica também contribui para a redução da dependência de combustíveis fósseis. As cidades dependem fortemente de fontes não renováveis de energia, como carvão, petróleo e gás natural, para atender às suas necessidades energéticas. Essa

dependência expõe as cidades a flutuações de preços, variações geopolíticas e impactos ambientais negativos. Ao adotar bairros solares, as cidades podem aproveitar uma fonte de energia renovável e limpa, mitigando sua dependência de combustíveis fósseis. Isso não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também fortalece a segurança energética das cidades, mitigando a exposição a eventos globais que podem afetar o abastecimento de combustíveis fósseis.

Além disso, a integração da energia fotovoltaica nos bairros solares melhora a segurança energética das cidades. A dependência excessiva de uma única fonte de energia pode tornar as cidades independentes a problemas no fornecimento de energia, como falhas na rede elétrica ou instabilidades geopolíticas. Ao diversificar suas fontes de energia pelo meio da energia fotovoltaica, as cidades podem atravessar o risco de uma interrupção total do fornecimento de eletricidade. Além disso, a geração de energia no local, por meio dos bairros solares, reduz a necessidade de transmissão de longa distância, minimizando as perdas de energia e melhorando a eficiência do sistema elétrico.



Figura 9: Poluição/Descarbonização



Figura 10: Poluição/Descarbonização



Figura 11: Ônibus Elétrico



Figura 12: Formas de Carregamento

A resiliência urbana não se limita apenas à energia, mas também abrange outros aspectos da vida urbana, como transporte, infraestrutura, água e gestão de resíduos. A energia fotovoltaica integrada em bairros solares pode ser combinada com outras medidas de resiliência, como sistemas de armazenamento de água da chuva, sistemas de transporte elétrico e tecnologias de construção sustentável. Essas abordagens integradas fortalecem a capacidade das cidades de lidar com eventos extremos, minimizando os impactos negativos e acelerando a recuperação.

Em suma, a integração da energia fotovoltaica em bairros solares pode desempenhar um papel fundamental na promoção da resiliência urbana. Essa abordagem contribui para a diversificação

das fontes de energia, a redução da dependência de combustíveis fósseis e o aumento da segurança energética das cidades. Ao adotar bairros solares e outras medidas de resiliência urbana, as cidades podem se adaptar melhor às mudanças climáticas e aos desastres naturais, protegendo seus cidadãos, infraestrutura e meio ambiente. É crucial que os planejadores urbanos considerem a energia fotovoltaica como uma parte integrante do planejamento resiliente das cidades, garantindo assim um futuro sustentável e resiliente para as gerações futuras.

Em conclusão, a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares apresenta-se como uma estratégia eficaz para promover a resiliência e a descarbonização das cidades. No entanto, essa transição requer um compromisso sólido das autoridades governamentais, empresas e comunidades locais para implementar essa mudança significativa.

A implementação bem-sucedida de bairros solares depende de uma abordagem colaborativa entre diferentes partes interessadas. As autoridades desempenham um papel crucial na criação de políticas públicas e regulamentações que incentivam a adoção da energia fotovoltaica, apoiam o incentivo financeiro e facilitam o licenciamento e a integração dos sistemas solares nos projetos de construção. Além disso, as autoridades podem investir na melhoria da infraestrutura elétrica, no desenvolvimento de redes inteligentes e na modernização das estruturas existentes para acomodar a energia renovável.

As empresas de energia renováveis desempenham um papel essencial ao fornecer a expertise técnica, os recursos financeiros e a infraestrutura necessária para a instalação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos. Através de parcerias público-privadas, as empresas podem colaborar com as autoridades governamentais na criação de programas de incentivo, financiamento e desenvolvimento de projetos de bairros solares. Além disso, as empresas podem contribuir para a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias solares avançadas, melhorando a eficiência e a capacidade de armazenamento da energia fotovoltaica.

A participação e o apoio da comunidade local são igualmente essenciais para o sucesso dos bairros solares. É fundamental envolver os moradores desde as fases iniciais de planejamento e projeto, promovendo a conscientização sobre os benefícios da energia solar, a importância da resiliência urbana e a necessidade de descarbonizar as cidades. As comunidades podem se organizar em cooperativas de energia renovável, promovendo uma participação ativa na geração e consumo de eletricidade limpa. Além disso, a educação pública e os programas de capacitação podem ajudar a promover a adoção da energia fotovoltaica, capacitando os moradores a instalarem e gerenciarem sistemas solares em suas residências.

Embora a integração da energia fotovoltaica em bairros solares apresente inúmeras vantagens, também enfrenta desafios. O custo inicial da instalação dos sistemas solares pode ser uma barreira para muitas comunidades e proprietários de edifícios. Portanto, é necessário o apoio governamental por meio de incentivos financeiros, como redução de impostos e linhas de crédito acessíveis, para tornar os sistemas solares econômicos viáveis para um público mais amplo. Além disso, a disponibilidade de espaço suficiente para a instalação dos painéis solares em edifícios existentes ou novos projetos urbanos pode ser um desafio logístico. O planejamento cuidadoso e a adaptação das diretrizes de construção podem ajudar a superar esses desafios e maximizar o potencial da energia fotovoltaica.

Sendo assim, a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares oferece uma abordagem promissora para promover a resiliência e a descarbonização das cidades. No entanto, alcançar essa transição requer o compromisso e a colaboração das autoridades governamentais, empresas de energia renováveis e comunidades locais. Ao trabalharmos juntos, podemos criar cidades mais sustentáveis e eficientes, com menor dependência de combustíveis fósseis, maior resiliência a eventos extremos e um futuro mais limpo e saudável para todos.



## 6. BAIRROS SOLARES AO REDOR DO MUNDO: EXPERIÊNCIAS E APRENDIZADOS NA INTEGRAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO PLANEJAMENTO URBANO



*Figura 13: Bairro Solar OSC Japão*



*Figura 14: Bairro Solar FSST - Japão*



*Figura 15: Bairro Solar - Dubai*



*Figura 16: Bairro Solar Aspern- Viena*

Através das observações feitas nos estudos de caso, destacando exemplos como a Japan Ota Solar City no Japão, Fujisawa Sustainable Smart Town no Japão, Dubai Sustainable City nos Emirados Árabes Unidos e Aspern-Die-Seestadt-Wiens na Áustria, foram identificadas características, benefícios e possíveis lições aprendidas.

### **Características:**

**Integração da energia fotovoltaica:** Todos esses projetos exemplificam a integração efetiva da energia fotovoltaica no planejamento urbano. Os painéis solares são incorporados de forma estratégica em edifícios residenciais e comerciais, aproveitando ao máximo a geração de energia solar.

**Autossuficiência energética:** Os bairros solares observados demonstram a capacidade de produzir energia elétrica suficiente para suprir suas necessidades internas. Isso reduz a dependência de fontes de energia tradicional e fortalece a autossuficiência energética.

### **Benefícios:**

**Sustentabilidade ambiental:** A integração da energia fotovoltaica resulta em benefícios ambientais, como a redução das emissões de gases de efeito estufa e a redução da pegada de carbono das comunidades. Isso contribui para a preservação do meio ambiente e combate às mudanças climáticas.

**Eficiência energética:** Os bairros solares são projetados levando em consideração a eficiência energética, incorporando tecnologias e práticas que mostram o consumo de energia. Isso resulta em um uso mais eficiente dos recursos e na redução dos custos operacionais relacionados à energia.

**Qualidade de vida:** Os bairros solares oferecem um ambiente mais saudável e sustentável para os moradores. A geração de energia limpa e a redução da poluição do ar têm efeitos positivos na saúde e no bem-estar das comunidades.

**Possíveis lições aprendidas:**

**Planejamento abrangente:** Os bairros solares bem-sucedidos são resultado de um planejamento abrangente que considera aspectos como localização, infraestrutura, regulamentações e participação da comunidade. Um planejamento cuidadoso é essencial para garantir a viabilidade e o sucesso dos projetos.

**Colaboração entre setores:** A implementação de bairros solares requer uma colaboração estreita entre o setor público, empresas de energia, arquitetos, urbanistas e moradores. A participação ativa e a colaboração entre os diversos atores são fundamentais para o sucesso dos projetos.

**Educação e conscientização:** É importante educar e conscientizar a comunidade sobre os benefícios da energia solar e a importância da transição para fontes de energia limpa. A conscientização e o envolvimento dos moradores são cruciais para o apoio contínuo e a sustentabilidade dos bairros solares.

Em resumo, as observações feitas nos estudos de caso, com destaque para exemplos como a Japan Ota Solar City, Fujisawa Sustainable Smart Town, Dubai Sustainable City e Aspern-Die-Seestadt-Wiens, revelam características, benefícios e lições aprendidas sobre a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano. Esses bairros solares demonstram que é possível alcançar a sustentabilidade energética, reduzir a pegada de carbono e melhorar a qualidade de vida das comunidades por meio da adoção de fontes de energia renováveis.

## 7. BAIRRO SOLAR NA FAVELA MARTE: DESENVOLVIMENTO SOCIAL E SUSTENTABILIDADE COM ENERGIA SOLAR



Figura 17: Bairro Solar - Social

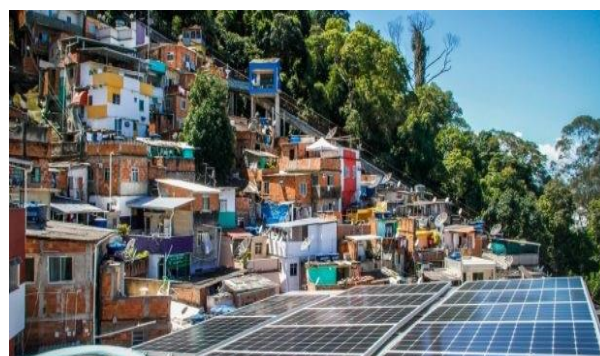


Figura 18: Bairro Solar - Social

A comunidade da Favela Marte, também conhecida como Vila Itália, localizada em São José do Rio Preto, interior de São Paulo, tende a se tornar um exemplo de desenvolvimento social e sustentabilidade na América Latina. Um amplo projeto está em andamento para abastecer totalmente a comunidade com energia solar, promovendo renda adicional e melhorando a qualidade de vida dos moradores.

Desde sua criação em 2014, a comunidade passou por diversas adversidades, incluindo questões relacionadas à desapropriação de terras particulares. No entanto, uma nova etapa se inicia com a escolha da Vila Itália para ser o modelo do projeto "Favela 3D", que busca criar ambientes dignos, digitais e adaptados às necessidades dos moradores.

Essa iniciativa é liderada pela ONG Gerando Falcões, em parceria com diversos atores do setor público e privado. O banco BV e a fintech Meu Financiamento Solar, por exemplo, estão financiando a instalação de painéis solares em 240 residências da comunidade.

Até junho de 2023, mais de mil painéis solares serão instalados nas casas e áreas comuns da Favela Marte. Para viabilizar esse projeto, a Companhia de Desenvolvimento Habitacional Urbano (CDHU) construirá habitações populares com condições adequadas para a instalação dos sistemas solares.



Os benefícios para os moradores da Favela Marte são atrativos. De acordo com as estimativas do projeto, cada família economizará entre R\$ 4 mil e R\$ 6 mil por ano em despesas com eletricidade. Com isso, os moradores pagarão apenas a taxa mínima cobrada pela distribuidora de energia, aliviando o peso das contas de luz em seus orçamentos.

A Diretora de Tecnologias Sociais da Gerando Falcões, Nina Rentel, destaca a importância dessa iniciativa na luta contra a pobreza: "Uma iniciativa como essa, que proporciona economia na conta de luz para as famílias que vivem na favela, é extremamente importante, no meio a tantas outras ações realizadas para combater a pobreza".

Além do financiamento e instalação dos painéis solares, o BV e Meu Financiamento Solar também oferece cursos técnicos para capacitar os moradores da comunidade na instalação e manutenção dos sistemas de energia solar. Essa oportunidade de formação profissional contribuirá para a inclusão social e valorização dos moradores da Favela Marte.

A gestão municipal desempenha um papel fundamental nesse projeto. Cabe ao poder público regularizar a área e realizar melhorias na infraestrutura, como redes de água, esgoto, energia elétrica e pavimentação de ruas. Essas melhorias são essenciais para fornecer uma infraestrutura adequada e condições de vida dignas aos moradores.

O projeto do bairro solar na Favela Marte demonstra como a energia solar pode ser um agente de transformação social, promovendo desenvolvimento econômico, redução de desigualdades e sustentabilidade ambiental em comunidades marginalizadas. Essa iniciativa tem o potencial de inspirar outras localidades a seguirem caminho semelhante, promovendo um futuro mais inclusivo e sustentável para toda a América Latina.

## 8. ANÁLISE COMPARATIVA: MINI USINA SOLAR X INSTALAÇÃO INDIVIDUAL DE PLACAS SOLARES EM UNIDADES HABITACIONAIS



Figura 19: Bairro Solar



Figura 20: Bairro Solar

### Hipótese - Supondo um projeto de bairro solar com 100 unidades habitacionais.

Ao considerarmos a escolha entre a instalação de uma mini usina solar para alimentar todas as unidades habitacionais ou a instalação individual de placas solares em cada unidade, é importante avaliar as vantagens e desafios de cada abordagem.

#### Mini Usina Solar para Alimentar Todas as Unidades:

##### Vantagens:

**Eficiência de escala:** A concentração da produção de energia em uma única usina solar permite alcançar eficiências de escala, geradas em custos de instalação e manutenção mais baixas em comparação com múltiplas instalações individuais.

**Gestão centralizada:** Com uma única usina solar, a gestão e o monitoramento da produção de energia podem ser centralizados, facilitando o controle e a manutenção do sistema.



**Uso eficiente do espaço:** Dependendo das restrições de espaço disponíveis, uma mini usina solar pode ser uma opção mais viável, pois requer menos espaço em comparação com a instalação individual de placas solares em cada unidade.

**Desafios:**

**Distribuição de energia:** Será necessário planejar e implementar uma rede elétrica adequada para distribuir a energia gerada pela usina solar para todas as unidades habitacionais, considerando questões de segurança, capacidade de transmissão e custos adicionais de infraestrutura.

**Complexidade operacional:** Uma mini usina solar requer uma gestão e operação centralizada, habilidades técnicas específicas e recursos para manter o sistema funcionando de maneira eficiente.

**Dependência em caso de falhas:** Em caso de falha na mini usina solar, todas as unidades habitacionais podem ser prejudicadas simultaneamente, ocasionando uma interrupção generalizada do fornecimento de energia.

**Instalação Individual de Placas Solares em Cada Unidade:**

**Vantagens:**

**Autossuficiência energética:** Cada unidade habitacional seria capaz de gerar sua própria energia, tornando-se autossuficiente em termos de abastecimento de energia.

**Maior flexibilidade:** A instalação individual de placas solares permite que cada unidade ajuste o sistema de acordo com suas necessidades específicas de consumo de energia.

**Redução das perdas de transmissão:** Ao gerar energia no local, as perdas de transmissão que podem ocorrer em uma rede elétrica convencional são evitadas, colaborando assim com uma maior eficiência energética.

**Desafios:**

**Custo inicial:** A instalação individual de placas solares em cada unidade pode exigir um investimento inicial significativo para aquisição e instalação dos sistemas, representando um desafio financeiro para os proprietários.

**Complexidade de gerenciamento:** Com várias instalações individuais, o gerenciamento e a manutenção dos sistemas solares podem ser mais complexos e exigem um esforço maior por parte dos proprietários e moradores.

**Restrições de espaço e estética:** Dependendo do espaço disponível em cada unidade habitacional, a instalação individual de placas solares pode ser limitada por questões estéticas ou de espaço físico.

Além dos aspectos mencionados, é importante considerar também o contexto específico de cada projeto, incluindo fatores como localização geográfica, condições climáticas, políticas públicas e regulamentações locais, bem como a disponibilidade de recursos financeiros e técnicos.

Como complemento, é relevante destacar que tanto a mini usina solar quanto a instalação de placas individuais solares em cada unidade funcionarão para a promoção da energia limpa, a redução das emissões de gases de efeito estufa e a sustentabilidade das cidades. Ambas as abordagens podem ser adotadas com sucesso, dependendo das circunstâncias específicas e das prioridades do projeto. A escolha adequada dependerá de uma avaliação completa dos fatores mencionados, por meio de consultoria técnica especializada em energia renovável e planejamento urbano, considerando os benefícios e desafios associados a cada opção.

## 9. CONSULTORIA TÉCNICA ESPECIALIZADA

Considerando a hipótese para tomada de decisão referente a escolha entre a instalação de uma mini usina solar para alimentar todas as unidades habitacionais ou a instalação individual de placas solares em cada unidade, como informado anteriormente, depende de vários fatores e das

circunstâncias específicas de cada projeto. Ambas as opções têm vantagens e desafios distintos que devem ser considerados.

Se considerarmos o aspecto da eficiência de escala e gerenciamento centralizado, uma mini usina solar pode ser uma opção mais vantajosa. Ela pode fornecer economias de escala na instalação e manutenção, além de facilitar uma gestão centralizada da produção de energia.

No entanto, a instalação individual de placas solares em cada unidade habitacional oferece vantagens como a autossuficiência energética de cada unidade, maior flexibilidade e redução de perdas de transmissão. Essa opção permite que cada unidade ajuste seu sistema de acordo com suas necessidades específicas e evita perdas de energia que podem ocorrer na transmissão.

É importante considerar outros fatores, como o custo inicial e a disponibilidade de recursos financeiros, a complexidade de gerenciamento e manutenção, bem como as restrições de espaço e estética.

Em última análise, a escolha mais vantajosa dependerá das condições e prioridades do projeto específico, levando em consideração fatores como o tamanho e a localização das unidades habitacionais, o contexto regulatório e financeiro, as necessidades de energia dos moradores e as possibilidades de integração com a infraestrutura existente.

A questão que aqui vale salientar é que sempre será recomendável realizar uma análise mais aprofundada, levando em consideração todas as variáveis envolvidas e sempre buscar uma consultoria técnica de especialistas em energia renovável e planejamento urbano para determinar qual opção é a mais adequada e vantajosa para o caso específico.

## 10. RESULTADOS

Os resultados apresentados neste artigo demonstraram o potencial positivo da integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares. Os bairros solares podem contribuir significativamente para a resiliência e descarbonização das cidades, proporcionando benefícios energéticos e ambientais.

O exemplos apresentados se mostraram capazes de alcançar a autossuficiência energética, produzindo eletricidade suficiente para atender às necessidades de seus edifícios residenciais e comerciais. Isso reduz a dependência de fontes de energia tradicionais e fortalece a segurança energética do bairro.

Além disso, a implementação dos Bairros Solares tendem a apresentar uma redução das emissões de gases de efeito estufa. A energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia limpa, eliminando ou minimizando as emissões de carbono associadas à geração de eletricidade a partir de combustíveis fósseis. Dessa forma, os bairros solares contribuem para a descarbonização das cidades, auxiliando no combate às mudanças climáticas.

Em termos econômicos, a implementação de bairros solares, como os aqui apresentados, podem estimular a economia local. A instalação, manutenção e operação dos sistemas fotovoltaicos geram empregos diretos e indiretos, contribuindo para o crescimento econômico da região. Além disso, a redução dos custos de energia fornecida pela geração de energia solar beneficia os moradores do bairro, proporcionando economias financeiras a longo prazo.

No entanto, é importante ressaltar que a integração da energia fotovoltaica em bairros solares apresenta desafios. Tais desafios podem ser superados com incentivos governamentais, como recompensas e linhas de crédito com juros baixos, e adaptação da infraestrutura existente para acomodar a energia solar.

Em resumo, os resultados mostram que a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares pode trazer benefícios concretos para as cidades, promovendo a resiliência, a descarbonização e o crescimento econômico. Embora a análise desses resultados sejam preliminares e de projetos internacionais, elas fornecem uma perspectiva positiva e

promissora para a adoção de bairros solares em território nacional como parte de uma estratégia abrangente para um futuro energético mais sustentável.

## 11. CONCLUSÃO

A integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares apresenta-se como uma abordagem inovadora e promissora para enfrentar os desafios da urbanização, resiliência e descarbonização das cidades. Ao longo deste artigo, exploramos os benefícios e vantagens dessa integração, bem como os desafios que devem ser superados.

Os estudos de caso demonstraram que os bairros solares têm o potencial de promover a autossuficiência energética, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e gerar a economia local. Além disso, a resiliência urbana é fortalecida por meio da geração local de energia e da redução da dependência de fontes tradicionais, tornando as cidades mais preparadas para enfrentar eventos extremos.

No entanto, é fundamental ressaltar que a implementação bem-sucedida da integração da energia fotovoltaica requer um compromisso conjunto das autoridades governamentais, empresas e comunidades locais. É necessário estabelecer políticas públicas e incentivos financeiros adequados para facilitar a adoção da energia solar, bem como investir na modernização da infraestrutura elétrica e na capacitação da mão de obra.

A integração da energia fotovoltaica nos bairros solares não só contribui para a resiliência urbana e a descarbonização, mas também envolve benefícios sociais e ambientais climáticos. A geração de energia limpa reduz a poluição do ar, melhora a qualidade de vida dos moradores e estimula a conscientização sobre a importância da sustentabilidade.

À medida que enfrentamos desafios globais, como a mitigação das mudanças climáticas e a busca por soluções energéticas sustentáveis, a integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano por meio de bairros solares emerge como uma estratégia poderosa e viável. Essa abordagem impulsiona uma transição energética necessária e nos aproxima de cidades mais resilientes, eficientes e ambientalmente responsáveis.

Portanto, é imperativo que o governo, empresas e comunidades colaborem e promovam a implementação de bairros solares como parte integrante do desenvolvimento urbano. Ao fazer isso, estaremos construindo cidades que serão modelos de resiliência e descarbonização, demonstrando o compromisso com um futuro sustentável para as gerações presentes e futuras. A integração da energia fotovoltaica no planejamento urbano é um passo significativo em direção a esse objetivo, impulsionando a transformação de nossas cidades em centros urbanos mais eficientes, sustentáveis e resilientes.

## 12. REFERÊNCIAS

ASPERN SEESTADT. Aspern - Die Seestadt Wien. [aspern-seestadt.at](https://www.aspern-seestadt.at).

Disponível em: <https://www.aspern-seestadt.at/en>.

Acesso em: 1 de junho de 2023.

ASCR - ASPERN SMART CITY RESEARCH.

Disponível em: <https://www.ascr.at/en/energy-research/>.

Acesso em: 2 de junho de 2023.

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica.

Disponível em: <https://www.absolar.org.br/>.

Acesso em: 3 de junho de 2023.



BETTER BUILDINGS WEBINAR SERIES.

Disponível em: <https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/better-buildings-webinar-series>  
Acesso em: 4 de junho de 2023.

CS - ENGINEER MAGAZINE.

Disponível em: <https://csengineermag.com/aircuity-ceo-on-2022-big-focus-on-esg-decarbonization-for-our-life-sciences-and-higher-ed-clients/>.  
Acesso em: 5 de junho de 2023.

FAVELA MARTE – Razoes para acreditar.

Disponível em: <https://razoesparaacreditar.com/favela-marte-producao-energia-propria-sp/>.  
Acesso em: 6 de junho de 2023.

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](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 junho de 2023.

FUJISAWA SUSTAINABLE SMART TOWN - JAPAN

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2226585622000760>  
Acesso em: 8 de junho de 2023.

GROW COMMUNITY BAIN BRIDGE

Disponível em: <https://growbainbridge.com/>  
Acesso em: 9 de junho de 2023.

IEA SHC - TASK 51: SOLAR ENERGY IN URBAN PLANNING

Disponível em: <https://task51.iea-shc.org/>.  
Acesso em: 10 de junho de 2023.

IEA SHC - TASK 63: SOLAR NEIGHBORHOOD PLANNING.

Disponível em: <https://task63.iea-shc.org/>.  
Acesso em: 11 de junho de 2023.

IRENA (INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY).

Disponível em: <https://www.irena.org/>.  
Acesso em: 12 de junho de 2023.

MIT - ENERGY INITIATIVE. (nd). FUTURE ENERGY SYSTEMS CENTER

Disponível em: <https://energy.mit.edu/futureenergysystemscenter/>  
Acesso em: 13 de junho de 2023.

STANFORD BDLA – Building Decarbonization Learning Accelerator

Disponível em: <https://bdla.stanford.edu/>.  
Acesso em: 14 de junho de 2023.

US DEPARTMENT OF ENERGY

Disponível em: <https://www.energy.gov/>  
Acesso em: 15 de junho de 2023.