

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE ENERGIA

ISADORA ZANELLA ZARDO

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COM IMPACTO SOCIAL EM
CONTEXTOS DE BAIXA RENDA NA CIDADE DE CURITIBA/PR**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2024

ISADORA ZANELLA ZARDO

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COM IMPACTO SOCIAL EM
CONTEXTOS DE BAIXA RENDA NA CIDADE DE CURITIBA/PR**

**SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY WITH SOCIAL IMPACT IN
LOW-INCOME CONTEXTS IN THE CITY OF CURITIBA/PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas de Energia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre em Engenharia Elétrica” – Área de Concentração: Automação e Sistemas de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

Coorientador: Prof. Dr. Eloy Fassi Casagrande Junior

CURITIBA
2024



4.0 Internacional

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba**



ISADORA ZANELLA ZARDO

**ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COM IMPACTO SOCIAL EM CONTEXTOS DE BAIXA RENDA NA
CIDADE DE CURITIBA/PR**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Automação E Sistemas De Energia.

Data de aprovação: 03 de Julho de 2024

Dr. Jair Urbanetz Junior, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Gerson Maximo Tiepolo, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Isis Portolan Dos Santos, Doutorado - Universidade Federal de Santa Maria (Ufsm)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 03/07/2024.

RESUMO

ZARDO, Isadora Zanella. **Energia solar fotovoltaica com impacto social em contextos de baixa renda na cidade de Curitiba/PR**. 2024. 65 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Energia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2024.

O consumo de energia elétrica é substancial na atualidade. A sociedade mundial está em processo de substituição do consumo de fontes fósseis para limpas ou renováveis. As edificações representam um alto consumo de eletricidade no Brasil. Edificações mais eficientes energeticamente, são pensadas de acordo com o conforto ambiental, com escolha de equipamentos mais modernos e pela aplicação de tecnologias de energia limpa e renovável. O uso da energia solar para geração de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos possibilitam a geração próximo da unidade consumidora. Energia acessível e limpa para todos é um dos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da ONU. A busca global na erradicação da pobreza perpassa também por medidas de impacto para as situações de pobreza energética vivida por muitas pessoas. Parte da dignidade humana está a necessidade de habitação, e os programas de habitações de interesse social são uma política pública que trata a questão no Brasil. Contudo muitas pessoas ainda vivem em modelos improvisados de moradias e se organizam em comunidades. As HIS e as comunidades, são dois cenários de baixa renda. Uma estratégia sustentável em busca do fim da pobreza energética vivida nesses cenários é a aplicação da geração fotovoltaica. O trabalho apresenta a análise de dois estudos de casos existentes na cidade de Curitiba/PR com aplicação de sistemas fotovoltaicos em uma sede comunitária e em habitações interesse social. São apresentados os casos e seus impactos e benefícios na qualidade de vida dos moradores. São casos reais que evidenciam a importância do uso da geração fotovoltaica em contextos de baixa renda e que instigam a necessidade de políticas públicas de incentivo nessa área.

Palavras-chave: Energia solar Fotovoltaica. Baixa Renda. Pobreza energética.

ABSTRACT

ZARDO, Isadora Zanella. **SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY WITH SOCIAL IMPACT IN LOW-INCOME CONTEXTS IN THE CITY OF CURITIBA/PR**. 2024. 65 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Energia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2024.

The consumption of electrical energy is substantial nowadays. The global society is in the process of replacing the consumption of fossil fuels with clean or renewable sources. Buildings represent a high electricity consumption in Brazil. More energy-efficient buildings are designed according to environmental comfort, with the choice of more modern equipment and the application of clean and renewable energy technologies. The use of solar energy for electricity generation through photovoltaic systems enables generation close to the consumer unit. Affordable and clean energy for all is one of the United Nations' Sustainable Development Goals. The global pursuit of eradicating poverty also involves impactful measures for situations of energy poverty experienced by many people. Part of human dignity includes the need for housing, and social housing programs are a public policy addressing this issue in Brazil. However, many people still live in makeshift housing models and organize themselves in communities. Social housing and communities are two low-income scenarios. A sustainable strategy in the quest to end energy poverty in these scenarios is the implementation of photovoltaic generation. The work presents the analysis of two existing case studies in the city of Curitiba/PR, with the application of photovoltaic systems in a community headquarters and in social housing. The cases and their impacts and benefits on the residents' quality of life are presented. These are real cases that highlight the importance of using photovoltaic generation in low-income contexts and that stimulate the need for public policies to encourage this area.

Keywords: Photovoltaic solar energy. Low income. Energy poverty

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Participação renovável por fonte na geração de energia elétrica	9
Figura 2	– Significado da palavra "comunidade"	14
Figura 3	– Proporção da população residindo em domicílios com inadequações domiciliares	16
Figura 4	– Gráfico de pobreza para a linha de US\$ 5,50 PPC por dia, segundo países de renda média-alta	17
Figura 5	– Linhas de pobreza monetária - 2019	18
Figura 6	– Proporção de pessoas com rendimento domiciliar per capita inferior a US\$ 1,90 e US\$ 5,50 PPC por dia.....	19
Figura 7	– Tabela definições de pobreza energética	20
Figura 8	– Tabela síntese dos indicadores de pobreza energética.....	20
Figura 9	– Gráfico da população sem acesso a energia elétrica em 2021	21
Figura 10	– Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	22
Figura 11	– Consumo de energia elétrica por setor no Brasil	25
Figura 12	– Componentes da radiação solar.....	26
Figura 13	– Mapa de irradiação global horizontal diária - média anual no Brasil.....	27
Figura 14	– Tipos de sistemas fotovoltaicos	28
Figura 15	– Geração Distribuída no Brasil.....	31
Figura 16	– Esquema tema de estudo e conceitos do referencial teórico.....	32
Figura 17	– Exemplo busca nos banco de dados Scielo e Scopus.....	33
Figura 18	– Diferentes estratégias de pesquisa	34
Figura 19	– Localização dos Estudos de Caso	35
Figura 20	– Passo a passo busca de dados no INMET	37
Figura 21	– Sede comunitária da 29 de Março com estrutura construída onde estão instalados os sistemas	40
Figura 22	– Banheiro da sede comunitária e iluminação pública na 29 de Março	42
Figura 23	– Esquema elétrico do SFV da Comunidade 29 de Março	43
Figura 24	– Localização HIS com SFVCR no Moradias Faxinal.....	45
Figura 25	– Painéis solares instalados no telhado das HIS do Moradias Faxinal	46
Figura 26	– Instalações do sistema de micro geração fotovoltaica do Moradias Faxinal	47
Figura 27	– Diagrama unifilar dos SFV instalados nas HIS do Moradias Faxinal	48
Figura 28	– Desvio azimutal dos SFV instalados nas HIS do Moradias Faxinal	49
Figura 29	– Energia consumida x Energia compensada das HIS beneficiária da TSEE	53
Figura 30	– Vista aérea das HIS com SFV em anos diferentes	54
Figura 31	– Fatura de energia elétrica de uma UC com SFVCR no Moradias Faxinal	55

LISTA DE SIGLAS

ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
HIS	Habitação de Interesse Social
PPC	Paridade do Poder de Compra
GLP	gás liquefeito de petróleo
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program
COP26	26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
EE	Eficiência energética
SFVI	Sistemas fotovoltaicos isolados
SFVCR	Sistema fotovoltaicos conectado à rede
GD	Geração distribuída
m-Si	Silício monocristalino
p-Si	Silício policristalino
a-Si	Silício amorfo
CIS	Disseleneto de cobre e índio
CIGS	Índio e gálio
CdTe	Telureto de cádmio
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
COHAB-CT	Companhia de Habitação Popular de Curitiba
HIS	habitação de interesse social
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
TSEE	Tarifa Social de Energia Elétrica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 MOTIVAÇÃO	10
1.2 JUSTIFICATIVA	10
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivo Geral	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 BAIXA RENDA	13
2.1.1 Comunidades	13
2.1.2 Habitação de interesse social	14
2.2 POBREZA	16
2.2.1 Pobreza energética	19
2.3 SUSTENTABILIDADE	22
2.3.1 Descarbonização	23
2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	24
2.5 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	25
2.5.1 Geração Distribuída	30
3 METODOLOGIA	32
3.1 REVISÃO DE LITERATURA	32
3.2 DESENVOLVIMENTO	33
3.3 ANÁLISE DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA	36
4 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM CONTEXTOS DE BAIXA RENDA	38
4.1 APLICAÇÃO EM ESPAÇOS COMUNITÁRIOS	39
4.1.1 O Sistema e a Geração de Energia	42
4.1.2 Análise	44
4.2 APLICAÇÃO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL	45
4.2.1 O Sistema e a Geração de Energia	47
4.2.2 Análise	52
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

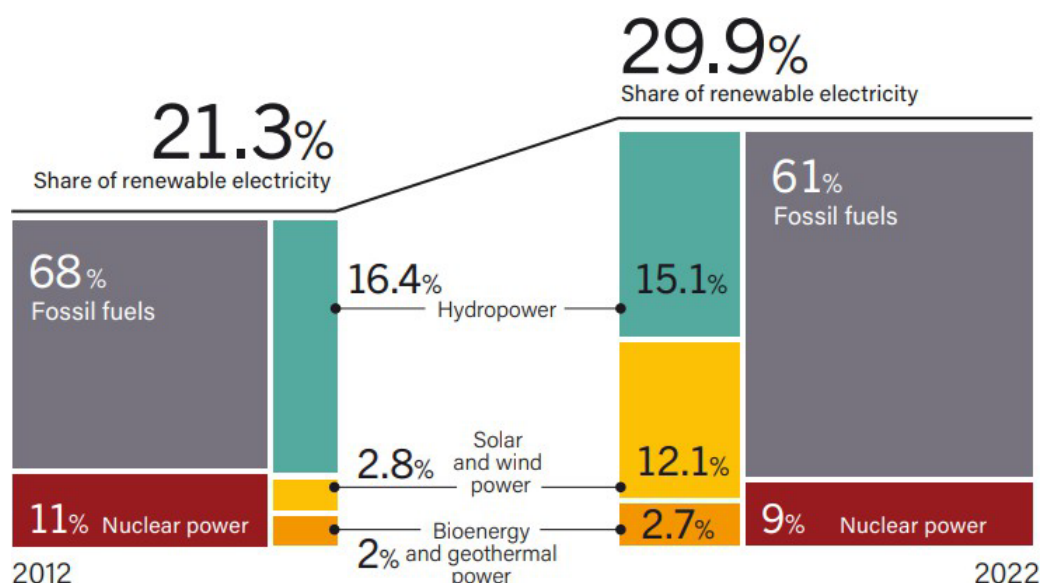
Pensar a sociedade contemporânea sem a utilização de eletricidade é irreal. “Eletricidade é o fator chave para industrialização, urbanização, crescimento econômico e melhoria da qualidade de vida da sociedade” (KHARE et al., 2013). O acesso contínuo a energia elétrica impacta na qualidade de vida, desde questões básicas do dia-a-dia como o uso de refrigeradores para conservação de alimentos, até a utilização de equipamentos industriais ou hospitalares. De modo que “o planejamento sustentável do uso de fontes de geração de eletricidade pode fomentar e ampliar a qualidade de vida das populações” (BORGES et al., 2015).

Atualmente percebe-se uma mudança mundial na matriz energética, de fóssil para renovável (BABORSKA-NAROZNY et al., 2016). Esta mudança é impulsionada pelo início do esgotamento do petróleo, por políticas que visam a mitigação das alterações climáticas (BENTLEY; BENTLEY, 2015) e pela descarbonização do planeta. Diversas são as alternativas para geração de energia não poluente ou adquirida a partir de fontes renováveis, como: bioenergia, energia geotérmica e calor, energia hidrelétrica, energia oceânica, energia solar fotovoltaica, energia solar térmica concentrada e aquecimento solar térmico, que representam 30% do fornecimento de energia no mundo em 2022 (REN21, 2023).

Com grande potencial e disponibilidade, as fontes renováveis ainda possuem participação pequena frente às fontes de energia. Alguns dos principais desafios que impedem a adoção generalizada de energias renováveis são, a necessidade de mais inovação em alguns setores, desenvolvimento de infraestrutura, maior acessibilidade em alguns mercados e falta de apoio político (REN21, 2021).

Mesmo com desafios o cenário atual mostra-se esperançoso para expansão das energias renováveis. O gráfico esquemático da Figura 1, faz um comparativo da década de 2012 a 2022, da participação das fontes renováveis na geração de energia elétrica. O declínio dos combustíveis fósseis foi de 7% e o aumento de energia renovável na geração elétrica de quase 9% em dez anos, comprovando as mudanças da matriz energética do mundo com a substituição das fontes fósseis para renováveis no passar dos anos.

Figura 1 – Participação renovável por fonte na geração de energia elétrica



Fonte: REN21 (2023)

Monitoramento regular e histórico de dados, como os relatórios do REN21, são essenciais para acompanhar as mudanças e os processos de uma matriz energética limpa e avanços na descarbonização do planeta. Os relatórios do REN21, assim como outras estratégias e ações, buscam aproximação com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7, que exige "preços acessíveis, confiáveis e sustentáveis e energia moderna para todos" até 2030, visando a erradicação da pobreza como meta para o desenvolvimento sustentável da Agenda 2030 da ONU (PNUD; IPEA, 2021a).

No Brasil, as edificações representam grande parte do consumo de energia elétrica, com consumo de quase 30% conforme apresentado no Balanço Energético Nacional 2023 (EPE, 2023). Mesmo sendo o segundo maior setor em consumo de energia, o Brasil ainda tem milhares de residências sem acesso a energia elétrica.

O Brasil tem 83% da sua capacidade de energia instalada advinda de fonte renovável (EPE, 2023). Ainda assim, mais de um milhão de pessoas vivem sem acesso a energia elétrica (ESMAP, 2021), numa sociedade contemporânea dependente de energia elétrica com um estilo de vida, que requer eletricidade para serviços diversos de saúde, transporte, sistemas de informação e de comunicação (ARAÚJO et al., 2020).

Certamente, o futuro da população mundial é urbano, e essas áreas terão que absorver todo esse crescimento, considerando que em 2050, cerca de 68% da população mundial viverá em meios urbanos (ONU-HABITAT, 2023). Consequentemente

ao aumento populacional urbano, as demandas por energia continuarão crescendo rapidamente, e as questões sobre a disponibilidade, os custos e os impactos dos combustíveis fósseis serão problemáticas ainda maiores.

Por isso (re)pensar o setor da energia nas áreas urbanas, pode desempenhar um papel importante na mitigação das alterações climáticas e descarbonização das cidades, assim como garantir uma sociedade mais justa, sem pobreza e com acesso à energia para todos. Uma eficaz estratégia para transformar as cidades em lugares melhores em relação ao consumo de eletricidade, é mudar de apenas consumidores para também geradores de energia, principalmente por meio da energia solar fotovoltaica.

1.1 MOTIVAÇÃO

A motivação para escolha do tema está relacionada à possibilidade dos espaços urbanos serem pensados e planejados como também, geradores de energia elétrica. A motivação considera o caminhar da sociedade nos avanços da mudança da matriz energética de fonte fóssil para renovável. Em paralelo a isso, o grande potencial em energia solar e a crescente utilização de sistemas fotovoltaicos no meio urbano.

Os ideais do desenvolvimento sustentável, que consideram a manutenção do planeta para as gerações futuras e sociedades mais justas, desperta o olhar para os contextos urbanos que vivem em situações de vulnerabilidade, dentre elas a pobreza energética. Dessa forma o trabalho explora a aplicação de sistemas fotovoltaicos em meios urbanos de baixa renda, entrelaçando a tecnologia e sustentabilidade da geração solar de energia como um caminho ao fim da pobreza energética.

1.2 JUSTIFICATIVA

O enorme potencial de geração de energia elétrica pela radiação solar e a notável vantagem do uso de sistemas fotovoltaicos no meio urbano, somado à confluência mundial para um desenvolvimento sustentável. Em destaque o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7: energia acessível e limpa, para propor o uso da tecnologia fotovoltaica em habitações de interesse social.

Melhorar as condições sociais, econômicas e de infraestrutura de grupos sociais que vivem em contextos de baixa renda em situações de vulnerabilidade, visando ampliar a capacidade instalada de micro e mini geração distribuída no Brasil incentivando e

disseminando o uso de fontes renováveis, ao propor aplicação de sistemas fotovoltaicos conectado à rede de uso coletivo ou individual em espaços de baixa renda.

Utilizar tecnologia solar fotovoltaica em habitações e contextos de baixa renda pode soar um tanto vanguardista, mas o mundo caminha para um futuro mais igualitário e sustentável. Considerando a Agenda 2030 da ONU, tem-se menos de uma década para garantir energia acessível e limpa para todos, ressaltando ainda que, os serviços de energia são intrinsecamente ligados à provisão de saúde e educação adequadas (NATHWANI; KAMMEN, 2019), e por isso acredita-se num mundo melhor a partir de propostas e projetos como os apresentados neste trabalho.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é apresentar a viabilidade real da utilização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede pública de energia elétrica em contextos sociais de baixa renda na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar uma revisão de literatura abordando os conceitos de baixa renda, pobreza energética, sustentabilidade, eficiência energética e energia solar fotovoltaica com ênfase na geração distribuída;
- Conhecer diferentes contextos sociais de baixa renda beneficiados energeticamente, a mais de um ano, com a implantação de sistemas fotovoltaicos em Curitiba/PR;
- Analisar o uso individual e coletivo de sistemas fotovoltaicos em diferentes contextos sociais de baixa renda em Curitiba/PR;
- Discutir o impacto da implantação da geração fotovoltaica em contextos sociais de baixa renda e a importância de políticas públicas de incentivo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos. O capítulo inicial introduz o trabalho, abordando a motivação e justificativa da temática escolhida. A

descrição dos objetivos, geral e específicos, e a estrutura do trabalho também compõem este capítulo. O segundo capítulo organiza a revisão de literatura, que engloba: baixa renda e seus subitens, comunidades e habitação de interesse social; pobreza com ênfase em pobreza energética; sustentabilidade e descarbonização; eficiência energética; energia solar fotovoltaica e geração distribuída. No terceiro capítulo descreve a metodologia escolhida para o desenvolvimento do trabalho e para análises dos sistemas fotovoltaicos apresentados. O quarto capítulo apresenta o objeto de estudo - a geração fotovoltaica em contextos de baixa renda, e suas análises. Seguindo do capítulo final que relata as conclusões e considerações finais a respeito dos impactos analisados com base nos casos apresentados e revisões bibliográficas estudadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BAIXA RENDA

A legislação brasileira através do Decreto N° 11.016, define a terminologia famílias de baixa renda como sendo "família com renda familiar mensal per capita de até meio salário mínimo". Ou seja o valor da razão entre a soma de todos os rendimentos bruto e o número de pessoas que utilizam dessa renda, é igual ou inferior a R\$ 706,00, segundo o valor do salário mínimo de 2024 (BRASIL, 2022a) (BRASIL, 2022c).

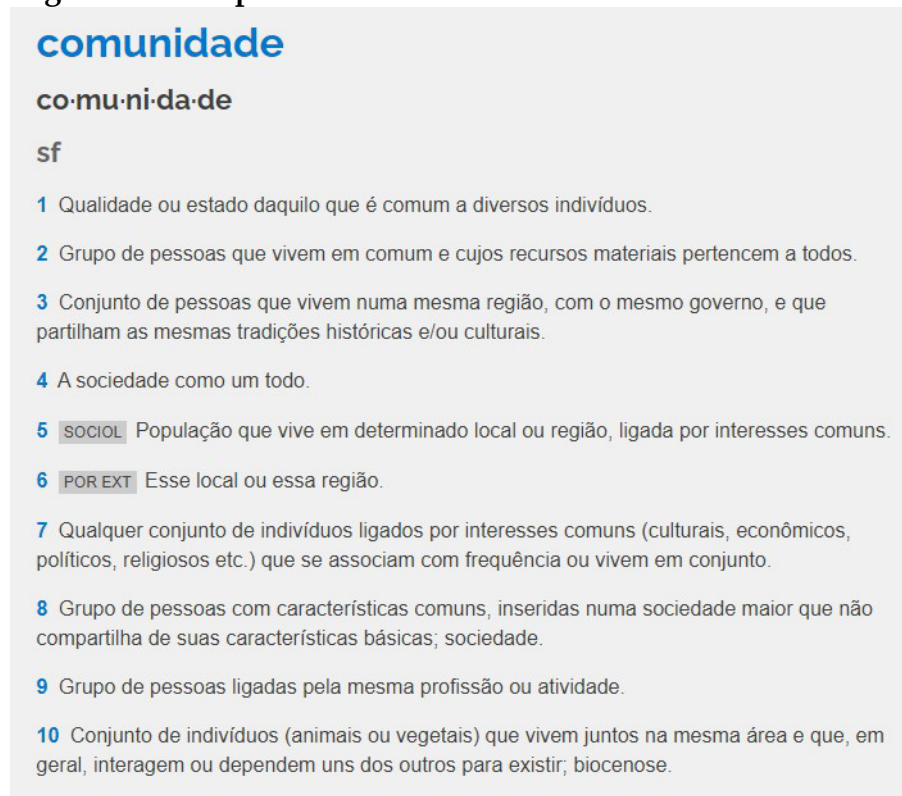
Essa terminologia está associada a regulamentação do Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal, que tem por "finalidade coletar, processar, sistematizar e disseminar informações georreferenciadas para a identificação e a caracterização socioeconômica das famílias de baixa renda"(BRASIL, 1993).

2.1.1 Comunidades

O avançado adensamento populacional nas cidades e a consequente segregação espacial urbana, desregulam o sistema e expõem grupos a fatores de vulnerabilidade socioambiental, e também econômicas (MAIOR; CÂNDIDO, 2014). Esses grupos, invisíveis ao sistema, que são marginalizados pelo espaço urbano, unem-se e organizam-se em comunidades em áreas irregulares.

O termo comunidade, pode ser entendido como sinônimo de favela, por "apresentar ampla elasticidade, tendo sido moldado a novos e diferenciados formatos historicamente"(MAGALHÃES, 2021). Segundo o dicionário as definições de comunidades são relacionadas a grupos ou conjuntos de pessoas com interesses ou vivências em comum, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Significado da palavra "comunidade"



Fonte: (MICHAELIS, 2024)

No entendimento da Estética da Favela (JACQUES, 2001), a expansão das favelas é caracterizada pela formação de novos territórios urbanos, fundamentados no conceito de comunidade, um crescimento pautado na união de um grupo de pessoas independente do planejamento urbano.

Para esse trabalho, escolheu-se utilizar o termo comunidade, como menção as áreas de assentamento irregular, principalmente, por ser a maneira como os próprios moradores desses locais fazem referência ao espaço e a eles mesmos.

2.1.2 Habitação de interesse social

As questões sobre habitação social surgem após a Revolução Industrial, processo que acarretou na transição do viver no campo para o viver no espaço urbano. A problemática decorrente da sociedade industrial e do crescimento exponencial dos centros urbanos foi o déficit habitacional, que foi atendido pelo modernismo com unidades habitacionais mínimas em áreas da cidade destinadas apenas ao morar (RUBIN, 2013).

Habitação é objeto de política pública e política social, cabe ao estado fazer

coincidir os fundamentos jurídicos, as funções sociais e os interesses dos grupos beneficiários. A Habitação de Interesse Social (HIS) não nasceu como política pública acabada, fora sendo gestada pelo Ministério das Cidades com respaldo político do Conselho Nacional das Cidades. A HIS desenvolveu-se a partir de um conjunto de ações para o tratamento da questão habitacional em nível nacional, vindo a consolidar-se por importantes marcos regulatórios no país: a Política Nacional de Habitação de 2004; a Lei Federal que instituiu o Sistema Nacional de Habitação (Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005) e o Plano Nacional de Habitação, aprovado em 2009 (BUONFIGLIO, 2018).

As políticas de HIS são aquelas voltadas à população de baixa renda sem acesso à moradia formal, nem condições para contratar os serviços ligados à construção civil. Nas HIS os protagonistas devem ser futuros moradores, não apenas indivíduos que precisam de casas para morar, mas também indivíduos parte da sociedade, onde as relações com a vizinhança e a cidade devem ter relevância no projeto (MOREIRA, 2020).

As diferenças de renda, bem como as significativas desigualdades regionais e raciais, refletem nas condições de moradia da população no Brasil. Quanto a propriedade da moradia, a população com rendimento domiciliar per capita inferior a US\$ 5,50 por dia tem 13% morando em um espaço cedido e 16% em local alugado (IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020).

O gráfico da Figura 3, apresenta a proporção da população total com rendimento domiciliar per capita inferior a US\$ 5,50 por dia segundo as situações de precariedade e vulnerabilidades nas condições de moradia que mais afetam a população que enfrenta situação de pobreza monetária.

Figura 3 – Proporção da população residindo em domicílios com inadequações domiciliares



Fonte: (IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020)

A ausência de banheiro exclusivo, uso de materiais não duráveis e adensamento excessivo, impactam diretamente a habitabilidade do local, assim como na qualidade de vida dos moradores. O ônus excessivo com aluguel e a ausência de documentos que comprovem a propriedade, além de provocar instabilidade financeira no caso do aluguel. Ambas as situações colocam as pessoas em inquietação, pois não lhes é garantido a permanência naquela local, seja pela possível necessidade de mudar de lugar pelo aumento do ônus com aluguel, seja pela perda da propriedade por falta de documentação comprobatória.

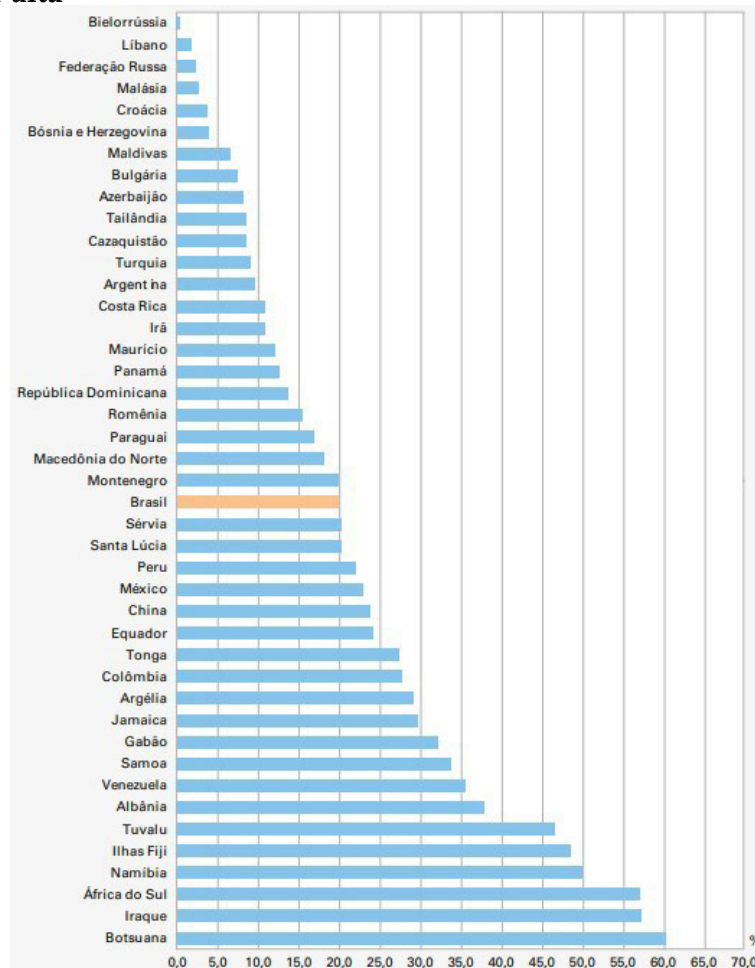
A habitação é uma necessidade básica e um direito humano, calcado na dignidade humana e cerne dos direitos fundamentais (BUONFIGLIO, 2018). O direito à moradia corresponde aos direitos civis e políticos, mas também aos direitos econômicos e sociais (OSÓRIO, 2014).

2.2 POBREZA

Para as comparações de renda internacional, o Banco Mundial segue três linhas de pobreza. Com valores fixados conforme a Paridade do Poder de Compra (PPC), que classifica os países conforme o consumo ou renda per capita. Nessa classificação, de taxa de pobreza, o Brasil pertence ao grupo de renda média-alta na linha de US\$5,50 PPC por dia. O Brasil é o país com a 21ª taxa de pobreza mais alta, dentre os 43 países com

informação disponível na base de dados do Banco Mundial, como mostra o gráfico da Figura 4 (IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020).

Figura 4 – Gráfico de pobreza para a linha de US\$ 5,50 PPC por dia, segundo países de renda média-alta



Fonte: (IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020)

Sem a existência de uma linha de pobreza monetária oficial no Brasil, as várias linhas coexistentes para avaliação da pobreza, apresentam números e indicadores que podem variar bastante entre si. O quadro da Figura 5 apresenta as linhas de pobreza monetária em 2019.

Figura 5 – Linhas de pobreza monetária - 2019

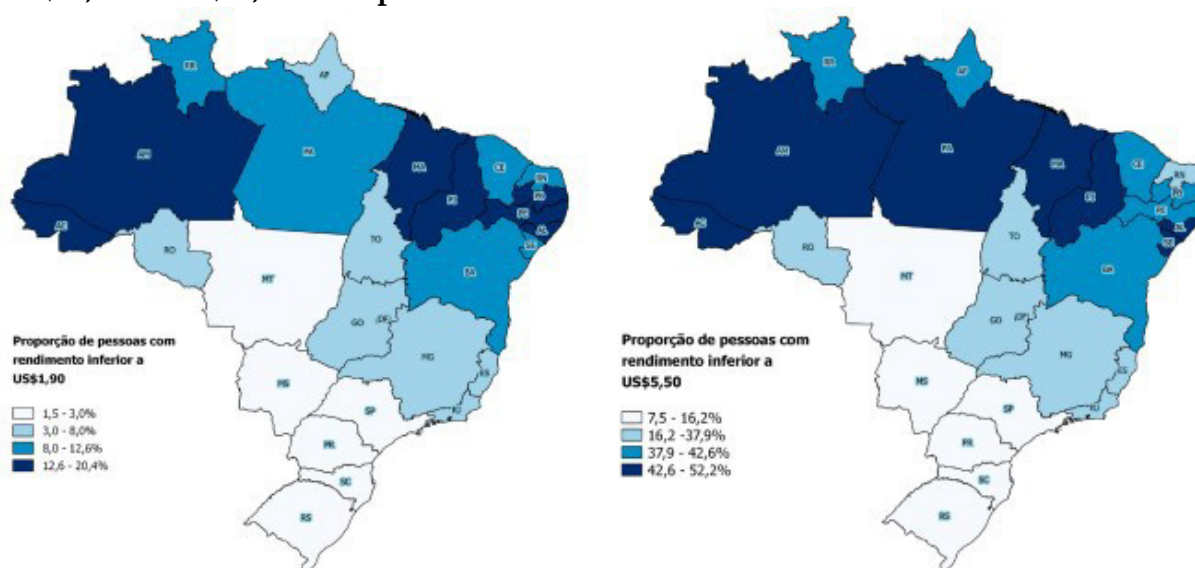
Linha de pobreza	Referência /uso	Valor (R\$)
Pobreza extrema		
89 (R\$)	Linha básica do Bolsa Família	89
US\$ 1,90 PPC (1)	Linha do Banco Mundial para países de renda baixa	151
Salário mínimo (1/4)	Linha de concessão do BPC/LOAS	250
Pobreza		
178 (R\$)	Linha de elegibilidade ao Bolsa Família	178
US\$ 3,20 PPC (1)	Linha do Banco Mundial para países de renda média-baixa	253
50% da mediana	Medida de pobreza relativa utilizada pela OCDE	431
US\$ 5,50 PPC (1)	Linha do Banco Mundial para países de renda média-alta	436
Salário mínimo (1/2)	Cadastro Único do Governo Federal	499

Fonte: (IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020)

A tabela apresenta as linhas de pobreza monetárias internacionais e as adotadas nos programas brasileiros do Bolsa Família e Cadastro Único do Governo Federal. O público-alvo do programa Bolsa Família, pessoas com rendimento mensal abaixo de R\$ 178, era de 16,2 milhões em 2019. Contudo, se fosse considerado a linha recomendada internacionalmente para o Brasil, de US\$ 5,50 PPC por dia, o total de pobres mais que triplica e supera 51 milhões de pessoas (IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020).

Diferentemente da distribuição do total da população no território, a distribuição da população pobre difere bastante. Em 2019, a Região Nordeste respondia por 27,2% do total populacional do país, e compreendia 56,8% das pessoas consideradas extremamente pobres. Já a Região Sudeste, a mais populosa do país com 42,2%, tem entre 20% e 27% da população de pobres a depender da linha adotada (IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020). As cartografias brasileiras da Figura 6 apresentam a proporção de pessoas com renda per capita diária inferior a US\$ 1,90 e US\$ 5,50 PPC, respectivamente.

Figura 6 – Proporção de pessoas com rendimento domiciliar per capita inferior a US\$ 1,90 e US\$ 5,50 PPC por dia



Fonte: (IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2020)

Em ambas as linhas as regiões Norte e Nordeste aparecem em tons de azul mais vibrantes, que indicam maior proporção de pessoas na pobreza. O estado do Paraná, assim como toda a Região Sul, apresentam mínimas proporções de pessoas, tanto para países de renda baixa (US\$ 1,90 PPC) como para renda média-baixa (US\$ 5,50 PPC).

2.2.1 Pobreza energética

A pobreza energética pode ser entendida como a incapacidade das famílias de alcançar um nível social e materialmente necessário dos serviços energéticos domésticos, entendida como um problema de conotação global (BOUZAROVSKI; PETROVA, 2015). A manifestação da pobreza energética é facilmente percebida socialmente pela dificuldade de acesso aos serviços modernos de energia, sendo estes a eletricidade e o gás liquefeito de petróleo (GLP).

Outros autores definem, como a falta de habilidade para realizar atividades essenciais, em razão do insuficiente acesso a serviços de energia financeiramente acessíveis, confiáveis e seguros, considerando os meios alternativos disponíveis para realizar essas capacidades (DAY et al., 2016). Contudo a definição de pobreza energética não é simples e objetiva, pois o papel dos serviços energéticos é distinto conforme os contextos geográficos e culturais (POVEDA et al., 2021), a tabela da Figura 7 apresenta algumas definições para pobreza energética.

Figura 7 – Tabela definições de pobreza energética

Definições de pobreza energética	Autores
Ausência de qualquer fonte de energia moderna, por exemplo, uso de combustíveis sólidos para cocção, como carvão vegetal e madeira, e querosene para iluminação.	International Energy Agency
Impossibilidade de escolha pelos serviços de energia, em condições econômicas que promovam suporte para o desenvolvimento econômico e social das famílias e indivíduos.	Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas
Falta de acesso a eletricidade e a dependência do uso tradicional de biomassa para cocção.	World Energy Outlook
Níveis inadequados de serviços energéticos que proporcionem conforto térmico, iluminação e energia para equipamentos, garantindo um padrão decente de vida e saúde para a população. Isto ocorre devido a combinação de despesas altas com energia, baixa renda, construções e eletrodomésticos ineficientes e necessidades energéticas específicas da residência.	UE Energy Poverty Observatory
Nível de energia insuficiente para atender necessidades básicas. Ocorre quando a média das despesas mensais da casa com energia representam uma parcela substancial da renda média mensal da família.	Thomson <i>et al.</i> (2017)
Nível de energia insuficiente para atender necessidades básicas influenciado por dois grupos de fatores: características socioeconômicas/demográficas (estado civil, fonte de renda, educação, etc) e da residência (características construtivas do domicílio como parede, piso, teto, aquecimento, etc.).	Belaïd (2018) e Primc <i>et al.</i> (2019)
Nível de energia insuficiente para atender necessidades básicas influenciado pela situação socioeconômica da residência, o desempenho energético da habitação e o preço da energia.	Meyer <i>et al.</i> (2018)
Ausência de escolha nos serviços de energia para acesso adequado, que se possa pagar, confiável, de alta qualidade, seguro e ambientalmente benigno para suportar o desenvolvimento humano e econômico.	Reddy (2000)
Inabilidade de realizar capacidades essenciais sendo resultado direto ou indireto de acesso insuficiente a serviços de energia financeiramente acessíveis, confiáveis e seguros, considerando ainda a disponibilidade de meios alternativos para realizar tais ações.	Day <i>et al.</i> (2016)

Fonte: (PAIVA, 2019)

Considerando a multidimensionalidade e o dinamismo do conceito, não existem consenso nos indicadores de pobreza energética, pois cada realidade e entendimento do conceito requer um indicador. Conforme a revisão de literatura desenvolvida por Poveda, Losekann e Rodrigues (2021) os indicadores de pobreza energética estão organizados em três grupos, os de despesas, os consensuais e os multidimensionais, conforme a tabela da Figura 8.

Figura 8 – Tabela síntese dos indicadores de pobreza energética

Abordagem	Indicador	Referência
Indicadores de despesas	TPR: Despesas energéticas superiores ao 10% da renda.	Boardman (2010)
	MIS: A renda, depois de descontados os custos da moradia, menos o custo mínimo de vida é inferior as despesas energéticas.	Moore (2012)
	LHC: Despesa energética superior à média nacional e renda familiar residual inferior a linha de pobreza.	Hills (2012)
	HEP: Despesa energética inferior a mediana nacional.	Rademaekers et al. (2016)
	2M: A participação da despesa energética na renda domiciliar supera em dobro a mediana nacional.	Schuessler (2014)
Indicadores consensuais	Inabilidade de manter aquecida a residência. A OMS recomenda manter uma temperatura entre 18 e 21° C.	Estatísticas sobre Rendimentos e Condições de Vida na União Europeia (EU-SILC) (Eurostat, 2021)
	Inabilidade de pagar as contas de serviços públicos em dia.	
	Presença de problemas de infraestrutura do domicílio como umidades nas paredes ou pisos, telhados com goteiras, janelas em decomposição, entre outros.	
Indicadores multidimensionais	MEPI: As privações energéticas de uma família excedem um limiar arbitrário.	Nussbaumer et al. (2011; 2012)

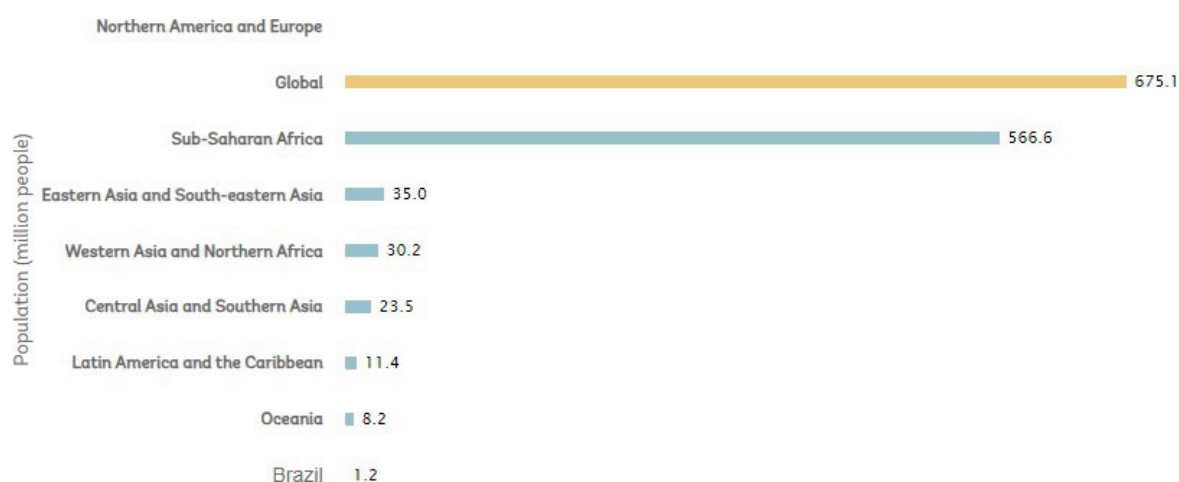
Fonte: (POVEDA et al., 2021)

Dentre os indicadores apresentados, o TPR - Ten Percent Rule (em tradução simples "Regra dos 10%") proposto por Brenda Boardman em 1991 no livro "Fuel

Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth"(em tradução simples "Pobreza de combustível: de casas frias a calor acessível"), é a primeira metodologia desenvolvida como um indicador de pobreza energética no Reino Unido, que considerada uma família pobre energeticamente se as despesas com energia forem superiores a 10% da sua renda mensal (PAIVA, 2019). O indicador desenvolvido por Boardman na época referia-se a pobreza energética pela falta de eficiência, conservação de energia e o não acesso ao combustível para aquecimentos das residências inglesas (TAYLOR, 1993).

Entendendo que a problemática da pobreza energética ainda afeta o mundo contemporâneo o ODS 7 de Energia Acessível e Limpa, busca garantir energia para todos. Os monitoramentos desse objetivo feito pela ONU junto a outras agências e financiado pela ESMAP - *Energy Sector Managment Assistance Program*, mostra que em 2021 mais de 600 milhões de pessoas no mundo ainda vivem sem acesso a energia elétrica, como mostra o gráfico da Figura 9, que apresenta os dados por regiões e no Brasil da população sem acesso a eletricidade.

Figura 9 – Gráfico da população sem acesso a energia elétrica em 2021



Fonte: (ESMAP, 2021)

América do Norte e Europa são as regiões mais desenvolvidas do mundo e não apresentam resultado a falta de acesso a energia elétrica. Ao contrário da região da África Subsaariana com o maior número de pessoas que vivem em situações extremas de pobreza, sendo uma delas a pobreza energética. O Brasil que em 2022 ultrapassou os 200 milhões de habitantes (IBGE - Agência de Notícias, 2023) tem uma pequena fração da população que vivem sem acesso a energia elétrica e em situação de pobreza energética.

2.3 SUSTENTABILIDADE

Nunca antes a história da humanidade correu riscos como os que atualmente ameaçam o futuro da vida na Terra. Sustentabilidade, fundamentalmente são ações e processos que visam manter a vitalidade e integridade do planeta (BOFF, 2017).

Na década de 1990 o evento da ONU, conhecido como Eco-92 ou Rio-92, marcou o passo inicial para a conscientização ambiental e ecológica, uma conferência mundial que buscava enfrentar os problemas crescentes da emissão de gases causadores do efeito estufa (BARRETO, 2009). O evento discutiu ainda, o desenvolvimento sustentável, em como a humanidade pode se desenvolver atendendo as necessidades do presente e garantindo que as gerações futuras atendam suas necessidades (LAMBERTS et al., 2014).

Em 2015, os países participantes da ONU alinharam objetivos e metas para a erradicação da pobreza como o grande desafio para o desenvolvimento sustentável. Deste encontro surgiu o documento Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, o qual apresenta 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), Figura 10, com 169 metas para o fim da pobreza e promoção da vida digna (PNUD; IPEA, 2021b). Os 17 ODS são integrados, indivisíveis e equilibram as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental (ONU, 2015).

Energia Acessível e Limpa é o ODS 7, que para além de atender a questão econômica envolve também o meio ambiente, buscando a transição da matriz energética de fontes fósseis e poluidora para fontes renováveis objetiva a solucionar a pobreza energética. O grande propósito deste objetivo é: “assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos” (PNUD; IPEA, 2021a), visto as sociedades atuais serem dependentes da energia, e o consumo energético per capita ser um parâmetro indicador de desenvolvimento econômico e social de um país (ARAÚJO et al., 2020).

Figura 10 – Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: (PNUD; IPEA, 2021b)

O princípio do desenvolvimento sustentável está pautado na manutenção das bases vitais da produção do homem e de suas atividades garantindo uma relação satisfatória entre os homens e o ambiente, assegurando às futuras gerações os mesmos recursos à disposição das gerações atuais (FIORILLO; FERREIRA, 2010). O reconhecimento, de que os recursos naturais são finitos, e é preciso planejar seu modo de consumo, é essencial para o desenvolvimento sustentável, que é comumente confundido com o crescimento econômico. O segundo termo diz sobre o consumo crescente de energia e recursos naturais para expansão focada na economia. Esse tipo de desenvolvimento tende a ser insustentável, pois leva ao esgotamento dos recursos naturais dos quais a humanidade depende. Desenvolvimento sustentável é qualidade ao invés de quantidade, com a redução do consumo de matérias-primas e produtos, e o ampliação da reutilização e da reciclagem de bens já produzidos (WWF-BRASIL, 2021).

Sustentabilidade é o tema mais em voga da contemporaneidade, evoluir e desenvolver novas tecnologias enquanto cuida-se do meio ambiente e do planeta. Sendo assim, o conceito de arquitetura sustentável, reconhece a construção como uma das principais fontes de degradação dos recursos ambientais, mas também potencialmente a principal fonte de renovação dos mesmos (LAMBERTS et al., 2014), estratégias de eficiência energética na arquitetura são um caminho em busca de construções mais responsáveis com a vida no planeta Terra.

2.3.1 Descarbonização

Em novembro de 2021 na Escócia, ocorreu a 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP26), onde adotou-se o Pacto Climático de Glasgow, que definiu ações para o mundo conter o impacto das mudanças climáticas a um aumento de no máximo 1,5°C na temperatura média da Terra, reduzindo as emissões globais de carbono em 45% até 2030 (GENIN; FRASSON, 2021).

A grande questão é como "migraremos para sistemas de geração de energia de baixo ou zero carbono, melhorando, concomitantemente, os indicadores sociais, de modo que a descarbonização seja sinérgica com medidas aprimoradas de justiça social?" (BRANNSTROM et al., 2022).

Segundo o Dicionário de Cambridge, descarbonização é a redução ou interrupção da liberação de gases de carbono, especialmente dióxido de carbono, na atmosfera (Cambridge Dictionary, 2024). A queima de combustíveis fósseis para geração de energia

é um dos grandes agravantes na emissão de carbono, por isso tamanha importância na mudança da matriz energética mundial de fóssil para renovável.

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Conforme o Ministério de Minas e Energia (2011) o conceito de Eficiência Energética (EE) refere-se as ações de naturezas distintas que reduzem a energia necessária para atender as demandas sociais de luz, calor/frio, acionamento, transportes e processos. No mundo, as preocupações relacionadas a EE começaram em 1973 com a crise do petróleo, a principal fonte energética da época, e a probabilidade de escassez desse recurso energético, culminou na alta dos preços da energia e em ações voltadas à conservação e eficiência dos usos energéticos (MME - Ministério Minas e Energias, 2011).

O uso racional da energia elétrica pode ser dividido em três diferentes dimensões: ambiental, de eficiência energética e social. A ambiental prioriza projetos de conforto térmico para reduzir o consumo diminuindo ou extinguindo a necessidade de energia para o uso de aparelhos mecânicos, e a social o foco é centrado no usuário dimensão social, ao proporcionar um nível de conforto adequado na habitação, assim como acesso à energia de forma eficiente. A dimensão de eficiência energética faz relação com a gestão da demanda e oferta de energia, incentivando o menor consumo e a utilização de fontes renováveis e alternativas à produção de energia elétrica convencional (JOHN et al., 2011).

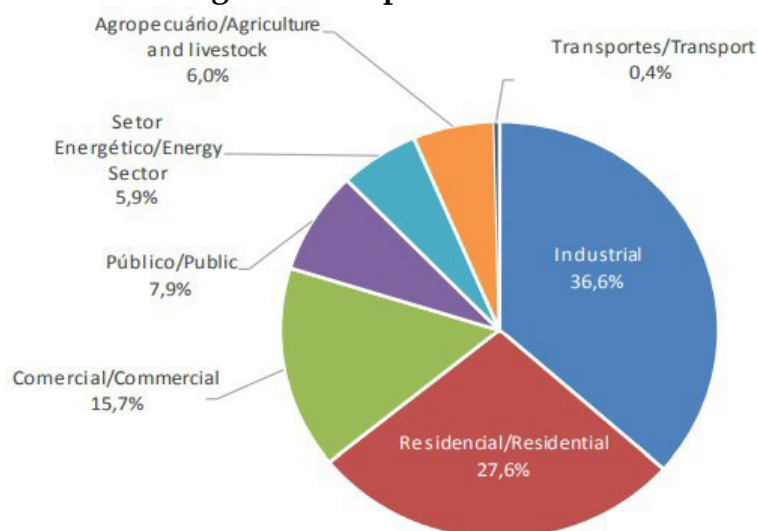
A oferta de energia precisa de uma cadeia de transformação, transporte e estocagem com origem nas fontes primárias disponíveis na natureza, seja renovável (solar, eólica, hidráulica, cana de açúcar e madeira) ou não renovável (petróleo, gás natural, carvão mineral e nuclear). A EE compreende modificações tecnológicas ao longo de toda a cadeia (MME, 2011).

Na arquitetura, uma edificação é mais eficiente que outra quando é capaz de proporcionar as mesmas condições de conforto ambiental com menor consumo de energia (LAMBERTS et al., 2014). Pensar e projetar, principalmente edificações mais eficientes energeticamente é uma estratégia cada vez mais relevante para a mitigação das mudanças climáticas globais (PROCEL/Eletrobrás; UFSC, 2021), considerando que as edificações correspondem atualmente por mais de 40% do total da eletricidade consumida no Brasil.

O setor residencial, atualmente, representa o segundo maior consumo de eletricidade no Brasil, ficando atrás apenas do industrial e seguido dos setores comercial e público, conforme mostra o gráfico da Figura 11. Por isso "a eficiência energética

dos edifícios tornou-se central no debate sobre a sustentabilidade futura"(NATANIAN; WORTMANN, 2021).

Figura 11 – Consumo de energia elétrica por setor no Brasil



Fonte: (EPE, 2023)

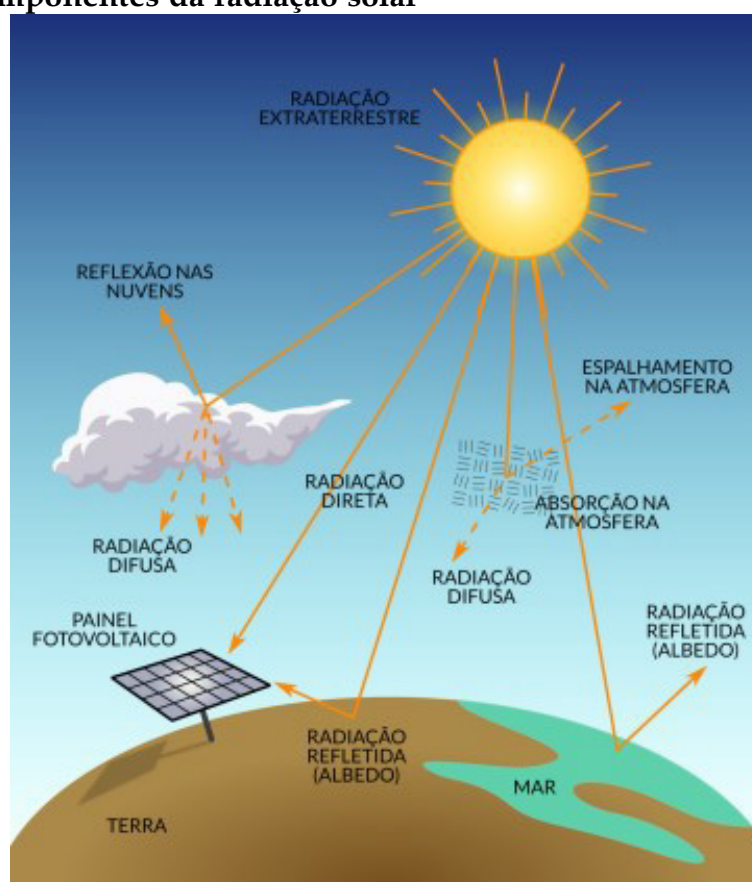
Edificações mais eficientes vão além de estratégias bioclimáticas adotadas no projeto, envolve também a melhor escolha de equipamentos de iluminação e resfriamento. A mudança para equipamentos mais eficiente, aqueles que usam menos recursos para proporcionar a mesma quantidade de energia útil, é um processo que requer incentivos de políticas públicas (MME, 2011). Quando discute-se sobre famílias de baixa renda e habitações de interesse social políticas públicas são ainda mais necessárias, visto os programas nacionais existentes de habitação serem altamente deficientes em implementar tais estratégias de projeto.

2.5 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar está disponível em diferente intensidade por todo o globo e é temporalmente inesgotável. O sol é tão importante que além da energia solar é responsável pela origem de quase todas as outras fontes de energia na Terra, em outras palavras, as fontes de energia são majoritariamente derivadas da energia do sol (PINHO; GALDINO, 2014). A energia proveniente do Sol é emitida na forma de radiação eletromagnética, quando uma fração dessa energia atinge a Terra, os diferentes comprimentos de onda da radiação interagem de forma distinta com os constituintes atmosféricos, sofrendo processos de absorção e espalhamento (PEREIRA et al., 2017).

A radiação solar que entra na atmosfera da Terra é constituída por duas componentes: a radiação direta, que chega à superfície sem sofrer desvio em sua trajetória, e a radiação difusa, que é proveniente de todas as direções devido ao espalhamento. Em caso a superfície analisada esteja inclinada, haverá uma terceira componente refletida pelo ambiente do entorno denominado de albedo (TIEPOLO et al., 2017). A Figura 12 apresenta esquematicamente as componentes da radiação solar.

Figura 12 – Componentes da radiação solar



Fonte: (TIEPOLO et al., 2017)

A energia solar direta não é renovável, mas uma fonte inesgotável, considerando-se a escala de tempo humana e terrestre, e as características eletromagnéticas de espectro e de comprimento de onda são diretamente úteis e necessárias para os seres vivos seja na forma de iluminação natural (luz visível) ou como fonte de calor (ondas longas/infravermelho) (PEREIRA et al., 2017).

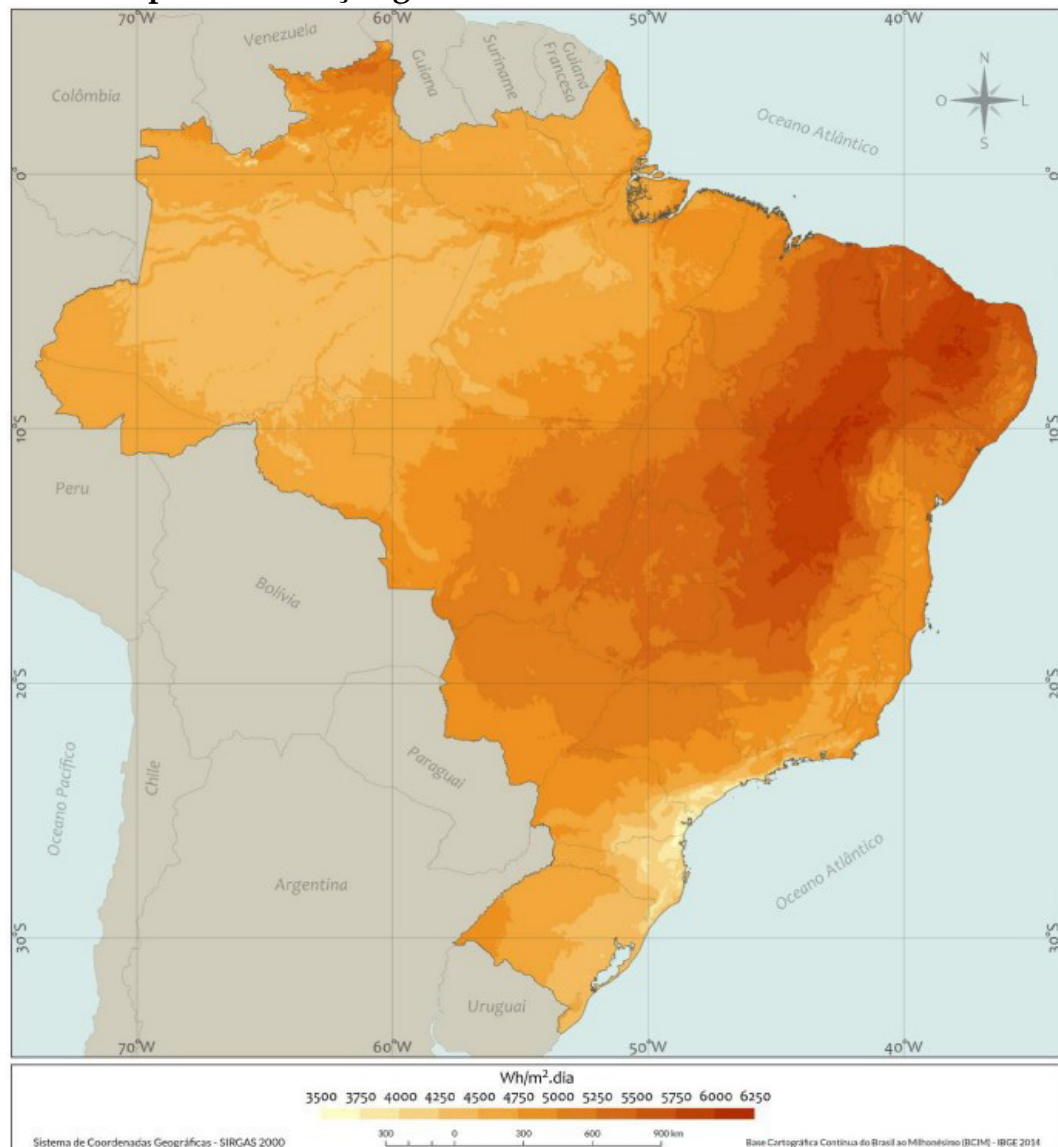
A avaliação do potencial de recursos de energia solar numa região envolve basicamente três componentes: a distribuição espacial, sua variabilidade temporal e as incertezas associadas às duas primeiras componentes, essas componentes são importantes

para a viabilidade de aproveitamento do recurso solar (PEREIRA et al., 2017).

A medição da radiação solar, tanto da global como das componentes direta e difusa, na superfície terrestre é de grande importância para o estudo das influências das condições climáticas e atmosféricas, como também para o desenvolvimento de projetos que visam a captação e a conversão de energia solar (PINHO; GALDINO, 2014).

Pela disponibilidade irrestrita e contínua a energia solar direta é uma das alternativas energéticas mais promissoras para os desafios do milênio (PEREIRA et al., 2017). O Brasil possui uma condição extremamente favorável para o aproveitamento da energia solar, uma vez que apresenta valores de irradiação elevados em todo o seu território (TIEPOLO et al., 2017) como mostra o mapa da Figura 13.

Figura 13 – Mapa de irradiação global horizontal diária - média anual no Brasil



Fonte: (PEREIRA et al., 2017)

O mapa mostra maior parte do Brasil em tons de laranja vibrante e escuro, de modo que todo o território brasileiro mostra-se favorável as aplicações de tecnologias de aproveitamento dos recursos de energia solar, tanto de potencial térmico como fotovoltaico.

A energia solar fotovoltaica é a energia gerada por meio da conversão direta da luz do sol em eletricidade, pelo efeito fotovoltaico, através da célula fotovoltaica, um dispositivo construído com material semicondutor. A geração de energia elétrica pode ser por meio de sistemas fotovoltaicos isolados (SFVI) ou conectados à rede (SFVCR) conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 – Tipos de sistemas fotovoltaicos



Fonte: (URBANETZ JR, 2010)

Os SFVI costumam ser instalados em locais sem ou de difícil acesso à rede elétrica, e requerem armazenadores de energia. Enquanto os SFVCR são conhecidos pela geração distribuída (GD) ao longo da rede elétrica de distribuição, permitindo a geração de energia próximo ao ponto de consumo (URBANETZ JR, J., 2010). A GD é particularmente relevante nos centros urbanos, ao permitir geração de energia perto do consumo, reduzindo perdas em transmissão e distribuição, algo particularmente relevante no contexto brasileiro, além de ser contracíclica à geração hidrelétrica, principal fonte de energia elétrica brasileira (RÜTHER; ZILLES, 2011).

As principais características dos SFVCR apresentadas no Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná são:

- Baixo impacto ambiental, pois na maior parte das vezes podem ser instalados na cobertura das edificações;

- São silenciosos e não emitem poluentes durante sua operação;
- Possuem baixo índice de manutenção;
- Podem ser instalados próximos ao ponto de consumo como forma de geração distribuída;
- Têm instalação rápida quando comparados a outras fontes renováveis;
- São modulares, ou seja, podem ser ampliados ou reduzidos conforme as necessidades do consumidor, ou ainda reinstalados em outro local;
- Não operam à noite;
- Podem ser instalados tanto pequenos sistemas, na forma de geração distribuída, como grandes plantas, através de usinas fotovoltaicas;
- Custos dos componentes, como inversores e módulos fotovoltaicos, cada vez menores, devido à escala de produção mundial e também à nacionalização dos mesmos.

Conhecer o recurso solar é fundamental no desenvolvimento de SFV, para escolha da localização mais adequada, para as diretrizes de operacionais, para o dimensionamento do sistema e para os cálculo de produção de energia (PINHO; GALDINO, 2014).

O efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839 pelo cientista francês Becquerel, mas os primeiros dispositivos, as células fotovoltaicas, foram fabricadas em 1950, devido os avanços tecnológicos na área de dispositivos semicondutores (PINHO; GALDINO, 2014).

As tecnologias utilizadas na produção de células fotovoltaicas podem ser classificadas em três gerações. A primeira e mais disponível no mercado é dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), é considerada uma tecnologia confiável e consolidada e possui a melhor eficiência comercialmente disponível. A segunda geração, conhecida como filmes finos, é dividida em três cadeias produtivas: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Menor eficiência que a primeira geração e dificuldades na disponibilidade dos materiais, vida útil, rendimento e toxicidade (cádmio), prejudicam a utilização em larga escala. A terceira geração ainda em fase de pesquisa e desenvolvimento, com produções em pequena escala, são as células fotovoltaicas multijunção e células fotovoltaicas por concentração, células sensibilizadas por corante e células orgânicas ou poliméricas. As células fotovoltaicas por concentração demonstraram ter potencial para módulos de alta eficiência, porém com

alto custo. Diversas são as tecnologias de fabricação de células fotovoltaicas desenvolvidas, contudo as células fabricadas a partir de lâminas de silício cristalino (monocristalino ou policristalino) ainda dominam o mercado mundial (PINHO; GALDINO, 2014).

2.5.1 Geração Distribuída

Um grande marco regulatório no setor de energia elétrica, principalmente em relação as energias renováveis e a energia solar, foi a Resolução Normativa Nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A normativa estabeleceu as condições gerais para o acesso a microgeração e minigeração distribuída e sobre o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012), possibilitando a geração própria a qualquer pessoa no Brasil (LIMA, 2018).

Em 2015 a normativa foi atualizada a partir de uma nova resolução, a REN Nº 687/2015, que atualizou os conceitos de microgeração e minigeração:

- microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2015).

A regulamentação sobre a geração distribuída gera debates conforma a expansão da capacidade instalada de SFVCR no Brasil. Conforme as demandas na área acontecem as normativas tendem a ajustar-se. Em janeiro de 2022 foi sancionada no Brasil a Lei nº 14.300, que institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída (BRASIL, 2022b). De acordo com o marco legal, em fevereiro de 2023 foi divulgada a nova normativa da ANEEL, REN Nº 1.059, que aprimorou as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2023).

- microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica que utilize fontes renováveis ou, conforme Resolução Normativa nº 1.031, de 26 de julho de 2022, de cogeração qualificada, conectada à rede de distribuição de energia elétrica por meio de unidade

consumidora, da qual é considerada parte, que possua potência instalada em corrente alternada menor ou igual a 75 kW;

- minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica que utilize fontes renováveis ou, conforme Resolução Normativa nº 1.031, de 26 de julho de 2022, de cogeração qualificada, conectada à rede de distribuição de energia elétrica por meio de unidade consumidora, da qual é considerada parte, que possua potência instalada em corrente alternada maior que 75 kW e menor ou igual a: 5 MW para as centrais geradoras de fontes despacháveis; 3 MW para as demais fontes não enquadradas como centrais geradoras de fontes despacháveis; ou 5 MW para unidades consumidoras já conectadas em 7 de janeiro de 2022 ou que protocolarem solicitação de orçamento e conexão (ANEEL, 2023).

As normativas da ANEEL não tratam especificamente sobre a geração fotovoltaica, mas a modalidade é a mais simples e vantajosa nos espaços urbanos. Os sistemas podem ser instalados sobre os telhados e facilmente conectados à rede das concessionárias de energia, sendo um SFVCR. O impacto destas regulações na adesão do consumidor final em gerar a própria energia elétrica ou parte dela, através de SFVCR é apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Geração Distribuída no Brasil



TIPO	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
UFV	2.641.323	3.781.514	29.315.972,33
Total	2.641.323	3.781.514	29.315.972,33

MODALIDADE	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
	165	422	2.261,79
Autoconsumo remoto	458.324	1.256.712	6.491.329,41
Geracao compartilhada	9.976	341.510	989.056,34
Geracao na propria UC	2.172.501	2.172.501	21.820.302,58
Multiplas UC	357	10.369	13.022,21
Total	2.641.323	3.781.514	29.315.972,33

Fonte: (ANEEL, 2024)

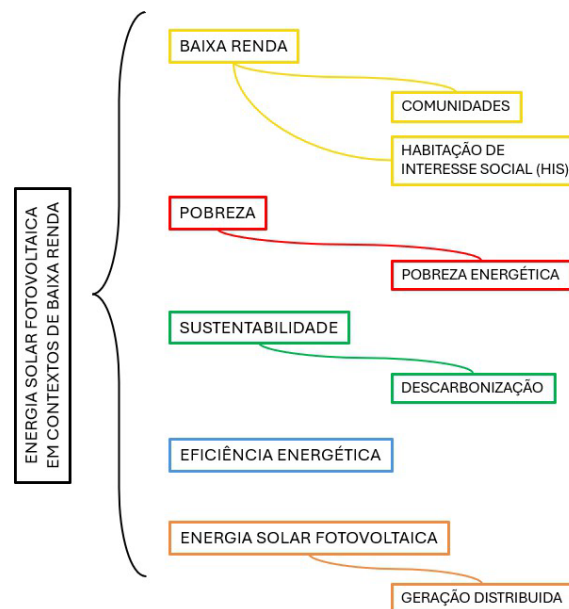
Os valores apresentados na Figura 15 são do início de junho de 2024. Neste período o Brasil apresentava potência instalada total de 29,32 GW. Do total nacional o estado do Paraná, estado considerado no presente trabalho, contribuía com 2,71 GW do potencial instalado.

3 METODOLOGIA

3.1 REVISÃO DE LITERATURA

A metodologia aplicada para a realização do referencial teórico apresentado ao longo do item 2.0, consiste em uma revisão qualitativa com abordagem quantitativa da literatura (GIL, 2002). Inicialmente delimitou-se o tema de estudo e após o levantamento bibliográfico preliminar delimitarem-se os conceitos a serem aprofundados, conforme esquema apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Esquema tema de estudo e conceitos do referencial teórico



Fonte: Autoria própria

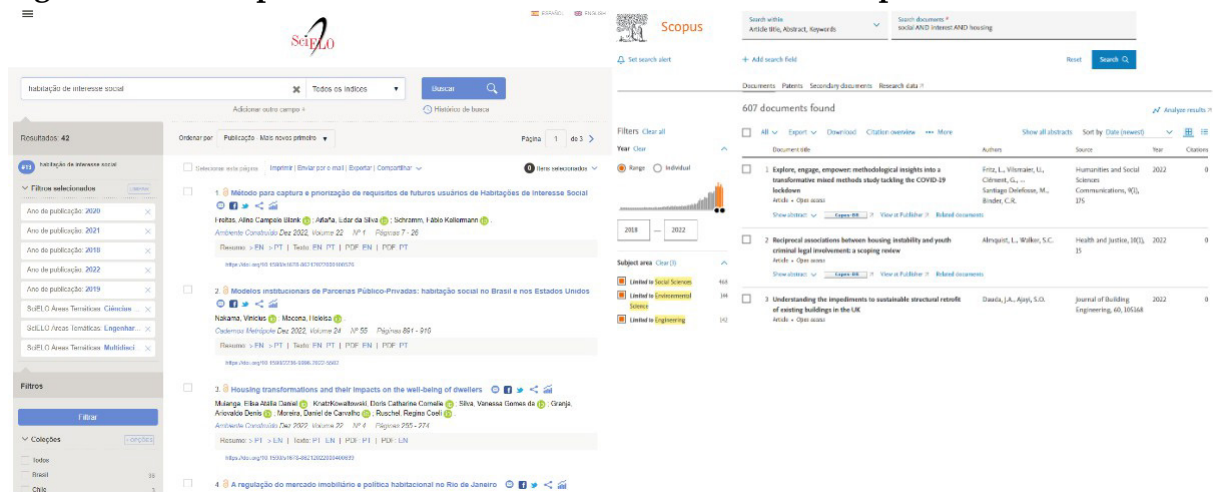
Com a delimitação dos conceitos a serem pesquisados utilizou-se principalmente de dois banco de dados, o Scielo e o Scopus para as buscas bibliográficas, possibilitando extrair diferentes conclusões de diversas fontes, a fim de compilar as considerações relativas à cada tema apresentado.

Dentro dos banco de dados as palavras-chave foram colocadas separadamente no campo de busca, delimitando a abrangência das buscas com os filtros. As duas categorias de filtros utilizadas foram o ano de publicação, delimitado entre 2018 a 2022, e a área temática, limitado entre engenharia, ciências sociais em ambos bancos de dados. Além dessas, no Scielo também foi escolhido o tema multidisciplinar, diferente do Scopus que

optou-se por ciências do ambiente.

A Figura 17 apresenta a busca da palavra-chave "habitação de interesse social" em ambos os bancos de dados escolhidos. No Scopus, por ser uma ferramenta em inglês as palavras-chaves também foram utilizadas em inglês. Com os títulos apresentados pelas buscas os que surtiram interesse foram selecionados para a leitura exploratória a fim de verificar se interessava à pesquisa deste trabalho. Evoluindo-se assim para as leituras seletivas e posteriormente analíticas. Ressalta-se aqui que os processos não são isolados e fechados, visto que ao decorrer do trabalho faz-se necessário inclusão de novos textos ou supressão de outros (GIL, 2002).

Figura 17 – Exemplo busca nos banco de dados Scielo e Scopus



Fonte: Autoria própria

Visto o objetivo da pesquisa não bibliométrico, não foi desenvolvida uma análise sistemática, com apresentação das strings de pesquisa e utilização de ferramentas ou *softwares* com esta finalidade.

3.2 DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento dos objetivos deste trabalho utilizou-se da metodologia de pesquisa exploratória, no modelo de estudos de caso, que são "procedimentos relativamente sistemáticos para a obtenção de observações empíricas, bem como para a identificação das relações entre os fenômenos estudados" (GIL, 2002).

Segundo (YIN, 2001) "o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real", não necessitando

de uma interpretação completa, já que seu propósito é estabelecer uma estrutura de discussão.

Conforme mostra o quadro da Figura 18, adotou-se a estratégia de estudo de caso visto este trabalho tratar de um assunto atual. Ainda mais contemporâneo por envolver o uso da energia solar fotovoltaica em contextos de baixa renda. O presente trabalho busca-se responder, através de casos reais, como os sistemas são instalados nos contextos de baixa renda e como a faixa social com menor poder de compra pode ser fortemente beneficiadas pela energia solar fotovoltaica.

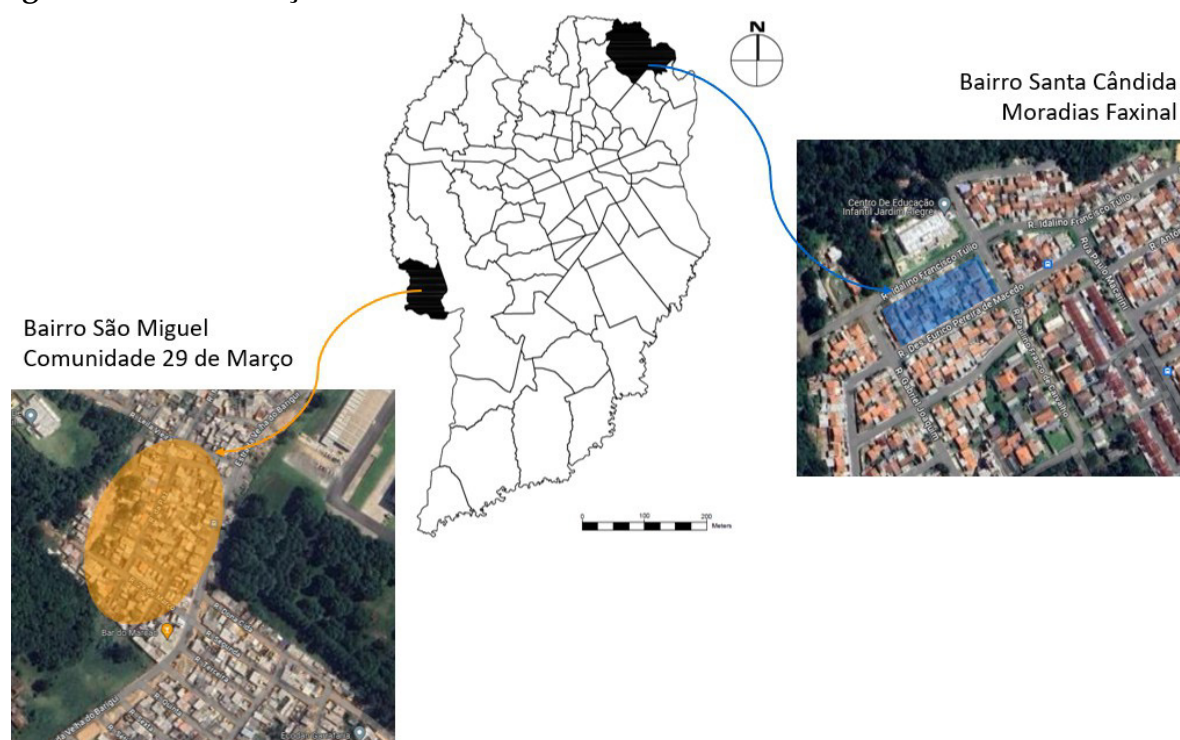
Figura 18 – Diferentes estratégias de pesquisa

estratégia	forma da questão de pesquisa	exige controle sobre eventos comportamentais?	focaliza acontecimentos contemporâneos?
experimento	como, por que	sim	sim
levantamento	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim
análise de arquivos	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim/não
pesquisa histórica	como, por que	não	não
estudo de caso	como, por que	não	sim

Fonte: (YIN, 2001)

O desenvolvimento do trabalho baseou-se em dois diferentes casos, localizados em diferentes bairros da cidade de Curitiba/PR conforme mostra a Figura 19. A comunidade 29 de Março utiliza de um sistema fotovoltaico para benefício coletivo, e as HIS do Moradias Faxinal tem ganhos individuais as famílias moradoras da unidades com sistema. Para conhecimento de ambos os casos foi preciso estar em contato com diferentes pessoas e instituições.

Figura 19 – Localização dos Estudos de Caso



Fonte: Autoria própria

Os contatos sobre o caso da 29 de Março foram com a Ambiens Sociedade Cooperativa, através de aplicativo de mensagens e *e-mails*. Também foram realizadas conversas por chamada de vídeo através do Google Meet. Os contatos se mantiveram ao longo da elaboração do trabalho. Também foi realizada uma visita na comunidade para reconhecimento do local e de todas as etapas e pontos do projeto.

No caso das moradias de HIS, um projeto de ordem pública de responsabilidade da COHAB Curitiba, os primeiros contatos foram realizados com o setor de marketing e comunicação, apresentando o interesse para fins acadêmicos. O setor repassou o interesse ao responsável de projetos que prontamente disponibilizou os materiais possíveis. Todos os contatos se trocas com a COHAB mantiveram-se por *e-mail*. Assim como no caso anteriormente mencionado, também realizou-se uma visita *in loco*. A visita foi realizada juntamente com a COHAB, e também possibilitou a conversa com algumas pessoas moradoras de unidades habitacionais com sistemas fotovoltaicos.

3.3 ANÁLISE DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para análise de geração de energia dos estudos de caso, tanto do SFV em espaço comunitário da 29 de Março, quanto dos sistemas instalados nas HIS do conjunto Moradias Faxinal, realizou-se o cálculo de energia estimada, conforme a Equação 1, que possibilita analisar o quanto de energia cada sistema é capaz de gerar.

$$E = \frac{P_{FV}[Wp] \cdot H_{TOT}[Wh/m^2] \cdot PR}{G[1000W/m^2]} \quad (1)$$

- E - Energia Estimada
- PFV - Potência Instalada
- HTOT - Irradiação diária
- PR - Performance ratio (0,75)

Para realização da equação é preciso os dados mensais de irradiação no plano horizontal. Primeiro foram encontrados através dos dados de radiação disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia, na estação A807 localizada em Curitiba - PR (INMET, 2024) conforme o passo a passo mostrado na Figura 20.

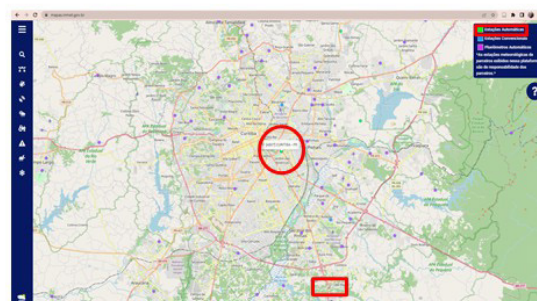
Figura 20 – Passo a passo busca de dados no INMET

1^o - Acessar o site do [INMET](http://www.inmet.gov.br), na aba Dados Meteorológicos ir em Mapas de Estações Meteorológicas.



2^o - Dentro de [Mapas de Estações Meteorológicas](#) procurar a estação* mais próxima do sistema fotovoltaico em análise.

*Apenas as estações automáticas devem ser utilizadas - marcadas com ponto verde no mapa.

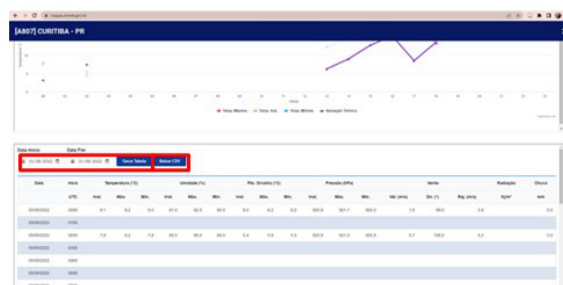


3^o - Após selecionar a estação, será aberta a janela a seguir com as informações na hora procurada e com os dados em três formatos: gráfico, tabela e mapa de cores.

4^o - Dentre as opções selecionar apenas a opção Tabela, e rolar a página para baixo.



5^o - Digite o período desejado (preferencialmente do primeiro ao último dia do mês) e clique na opção Gerar Tabela. Ao atualizar a tabela clique na opção Baixar CSV.



Fonte: Autoria própria a partir de (INMET, 2024)

A plataforma do INMET disponibiliza os dados de hora em hora e permite o *download* dos mesmos conforme período escolhido. Após o acesso, os dados de radiação [kJ/m²] precisam ser transformados de para irradiação [kWh/m²] e agrupados de modo a obter-se o valor de Irradiação Mensal [kWh/m²].

Para analisar a planta fotovoltaica é necessário transpor os dados para a orientação e inclinação real do sistema, para isso utilizou-se o *software* Radiasol, onde foi considerado desvio azimutal e inclinação ao plano horizontal do sistema em questão. O presente trabalho foi então elaborado conforme a metodologia descrita. Com um processo de contatos e conversas para conhecimento de dois estudos de casos reais, onde a energia solar fotovoltaica é aplicada em contexto de baixa renda na cidade de Curitiba/PR, e as análises de energia e demais desenvolvidas para ambos, com base nos conceitos apresentados na revisão de literatura.

4 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM CONTEXTOS DE BAIXA RENDA

O benefício da utilização da energia solar fotovoltaica é evidentemente, em todos os contextos da sociedade atual, que trabalha para um futuro mais justo e sustentável, conforme os 17 ODS da ONU. No pensamento do crescimento econômico, o ganho financeiro do investimento em SFV é o que fomenta a crescente do potencial instalado. Porém do ponto econômico, pouco pensa-se sobre os demais ganhos envolvidos no investimento de um SFV.

Para os contextos sociais e espaciais de baixa renda o ganho vai além do financeiro pontual daquela comunidade ou família. O maior impacto positivo está no ganho de qualidade de vida, assim como na ascensão da população ocupante da base da pirâmide econômica. Os impactos associados direta ou indiretamente com a disponibilidade, acesso e qualidade de energia elétrica vinculados a utilização de SFV, retiram famílias e comunidades da pobreza energética.

A geração de energia por sistemas fotovoltaicos, é entendida ainda como uma tecnologia emergente, considerando que a primeira regulamentação normativa no Brasil, REN N° 482/2012, tem doze anos. Por esse pouco tempo o entendimento conduz o pensamento de ser uma tecnologia acessível apenas para elites, e de não acesso as populações de baixa renda.

Contudo o crescimento ao passar dos anos da tecnologia fotovoltaica, que é de fácil utilização nos espaços urbanos, vem se popularizando e ganhando espaço em todos os contextos. Considerando que legalmente, conforme previsto no caput do artigo 225 da Constituição Federal de 1988:

Art. 225 - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (FEDERAL, 1988).

Com isso, o presente trabalho apresenta dois estudos de casos reais de sistemas fotovoltaicos instalados em contextos de baixa renda na cidade de Curitiba/PR. A capital do estado do Paraná, foi premiada mundialmente como a cidade mais sustentável do mundo em 2010 (CURITIBA, 2010). Com quase 2 milhões de habitantes conforme estimativas do IBGE de 2021 (1.751.907 segundo o censo de 2010), também é reconhecida como a cidade mais inteligente e conectada do Brasil (CURITIBA, 2022a) sendo signatária

da Agenda 2030 e dos ODS da ONU.

Considerando os reconhecimentos, escolheu-se a cidade de Curitiba para ser o ponto de partida para os estudos de casos sobre a aplicação e utilização de SFV em contextos de baixa renda. Em se tratando de uma fonte de energia limpa e renovável é importante para o estudo ser uma cidade que caminha seu desenvolvimento pelo viés das cidades inteligentes e sustentáveis, que valoriza e realiza políticas de desenvolvimento social, habitacional e econômico, utilizando-se de tecnologias como a solar fotovoltaica.

O primeiro estudo de caso apresentado será o da 29 de Março, uma comunidade de baixa renda assentada em um espaço cedido pela Prefeitura Municipal de Curitiba, que através de trabalho cooperativo e financiado via edital recebeu a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica na edificação da sede comunitária. Este caso é apresentado como a aplicação em espaços comunitários, onde os impactos gerados são coletivos e benéficos a todos os moradores da comunidade e também de comunidades adjacentes.

O segundo caso apresentado trata-se das primeiras HIS da COHAB-Curitiba beneficiadas com implementação de painéis fotovoltaicos, que fazem parte do programa COHAB Solar, desenvolvido pela COHAB-Curitiba. Diferentemente do primeiro caso o impacto deste é restrito a família moradora de cada habitação, ainda que a geração solar tenha benefícios e impactos positivos a todos.

4.1 APLICAÇÃO EM ESPAÇOS COMUNITÁRIOS

A Comunidade 29 de Março localizada no bairro São Miguel próximo ao limite com o bairro Cidade Industrial na cidade de Curitiba/PR, possui um SFV de uso comunitário e compartilhado. O projeto de implantação do sistema, foi desenvolvido pela Ambiens Sociedade Cooperativa em parceria com a ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade através de verbas da Google.org e está em operação desde fevereiro de 2022 (AMBIENS, 2022c).

Desde o início o projeto pensava nos ganhos e impactos coletivos da geração solar fotovoltaica no contexto de comunidade, onde muitas pessoas vivem em situações de vulnerabilidade. O projeto foi pensado para a 29 de Março, considerando que a existência de um local compartilhado e ativo na comunidade.

A sede comunitária está localizada na entrada da 29 de Março e foi escolhida por ser um espaço neutro comum a todos, inclusive aos moradores das outras comunidades

lindeira a 29 de Março. As três comunidades, Dona Cida, Tiradentes e Nova Primavera, que já utilizavam da sede comunitária também estão envolvidas e são beneficiadas pelo projeto que é audacioso, pois além do SFV implementou também um sistema de aquecimento solar de água. Um projeto real em contexto de baixa renda em área de comunidade que explora o potencial solar nas duas maneiras.

A existência de uma sede era importante pelo fato do terreno neutro, não ter um dono, ainda que a comunidade esteja organizada em um terreno da prefeitura de Curitiba/PR. Apesar da estrutura existente da sede, os sistemas não puderam ser instalados na cobertura. Assim com o a maioria das casas de comunidades, a sede comunitária também é uma estrutura precária construída com tapumes de madeira.

Para viabilizar as instalações foi preciso então construir uma nova estrutura a parte da existente. A Figura 21 apresenta a esquerda a nova estrutura construída, pilares em concreto com treliças e metálicas para cobertura e um espaço adjacente em alvenaria com duas áreas de banho e um depósito de máquinas. O espaço adjacente já existia, mas apensar de ser em alvenaria era ainda muito bruto e inacabado, então passaram por reforma e adequações. A direita na Figura 18 tem-se a imagem dos painéis solares instalados sobre a nova cobertura construída, os módulos de geração fotovoltaica de eletricidade e os tubos a vácuo para aquecimento de água.

Figura 21 – Sede comunitária da 29 de Março com estrutura construída onde estão instalados os sistemas



Fonte: (AMBIENS, 2022a)

A estrutura construída fica sobre a edificação existente e o espaço adjacente, como

uma segunda cobertura, protegendo também a caixa d'água e o acesso de entrada da sede comunitária. O espaço adjacente, pintado em verde e com desenhos de flores, foi melhor estruturado por dois motivos. Ter os espaços para banhos organizados e também para ter um depósito de máquinas.

O projeto já considerava no início da sua elaboração que o sistema fotovoltaico operasse de duas maneiras, tanto conectado à rede elétrica como de modo isolado com banco de baterias. O espaço do depósito de máquinas foi feito para abrigar o banco de baterias responsável pelo armazenamento de parte da energia gerada. E assim, como todos os cuidados para elaboração e instalação do sistema, prever um espaço adequado para os equipamentos e baterias é importante para conservação e manutenção do mesmo.

O planejamento de todo o projeto foi desenvolvido considerando os impactos positivos para as pessoas da comunidade. O sistema de aquecimento solar da água pensado junto aos espaços de banho, possibilita que muitos possam tomar um banho, e melhor ainda, um banho quente. Na imagem da esquerda da Figura 22 mostra um dos espaços de banho da sede comunitária.

Na realidade das comunidades, muitas casas nem ao menos tem o espaço do banheiro. Quando as casas tem um banheiro com chuveiro é tudo muito improvisado, e na maioria dos casos sem acesso a água quente. O espaço do banheiro fica disponível durante todos os dias para a população da 29 de Março, e também para os moradores das outras comunidades. Considerando o clima frio do outono e inverno em Curitiba, o uso dos chuveiros fica mais disputado, causando até fila para o banho.

Figura 22 – Banheiro da sede comunitária e iluminação pública na 29 de Março



Fonte: (AMBIENS, 2022a)

A energia elétrica gerada pelo efeito fotovoltaico foi pensada para atender a própria sede comunitária, tanto para iluminação como para o uso de equipamentos. Porém o principal objetivo da geração fotovoltaica foi a iluminação pública nos caminhos da 29 de Março. A direita da Figura 22 tem-se uma fotografia da estrada de entrada na comunidade durante a noite.

A insegurança é um sentimento muito presente em áreas de comunidades, em função das diversas problemáticas existentes. Muitos moradores, estudantes e trabalhadores, por exemplo, para cumprirem suas jornadas, precisam sair antes do amanhecer ou retornar após o anoitecer. E a insegurança vivida potencializa-se no escuro.

4.1.1 O Sistema e a Geração de Energia

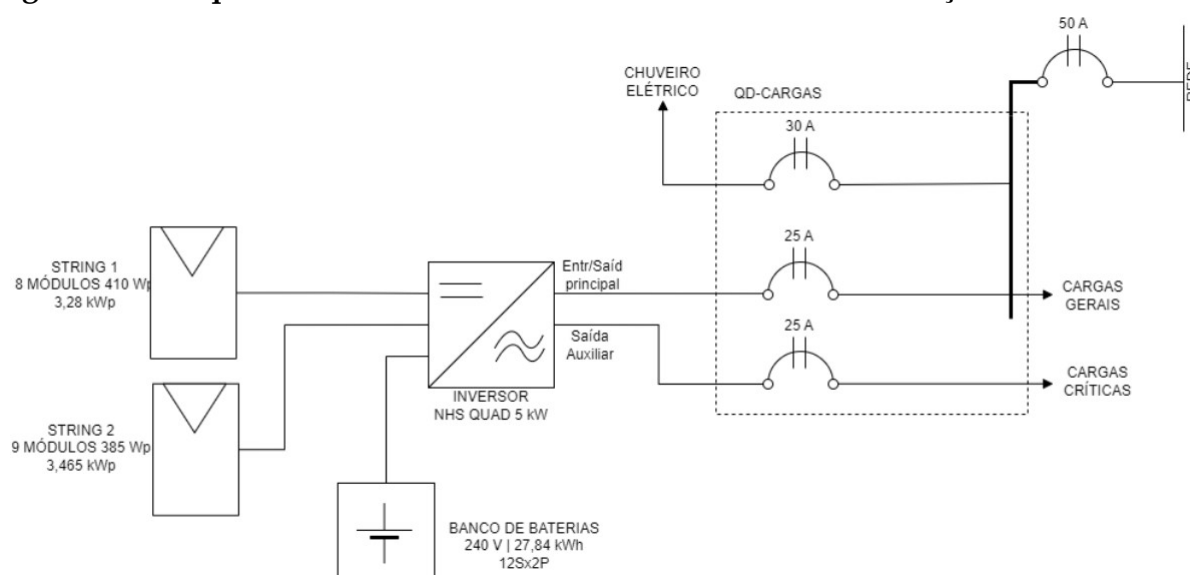
O SFV é composto por 17 módulos fotovoltaicos, 9 módulos da fabricante JA Solar de 385 W e 8 módulos da fabricante Lepton de 410 W, totalizando 6,75 kWp de potência instalada (AMBIENS, 2022b). E foi projetado com dois inversores, sendo um deles do tipo on-grid da fabricante DASS Tech modelo DSP-123i-ODS de 3,3 kW e o segundo do tipo bidirecional com bateria da NHS modelo QUAD 3K-GSM2 de 3,0 kW.

Devido a problemas com a operação da rede de energia o inversor da DASS Tech foi desativado, visto não haver possibilidade de alteração. Já o inversor com bateria

da fabricante NHS foi adaptado junto à fábrica no Brasil alterando as características de potência, tensão nominal e faixa de tensão de entrada da rede C.A. Dessa forma o inversor passou a trabalhar como uma potência de 5 kW e tensão monofásica nominal de 220 V.

A Figura 23 mostra o esquema elétrico do SFV que está organizado em duas strings, uma com 9 e outra com 8 módulos, e o inversor adaptado da NHS. Para o armazenamento de energia o sistema conta com um banco de baterias de 240 V e capacidade total de armazenamento de 27,84 kWh. Organizados em de 2 bancos de 20 baterias Freedom DF1000 de 58 Ah cada.

Figura 23 – Esquema elétrico do SFV da Comunidade 29 de Março



Fonte: Autoria própria

Os dados do inversor adaptado em funcionamento são possíveis de acessar pela plataforma da NHS de modo restrito com login e senha, mas os mesmos foram liberados pelos responsáveis do projeto para elaboração deste trabalho.

Desde o início da operação o sistema já gerou 2,45 MWh de energia, conforme dados da plataforma da NHS. A Tabela 1 mostra os valores da geração de energia estimada calculada e efetiva registrada pelo inversor ao longo do ano de 2023.

Tabela 1 – Geração de energia estimada e efetiva

MÊS E ANO	JAN23	FEV23	MAR23	ABR23	MAI23	JUN23	JUL23	AGO23	SET23	OUT23	NOV23	DEZ23
ENERGIA ESTIMADA [kWh]	882	783	919	798	840	611	519	592	667	432	674	932
ENERGIA EFETIVA [kWh]	582	241	-	-	-	-	184	379	429	216	378	502

Para o cálculo da energia estimada, utilizou-se a Equação 1 apresentada na metodologia. Para o valor da irradiação diária os valores disponibilizados pelo INMET foram transpostos no Radasol considerando desvio azimutal de 19° a Leste e 14,5° de inclinação em relação ao plano horizontal, conforme posição do SFV. Já os valores de energia efetiva para os meses de março, abril, maio e junho não estão registrados na plataforma do inversor devido falhas na conexão da internet.

É possível perceber uma grande diferença entre a geração de energia estimada e a efetiva, o que pode ser acarretado por diversos problemas. Contudo uma grande questão na localidade da comunidade é a qualidade da rede de energia elétrica. A falta de uma boa estrutura acarreta em muita oscilação da tensão, o que leva a desconexão do inversor da rede, impactando na geração efetiva de energia.

4.1.2 Análise

Considerando o foco do trabalho na energia solar fotovoltaica em contextos de baixa renda, o grande ganho social comunitário do caso da 29 de Março, é o poder da iluminação pública nas vias da comunidade. Para muitos é impensável morar em uma rua que não tenha iluminação, e é quase inacreditável pensar que cidades metropolitanas com Curitiba tenham áreas sem a mínima estrutura pública. Neste caso a geração fotovoltaica mostra uma estratégia sustentável e alinhada aos ODS da ONU para atender a demandas básicas da sociedade, como a iluminação pública em áreas as margens da estrutura urbana.

Além de permitir que os moradores transitem pelos caminhos da comunidade, durante a noite, agora iluminados, o SFV também alimenta as cargas gerais da sede comunitária, um espaço que é importante para a 29 de Março e comunidades adjacentes. O espaço é importante na formação de crianças, jovens e adultos de todas as comunidades. É nesse local que acontecem diferentes cursos e aulas, e que também possibilita o acesso a internet via WI-FI, tanto por conexão em aparelhos próprios como pelo computador instalado lá.

Ainda que o sistema tenha a geração efetiva com valores diferentes do que estima-se para um sistema de 6,75 kWp instalado em Curitiba/PR os impactos e benefícios são diariamente vivenciados pela comunidade. E mesmo não atendendo todo seu potencial gerador a energia elétrica do SFV, por vezes, também é utilizada como complemento para o banho quente. O chuveiro é alimentado principalmente pelo sistema de coletor solar de tubo a vácuo e um boiler, mas na falta de água aquecida também pode ser alimentado pela

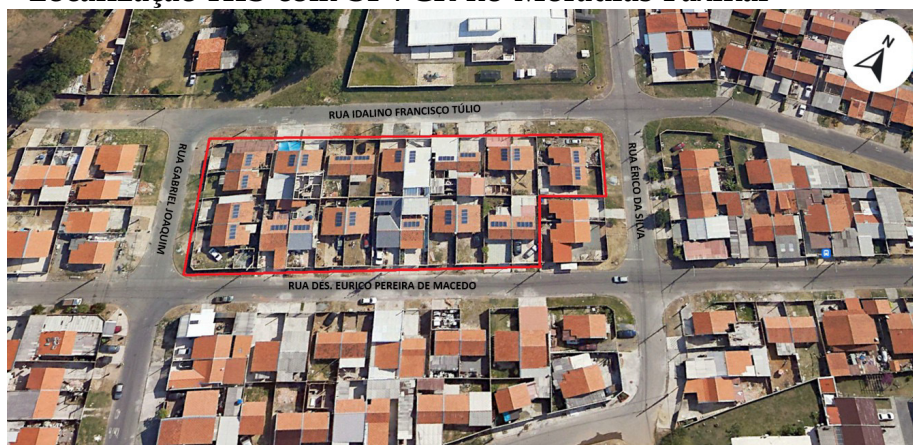
geração fotovoltaica. Por serem sistemas instalados em uma cidade de inverno rigoroso, o acesso ao banho quente é de grande impacto e melhora na qualidade de vida dos moradores das comunidades

4.2 APLICAÇÃO EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

A Prefeitura Municipal de Curitiba junto a Companhia de Habitação Popular de Curitiba (COHAB-CT), desenvolveu o projeto COHAB SOLAR, que entregou, em 2018, as primeiras habitação de interesse social (HIS) com geração de energia elétrica através de SFVCR na cidade. Na iniciativa piloto, 26 habitações do conjunto habitacional Moradias Faxinal, localizadas no bairro Santa Cândida, foram contempladas (CURITIBA, 2022b).

O conjunto habitacional Moradias Faxinal são ao todo 125 unidades habitacionais, dentre elas 26 casas localizadas na mesma quadras e demarcadas na Figura 24 foram as escolhidas para o primeiro projeto do COHAB SOLAR.

Figura 24 – Localização HIS com SFVCR no Moradias Faxinal



Fonte: Google Earth Pro (2021) editado

Conforme dados disponibilizados pelo setor de comunicação e marketing da COHAB-CT, no final de 2022 o número de unidades habitacionais do projeto COHAB SOLAR totalizava 508 unidades. Sendo as 26 já entregues do Moradias Faxinal, 23 moradias em obras na Vila Nina - Bairro Fazendinha e 459 em processo de licitação. Por serem as únicas unidades já entregues e com sistemas em funcionamento a um considerável tempo, as 26 HIS com SFVCR do Moradias Faxinal foram escolhidas para estudo do presente trabalho.

As habitações são casas térreas, isoladas no lote, e construídas em alvenaria. Os

telhados são estruturados em madeira e cobertos com telhas de barro. Os painéis solares estão instalados sobre a cobertura, como mostra a Figura 25, transformando estas unidades antes apenas consumidoras, agora também geradoras de energia elétrica.

Figura 25 – Painéis solares instalados no telhado das HIS do Moradias Faxinal

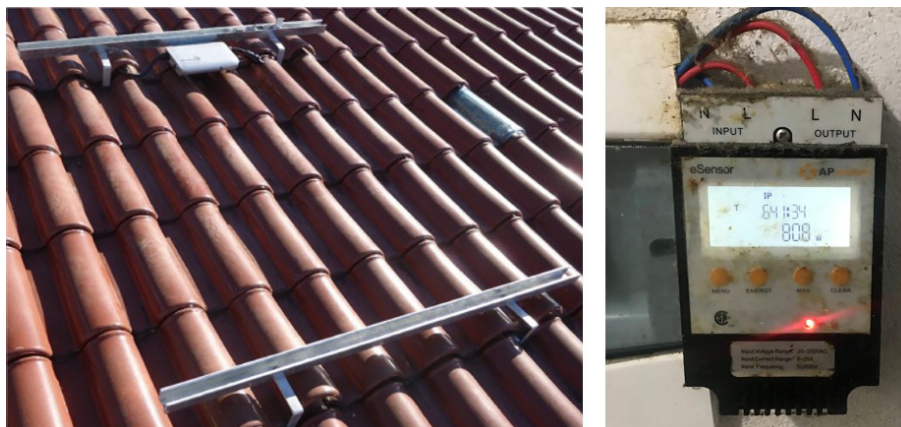


Fonte: Autoria Própria

Por serem sistemas instalados nas coberturas de casas, os mesmos são orientados conforme a disposição do telhado. A fotografia da Figura 25 mostra três unidades com painéis solares instalados no telhado, dois deles com a mesma orientação e o terceiro diferentemente orientado.

Os módulos fotovoltaicos são fixados no telhado com estruturas metálicas como mostra a imagem à esquerda da Figura 26. Na imagem também é possível observar a instalação do micro inversor que fica disposto abaixo do painel solar. A imagem à direita da Figura 26 apresenta o medidor de energia instalado dentro da habitação, ao lado do quadro de energia.

Figura 26 – Instalações do sistema de micro geração fotovoltaica do Moradias Faxinal



Fonte: (Reenova Green, 2018)

Como mostram as imagens mencionadas anteriormente os sistemas de micro geração fotovoltaica instalados nas 26 habitações do Moradia Faxinal são compactos. Investir em um painel solar com 4 módulos fotovoltaicos e um micro inversor foram suficientes para iniciar o projeto COHAB SOLAR e possibilitar a geração de energia solar fotovoltaica no contexto de baixa renda de conjuntos habitacionais com HIS.

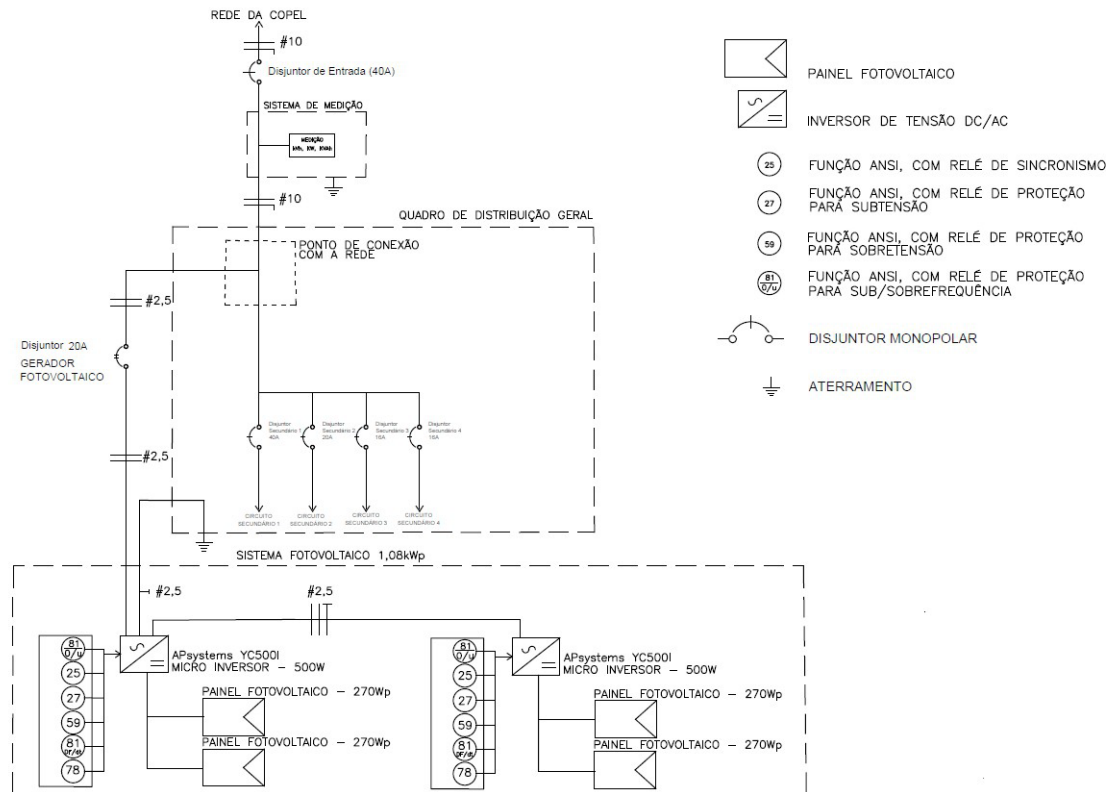
4.2.1 O Sistema e a Geração de Energia

Por se tratar de obras de caráter público, tanto a construção civil como os sistemas instalados passam por processos licitatórios. No caso das habitações do Moradias Faxinal as etapas foram licitadas separadamente em anos diferentes. A Renova Green, foi a empresa responsável pela entrega e instalação dos sistemas de micro geração nas 26 habitações do Moradias Faxinal.

Em cada uma das unidade habitacional foi instalado um sistema de 1,08 kWp de potência, composto por 4 módulos fotovoltaicos de silício policristalino da marca Talesun com 270 kWp de potência, e 2 micro inversores da APsystems com potência de 500 W. O diagrama unifilar dos sistemas é apresentado na Figura 27 e foi disponibilizado pela COHAB-CT para o desenvolvimento deste trabalho.

Figura 27 – Diagrama unifilar dos SFV instalados nas HIS do Moradias Faxinal

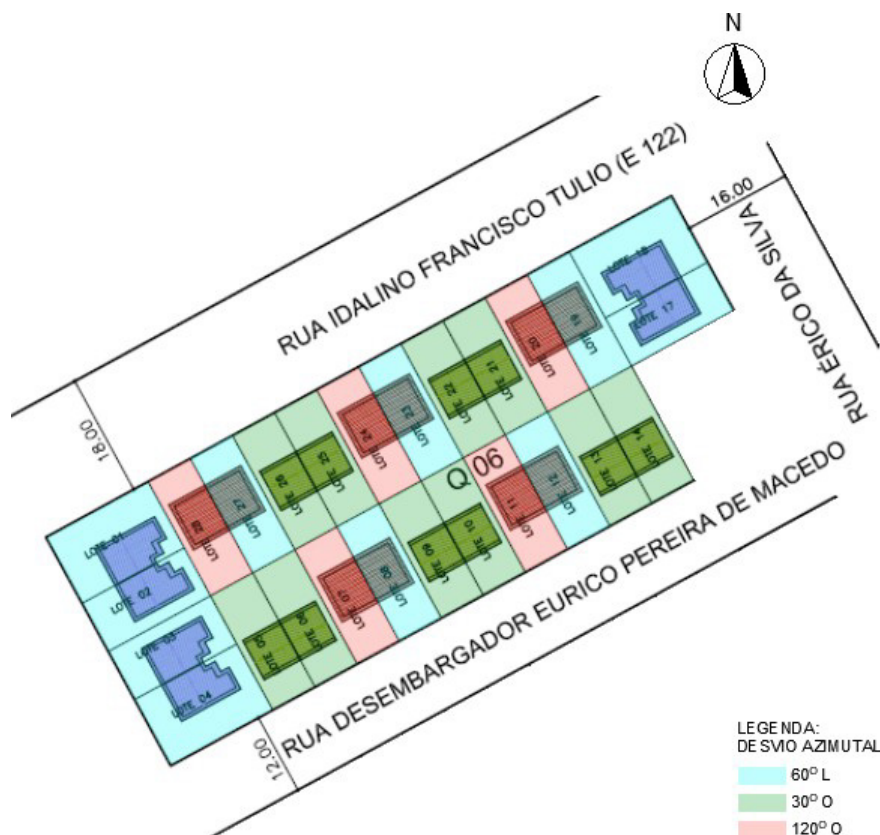
DIAGRAMA UNIFILAR – PROJETO MG–1,08kWp
SEM ESCALA



Fonte: (Reenova Green, 2018)

Para o cálculo da estimativa de energia a ser gerada pelos SFV apresentados no diagrama unifilar da imagem, utilizou-se a Equação 1 e dados do INMET, assim como foi realizado para o caso da 29 de Março. Neste caso porém, são 26 HIS com SFV, localizadas em uma mesma quadra, mas com três diferentes ângulos para o desvio azimutal, conforme mostra a Figura 28. Dessa forma, os dados de irradiação foram aplicado no Radiasol considerando os diferentes valores para o desvio azimutal e a inclinação do painel solar de 25°.

Figura 28 – Desvio azimutal dos SFV instalados nas HIS do Moradias Faxinal



Fonte: COHAB-CT editado

Com auxílio do *software* foram obtidos os valores de irradiação no plano inclinado [kWh/m².dia], que são apresentados em tabelas juntamente com os valores de energia estimada [kWh]. As três diferentes características de orientação dos SFV estão organizados em tabelas separadas. A Tabela 2 apresenta os valores de irradiação no plano inclinado e da energia estimada para o desvio azimutal de 60° a Leste, a Tabela 3 para o desvio azimutal de 30° a Oeste e a Tabela 4 para o desvio azimutal de 120° a Oeste.

Tabela 2 – Irradiação no plano inclinado e energia estimada para SFV com desvio azimutal de 60°L e inclinação de 25°

MÊS E ANO	JAN23	FEV23	MAR23	ABR23	MAI23	JUN23	JUL23	AGO23	SET23	OUT23	NOV23	DEZ23
IRRADIAÇÃO [kWh/m ²]	5,43	5,32	5,62	5,02	5,07	3,82	3,16	3,61	4,23	2,67	4,30	5,73
ENERGIA ESTIMADA [kWh]	136	121	141	122	127	93	79	91	103	67	104	144

Tabela 3 – Irradiação no plano inclinado e energia estimada para SFV com desvio azimutal de 30°O e inclinação de 25°

MÊS E ANO	JAN23	FEV23	MAR23	ABR23	MAI23	JUN23	JUL23	AGO23	SET23	OUT23	NOV23	DEZ23
IRRADIAÇÃO [kWh/m2]	5,39	5,34	5,77	5,32	5,63	4,22	3,37	3,79	4,33	2,68	4,29	5,67
ENERGIA ESTIMADA [kWh]	135	121	145	129	141	102	85	95	105	67	104	142

Tabela 4 – Irradiação no plano inclinado e energia estimada para SFV com desvio azimutal de 120°O e inclinação de 25°

MÊS E ANO	JAN23	FEV23	MAR23	ABR23	MAI23	JUN23	JUL23	AGO23	SET23	OUT23	NOV23	DEZ23
IRRADIAÇÃO [kWh/m2]	5,45	5,18	5,09	4,16	3,55	2,80	2,61	3,13	3,89	2,66	4,28	5,81
ENERGIA ESTIMADA [kWh]	137	117	128	101	89	68	66	79	94	67	104	146

Os valores apresentados nas tabelas são referente aos doze meses do ano de 2023. As diferenças mais impactantes são percebidas nos meses de outono e inverno, quando o sol está mais baixo, de forma que os raios incidem sobre a Terra em ângulos agudos. No mês de maio, por exemplo, a irradiação no plano inclinado varia de 5,63 para 3,55 a depender do ângulo do desvio azimutal, o que impacta diretamente no valor de energia estimada de geração fotovoltaica.

Se os SFV forem analisados segundo as condições ótimas, para a cidade de Curitiba no Paraná, local onde estão instalados, considerada a potência de 1,08 kWp, orientado ao norte e com inclinação igual a latitude (25°) a geração de energia esperada é de aproximadamente 120 kWh/mês. Nos valores de energia estimada apresentados nas três tabelas é possível observar casos em que os mês ultrapassam a média mensal ideal, e caso que ficam abaixo do esperado.

Diferentemente do SFV instalado na comunidade 29 de Março, os SFV das HIS do Moradias Faxinal não tem algum sistema de acompanhamento da geração de energia. Os sistemas contam com medidores de energia, mas caso os mesmos tenham alguma plataforma para acompanhamento da geração de energia elétrica dos sistemas, não tem-se conhecimento de que exista esse acompanhamento. Dessa forma, sem o histórico dos dados de geração não é possível analisar comparativamente os valores de energia estimada e efetivamente gerada.

Contudo, para melhor conhecimento dos sistemas, foi solicitado a COPEL os dados de algumas unidades consumidoras. O pedido foi feito via e-mail com uma carta oficial, que deixava claro o motivo do pedido para fins de estudo e elaboração deste

trabalho.

Das 26 HIS com SFV teve-se acesso aos dados de 18 delas. Os valores apresentados na Tabela 5, mostram a energia elétrica consumida, a quantidade de energia compensada, e o energia faturada, ou seja a quantidade de energia elétrica cobrada na fatura. Todos os valores são apresentados em kWh, e por questões de sigilos as HIS são diferenciadas por letras, de A a R, não sendo possível vincular a informação a uma habitação.

Tabela 5 – Energia elétrica consumida, compensada e fatura em algumas HIS do Maradias Faxinal

Mês	Grandezas [kWh]	A	B	C*	D*	E	F*	G	H	I	J	K*	L*	M	N*	O	P	Q*	R
jan/23	Consumido	105	78	234	144	174	137	206	86	45	163	122	92	63	201	199	115	183	227
	Compensado	-64	-48	-39	-49	-71	-68	-56	-56	-15	-49	-68	-62	-33	-63	-51	-64	-52	-40
	Faturado	41	30	195	95	103	69	150	30	30	114	54	30	30	138	148	51	131	187
fev/23	Consumido	93	75	166	116	159	153	223	76	41	197	149	91	46	197	180	106	157	197
	Compensado	-63	-45	-55	-67	-80	-123	-57	-46	-11	-121	-116	-61	-16	-70	-55	-77	-73	-49
	Faturado	30	30	111	49	79	30	166	30	30	76	33	30	30	127	125	29	84	148
mar/23	Consumido	102	73	203	92	192	170	237	84	48	290	123	100	58	230	195	125	151	191
	Compensado	-68	-43	-30	-62	-60	-140	-37	-54	-18	-180	-62	-70	-28	-46	-42	-57	-54	-27
	Faturado	34	30	173	30	132	30	200	30	30	110	61	30	30	184	153	68	97	164
abr/23	Consumido	111	82	174	117	200	185	226	86	46	180	107	103	75	239	211	125	171	204
	Compensado	-67	-52	-51	-69	-80	-155	-36	-56	-16	-61	-77	-73	-45	-46	-65	-80	-67	-29
	Faturado	44	30	123	48	120	30	190	30	30	119	30	30	30	193	146	45	104	175
mai/23	Consumido	93	69	162	152	188	159	204	84	49	197	139	96	72	207	197	124	175	211
	Compensado	-63	-39	-49	-69	-81	-119	-20	-54	-19	-62	-69	-66	-42	-42	-67	-79	-59	-20
	Faturado	30	30	113	83	107	40	184	30	30	135	70	30	30	165	130	45	116	191
jun/23	Consumido	84	80	157	147	214	145	218	89	49	188	135	97	72	235	215	125	199	197
	Compensado	-51	-50	-40	-65	-65	-115	-11	-59	-19	-51	-54	-67	-42	-25	-60	-66	-47	-17
	Faturado	33	30	117	82	149	30	207	30	30	137	81	30	30	210	155	59	152	180
jul/23	Consumido	91	105	149	146	199	132	234	92	47	202	151	101	71	247	222	141	223	142
	Compensado	-57	-71	-44	-69	-71	-59	-12	-31	-17	-55	-60	-71	-41	-24	-67	-70	-54	-29
	Faturado	34	34	105	77	128	73	222	61	30	147	91	30	30	223	155	71	169	113
ago/23	Consumido	86	98	162	172	171	149	206	94	45	185	151	111	68	234	211	108	178	216
	Compensado	-46	-43	-52	-54	-58	-48	-15	-31	-15	-44	-47	-81	-38	-24	-53	-62	-45	-11
	Faturado	40	55	110	118	113	101	191	63	30	141	104	30	30	210	158	46	133	205
set/23	Consumido	97	114	153	163	235	158	221	89	53	156	147	120	72	262	206	122	187	205
	Compensado	-67	-81	-34	-67	-79	-66	-30	-53	-23	-62	-69	-90	-42	-39	-72	-85	-67	-26
	Faturado	30	33	119	96	156	92	191	36	30	94	78	30	30	223	134	37	120	179
out/23	Consumido	92	99	157	219	207	202	215	77	51	150	174	109	104	243	187	99	207	204
	Compensado	-47	-58	-38	-35	-52	-34	-33	-44	-21	-41	-44	-79	-74	-34	-45	-58	-48	-19
	Faturado	45	41	119	184	155	168	182	33	30	109	130	30	30	209	142	41	159	185
nov/23	Consumido	89	83	157	216	201	190	237	96	44	157	160	98	92	241	184	94	165	177
	Compensado	-58	-53	-38	-38	-61	-48	-41	-55	-14	-46	-55	-68	-62	-45	-43	-63	-61	-34
	Faturado	31	30	119	178	140	142	196	41	30	111	105	30	30	196	141	31	104	143
dez/23	Consumido	102	72	124	189	169	184	218	100	43	152	162	96	75	244	184	100	178	169
	Compensado	-51	-42	-52	-34	-54	-41	-39	-44	-13	-40	-54	-66	-45	-41	-30	-52	-57	-37
	Faturado	51	30	72	155	115	143	179	56	30	112	108	30	30	203	154	48	121	132

Dentre as 18 habitações apresentas na tabela, sete delas são descritas pela letra e um asterisco. Elas estão assim diferenciadas, pois são habitações beneficiárias da Tarifa

Social de Energia Elétrica (TSEE), Lei Nº 10.438/2002. A lei do benefício da TSEE é oferecido a famílias inscritas no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal e com renda mensal de até meio salário mínimo por pessoa. O benefício concede desconto conforme o consumo de energia elétrica da família. Os descontos são separados em três faixas: até 30 kWh/mês - 65%; de 31 a 100 kWh/mês - 40%; e de 101 a 220 kWh/mês - 10% (Ministério de Minas e Energia, 2023).

4.2.2 Análise

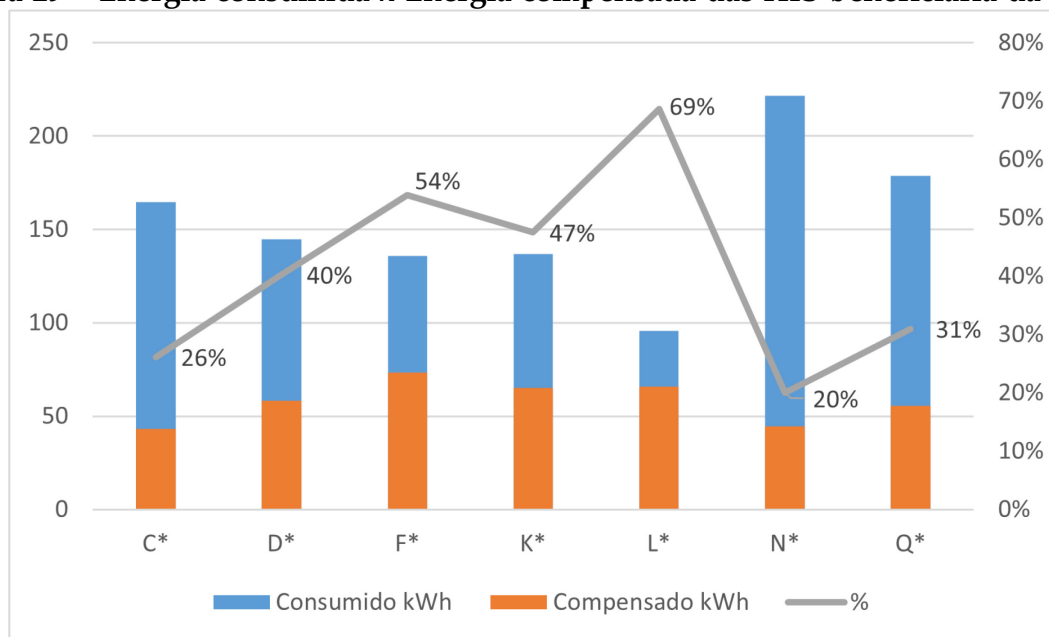
Considerando os dados de energia estimada, calculados a partir da orientação e inclinação dos módulos fotovoltaicos, percebe-se que nos casos onde o desvio azimutal é de 60° a Leste e 30° a Oeste a média anual de energia estimada é a mesma, 113 kWh/mês. Já o caso com maior desvio azimutal a média anual é de 98 kWh/mês, fica abaixo do esperado para o sistema instalados nas condições ótimas em Curitiba.

Na Tabela 5, com os dados de energia fornecidos pela COPEL, destaca-se positivamente a habitação F*. A unidade apresenta o maior valor de energia compensada, ou seja de energia gerada pelo SFV e injetada na rede elétrica da concessionária, com 155 kWh no mês de abril de 2023. A habitação que é contemplada pelo benefício da TSEE, com uso do SFV consegue reduzir a energia faturada. No mês em questão do consumo de 185 kWh a compensação pela geração fotovoltaica para apenas 30 kWh.

O caso da habitação F* exemplifica com valores reais o impacto da geração fotovoltaica em uma HIS. Uma família que vive com renda per capita de R\$ 706,00 ou menos, enquadrada nas políticas públicas brasileiras de baixa renda, que com um SFV não precisa arcar com altos valores de energia elétrica. O exemplo mostra que é possível famílias como estas, que na maioria das vezes vive em situação de pobreza energética, tenham a possibilidade de gerar parte do seu consumo e consequentemente ter menos gastos com energia.

Considerando apenas as habitações beneficiárias da TSEE, a Figura 29 mostra a relação da média anual de energia consumida e da energia compensada pela geração fotovoltaica. Todas as habitações apresentam ganhos com a geração fotovoltaica, com valores de compensação a partir de 20% do consumo de energia médio anual.

Figura 29 – Energia consumida x Energia compensada das HIS beneficiária da TSEE



Fonte: Elaborado a partir da Tabela 5

Assim como o caso da habitação F* destacada anteriormente, a L* tem ganhos significados considerando que a energia compensada representa quase 70% da média anual de energia consumida por aquela família. Outro caso em que o SFV possibilita que a família utilize a renda para outras questões relacionadas a qualidade de vida.

A visita *in loco* mostra que algumas das habitações do Moradias Faxinal sofreram alterações devido a autoconstrução, ação muito presente em HIS. É muito comum que famílias façam ampliações e modificações nas estruturas recebidas pelos programas sociais de habitações. A Figura 30 mostra a vista aérea da quadra com as 26 habitações com SFV em dois momentos. A primeira imagem é do ano de 2020 e abaixo a do ano de 2021. No comparativo visual entre elas um lote se destaca entre os demais. No lote em questão, demarcado nas imagens, percebe-se uma grande modificação de ampliação da área construída. Existe um telhado diferente do entregue pela COHAB e alteração do local original de instalação do sistema. Em casos como o deste lote, tais alterações podem acarretar em impactos direto na eficiência do sistema e geração de energia elétrica do mesmo.

Figura 30 – Vista aérea das HIS com SFV em anos diferentes



Fonte: Google Earth Pro (2020 e 2021) editado

Em conversa com moradores de uma das habitações com SFVCR sobre a "energia solar", a família orgulhosamente apresentou uma de suas faturas de energia elétrica. Curiosamente o valor tarifário da mesma era de zero reais, conforme a Figura 31. A fatura de energia em questão está cadastrada como Micro/Mini Geradora conforme a REN Nº 482/2014 e também é beneficiária da Tarifa Social de Energia Elétrica.

Figura 31 – Fatura de energia elétrica de uma UC com SFVCR no Moradas Faxinal

Informações Técnicas

RESIDENCIAL / RESIDENCIAL BAIXA RENDA

Leitura Anterior	Leitura Atual	Medido	Constante de Multiplicação	Total Faturado	Consumo Médio Diário	Data de Emissão	Próxima Leitura Prevista
18/07/2022 3895	18/08/2022 3974	29 dias 79 kWh	1	30 kWh	2,72 kWh	29/08/2022	16/09/2022

Histórico de Consumo e Pagamento

Mês	kWh	Dt. Ppto.	Valor
07/2022	89	18/07/2022	0,00
06/2022	81	17/06/2022	0,00
05/2022	79	17/05/2022	0,00
04/2022	84	18/04/2022	0,00
03/2022	88	18/03/2022	0,00
02/2022	85	16/02/2022	0,00
01/2022	87	17/01/2022	0,00
12/2021	75	29/12/2021	37,33
11/2021	72	30/11/2021	36,98
10/2021	76	29/10/2021	36,61
09/2021	77	01/10/2021	35,65
08/2021	75	09/09/2021	33,95

Informações Suplementares

Tarifas
0 a 30 31 a 100 101 a 220 Acima de 220
0,160840 0,275740 0,413610 0,459670

Tensão Contratada: 127 volts.
Limite Adequado de Tensão: 117 a 133/117 a 133 volts.

Reaviso de Vencimento

Nº Medidor: 0380145117 / MONOFASICO

NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELETRICA Nº. 268.871.160 SÉRIE - B

Emitida em: 18/08/2022

Produto	Unid.	Consumo	Valor Unitário	Valor Total	Base Cál.	Aliq. ICMS
Energia Elétrica Consumo	kWh	30	0,169000	5,07	0,00	,001
Energia Tribut. Diferenciada	kWh	49	0,569388	27,90	0,00	,001
Subsídio Tarifário				9,44	0,00	,001
Total - Preço (1)				42,41		
Desconto Energia Solidária				-5,55		
Comp Cons Micro/Mini Geracao				-27,90		
Subsídio Tarifário Líquido				-8,96		
Total - Outros (2)				-42,41		

Base de Cálculo do ICMS

0,00

Valor ICMS

0,00

Valor Total da Nota Fiscal

R\$ 0,00

Reservado ao Fisco

F778.3705.D945.BA2A.31BE.4EF3.75C6.3FC7

Unidade consumidora cadastrada como Micro/MiniGeradora - ReN Aneel 482/12

150 kWh/mês não ter gastos com energia é um grande benefício. São famílias que podem usar do dinheiro, antes usado para a fatura de energia, em outros itens.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia elétrica no cotidiano da sociedade contemporânea é indiscutível. Consciente disto, e igualmente importante ao acesso a energia são as mudanças dos sistemas geradores e suas fontes. O 7 ODS da ONU – Energia Acessível e Limpa, alinha a importância do acesso a energia com a preocupação pela escolha de fontes renováveis. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da ONU e o conceito de sustentabilidade foram apresentados na revisão de literatura. O presente trabalho foi desenvolvido em consonância a essa proposta de um mundo mais sustentável e justo.

Os estudos dos conceitos de baixa renda e pobreza energética também foram apresentados, e são dois assuntos interligados. Na legislação brasileira todas as famílias com renda familiar mensal per capita de até meio salário mínimo são consideradas baixa renda. São famílias e pessoas que vivem em situações de vulnerabilidade social, e dentre elas em situação de pobreza energética.

O conceito de pobreza energética formando no início da década de 1990, envolvia a falta de recurso e eficiência para aquecimento das residências inglesas. Contudo o conceito acompanha as mudanças globais. Na atualidade, pobreza energética pode ser entendida como o não acesso a serviços formais de energia elétrica, ou seja, a falta de conexão com a rede transmissão ou como o alto custo perante a renda familiar.

Desde o início o conceito preocupa-se com a eficiência energética, outro tópico apresentado na revisão de literatura. Eficiência energética nada mais são que ações pensadas para reduzir a energia necessária para atender as demandas específicas. Um exemplo conhecido são os aparelhos eletrônicos utilizados no dia a dia doméstico. Estes aparelhos passam por modificações em fábrica para que consigam desempenhar sua função de modo mais eficiente, e conseqüentemente demandem menos uso de energia.

Uma questão muito presente em contextos de baixa renda, relacionado a eficiência energética, é o uso de equipamentos eletrônicos antigos ou de baixo desempenho energético. Aparelhos pouco eficientes energeticamente ou antigos consomem mais energia elétrica, levando a um maior gasto para as famílias de baixa renda. A falta de eficiência dos equipamentos, e até mesmo das próprias moradias, eleva os gastos com energia elétrica e coloca as famílias de baixa renda em situação de pobreza energética.

Relacionando os conceitos já mencionados e como foco do trabalho, a revisão de literatura aborda a energia solar fotovoltaica. A energia solar é uma fonte geradora limpa

e inesgotável considerando a escala de tempo humana e terrestre, uma opção alinhada ao 7 ODS. Devido a ampla disponibilidade, a energia solar direta é uma das alternativas energéticas mais promissoras da contemporaneidade. O Brasil tem ótimas condições para geração a partir da energia solar, e ótimo potencial na geração de energia por meio da conversão direta da luz do sol em eletricidade devido o efeito fotovoltaico. A energia solar fotovoltaica, tem ainda como grande vantagem a aproximação do ponto consumidor ao ponto gerador de energia elétrica. Com a utilização de SFVCR, muitas vezes os pontos são o mesmo, a mesma edificação que utiliza da energia elétrica também é estrutura para os painéis fotovoltaicos. Todos os assuntos abordados na revisão de literatura se entrelaçam na elaboração do trabalho, que apresenta diferentes contextos sociais de baixa renda beneficiados pela energia solar fotovoltaica em Curitiba/PR. A escolha por dois contextos possibilita a análise de diferentes usos. O caso da Comunidade 29 de Março em que a população usufrui coletivamente de um sistema fotovoltaico e o conjunto habitacional Moradias Faxinal em que 26 habitações são beneficiadas.

O projeto de uso coletivo da energia solar fotovoltaica em comunidade aparece quase como um estratégia emergencial. As comunidades, que são os aglomerados de pessoas organizadas em áreas marginalizadas pelo espaço urbano, normalmente não tem o mínimo de infraestrutura. Por serem espaços formados e formatados pelas próprias pessoas que moram lá, são desprovidos de estrutura pública. Emergencial no sentido de ser uma solução que atende a demandas básicas da população, como poder andar em vias iluminadas e ter acesso a higiene pessoal com direito a banho quente.

Ainda considerando o contexto coletivo, a instalação da geração fotovoltaica proporciona para a comunidade impactos e benefícios imensuráveis. A realidade das comunidades é viver sobrevivendo, não existe qualidade de vida. Então coisas básicas da vida contemporânea, como tomar banho quente, acessar as redes sociais ou andar podendo enxergar por onde se pisa, parece pouco. Não é pouco em contextos de baixa renda, com diferentes situações de pobreza. É um sistema de geração fotovoltaica, instalado em uma comunidade, que não opera com eficiência, mas que desde o primeiro dia melhora o viver de muitas pessoas.

A inserção da energia solar fotovoltaica em contextos de baixa renda de que atende apenas uma unidade habitacional não é menos impactante do que o no caso da aplicação na comunidade. São diferentes ações, com ganhos e impactos distintos. Ainda que ambos os casos apresentados sejam contexto de baixa renda, os níveis de demandas e necessidades não são os mesmos.

No caso dos sistemas instalados nas HIS do Moradias Faxinal, as vantagens para as famílias que moram em alguma das 26 casas com SFVCR fica claro nos dois exemplos analisados. Como foi considerado um sistema de 1,08 kWp para todas as habitações do programa COBAH SOLAR, a composição familiar e estilo de vida de cada família resulta em diferentes ganhos.

Os exemplos analisados no estudo de caso das HIS, ambos tem ótimos impactos, onde a fatura de energia não representa mais um gasto dentro da pequena renda familiar. Esses são casos que evidenciam a importância de agregar geração fotovoltaica as habitações já construída por meio das políticas pública habitacionais existentes no Brasil. Ressaltando que, independente dos ganhos locais, a opção por energia solar fotovoltaica é sempre um escolha sustentável, de fonte limpa e vantajosa pela eficiência da geração junto ao ponto de consumo.

Para trabalhos futuros, propõem-se a continuação da análise sobre os SFV instalados nos diferentes contextos de baixa renda apresentados. Considerando no caso das HIS um monitoramento e acompanhamento dos dados da geração fotovoltaica, possibilitando estudos sobre o modo de vida e maneira de consumo das famílias.

REFERÊNCIAS

- AMBIENS. **Fotos Solar**. 2022. Disponível em: <https://ambiens.redelivre.org.br/fotos-solar/>. Acesso em: 02 junho 2023.
- AMBIENS. **SOLAR - Dashboard**. 2022. Disponível em: <https://ambiens.redelivre.org.br/dashboard/>. Acesso em: 02 junho 2023.
- AMBIENS. **SOLAR - Sustentabilidade para todos**. 2022. Disponível em: <https://ambiens.redelivre.org.br/projetos/>. Acesso em: 02 junho 2023.
- ANEEL. Resolução Normativa N° 482. **Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências**, v. 17, 2012.
- ANEEL. Resolução Normativa N° 687. **Altera a Resolução Normativa n° 482, de 17 de abril de 2012, e os Modulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.**, 2015.
- ANEEL. Resolução Normativa N° 1.059. **Aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do Sistema de Compensação de Energia Elétrica; altera as Resoluções Normativas n° 920, de 23 de fevereiro de 2021, 956, de 7 de dezembro de 2021, 1.000, de 7 de dezembro de 2021, e dá outras providências.**, 2023.
- ANEEL. **Geração Distribuída**. 2024. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2VmMmUwN2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4MGU2NTkxIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 07 junho 2024.
- ARAÚJO, E. R.; SILVA, M.; RIBEIRO, R. **Sustentabilidade e descarbonização: desafios práticos**. Universidade do Minho. Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade (CECS), 2020.
- BABORSKA-NAROWNY, M.; STEVENSON, F.; ZIYAD, F. J. User learning and emerging practices in relation to innovative technologies: A case study of domestic photovoltaic systems in the uk. **Energy Research Social Science**, v. 13, p. 24–37, 2016. ISSN 2214-6296. Energy Transitions in Europe: Emerging Challenges, Innovative Approaches, and Possible Solutions. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629615300840>.
- BARRETO, P. **História - Rio-92**. 2009. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2303:catid=28&Itemid=23. Acesso em: 20 novembro 2021.

BENTLEY, R.; BENTLEY, Y. Explaining the price of oil 1971–2014 : The need to use reliable data on oil discovery and to account for ‘mid-point’ peak. **Energy Policy**, v. 86, p. 880–890, 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421515001780>. Acesso em: 29 junho 2021.

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é-o que não é**. Editora Vozes Limitada, 2017.

BORGES, F. Q.; BARAÚNA, N. C.; CHOTOE, J. R. Fontes renováveis de energia elétrica e qualidade de vida em comunidades na Ilha do Marajó, Pará. Universidade Federal do Parana, v. 33, apr 2015.

BOUZAROVSKI, S.; PETROVA, S. A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty–fuel poverty binary. **Energy Research & Social Science**, Elsevier, v. 10, p. 31–40, 2015.

BRANNSTROM, C.; SEGHEZZO, L.; GORAYEB, A. Descarbonização na América do Sul. 2022.

BRASIL. Lei nº 8.742, de 7 de dezembro de 1993. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8742.htm#art6f.

BRASIL. Decreto nº 11.016, de 29 de março de 2022. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D11016.htm#art15.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 06 de janeiro de 2022. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm.

BRASIL. Lei nº 14.358, de 1º de junho de 2022. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.358-de-1-de-junho-de-2022-404843135>.

BUONFIGLIO, L. Housing of Social Interest. **Mercator**, v. 17, 2018.

Cambridge Dictionary. **Decarbonization**. 2024. Disponível em: <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/decarbonization>. Acesso em: 20 janeiro 2024.

COPEL. **Energia de graça para 380 mil famílias e 1,3 milhão de paranaenses**. 2020. Disponível em: <https://www.copel.com/site/energiasolidaria/>. Acesso em: 23 junho 2023.

CURITIBA. **Curitiba recebe prêmio de cidade mais sustentável do mundo**. 2010. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/curitiba-recebe-premio-de-cidade-mais-sustentavel-do-mundo/19193>. Acesso em: 02 agosto 2021.

CURITIBA. **Curitiba é a Cidade Mais Inteligente e Conectada do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/curitiba-e-a-cidade-mais-inteligente-e-conectada-do-brasil/65611>. Acesso em: 02 agosto 2021.

CURITIBA. **Prefeitura entrega primeiro conjunto da Cohab com geração de energia solar.** 2022. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/prefeitura-entrega-primeiro-conjunto-da-cohab-com-geracao-de-energia-solar/45537>. Acesso em: 02 agosto 2021.

DAY, R.; WALKER, G.; SIMCOCK, N. Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework. **Energy Policy**, Elsevier, v. 93, p. 255–264, 2016.

EPE. **Balanço Energético Nacional 2023: Ano base 2022.** 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>. Acesso em: 20 janeiro 2024.

ESMAP. **Tracking SDG7: the energy progress report - results - access to electricity.** 2021. Disponível em: [https://trackingsdg7.esmap.org/results?p=Access_to_Electricity&i=Population_without_access_to_electricity,_million_people_\(Total\)](https://trackingsdg7.esmap.org/results?p=Access_to_Electricity&i=Population_without_access_to_electricity,_million_people_(Total)). Acesso em: 13 janeiro 2024.

FEDERAL, S. Constituição da República Federativa do Brasil. **Brasília (DF)**, 1988.

FIORILLO, C. A. P.; FERREIRA, R. M. **Curso de direito da energia: tutela jurídica da água, do petróleo, do biocombustível, dos combustíveis nucleares e do vento.** Editora Saraiva, 2010.

GENIN, C.; FRASSON, C. M. R. **O saldo da COP26: o que a Conferência do Clima significou para o Brasil e o mundo.** 2021. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/clima/o-saldo-da-cop26-o-que-conferencia-do-clima-significou-para-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 20 novembro 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Editora Atlas SA, 2002.

IBGE - Agência de Notícias. **De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões.** 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes>. Acesso em: 13 janeiro 2024.

IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2020.** Rio de Janeiro: IBGE, 2020. ISBN 978-65-87201-28-3. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101760.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2021.

INMET. **INMET - Mapa das Estações.** 2024. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em: 21 maio 2024.

JACQUES, P. B. Estética das favelas. **Arquitextos - Vitruvius**, v. 013.08, 2001.

JOHN, V. M.; LAMBERTS, R.; CSILLAG, D.; TRIANA, M. A.; TAKAOKA, M. V.; SAUTCHUK, C.; BESSA, V. M. T.; HAYASHI, E. Projeto sushi-sustainable social housing initiative: uma abordagem para o desenvolvimento de projetos de his mais sustentáveis. **XI ENCAC-Encontro Nacional de Conforto no**

Ambiente Construído/VII ELACAC-Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído. Anais... Búzios, 2011.

KHARE, V.; NEMA, S.; BAREDAR, P. Status of solar wind renewable energy in india. Elsevier BV, v. 27, p. 1–10, nov 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª. ed. 2014. Acesso em: 29 junho 2021.

LIMA, D. Cooperativas de energia: Guia de constituição de cooperativas de geração distribuída fotovoltaica. **Brasília: Sistema OCB, Cooperação Alemã (GIZ), DGRV, 2018.**

MAGALHÃES, J. C. **Comunidades em situação de vulnerabilidade socioambiental: um estudo das práticas de gestão de resíduos sólidos**. 2021. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2021.

MAIOR, M. M. S.; CÂNDIDO, G. A. Avaliação das metodologias brasileiras de vulnerabilidade socioambiental como decorrência da problemática urbana no brasil. **Cadernos Metrôpole**, SciELO Brasil, v. 16, p. 241–264, 2014.

MICHAELIS. **Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa - comunidade**. 2024. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/palavra/jWX5/comunidade/>. Acesso em: 03 agosto 2024.

Ministério de Minas e Energia. **Tarifa social: saiba como funciona e quem pode pedir desconto**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/tarifa-social-saiba-como-funciona-e-quem-pode-pedir-desconto#:~:text=Esta%20iniciativa%20permite%20que%20consumidores,2002%2C%20pela%20Lei%20n%C2%BA%2010.438>. Acesso em: 18 abril 2024.

MME - Ministério Minas e Energias. Plano nacional de eficiência energética. Brasília, DF, 2011.

MOREIRA, S. O que é habitação de interesse social? ArchDaily Brasil. 2020. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/925932/o-que-e-habitacao-de-interesse-social>. Acesso em: 08 novembro 2021.

NATANIAN, J.; WORTMANN, T. Simplified evaluation metrics for generative energy-driven urban design: A morphological study of residential blocks in tel aviv. **Energy and Buildings**, Elsevier, v. 240, p. 110916, 2021.

NATHWANI, J.; KAMMEN, D. M. Affordable energy for humanity: a global movement to support universal clean energy access. **Proceedings of the IEEE**, IEEE, v. 107, n. 9, p. 1780–1789, 2019.

ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 27 abril 2022.

ONU-HABITAT. **World cities report 2022**. New York, NY: United Nations, 2023.

OSÓRIO, L. M. O direito à moradia como direito humano. In: **Direito à Moradia Adequada - o que é, como defender e efetivar**. Belo Horizonte: Fórum, 2014. cap. O direito à moradia como direito humano, p. 39 – 68.

PAIVA, J. C. P. **Pobreza energética: um indicador baseado na capacidade de pagamento por serviços de energia elétrica no Brasil**. 2019. Tese (Doutorado) — [sn], 2019.

PEREIRA, E.; MARTINS, F.; GONÇALVES, A.; COSTA, R.; LIMA, F.; RÜTHER, R.; ABREU, S.; TIEPOLO, G.; PEREIRA, S.; SOUZA, J. **Atlas brasileiro de energia solar**. Universidade Federal de São Paulo, 2017.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 2014. 530 p.

PNUD; IPEA. **OBJETIVO 7**. 2021. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/7/>. Acesso em: 16 agosto 2021.

PNUD; IPEA. **Plataforma Agenda 2030**. 2021. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>. Acesso em: 16 agosto 2021.

POVEDA, Y. E. M.; LOSEKANN, L. D.; RODRIGUES, N. Medindo a pobreza energética no Brasil: uma proposta fundamentada no Índice de pobreza energética multidimensional (mepi). **49º ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA**, 2021.

PROCEL/Eletrorbras; UFSC. **SOBRE O PROJETEE**. 2021. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projetee/sobre-o-projetee/>. Acesso em: 16 outubro 2021.

Reenova Green. **MEMORIAL DESCRITIVO DO SISTEMA DE MICROGERAÇÃO CONECTADO À REDE DE BAIXA TENSÃO DA COPEL**. 2018.

REN21. Renewables 2021 global status report. p. 370, 2021.

REN21. Renewables 2023 global status report - energy supply. p. 127, 2023.

RUBIN, G. R. Movimento moderno e habitação social no Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, p. 57–71, 2013.

RÜTHER, R.; ZILLES, R. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. **Energy Policy**, v. 39, n. 3, p. 1027–1030, 2011.

TAYLOR, L. Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth. **Energy Policy**, v. 21, n. 10, p. 1071–1072, 1993. ISSN 0301-4215. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506800133>.

TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONÇALVES, A. R.; LIMA, F. J. L. de; COSTA, R. S.; ALVES, A. R. **Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná**. Curitiba: UTFPR, 2017.

URBANETZ JR, J. **Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade.** 2010. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94284>. Acesso em: 08 junho 2021.

WWF-BRASIL. **O que é desenvolvimento sustentável?** 2021. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/. Acesso em: 20 novembro 2023.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** A Bookman Porto Alegre, 2001.