

Energia Solar Fotovoltaica: um olhar sobre os Planos Diretores Urbanos

Andrea Bastian

¹Universidade Federal da Bahia.

andrea.bastian@ufba.br, ORCID 0009-0005-6162-6810

Resumo. O presente trabalho analisa os Planos Diretores Urbanos de nove cidades brasileiras com foco na integração de políticas de energias renováveis no desenvolvimento urbano. Avalia-se como Fortaleza, Natal, Salvador, Brasília, Cuiabá, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Florianópolis planejam a sustentabilidade e a promoção de energias renováveis, especialmente a solar fotovoltaica. Destaca-se a existência de esforços legislativos e iniciativas para incentivar o uso de recursos energéticos sustentáveis. No entanto, observa-se a necessidade de aprimorar diretrizes urbanísticas para otimizar a captação solar nas edificações. O estudo aponta a importância de uma abordagem integrada no planejamento urbano que considere a sustentabilidade ambiental, a resiliência e a autossuficiência energética, alinhando-se aos objetivos globais de desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Plano Diretor Urbano, Energias renováveis, Energia Solar Fotovoltaica, Morfologia Urbana, Sustentabilidade Urbana.

1 Introdução

Desde os anos 1950, o crescimento populacional e a urbanização acelerada representam desafios significativos para o planejamento e organização das cidades ao redor do mundo. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2022), a população mundial superou a marca de 8 bilhões de habitantes, com projeções indicando um aumento para 8,5 bilhões em 2023 e alcançando 9,7 bilhões até 2050. Atualmente, 54% dessa população vive em áreas urbanas, uma proporção esperada para crescer até 66% nas próximas décadas. No Brasil, essa tendência é ainda mais pronunciada; dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2015, realizada pelo IBGE, mostram que 84,72% da população brasileira reside em áreas urbanas, com projeções da ONU (2019) prevendo um aumento para mais de 92,4% até 2050.

As cidades, abrigam mais de 55% da população global, e são responsáveis por cerca de três quartos do consumo final de energia e 75% das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂), conforme destacado pelo relatório *Renewables In Cities 2021: Global Status Report*. No contexto brasileiro, o "Relatório Mudanças Climáticas e Cidades" (2016)

alertou sobre os riscos enfrentados pelas cidades devido à falta de oferta de energia e ao impacto de eventos climáticos adversos no sistema de distribuição de energia. Esse cenário sublinha a urgência de estratégias de mitigação e adaptação para tornar as cidades mais resilientes às mudanças climáticas.

Apesar dos compromissos assumidos com a Agenda 2030, de mitigar 50% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e aumentar a participação das energias renováveis na matriz energética para 45% a 50%, o Brasil enfrenta desafios significativos para atingir essas metas. O V Relatório Luz da Sociedade Civil (2021) e sua sequência, o VI Relatório (GTSC; 2022), apontam para uma estagnação na meta de aumentar a participação de energias renováveis na matriz energética global, apresentando um índice inferior ao projetado no Plano de Expansão de Energia 2030 (GTSC; 2022, p. 43).

Neste contexto, a energia solar fotovoltaica se destaca como uma solução viável e sustentável, oferecendo uma alternativa para a geração de energia sem emissões de gases de efeito estufa, alinhada com os esforços de mitigação das mudanças climáticas. Dada a vasta irradiação solar no território brasileiro, há um grande potencial para a adoção dessa tecnologia, especialmente através da geração distribuída em áreas urbanas e isoladas.

No caso da geração distribuída, realizada próxima ao local de consumo, a geração fotovoltaica apresenta vantagens, como não exigir área adicional para instalação, pois os painéis podem ser colocados em telhados e fachadas, além de reduzir as perdas de energia nas linhas de transmissão (MARTÍN *et al.*, 2015).

Este artigo visa explorar como os Planos Diretores Urbanos de nove cidades brasileiras estão incorporando a energia solar fotovoltaica, destacando políticas públicas e iniciativas locais. Por meio da análise desses dados, busca-se contribuir para o debate sobre o planejamento urbano sustentável e a transição energética no Brasil, enfatizando a importância da integração da energia solar fotovoltaica nas estratégias de desenvolvimento urbano.

2 Potencial solar no Brasil

Analisando os dados dos níveis de irradiação solar mundiais (Figura 1) e, comparando a extensão territorial do Brasil com a de outros países, percebe-se o grande potencial do país para geração de energia fotovoltaica. Mesmo no local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais energia do que no local mais ensolarado da Alemanha, por exemplo.

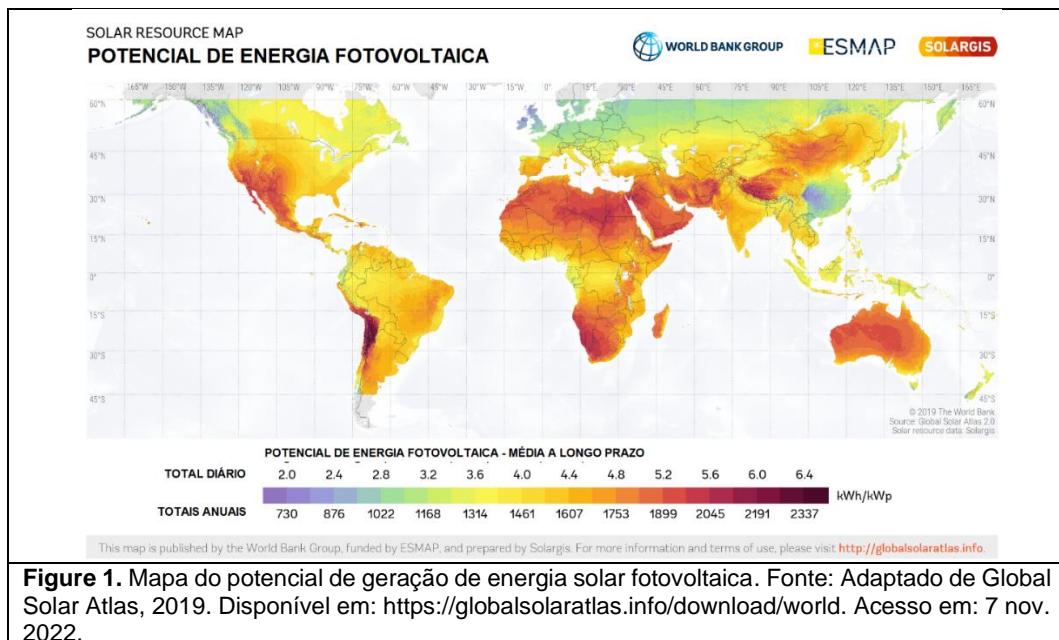


Figure 1. Mapa do potencial de geração de energia solar fotovoltaica. Fonte: Adaptado de Global Solar Atlas, 2019. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/download/world>. Acesso em: 7 nov. 2022.

Segundo o relatório *Whitepaper - 10 Cleantech Trends in 2023*, em 2022, a geração fotovoltaica distribuída consolidou sua posição como opção de fornecimento de energia elétrica em muitos mercados estabelecidos e, em 2023, a tecnologia se espalhará para novos segmentos de consumo. Os setores residencial e de pequenas empresas terão acesso a soluções solares compartilhadas, expandindo ainda mais a presença da geração distribuída. A publicação anterior (2022) também considerava o Brasil como um mercado em expansão, devido aos incentivos para a instalação de sistemas nos telhados residenciais, bem como em programas de etiquetagem para eficiência energética em edificações.

Em várias cidades do Brasil, o uso de energia solar fotovoltaica já é uma realidade. De acordo com dados recentes (maio de 2023) sobre geração distribuída publicados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) (Figura 2), Florianópolis (Santa Catarina) lidera o ranking das cidades que possuem maior potência instalada, com 880,6 MW. Considerando os estados, Minas Gerais aparece em primeiro lugar, seguido de São Paulo e do Rio Grande do Sul.

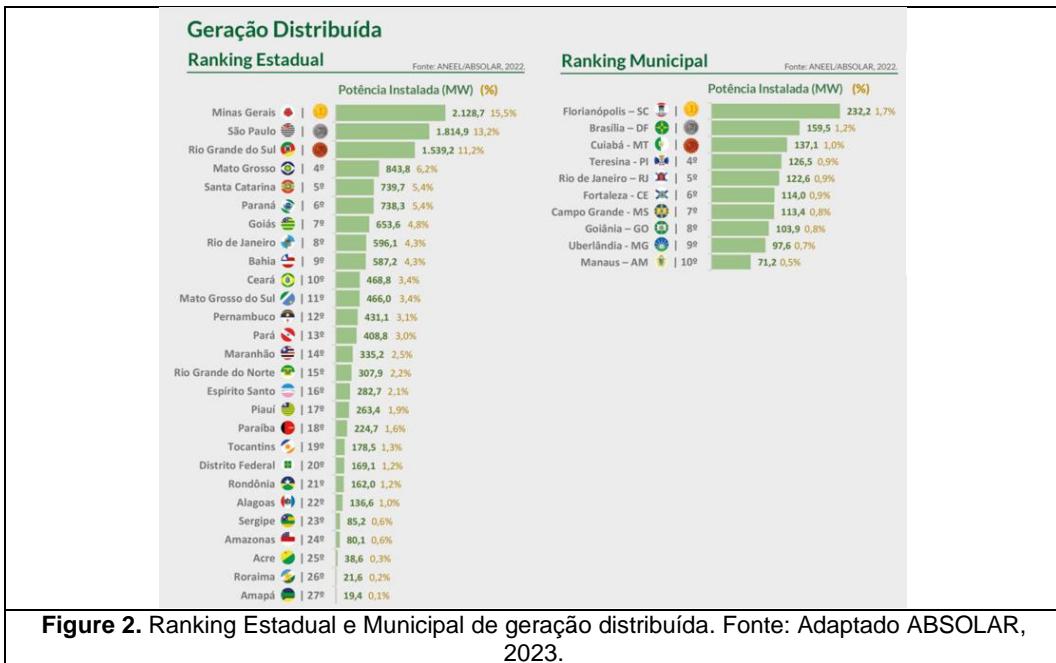


Figure 2. Ranking Estadual e Municipal de geração distribuída. Fonte: Adaptado ABSOLAR, 2023.

O incentivo à utilização de energia solar por meio de políticas públicas requer uma análise criteriosa de viabilidade para a geração. No entanto, as cidades brasileiras não passaram por um processo de avaliação e adequação das questões urbanas, principalmente no que se refere ao uso e ocupação do solo.

Para evitar a utilização indiscriminada da tecnologia solar, é necessário avaliar, além das condições climáticas específicas do local, o potencial de geração da edificação em relação ao seu entorno imediato, as características construtivas e tipológicas. Em áreas de alta densidade construtiva, é importante considerar fatores como a geometria e altura dos edifícios, o afastamento entre as edificações e a morfologia das vias, que podem afetar a quantidade de irradiação incidente e, consequentemente, o potencial de geração de energia solar (POLO LÓPEZ *et al.*, 2015).

Assim, a utilização de energia solar considera as interações entre o potencial de geração de energia e a morfologia urbana. Entretanto, os planos diretores urbanos das principais capitais do Brasil não apresentam parâmetros relacionados ao acesso ao sol e não apontam restrições que impeçam o sombreamento entre edificações.

2 Energia Solar Fotovoltaica em Planos Diretores Urbanos

No âmbito mundial, várias cidades têm implementado planos diretores que incluem a energia solar fotovoltaica como componente central de suas estratégias de sustentabilidade e planejamento urbano. Estes planos visam não apenas a redução das emissões de carbono, mas também buscam garantir a segurança energética e promover o desenvolvimento econômico sustentável.

A cidade de São Francisco foi a primeira cidade nos Estados Unidos a exigir que 15% da área de cobertura dos edifícios seja designada para instalações de aproveitamento de energia solar. Além disso, edifícios residenciais e comerciais devem participar de ações

de eficiência energética em percentual acima do definido pelo código, incluindo auditorias energéticas a cada 5 anos, atendendo às certificações LEED ou GreenPoint para novas construções. Com isso a cidade planeja obter 100% de sua energia elétrica, até 2030, gerada a partir de fontes renováveis (ACEEE, 2020).

Copenhagem (Dinamarca), adotou em 2002, um Plano de Ação Climática com o objetivo de reduzir a zero as emissões de carbono até 2025. Dentre as ações propostas estava promover a energia solar fotovoltaica e estabelecer sua utilização em edifícios públicos municipais (KJAER; CHRISTENSEN, 2017).

Segundo o relatório *Roadmap 2021–2025 for the CPH 2025 Climate Plan* (2021) até ao final de 2019, a cidade apresentava uma capacidade instalada de geração fotovoltaica de 15 MW, o que equivalia a 0,5% do consumo de eletricidade desse mesmo ano. A previsão é atingir o objetivo do Plano Climático onde a energia fotovoltaica deve cobrir 1% do consumo de eletricidade.

A cidade de Berlim (Alemanha) implementou o plano diretor *Solarcity* com o objetivo de atingir, até 2050, 25% da produção bruta de energia elétrica por meio de geração solar em residências, edifícios comerciais, edifícios residenciais e edifícios públicos. Para tanto, a cidade conta centro de informações e aconselhamento técnico gratuito para ajudar na escolha dos equipamentos, assessoria presencial sobre a adequação de residências para a geração de energia solar, além do website Solarwende Berlin (www.solarwende-berlin.de) com informações sobre o potencial solar da cidade e acesso ao Atlas Energético, incentivo para utilização de sistemas solares nos edifícios escolares e integração de conceitos sobre energia solar nos currículos escolares (BERLIN, 2020).

Assim como Berlim, Munique (terceira maior cidade da Alemanha), desde 2014, abraçou o desafio de suprir sua demanda de energia elétrica com 100% de utilização de energias renováveis.

Esses poucos exemplos citados demonstram que a adoção dessas iniciativas por cidades ao redor do mundo destaca uma tendência crescente de urbanismo sustentável, onde a integração da tecnologia solar fotovoltaica desempenha um papel crucial na redução da pegada de carbono e na promoção de comunidades mais resilientes e autossuficientes.

3 Plano Diretor Urbano

O Estatuto da Cidade, Lei Nº 10.257 de 2001, foi estabelecido com o objetivo de regular os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e, assim, o uso da propriedade urbana, possibilitando o desenvolvimento de políticas urbanas em prol do “[...] bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.” (BRASIL, 2001, p. 17).

Em seu artigo 2º:

Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – garantia do direito a **cidades sustentáveis**, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações; [...]

IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

VI – ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:

g) a poluição e a degradação ambiental [...] (BRASIL, 2001, p. 16).

Assim, a Lei tem o Plano Diretor como instrumento principal, previsto nos artigos 39, 40, 41 e 42, para estruturar e fornecer a base das políticas públicas urbanas e planejamento do território municipal. Assim, define os instrumentos base do planejamento urbano, reorganizando os espaços da cidade e garantindo a melhoria da qualidade de vida da população.

Com o intuito de estabelecer critérios e parâmetros de parcelamento e urbanização, uso e ocupação do solo e tendo como objetivo de orientar e ordenar o crescimento da cidade, em consonância com as diretrizes do Plano Diretor, os municípios dispõe da Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo.

Nesse artigo, foram analisados os Planos Diretores Urbanos de Fortaleza (Ceará), Natal (Rio Grande do Norte), Salvador (Bahia), Brasília (Distrito Federal), Cuiabá (Mato Grosso), Rio de Janeiro (Rio de Janeiro), São Paulo (São Paulo), Curitiba (Paraná) e Florianópolis (Santa Catarina) com o intuito de compreender como essas cidades estão planejando seu desenvolvimento urbano e integrando políticas de promoção do uso de energias renováveis.

- Fortaleza:

O Plano Diretor de Fortaleza (atualização da Lei Complementar Nº 062/2009 - Plano Diretor Participativo de Fortaleza - PDPFOR), em agosto de 2023, estava em sua terceira fase de revisão. A proposta contempla políticas públicas agrupadas em grandes eixos temáticos, sendo dois desses Meio Ambiente, que engloba a temática de energias renováveis e eficiência energética e; Desenvolvimento Urbano com propostas para políticas para o uso de energias renováveis.

Lei Complementar Nº 236, datada de 11 de agosto de 2017 e aprovada e sancionada em 30 de novembro de 2023, que dispõe sobre o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município, não faz menção específica ao uso de energias renováveis (FORTALEZA, 2023).

Embora o plano não conte com ações efetivas, o Programa Fortaleza Solar¹ (2022) visa promover a utilização de energia solar na cidade, oferecendo incentivos e subsídios para aumentar a participação da energia solar na matriz energética do Município.

- Natal:

O Plano Diretor de Natal atual é regido pela Lei Complementar Nº 208 de 2022, promulgada como Lei Nº 642 em 2022, e tem como um de seus objetivos estimular o desenvolvimento e a utilização de inovações tecnológicas, modais ativos e energias

¹ Disponível em: <https://www.cmfor.ce.gov.br/2022/03/15/comissao-de-desenvolvimento-economico-aprova-programa-que-incentiva-o-uso-de-sistemas-de-energia-solar-em-fortaleza/>. Acesso em: 18 fev. 2024.

renováveis (Art. 3º - VIII); como requisitos para obtenção de incentivos – implantação de soluções voltadas à produção energética por meio de fontes renováveis, geração de energia limpa para consumo próprio e/ou venda do excedente às concessionárias (Art. 6º - I).

No Capítulo III – Parágrafo único – São atividades de interesse urbano [...], **energias renováveis**, novas tecnologias associadas ao desenvolvimento socioeconômico, conservação, adaptação e mitigação às mudanças climáticas [...]. (NATAL, 2022, grifo nosso).

Ainda, o Artigo 280 permite que Lei específica possa estimular construções sustentáveis por meio de incentivos fiscais.

- Salvador:

O plano vigente na cidade é o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano - PDDU 2016, conforme a Lei Nº 9.069, de 30 de junho de 2016. Ele possui como base os fundamentos expressos na Constituição Federal, na Constituição do Estado da Bahia, na Lei Orgânica do Município de Salvador e no Estatuto da Cidade e, integra o ‘Plano Salvador 500’ articulando-se² com a “[...] visão estratégica para o Município até 2049, com o Planejamento Metropolitano e com os Planos dos demais municípios da Região Metropolitana de Salvador.” (PDDU, 2016, p. 1).

No que se refere ao uso de energias renováveis o PDDU (2016), contempla o uso de energias e tecnologias limpas (Art. 11 – III), uso de geração de energia de fontes renováveis (Art. 13 – VII, Art. 122 - II), cogeração de energia e utilização de energias renováveis em edificações (Art. 113 – VII), uso de fontes alternativas e não convencionais de energia, de forma complementar, inclusive energia solar (Art. 123 – III) e medidas que induzem o uso de energia solar (Art. 122 – IV).

A Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo do Município de Salvador (LOUOS), Lei Nº 9.148 de 2016, em seu artigo 124 afirma que alguns tipos de empreendimentos com mais de 50 unidades habitacionais deverão incluir medidas voltadas à sustentabilidade ambiental, especialmente com a utilização de energia solar com instalação de unidade de geração própria (VI).

Além do citado, a cidade promove leis de incentivo ao uso de geração solar fotovoltaica como o Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) verde; o IPTU amarelo, no âmbito do programa ‘Salvador 360 - Eixo Cidade Sustentável’; e mais recentemente a ‘Estratégia Salvador Resiliente’³ (Iniciativa 52 – Salvador Solar), que visa posicionar a cidade na vanguarda de políticas públicas de incentivo à produção e uso de energia.

² Art. 2º - Parágrafo único - “O Plano Salvador 500 é o plano estratégico de desenvolvimento para Salvador, com horizonte até o ano de 2049, que incorpora as diretrizes e estratégias de desenvolvimento socioeconômico, cultural e urbano-ambiental institucionalizadas no PDDU, desdobrando-as em programas, projetos e ações com objetivos, indicadores e metas de curto, médio e longo prazo, e estabelece instrumentos de gestão, de monitoramento e de avaliação.” (PDDU, 2016, p. 1).

³ Lançado pela PMS em 2019 é um plano proativo, integrado, colaborativo, flexível, e de longo prazo para abordar os desafios da cidade e das pessoas no convívio urbano (SALVADOR, 2019). Disponível em: <http://salvadorresiliente.salvador.ba.gov.br/>. Acesso em: 12 dez. 2019.

- Brasília

O Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT) do Distrito Federal está instituído na Lei Complementar Nº 803 (25 de abril de 2009), com alterações decorrentes da Lei Complementar Nº 854 (15 de outubro de 2012), da Lei Complementar Nº 951 (25 de março de 2019), e da Lei Complementar Nº 986 de 30 de junho de 2021. Em seu Artigo 31 – Parágrafo único, informa que “Deverá ser incentivado o uso de fontes alternativas de energia renováveis e pouco poluentes, buscando-se a alteração da composição da matriz energética do Distrito Federal.”

O Capítulo IV “[...] elenca as diretrizes voltadas à garantia de níveis crescentes de salubridade ambiental [...]”, dentre elas “[...] promover o uso de fontes alternativas de energia renováveis e pouco poluentes” (PDOT, 2009, p. 137).

A Lei de Uso e Ocupação do Solo do Distrito Federal (LUOS), Lei Complementar Nº 948, de 16 de janeiro de 2019, alterada em 2022 pela Lei Complementar 1007, não menciona questões de uso de energias renováveis e energia solar.

Como incentivo ao uso de energia solar, o Decreto Nº 37.717/2016 criou o Programa Brasília Solar, com o objetivo de fomentar a implantação de sistemas de produção de energia solar para fins de autoconsumo, promover a utilização de sistemas de geração de energia solar em edificações pública, incentivar o estabelecimento de indústrias fabricantes de equipamentos, dentre outros.

- Cuiabá

O Plano Diretor de Cuiabá (Lei Complementar Nº 150, de 29 de janeiro de 2007) começou a ser revisto em 2021 e entrou na fase final em julho de 2023, tendo sua minuta aprovada em 21 de novembro de 2023. Dentre suas diretrizes gerais, apresenta promover o desenvolvimento sustentável, fomentar e incentivar a inserção dos dezessete objetivos de desenvolvimento (XXII).

Como incentivo para promover a sustentabilidade nas edificações, o Município possui o Programa IPTU Sustentável (Lei Complementar Nº 515 de 2022), que concede descontos às habitações, desde que adotem e mantenham pelos menos uma das tecnologias consideradas sustentáveis, dentre elas, a geração de energia fotovoltaica.

- Belo Horizonte

O Plano Diretor de Belo Horizonte está instituído na Lei Municipal Nº 11.181/19 e, apresenta como princípios gerais da política urbana do Município a garantia do direito a uma cidade sustentável (Art. 2º - II). Afirma o compromisso com o ODS 11⁴ de tornar as cidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (Art. 3º - Parágrafo único) e visa reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Art. 4º - VIII). Em seu Capítulo II (Política urbana municipal e nova agenda urbana), Artigo 4º - XV trata do incentivo a projetos de edificações que promovam eficiência de custos e de uso de recursos, incluindo energias renováveis. Ainda, incentiva ao desenvolvimento científico-tecnológico e ao uso de energias renováveis (Art. 26º - IX).

⁴ Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis

Como forma de incentivo ao uso de energias renováveis na capital mineira, foi instituída, em 2011, a Política Municipal de Incentivo ao Uso de Energia Solar (Lei Municipal Nº 10.175) com o objetivo de mitigar os efeitos da mudança climática. Esta política cria incentivos para geração de energia descentralizada a partir fontes renováveis, programas de eficiência energética e energia renováveis em edificações, e pesquisas relacionadas ao uso dessas fontes em sistemas de conversão de energia (Art. 7º).

Ainda, em 2021, o Programa de Certificação de Crédito Verde instituído pela Lei Nº 11.184, concede descontos pelo Selo BH Sustentável no IPTU para edificações que possuem alternativas de sustentabilidade nas dimensões água, energia, enfrentamento às mudanças climáticas, dentre outras (Art. 3º).

- Rio de Janeiro

A Lei Complementar Nº 111 (2011), que também tratava do Plano Diretor até 2021 apresentava como princípios e diretrizes valorização, proteção e uso sustentável do meio ambiente (Art. 2º - III); um sistema integrado de planejamento e gestão urbana, objetivando garantir o desenvolvimento sustentável da Cidade (Parágrafo 2º).

Ainda, promovia a redução do consumo de energia com ênfase na adaptação de edificações existentes (Art. 3º); incentivava e fomentava utilização de fontes renováveis e não poluentes de energia (Art. 184 – e); estimulava a utilização de fontes energéticas e tecnologias não poluentes (Art. 193 Parágrafo único).

Em 2021, o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro passou por uma revisão recente (Projeto de Lei Complementar Nº 44/2021), em 16 de janeiro de 2024, foi publicada a Lei Nº 270 com modificações. O texto aprovado menciona a transição energética para fontes renováveis nos sistemas de transporte e mobilidade (Seção V – Inciso VI), sem fazer outras menções ao uso de geração de energia por fontes renováveis.

Como forma de incentivo à geração solar o Município institui a Política Estadual de Incentivo ao Uso da Energia Solar (Lei Nº 7.122/2015), com o objetivo de promover o uso de energia solar fotovoltaica e térmica, reduzir o consumo de energia elétrica convencional, contribuir para a preservação ambiental e estimular a geração de emprego e renda no setor.

Já a Lei Nº 9.594, de 4 de março de 2022, garantiu facilidade para servidores públicos ativos, inativos, militares e pensionistas do estado financiarem a compra de sistemas de energia solar por meio de pagamento consignado em folha e com desconto sobre o preço de mercado.

- São Paulo

O Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, instituído em 31 de julho de 2014 (Lei Nº 16.050), passou por revisão entre 2021 e 2023 (Lei Nº 17.975 – 2023). Dentre as disposições preliminares, a lei prevê cria incentivos urbanísticos para edificações que adotem medidas de sustentabilidade, como cogeração de energias renováveis (Art. 13º - XLIX).

Como forma de fomentar e expandir a adoção de energia solar, foi proposto o Projeto de Lei Nº 107 (2019), ainda em tramitação, visando ampliar o uso da micro e minigeração

distribuídas de energia solar fotovoltaica. Este projeto estabelece descontos progressivos no IPTU, proporcionais ao índice de aproveitamento de energia solar.

- Curitiba

O Plano Diretor de Curitiba, datado de 2015 (Lei Nº 14.771 de 17 de dezembro de 2015), estabelece, entre seus princípios, a política urbana ambiental (Art. 3º - III). Em seu Artigo 5º, define diretrizes norteadoras para o “[...] desenvolvimento urbano visando a sua sustentabilidade ambiental”.

No que se refere a energias renováveis, especialmente no quesito mobilidade urbana, estimula a adoção de fontes de energia limpa (Art. 39 – XII). Como diretrizes gerais de política do meio ambiente, prevê o incentivo a micro e minigeração distribuída ou cogeração de energia (Art. 62 – XXIII/ XXV), além de incentivo referente ao IPTU quando da adoção de sistemas de energia solar (Art. 65 – b).

No âmbito dos programas de incentivo, o Programa Curitiba Mais Energia está entre ações listadas no Plano Municipal de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas de Curitiba (PlanClima), investindo em tecnologias voltadas à eficiência energética e aproveitamento de energia solar (CURITIBA, 2020, p. 35).

- Florianópolis

O Plano Diretor de Urbanismo do Município de Florianópolis está instituído na Lei Complementar Municipal Nº 482, de 2014, que teve a sua revisão aprovada em maio de 2023 pela Lei Complementar Nº 739. Em seu Artigo 2º, o Plano Diretor é tratado como um pacto que deve garantir o “[...] desenvolvimento sustentável praticado em estreita correlação com o meio ambiente e o patrimônio cultural”. No texto da Lei, não se encontram citadas estratégias de adoção de geração de energia por fontes renováveis.

Como formas de incentivo, o Município institui a Política Municipal de Incentivo ao Uso de Energia Solar (Lei Nº 10.648 de 2019), com os objetivos de aumentar o uso de energia solar, estimular o uso de energia fotovoltaica em áreas urbanas e rurais, dentre outros.

Ainda, no âmbito do Programa Floripa Cidade Eficiente⁵, foi desenvolvido um código de energia para as edificações da cidade que incluiu requisitos de eficiência e energia quase zero.

A análise detalhada dos Planos Diretores Urbanos e legislações complementares dessas cidades brasileiras fornece uma visão ampla sobre os esforços e estratégias adotadas para o desenvolvimento urbano sustentável e a promoção do uso de energias renováveis. Embora cada cidade apresente suas particularidades e desafios, é notável um movimento convergente em direção à sustentabilidade, evidenciado pela incorporação de políticas de incentivo ao uso de energia solar e outras fontes renováveis. Contudo, identifica-se uma lacuna significativa no que tange à definição de parâmetros urbanos específicos que facilitem a implementação efetiva de tecnologias de geração de energia fotovoltaica em edificações.

3 Morfologia urbana e geração de energia solar fotovoltaica

⁵ Disponível em: http://cidadeseficientes.cbcs.org.br/?page_id=900. Acesso em: 17 fev. 2024.

São vários os estudos realizados na Europa abordaram e investigaram os fatores morfológicos urbanos e seu impacto na geração de energia solar. Essas pesquisas relacionam o impacto da forma das edificações (Kämpf; Robinson, 2009), da largura e orientação das ruas (Vincenzo; Kesten; Infield, 2010 e Van Esch; Looman; De Bruin-Hordijk, 2012).

Pesquisas como as de Sarralde e colaboradores (2014) demonstraram que a combinação otimizada de parâmetros da forma urbana pode aumentar a irradiação solar em fachadas e coberturas em 9 e 45%, respectivamente. Da mesma forma, os arranjos urbanos têm um impacto significativo na disponibilidade de energia solar (Chatzipoulka e colaboradores (2016).

Outras pesquisas realizadas no Brasil como de Gaviria, Pereira e Mizgier (2013); Gaviria (2013); Martins, Adolphe e Bastos (2014) e Martins (2014); Didoné e colaboradores (2017); Birck e Amorim (2019); Girotti, Maris e Lara (2019) e Bastian (2023) demonstraram o impacto do coeficiente de aproveitamento, da taxa de ocupação, da distância entre as edificações e da altura das edificações na geração de energia solar fotovoltaica.

Essas pesquisas demonstram a importância de que os Planos Diretores Urbanos determinem parâmetros claros para que se possa maximizar a captação de energia solar no contexto das cidades.

4. Considerações Finais

A pesquisa realizada sobre os Planos Diretores Urbanos de diversas cidades brasileiras enfatiza a importância crescente da integração de políticas de energias renováveis, em especial a energia solar fotovoltaica, no planejamento urbano. Embora haja esforços notáveis e iniciativas legislativas para promover o uso sustentável e eficiente de recursos energéticos, identifica-se uma necessidade premente de aprimoramento nas diretrizes urbanísticas que permitam a maximização do potencial de captação solar. A inclusão de parâmetros urbanos específicos, que promovam o aproveitamento da irradiação solar e a minimização do sombreamento entre edificações, poderia significativamente impulsionar a eficácia dessas políticas. Assim, o documento sublinha a urgência de uma abordagem mais integrada e detalhada no planejamento das cidades, visando não apenas a sustentabilidade ambiental, mas também a resiliência e a autossuficiência energética urbana, alinhando-se com os objetivos globais de desenvolvimento sustentável e mitigação das mudanças climáticas.

5. Referências

American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE). (2020). San Francisco, CA. Recuperado de <https://database.aceee.org/city/san-francisco-ca>. Acesso em 22 fev. 2024.

Bastian, A. V. (2023). *Morfologia urbana e a geração de energia solar fotovoltaica em Salvador* [Tese de Doutoramento, Universidade Federal da Bahia]. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Belo Horizonte. (2011, 6 de maio). Lei Nº 10.175: Institui a política municipal de mitigação dos efeitos da mudança climática. Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2011/1018/10175/lei-ordinaria-n-10175-2011-institui-a-politica-municipal-de-mitigacao-dos-efeitos-da-mudanca-climatica>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Belo Horizonte. (2019, 8 de agosto). Lei Nº 11.181: Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2019/1119/11181/lei-ordinaria-n-11181-2019-aprova-o-plano-diretor-do-municipio-de-belo-horizonte-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Belo Horizonte. (2021, 22 de janeiro). Lei Nº 11.184: Institui o Programa de Certificação de Crédito Verde. Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/a/mg/b/belo-horizonte/lei-ordinaria/2021/1129/11284/lei-ordinaria-n-11284-2021-institui-o-programa-de-certificacao-de-credito-verde>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Birck, M. B., & Amorim, C. N. D. (2020). Condicionantes solares como princípio orientador da forma urbana: estudo de caso contextualizado no Distrito Federal. *Ambiente Construído*, 20(3), 591-609. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000300447>

Brasil. (2001). Lei Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*. Brasília - DF. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm

Câmara Municipal de Fortaleza. (2022). Comissão de Desenvolvimento Econômico aprova programa que incentiva o uso de sistemas de energia solar em Fortaleza. Recuperado de <https://www.cmfor.ce.gov.br/2022/03/15/comissao-de-desenvolvimento-economico-aprova-programa-que-incentiva-o-uso-de-sistemas-de-energia-solar-em-fortaleza/>. Acesso em: 18 de fev. 2024.

Câmara Municipal de São Paulo. (2019, 14 de março). Projeto de Lei nº 107/2019: Institui a Política Municipal de Energia Solar da Cidade de São Paulo e dá outras providências. Recuperado de <https://www.radarmunicipal.com.br/proposicoes/projeto-de-lei-107-2019>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Chatzipoulka, C., Compagnon, R., Nikolopoulou, M. (2016). Urban geometry and solar availability on façades and ground of real urban forms: using London as a case study. *Solar Energy*, 138, 53–66. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.09.005>.

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. (s.d.). Programa Floripa Cidade Eficiente. Recuperado de http://cidadeseficientes.cbcs.org.br/?page_id=900. Acesso em: 17 fev. 2024.

Cuiabá. (2007, 29 de janeiro). Lei Complementar Nº 150: Dispõe sobre o plano diretor de desenvolvimento estratégico de Cuiabá e dá outras providências. Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-cuiaba-mt>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Cuiabá. (2022, 14 de julho). Lei Complementar Nº 515: Institui o programa IPTU sustentável que concede descontos no Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU às habitações sustentáveis e dá outras providências. Recuperado de <https://legislativo.camaracuiaba.mt.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/C5152022.html>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Curitiba. (2015, 17 de dezembro). Lei Nº14.771: Dispõe sobre a Revisão do Plano Diretor de Curitiba de Acordo com o disposto no Art. 40, § 3º, do Estatuto da Cidade, para Orientação e Controle do Desenvolvimento Integrado do Município. Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2015/1478/14771/lei-ordinaria-n-14771-2015-dispoe-sobre-a-revisao-do-plano-diretor-de-curitiba-de-acordo-com-o-disposto-no-art-40-3-do-estatuto-da-cidade-para-orientacao-e-controle-do-desenvolvimento-integrado-do-municipio>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Damso, T., Kjaer, T., Christensen, T. B. (2017). Implementation of local climate action plans: Copenhagen – Towards a carbon-neutral capital. *Journal of Cleaner Production*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.156>.

Didoné, E. L., Wagner, A., & Pereira, F. O. R. (2014). Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. *Ambiente Construído*, 14(3), 27-42.
<https://doi.org/10.1590/s1678-8621201400030003>

Distrito Federal. (2009, 25 de abril). Lei Complementar nº 803: Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal — PDOT e dá outras providências. Sistema Integrado de Normas Jurídicas do Distrito Federal. Recuperado de https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/60298/Lei_Complementar_803_25_04_2009.html. Acesso em: 18 fev. 2024.

Distrito Federal. (2016, 19 de outubro). Decreto Nº 37.717: Cria o programa de estímulo ao uso de Energia Solar Fotovoltaica no Distrito Federal - Programa Brasília Solar, e dá outras providências. Sistema Integrado de Normas Jurídicas do Distrito Federal Recuperado de https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/e31cdc07e5924c8d90532f6bd3172541/Decreto_37717_19_10_2016.html. Acesso em: 18 fev. 2024.

Distrito Federal. (2022, 29 de abril). Lei Complementar nº 1007: a Lei de Uso e Ocupação do Solo do Distrito Federal - LUOS nos termos dos arts. 316 e 318 da Lei Orgânica do Distrito Federal e dá outras providências, e dá outras providências. Recuperado de

Florianópolis. (2014, 17 de janeiro). Lei Complementar Nº 482: Institui o Plano Diretor de Urbanismo do Município de Florianópolis que dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Urbano, o Plano Dde Uso e Ocupação, os Instrumentos Urbanísticos e o Sistema de Gestão. Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-florianopolis-sc>. Acesso em: 19 fev. 2024.

Florianópolis. (2019, 06 de novembro). Lei Nº 10.64: Institui a Política Municipal de Incentivo ao Uso de Energia Solar. Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/a/sc/f/florianopolis/lei-ordinaria/2019/1065/10648/lei-ordinaria-n-10648-2019-institui-a-politica-municipal-de-incentivo-ao-uso-de-energia-solar>. Acesso em: 19 fev. 2024.

Florianópolis. (2023, 04 de maio). Lei Complementar Nº 739. Altera a Lei Complementar Nº 482, de 2014 (Plano Diretor de Florianópolis) e Consolida seu Processo de Revisão. Recuperado de <https://www.cmf.sc.gov.br/proposicoes/Leis-Complementares/2023/1/0/89810>. Acesso em: 19 fev. 2024.

Fortaleza. (2009, 2 de fevereiro). Lei Complementar Nº 062: Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza e dá Outras Providências. Recuperado de <https://sapl.fortaleza.ce.leg.br/ta/252/text#:~:text=INSTITUI%20O%20PLANO%20DIRETOR%20PARTICIPATIVO,FORTALEZA%20E%20D%C3%A9%20OUTRAS%20PROVID%C3%A8NCIAS.&text=Vig%C3%A1ncia%20a%20partir%20de%2011%20de%20Mar%C3%A7o%20de%202020.&text=mar%C3%A7o%20de%202020-20-Institui%20o%20Plano%20Diretor%20Participativo%20do,Fortaleza%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A8ncias>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Fortaleza. (2023, 30 de novembro). Lei Complementar Nº 236: Dispõe sobre o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no município de Fortaleza, e adota outras providências. Recuperado de <https://sapl.fortaleza.ce.leg.br/ta/350/text?>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Girotti, C., Marins, K. R. de C., & Lara, A. H. (2019). Análise da morfologia urbana para maximização de geração de energia fotovoltaica no Belenzinho, em São Paulo. *Ambiente Construído*, 19(4), 7-22. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000400340>.

Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. (2021). *V Relatório Luz da Sociedade Civil sobre a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. https://gtagenda2030.org.br/wp-content/uploads/2021/07/por_rl_2021_completo_vs_03_lowres.pdf. Acesso em: 11 jan. 2023.

Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. (2022). *V Relatório Luz da Sociedade Civil sobre a Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. https://gtagenda2030.org.br/wp-content/uploads/2022/06/rl_2022-completoweb-30_06_01.pdf. Acesso em: 11 jan. 2023.

<https://www.seduh.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Texto-na-integra.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2024.

IHS Markit. (2021). *10 Cleantech Trends in 2021: Technologies to Reduce Emissions and Confront Climate Change*. IHS Markit. <https://www.eqmagpro.com/wp-content/uploads/2021/07/IHS-MarkitTopCleanTechTrends2021-Whitepaper-1.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2023.

Martín, A. M., et al. (2015). Applying LIDAR datasets and GIS based model to evaluate solar potential over roofs: A review. *AIMS Energy*, 3(3), 326-343.
<https://doi.org/10.3934/energy.2015.3.326>

Município de Florianópolis. (2019). Lei Nº 10.648 Institui a Política Municipal de Incentivo Ao Uso de Energia Solar. Florianópolis, SC, Brasil

Natal. (2022). *Lei Complementar N° 208 de 2022, promulgada como Lei Nº 642: Dispõe sobre o Plano Diretor, e dá outras providências*. Recuperado de https://www.natal.rn.gov.br/semut/legislacao/complementar/complementar208_2022.pdf. Acesso em: 18 fev. 2024.

Organização das Nações Unidas. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2019). *World Population Prospects 2019: Highlights*. United States of America. Recuperado de https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_highlights.pdf

Organização das Nações Unidas. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). *World Population Prospects 2022: Summary of Results*. United States of America. Recuperado de: <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022>. Acesso em: 11 jan. 2023.

Poder Legislativo da Bahia. (2016). Lei Nº 9.069 - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Salvador (PDDU). Salvador, BA.

Poder Legislativo da Bahia. (2016). Lei Nº 9.148 - Lei de Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo de Salvador. Salvador, BA.

Polo Lopez, C., Frontini, F., & Bouziri, S. (2015). Urban densification and energy performance of existing buildings: A case study. In *Proceedings of International Conference CISBAT 2015 Future Buildings and Districts Sustainability from Nano to Urban Scale* (pp. 943-948). LESO-PB, EPFL.

Prefeitura Municipal de Curitiba, Secretaria Municipal do Meio Ambiente, & Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. (2020, dezembro). Plano Municipal de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas (PlanClima). Recuperado de <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2020/00306556.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2024.

REN21. (2021). *Renewables In Cities 2021: Global Status Report (2ª ed.)*. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REC_2021_full-report_en.pdf. Acesso em: 11 jan. 2023.

Rio de Janeiro (2011, 1 de fevereiro). Lei Complementar Nº 111: Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Recuperado de https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3678296/4353007/PlanoDiretorLC111_2011.PDF. Acesso em: 18 fev. 2024.

Rio de Janeiro. (2015, 3 de dezembro). Lei Nº 7.122: Institui a Política Estadual de Incentivo ao Uso da Energia Solar. Recuperado de <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/c8aa0900025feef6032564ec0060dff/b0db12f948a8ab6483257f170054227d?OpenDocument>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Rio de Janeiro. (2022, 4 de março). Lei Nº 9594: Dispõe sobre financiamento e aquisição facilitada do sistema de Energia Solar Fotovoltaica por Servidores Públicos Efetivos, Civis e Militares, Ativos, Inativos e Pensionistas do Estado do Rio de Janeiro, com pagamento mensal por meio de

consignação em folha e dá outras providências. Recuperado de http://www3.alerj.rj.gov.br/lotus_notes/default.asp?id=53&url=L2NvbnRsZWkubnNmL2M4YWEwOTAwMDI1ZmVIZjYwMzl1NjRlYzAwNjBkZmZmLzFkZGQzZjMwZWZINzA3MGMwMzl1ODdmZjAwNWFiMGVkp09wZW5Eb2N1bWVudA==. Acesso em: 18 fev. 2024.

Rio de Janeiro. (2024, 16 de janeiro). Lei Complementar Nº 270: Dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município, institui a revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro e dá outras providências. Recuperado de <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-rio-de-janeiro-rj>. Acesso em: 18 fev. 2024.

São Paulo. (2014, 31 de julho). Lei Nº 16.050: Aprova a Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo e revoga a Lei nº 13.430/2002. Recuperado de <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16050-de-31-de-julho-de-2014>. Acesso em: 18 fev. 2024.

São Paulo. (2023, 8 de julho). Lei Nº 17.975: Dispõe sobre a revisão intermediária do Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo, aprovado pela Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014, nos termos da previsão de seu art. 4º. Recuperado de <https://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-17975-de-8-de-julho-de-2023>. Acesso em: 18 fev. 2024.

Sarralde, J. J., Quinn, D. J., Wiesmann, D., & Wiesmann, D. (2014). Solar energy and urban morphology: Scenarios for increasing the renewable energy potential of neighbourhoods in London. *Renewable Energy*, 73, 10 - 17. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.06.028>

Technical and Environmental Administration, City of Copenhagen. (2020). CPH 2025 Climate Plan Roadmap 2021-2025. Recuperado de https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/index.asp?mode=detalje&id=2062. Acesso em: 22 fev. 2024.

Van Esch, M.M.E., Looman, R.H.J., & Bruin-Hordijk, G.J. de. (2012). The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies. *Energy and Buildings*, 47, 189-200. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.042>

Vincenzo, M. C. di, Kesten, D., & Infield, D. (2010, dezembro). Assessment of performance of building shading device with integrated photovoltaics in different urban scenarios. Em *2010 IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET)* (p. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/icset.2010.5684450>