



**Diogo Couto Lage**

**Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede em  
Comunidades de Baixa Renda como Instrumento  
de Tecnologia Social e para Transição Energética**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-  
graduação em Arquitetura, do Departamento de Arquitetura e  
Urbanismo da PUC-Rio.

Orientador: Fernando Espósito Galarce

Rio de Janeiro,  
Junho de 2023



**Diogo Couto Lage**

**Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede em  
Comunidades de Baixa Renda como Instrumento  
de Tecnologia Social e para Transição Energética**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo:

**Prof. Fernando Espósito Galarce**

Orientador

Departamento de Arquitetura e Urbanismo - PUC-Rio

**Prof. Marcelo Roberto V. D. de Mattos Bezerra**

Departamento de Arquitetura e Urbanismo - PUC-Rio

**Profa. Rachel Coutinho Marques da Silva**

Departamento de Arquitetura e Urbanismo - PUC-Rio

Rio de Janeiro, 28 junho de 2023

Todos os direitos reservados. A reprodução, total ou parcial do trabalho, é proibida sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

## **Diogo Couto Lage**

Graduado em Arquitetura e Urbanismo na Universidade Estácio de Sá (UNESA). Possui curso de especialização em história da arte e arquitetura também pela UNESA. Fez mestrado acadêmico pelo Programa de Pós-graduação em Arquitetura, do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio. Possui empresa de projetos e instalações de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, sendo o arquiteto responsável por mais de cinquenta instalações residenciais.

## Ficha Catalográfica

Lage, Diogo Couto

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede em comunidades de baixa renda como instrumento de tecnologia social e para transição energética / Diogo Couto Lage; orientador: Fernando Espósito Galarce. – 2023.

77 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2023.

Inclui bibliografia

1. Arquitetura e Urbanismo – Teses. 2. Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR). 3. Políticas públicas. 4. Transição energética. 5. Desenvolvimento sustentável. 6. Comunidades de baixa renda. I. Espósito Galarce, Fernando. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDD: 720

## **Agradecimentos**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ, à qual agradeço bastante o suporte. Aos professores, meu orientador e a todos os meus colegas do Programa de Pós-Graduação de Arquitetura da PUC-Rio, meu sincero agradecimento pelos conhecimentos. Aos meus familiares, amigos e animais, o meu profundo reconhecimento pelo apoio incondicional.

**“Saruman acredita que apenas um grande poder pode manter o mal sob controle, mas não é o que descobri. Descobri que são as pequenas coisas, as tarefas diárias de pessoas comuns que mantêm o mal afastado, simples ações de bondade e amor”.**

**Gandalf, no filme O Hobbit: Uma Jornada Inesperada.  
Inspirado na obra de J.R.R. Tolkien.**

## Resumo

Lage, Diogo Couto; Espósito, Fernando. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede em Comunidades de Baixa Renda como Instrumento de Tecnologia Social e para a Transição Energética**. Rio de Janeiro, 2023. 77p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta pesquisa investiga as possibilidades de utilização de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) em comunidades de baixa renda, com o objetivo de compreender como esses sistemas podem ser empregados como ferramentas para promover a inclusão social. O objetivo geral da pesquisa é analisar o uso de SFCR em comunidades de baixa renda no Brasil, buscando entender como esses sistemas podem promover a inclusão social e impulsionar a transição energética justa. Além disso, este estudo explora a conexão entre o uso de SFCR e o conceito de tecnologia social. Para enriquecer e aprofundar a pesquisa, adotou-se o método de pesquisa bibliográfica e análise documental com abordagem qualitativa. Conduziu-se uma extensa busca em diferentes bases de dados, como o SciELO, plataforma Capes e Google Acadêmico, com o objetivo de localizar materiais pertinentes e atualizados para embasar o estudo de forma consistente e abrangente. Os projetos selecionados para a análise documental foram a REVOLUSOLAR e SOLAR PILAR, ambas situadas no Rio de Janeiro. Foram coletados dados documentais e informações oficiais fornecidas pelos projetos, com o intuito de compreender suas estruturas, operações e abordagens de implementação. A análise foi conduzida em consonância com a Matriz de Avaliação Multidimensional, permitindo identificar como esses projetos estavam alinhados com os conceitos estudados. Assim, por meio da análise documental, foi possível investigar como esses projetos incorporaram os princípios de tecnologia social, economia social, transição energética justa e autogestão comunitária, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada da aplicação prática desses conceitos em contextos reais. Portanto, o uso do SFCR em processos interativos com a participação das comunidades para solucionar problemas locais foi uma estratégia versátil, adaptada a diferentes projetos. No Brasil, as políticas públicas nacionais, tradicionalmente focadas em educação, saúde, complemento de renda e

habitação, visaram atender urgências e obter reconhecimento político. Entretanto, projetos relacionados a matrizes renováveis permaneceram considerados "alternativos", geralmente experimentais e localizados, com crescimento lento devido ao seu impacto limitado. A análise de dois projetos existentes evidenciou que, apesar de incentivos sociais e tarifários, o Brasil ainda carecia de políticas públicas para uma transição energética justa, demandando maior atenção a abordagens como as apresentadas na pesquisa. O Programa de Energia Renovável Social (PERS) destaca-se como uma oportunidade para avanços significativos no uso de SFCR em comunidades de baixa renda, promovendo inclusão social na transição energética. Para o sucesso do PERS, é fundamental que as políticas públicas se concentrassem nas comunidades mais carentes, promovendo autogestão e empreendedorismo comunitário, com a formação de cooperativas de energia renovável e o fornecimento de treinamento para gestão autônoma dos sistemas de energia renovável.

## **Palavras-Chave**

Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR); Políticas Públicas; Transição Energética; Desenvolvimento Sustentável; Comunidades de Baixa Renda.

## Abstract

Lage, Diogo Couto; Espósito, Fernando (advisor). **Photovoltaic Systems Connected to the Electricity Grid in Low-Income Communities as an Instrument of Social Technology and for the Energy Transition.** Rio de Janeiro, 2023. 77p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This research investigates the possibilities of using grid-connected photovoltaic systems (SFCR) in low-income communities, aiming to comprehend how these systems can be employed as tools to promote social inclusion. The overall objective of the research is to analyze the use of SFCR in low-income communities in Brazil, seeking to understand how these systems can foster social inclusion and drive a fair energy transition. Additionally, this study explores the connection between the use of SFCR and the concept of social technology. To enrich and deepen the research, the methodology of bibliographic research and documentary analysis with a qualitative approach was adopted. An extensive search was conducted across different databases such as SciELO, Capes platform, and Google Scholar, with the aim of locating relevant and updated materials to support the study consistently and comprehensively. The selected companies for documentary analysis were REVOLUSOLAR and SOLAR PILAR, both located in Rio de Janeiro. Documentary data and official information provided by the projects were collected to understand their structures, operations, and implementation approaches. The analysis was carried out in accordance with the Multidimensional Evaluation Matrix, allowing the identification of how these projects aligned with the studied concepts. Through documentary analysis, it was possible to investigate how these projects incorporated the principles of social technology, social economy, fair energy transition, and community self-management, contributing to a deeper understanding of the practical application of these concepts in real contexts. Therefore, the use of SFCR in interactive processes involving community participation to solve local issues proved to be a versatile strategy, adaptable to different projects. In Brazil, national public policies, traditionally focused on education, health, income supplementation, and housing, aimed to address

urgencies and gain political recognition. However, projects related to renewable matrices remained considered "alternative," often experimental and localized, with slow growth due to their limited impact. The analysis of two existing projects revealed that, despite social and tariff incentives, Brazil still lacked public policies for a fair energy transition, requiring greater attention to approaches presented in the research. The Renewable Social Energy Program (PERS) stood out as an opportunity for significant advancements in the use of SFCR in low-income communities, promoting social inclusion in the energy transition. For the success of PERS, it was crucial for public policies to focus on the most vulnerable communities, promoting community self-management and entrepreneurship through the formation of renewable energy cooperatives and providing training for the autonomous management of renewable energy systems.

## **Keywords**

Grid-Connected Photovoltaic System (SFCR); Public Policies; Energy Transition; Sustainable Development; Low-Income Communities.

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.2	OBJETO DE ESTUDO .....	19
1.3	METODOLOGIA .....	19
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>21</b>
2.1	UMA FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA LIMPA, NÃO DESPACHÁVEL E DE MATRIZ RENOVÁVEL.....	21
2.2	CONCEITOS BÁSICOS: SFCR, GD E SCEE.....	25
2.3	CONTEXTO HISTÓRICO E ATUAL DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL NO BRASIL.....	31
2.4	TECNOLOGIA SOCIAL E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA .....	39
2.5	ECONOMIA SOLIDÁRIA E AUTOGESTÃO .....	46
<b>3</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
3.1	A IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM USINAS COMUNITÁRIAS ASSOCIADAS À TARIFA SOCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA (TSEE) PODERIA RESULTAR EM BENEFÍCIOS SUPERIORES PARA AMBAS AS PARTES ENVOLVIDAS.....	61
3.2	O SFCR EM USINAS COMUNITÁRIAS PODERIA DESENVOLVER O CONCEITO DE ECONOMIA SOCIAL E INCLUSÃO SOCIAL. ....	66
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>70</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>

## Lista de figuras

Figura 1 - Usina heliotérmica localizada em Nevada, nos Estados Unidos. ....	22
Figura 2 - Usina heliotérmica com espelhos reflexivos, geralmente de forma parabólica, para concentrar a luz solar em um ponto focal na torre. ....	23
Figura 3 - Usina fotovoltaica localizada no Piauí, Brasil. ....	24
Figura 4 - Módulos fotovoltaicos da usina fotovoltaica. ....	24
Figura 5 - Esquema de funcionamento básico do sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR).Esquema de funcionamento básico do sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR). ....	26
Figura 6 - Estrutura simplificada da Geração Distribuída. ....	29
Figura 7 - Estrutura simplificada das formas de aproveitamento de créditos de energia no SCEE. ....	31
Figura 8 - Histórico dos níveis dos reservatórios de hidrelétricas no Sudeste e Centro-Oeste brasileiro. ....	32
Figura 9 - A tabela da média de consumo dos participantes da TSEE em 2022 e qual o valor do desconto aplicado pelo benefício desta política pública para residências. ....	37
Figura 10 - Esquema com espaços de contingências referindo-se à abrangência da TS no contexto social. ....	42
Figura 11- Instalação da usina Fotovoltaica em formato de cooperativa na sede comunitária na comunidade da Babilônia. ....	51
Figura 12- Instalação da usina Fotovoltaica em formato de cooperativa na sede comunitária na comunidade da Babilônia ....	51
Figura 13 - Usina FV na subestação da CDEE LIGHT S/A. ....	55
Figura 14- Usina FV na subestação da CDEE LIGHT S/A. ....	56
Figura 15 - Tabela de Inadimplência média e suspensão de fornecimento de energia elétrica nas residências de baixa renda em âmbito nacional. ....	62
Figura 16- Evolução do preço da tarifa de energia elétrica no setor residencial em paralelo ao IPCA. ....	63
Figura 17 - Distribuição da despesa de consumo monetária e não monetária média mensal familiar. ....	67

## Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CDEE	Concessionária de Distribuição e Energia Elétrica
FV	Fotovoltaico
GD	Geração Distribuída
GEE	Gases de Efeito Estufa
MME	Ministério de Minas e Energia
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PERS	Programa de Energia Renovável Social
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica
SIN	Sistema Interligado Nacional
TS	Tecnologia Social
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

## Lista de símbolos e unidades

CC	Corrente Contínua
CA	Corrente alternada
KW	Quilowatt
KWh	Quilowatt-hora
MW	Megawatt
GW	Gigawatt
TW	Terawatt

# 1 INTRODUÇÃO

A preocupação crescente com a mudança climática e a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) têm impulsionado o desenvolvimento e a utilização de tecnologias renováveis em todo o mundo. Nesse contexto, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR) têm se destacado como uma solução promissora para a geração de energia limpa e aplicável em comunidades de baixa renda.

Para Chaves (2020) o uso de fontes naturais com ciclos curtos de renovação de vida é uma das soluções para mitigar os efeitos da instabilidade e insegurança energética decorrentes das mudanças climáticas. A energia solar é uma dessas fontes e está associada ao desenvolvimento sustentável devido ao seu baixo impacto ambiental.

Historicamente, a Comissão de Brundtland, da World Commission on Environment and Development (WCED), incorporou uma visão de "desenvolvimento sustentável" em 1987. Essa visão interdependente entre a produção de energia, geração de empregos e promoção de debates ambientais para escolher ações com menor impacto mostrou-se uma forte indicação de um desenvolvimento mais sustentável (CHAVES, 2020).

Em 2015, foi criado o Acordo de Paris durante a COP 21 (21ª Conferência do Clima das Nações Unidas), estabelecendo metas para evitar os impactos das mudanças climáticas, mantendo o aquecimento global abaixo de 2°C. No mesmo ano, a Assembleia Geral das Nações Unidas criou a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que elaborou 17 objetivos e 163 metas para erradicar a pobreza e promover uma vida digna para todos dentro dos limites do planeta, chamados de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (CHAVES, 2020).

No contexto do uso de energia fotovoltaica nas favelas do Rio de Janeiro, 11 dos 17 ODS estão interligados. Os ODS 1, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16 e 17 abordam diretamente a necessidade de energia acessível e renovável, a promoção de cidades e assentamentos humanos mais sustentáveis e a urgência de tomar medidas para combater as mudanças climáticas e outros impactos relacionados a esses projetos.

Em 2017, um mapeamento identificou 11 iniciativas que, desde 2013, têm instalado energia solar nas favelas do Rio de Janeiro. Dentre as oito iniciativas que englobam pesquisas, instalação de painéis solares, cursos de capacitação para instaladores, oficinas, workshops e envolvimento da população local, duas se destacam: o Projeto SOLAR PILAR e o REVOLUSOLAR. Esses projetos implementam a energia solar de forma significativa nas comunidades Pilar e Babilônia (CHAVES, 2020).

Dessa forma, a pergunta que orienta esta pesquisa é: Como os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) podem ser utilizados como tecnologia social para promover a inclusão social e impulsionar a transição energética justa em comunidades de baixa renda no Brasil, se utilizados de forma mais ampla?

Comunidades de baixa renda muitas vezes enfrentam problemas de exclusão social devido à falta de acesso à energia elétrica de qualidade. Além disso, a falta de recursos financeiros faz com que algumas pessoas recorram a "gatos", ou seja, ligações clandestinas, para obter energia. Essas ligações irregulares não apenas são perigosas e ilegais, mas também prejudicam a distribuição da energia, afetando toda a comunidade. Assim, a hipótese norteadora desta pesquisa é dada pela utilização mais ampla dos SFCR (Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede) como uma solução viável para promover a inclusão social e impulsionar a transição energética justa em comunidades de baixa renda no Brasil, ao disponibilizar energia para assim contribuir para uma maior inclusão social.

Além disso, a disponibilização de energia através desses sistemas promove a inclusão social ao possibilitar o acesso a recursos antes indisponíveis. Com energia elétrica, as famílias podem ter acesso a diferentes equipamentos e serviços, como iluminação adequada, climatização, carga de celulares, refrigeração de alimentos, entre outros. Esses recursos são fundamentais para melhorar a qualidade de vida e proporcionar oportunidades de desenvolvimento para a população de baixa renda e economia mensal destas famílias.

No Rio de Janeiro, tanto a SOLAR PILAR quanto a REVOLUSOLAR são projetos que buscam a instalação de painéis solares nas favelas para garantir o fornecimento de energia a partir de fontes renováveis. Essas ações se destacam pelo alto nível de engajamento e estruturação dos projetos, pelo considerável número de instalações, pelo investimento a longo prazo e pelo envolvimento da população local, com o objetivo de expandir a ação para toda a região.

A REVOLUSOLAR e o SOLAR PILAR, têm buscado levar os benefícios dos SFCR para comunidades de baixa renda no estado do Rio de Janeiro, adotando abordagens participativas e voltadas parcialmente ao conceito de tecnologia social. Assim, a presente pesquisa busca explorar algumas possibilidades de utilização dos SFCR em comunidades de baixa renda no Brasil, abordando aspectos históricos, sociais e culturais, bem como políticas públicas de incentivo, impactos sociais e alinhamento com os conceitos de tecnologia social e transição energética justa.

A importância do tema abordado reside na necessidade de buscar soluções eficazes para reduzir a desigualdade social por meio do acesso à energia renovável em comunidades de baixa renda. Isso se torna necessário devido ao atual sistema global de energia, que é baseado também em matrizes não renováveis e no uso de combustíveis fósseis, o qual contribui significativamente para as mudanças climáticas. Essas mudanças afetam de forma especialmente adversa as comunidades de baixa renda, que muitas vezes se encontram em áreas de risco.

Este estudo irá contribuir na área de conhecimento ao apresentar modelos de utilização de SFCR em comunidades de baixa renda, bem como analisar as políticas públicas adotadas no país para incentivar o uso dessas tecnologias. Além disso, a pesquisa também busca compreender os impactos sociais da utilização de SFCR nessas comunidades, contribuindo para a construção de um conhecimento mais amplo sobre a relação entre energia renovável e inclusão social.

A originalidade e inovação do estudo se devem ao fato de pesquisar utilização de SFCR em comunidades de baixa renda no Brasil de acordo com contextos históricos, sociais e culturais relacionados ao tema. Além disso, o estudo contempla os conceitos de tecnologia social e transição energética justa e direcionada para benefícios sociais. Por fim, a pesquisa tem o potencial de contribuir para a construção de políticas públicas mais efetivas no Brasil, uma vez que o país está atualmente em processo de formulação do Programa de Energia Renovável Social (PERS), estabelecido pela lei nº 14.300 de 2022, um programa nacional de utilização de matrizes renováveis que deve promover a inclusão social e econômica por meio do acesso à energia renovável.

Assim, foram levantados pontos de convergências e divergências em diferentes contextos, sendo que uma semelhança não é necessariamente uma vantagem e uma diferença não necessariamente uma desvantagem, isso é relativizado mais a fundo na seção de Contexto Histórico, Social e Cultural.

### Convergências:

- Crescente demanda por energia elétrica e vêm enfrentando desafios em garantir a segurança energética.

- É um país populoso e vem enfrentando desafios relacionados ao desenvolvimento social decorrente da desigualdade.

- O país enfrenta desafios significativos em garantir o acesso à energia elétrica em áreas com população mais vulnerável, o que pode levar a mais desigualdades sociais e econômicas.

- O Brasil possui leis que estabelecem a necessidade de desenvolver políticas públicas na área.

- Forte tradição de planejamento e abrangência estatal e prática em políticas públicas sociais, o que pode influenciar as na área de energia renovável.

### Divergências:

- A promoção dos SFCR no Brasil tem uma cultura e história de empreendedorismo e inovação, o que pode ter levado a uma abordagem mais descentralizada do governo, sendo os projetos através de instituições sem fins lucrativos e empresas.

- O Brasil tem enfatizado políticas de incentivo para a geração fotovoltaica com a instalação SFCR em pequena escala.

- As instituições operacionais e regulatórias no setor de energia brasileiro são parcialmente descentralizadas do estado, possuindo uma estrutura regulatória fragmentada entre poder público, autarquias e empresas privadas.

- O Brasil é uma economia emergente no cenário mundial e tem um mercado interno de produção de equipamentos fotovoltaicos limitado e dependente da importação de equipamentos.

## 1.1 OBJETIVOS

### Objetivo Geral:

O objetivo geral desta pesquisa é analisar a utilização de SFCR em comunidades de baixa renda no Brasil, a fim de compreender como esses sistemas podem promover a inclusão social e impulsionar a transição energética justa. Além disso, busca-se explorar a conexão entre o uso de SFCR e o conceito de tecnologia social.

### Objetivos específicos:

- Analisar as políticas públicas de incentivo ao uso de SFCR em comunidades de baixa renda adotadas no Brasil, identificando suas principais características e impactos na disseminação dessa tecnologia em constante evolução;

- Avaliar os impactos sociais da utilização de SFCR em comunidades de baixa renda no Brasil, levando em consideração aspectos como melhoria da qualidade de vida da população, promoção da inclusão social e resultados;

- Verificar em que medida a utilização de SFCR em comunidades de baixa renda no Brasil está alinhada com os conceitos de tecnologia social e transição energética justa, conforme definidos pela UNFCCC;

- Propor recomendações para a disseminação de SFCR comunitários em comunidades de baixa renda no Brasil, com o objetivo de contribuir para a promoção da inclusão social, podendo assim contribuir para o Programa de Energia Renovável Social (PERS).

## **1.2 OBJETO DE ESTUDO**

O objeto de estudo desta pesquisa são SFCR de baixa renda localizados no estado do Rio de Janeiro, com foco em modelos colaborativos impulsionados por políticas públicas e que estejam alinhados com os conceitos de tecnologia social e transição energética justa, podendo contribuir para a inclusão social.

## **1.3 METODOLOGIA**

Nesta seção, serão apresentadas as abordagens metodológicas que serão adotadas para atingir os objetivos propostos na dissertação. A metodologia consiste em uma série de passos que visam analisar a implementação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede como tecnologia social para a transição energética justa, com base em conceitos de tecnologia social, economia social, transição energética justa e autogestão comunitária.

### **Criação da Matriz de Avaliação Multidimensional**

Será desenvolvida uma Matriz de Avaliação Multidimensional, fundamentada nos conceitos de tecnologia social, economia social, transição energética justa e autogestão comunitária. Essa matriz fornecerá um arcabouço estruturado para avaliar a implementação de sistemas fotovoltaicos em comunidades como tecnologia social, considerando diversos aspectos dos conceitos abordados.

### **Quanto aos procedimentos**

A fim de enriquecer e aprofundar esta pesquisa, empregou-se o método da pesquisa bibliográfica e análise documental com abordagem qualitativa. Assim, foi conduzida uma extensiva busca em diferentes bases de dados, tais como o SciELO, plataforma Capes e Google Acadêmico, com o objetivo de localizar materiais pertinentes e atualizados para embasar este estudo de modo consistente e abrangente.

Os projetos escolhidos para a análise documental são REVOLUSOLAR e SOLAR PILAR, ambos localizadas no Rio de Janeiro. Serão coletados e analisados dados documentais e informações oficiais fornecidas pelos projetos, objetivando compreender suas estruturas, operações e abordagens de implementação. A análise será conduzida em consonância com a Matriz de Avaliação Multidimensional, permitindo identificar como esses projetos estão alinhados com os conceitos estudados. Assim, por meio da análise documental, será possível investigar como esses projetos incorporam os princípios de tecnologia social, economia social, transição energética justa e autogestão comunitária, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada da aplicação prática desses conceitos em contextos reais.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 UMA FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA LIMPA, NÃO DESPACHÁVEL E DE MATRIZ RENOVÁVEL**

Para Kruger, Zanella e Barichello (2023), a produção de energia elétrica por meio da geração fotovoltaica apresenta vantagens e desvantagens, assim como qualquer outra forma de energia. Os autores ressaltam que uma das principais vantagens é o fato de ser uma matriz renovável, ou seja, utilizar fontes de energia que se regeneram naturalmente, assim como as energias eólica e hidráulica. Essas fontes são consideradas "limpas", pois não emitem gases de efeito estufa (GEE) nem outros poluentes atmosféricos durante sua geração. Por outro lado, a produção de energia por meio de matrizes não renováveis utiliza fontes de energia que não se regeneram naturalmente, como os combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo, gás natural) e a energia nuclear. Estas fontes geram grandes quantidades de GEE e outros poluentes atmosféricos durante o processo de geração de eletricidade.

Por outro lado, a principal desvantagem da energia fotovoltaica e eólica é sua natureza não despachável. Isso significa que a geração de energia não pode ser controlada diretamente e geralmente varia ao longo do dia e em diferentes condições climáticas. Por exemplo, a energia fotovoltaica depende da intensidade da luz solar incidente nos painéis e pode ser intermitente. Da mesma forma, a energia eólica está diretamente ligada à incidência e velocidade dos ventos (BENÍCIO et al., 2019).

Existem fontes de energia despacháveis que podem ser controladas e reguladas conforme a demanda de eletricidade. Essas fontes têm a capacidade de serem acionadas conforme necessário e manter uma geração contínua. Um exemplo são as usinas termoelétricas, que utilizam carvão, gás natural, energia nuclear, entre outros combustíveis não renováveis. Outro exemplo são as usinas hidroelétricas, que são uma fonte renovável de energia e podem ajustar sua geração de acordo com a demanda, através da abertura ou fechamento das comportas do reservatório. Isso garante uma produção de energia elétrica controlada e adaptável (BENÍCIO et al., 2019).

De acordo com Gonçalves e Ponce Leão (2020), os avanços tecnológicos da década de 80 possibilitaram a utilização de uma fonte de energia elétrica limpa, renovável e não despachável: a energia solar, que é aproveitada por meio da captação da luz ou do calor do sol. É importante ressaltar que existem duas tecnologias distintas de conversão de energia solar: as usinas heliotérmicas e as usinas fotovoltaicas.

Para Casal (2012), as usinas heliotérmicas foram pioneiras na produção de eletricidade por meio da concentração de raios solares. Essas usinas utilizam espelhos para aquecer uma torre receptora, gerando calor que é posteriormente utilizado no processo convencional de geração de energia elétrica, por meio da movimentação de uma turbina. Esse processo é semelhante ao das usinas termoelétricas de combustíveis fósseis, porém utiliza uma fonte limpa e renovável para gerar calor, aquecendo o fluido responsável pelo movimento da turbina. As figuras 1 e 2 ilustram alguns exemplos de usinas heliotérmicas.



**Figura 1** - Usina heliotérmica localizada em Nevada, nos Estados Unidos.

**Fonte:** PV Magazine USA (2020).



**Figura 2** - Usina heliotérmica com espelhos reflexivos, geralmente de forma parabólica, para concentrar a luz solar em um ponto focal na torre.

**Fonte:** PV Magazine USA (2020).

As usinas fotovoltaicas (figura 3) utilizam tecnologia mais recente na geração de energia solar em comparação com as usinas heliotérmicas. Nessa tecnologia, o processo de geração de energia elétrica ocorre diretamente a partir da conversão de energia luminosa em eletricidade, por meio de células fotovoltaicas. O funcionamento dessas células se dá por meio do efeito fotovoltaico, onde os fótons<sup>1</sup> absorvidos pela célula geram uma corrente elétrica que pode ser aproveitada como energia elétrica. Logo, ao contrário das usinas heliotérmicas, na geração de energia por meio de usinas fotovoltaicas, o calor não é um fator relevante, o que significa que a eficiência da conversão de energia depende da claridade, ou seja, quanto maior a quantidade de radiação solar disponível, maior será a produção de eletricidade (GREEN, 2015).

---

<sup>1</sup> Um fóton é a partícula de luz. É uma partícula elementar que não possui massa e carrega energia. Os fótons são responsáveis por transmitir a radiação eletromagnética, incluindo a luz visível, raios X, raios gama e outras formas de radiação.



**Figura 3-** Usina fotovoltaica localizada no Piauí, Brasil.

**Fonte:** ENEL (2023).



**Figura 4** - Módulos fotovoltaicos da usina fotovoltaica.

**Fonte:** ENEL (2023).

Além disso, o processo de produção de energia fotovoltaica é menos complexo em comparação com a tecnologia heliotérmica, que envolve a utilização de fluidos térmicos para gerar vapor e movimentar turbinas. Outro fator relevante é a facilidade de instalação de usinas fotovoltaicas, que podem ser construídas em menor tempo e com menos recursos financeiros. Por sua vez, a tecnologia

heliotérmica exige uma infraestrutura mais complexa e custosa, embora ambas necessitem de um grande espaço físico para sua instalação.

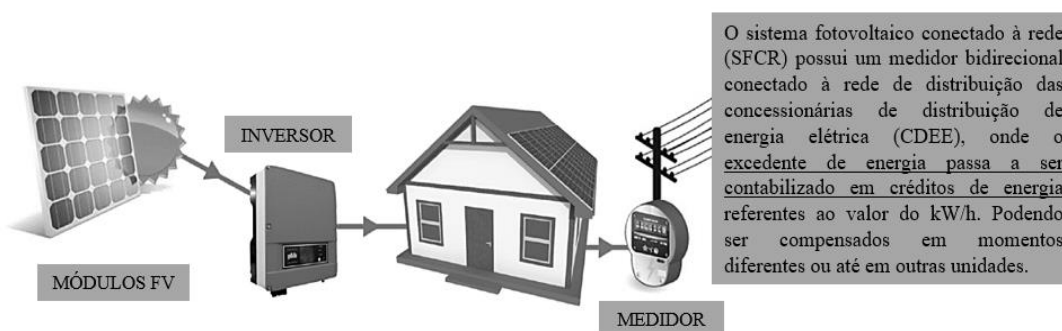
Todavia, vale ressaltar que ambos os tipos de tecnologias têm potencial de geração de energia elétrica a partir da radiação solar, a escolha por uma ou outra opção dependerá das particularidades e condições do local, assim como dos objetivos estratégicos e econômicos do país.

## **2.2 CONCEITOS BÁSICOS: SFCR, GD E SCEE**

A tecnologia fotovoltaica possui três tipos de sistemas distintos que diferem em termos de como a eletricidade é usada e armazenada, podendo ser conectados à rede, híbridos ou autônomos.

No Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), a energia é produzida pelos módulos FV, que convertem a luminosidade em energia elétrica em corrente contínua (CC). Essa energia é enviada para o inversor, um aparelho que transforma a corrente contínua em corrente alternada (CA), compatível com a rede elétrica e a maioria dos aparelhos domésticos (BONATO, 2019).

O SFCR é conectado diretamente à rede elétrica da concessionária de distribuição de energia elétrica, por meio de um dispositivo de proteção contra surtos e um dispositivo de seccionamento, considerados equipamentos de proteção do sistema. Uma informação extremamente importante é que a energia gerada pelos módulos FV é consumida em primeiro lugar pelos aparelhos elétricos da edificação que possui o sistema, e somente o excedente é injetado na rede elétrica (LORENZO, 2019). A figura 4 esquematiza o funcionamento de um SFCR tradicional.



**Figura 5** - Esquema de funcionamento básico do sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR). Esquema de funcionamento básico do sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR).

**Fonte:** O autor.

Para medir essa energia que é injetada na rede, é utilizado um medidor bidirecional, que mede tanto a energia consumida quanto a energia injetada na rede. A energia injetada na rede elétrica pelo SFCR é compartilhada por meio de um sistema de compensação, em que os créditos de energia gerados pelo excedente injetado na rede são utilizados para abater o consumo de energia elétrica da unidade, ou até mesmo de múltiplas unidades consumidoras consumidora quando necessário (SILVA, 2015).

O sistema híbrido também é um sistema conectado à rede, mas com um banco de baterias acoplado. Isso significa que o sistema é capaz de armazenar energia elétrica produzida pela geração fotovoltaica durante o dia para ser utilizada à noite ou durante uma interrupção na rede elétrica. Uma das principais diferenças é a necessidade de uma seccionadora que permita o isolamento do banco de baterias da rede elétrica quando necessário. Além disso, é necessário um controlador de carga e descarga de baterias para gerenciar a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos (HANDSCHU; LUQUE; CONCINA, 2019).

Já os sistemas fotovoltaicos autônomos, também conhecidos como isolados, não são conectados à rede elétrica. Eles geralmente são utilizados em áreas remotas, onde não há acesso regular à rede de distribuição de eletricidade. Esses sistemas consistem em painéis solares, um controlador de carga, baterias e um inversor. Os painéis solares convertem a energia solar em eletricidade, que é armazenada nas baterias para uso posterior. O controlador de carga gerencia a carga das baterias, garantindo que não sejam sobrecarregadas ou descarregadas em excesso. Também

é necessário um inversor para converter a corrente contínua (CC) produzida pelos módulos FV em corrente alternada (CA) para ser utilizada pelos aparelhos elétricos. Podem ser classificados em dois tipos: com armazenamento (utilizando banco de baterias) ou sem armazenamento de energia, com uso direto da energia (SILVA, 2015).

Embora importante em alguns casos, a utilização da tecnologia fotovoltaica em sistemas isolados ou autônomos resulta em um processo menos colaborativo devido às suas características, uma vez que a energia gerada é utilizada exclusivamente no mesmo local. No entanto, o enfoque desta pesquisa está no SFCR, que possui uma natureza colaborativa e descentralizada, permitindo alguns tipos de compartilhamento da energia elétrica gerada entre os consumidores conectados. Para compreender plenamente o SFCR, é importante destacar as principais informações relacionadas à geração e consumo de energia elétrica:

- Energia elétrica:

É produzida através da utilização de uma matriz energética, que pode ser oriunda de fontes renováveis ou não renováveis. A quantidade de energia elétrica produzida é medida em potência, cuja unidade tradicional é o watt (W). Para grandes quantidades de energia elétrica, é comum o uso dos prefixos métricos KW (quilowatt) para mil watts, MW (megawatt) para um milhão de watts e GW (gigawatt) para um bilhão de watts (SILVA, 2015).

- A tarifa de energia:

De acordo com a Aneel (2022), é o valor final pago pelo consumidor pela energia elétrica consumida em um determinado período. Esse valor é composto por diversos componentes, que incluem a geração, o transporte (transmissão e distribuição) e a comercialização da energia elétrica. Além disso, são acrescidos os encargos direcionados ao custeio de políticas públicas, impostos e outros encargos.

A energia elétrica é medida na conta de luz pela unidade watt-hora, que representa a potência utilizada em um período de uma hora. Na fatura de energia elétrica, a energia consumida é expressa em quilowatt-hora (kWh) em um período de um mês. Por exemplo, atualmente no Brasil a tarifa residencial (classe B1)

definida pela ANEEL é de R\$ 0,65313 por kWh, de acordo com a última Resolução Homologatória nº 2.313 de 2022. No entanto, é importante ressaltar que o preço final pago pelo consumidor inclui ainda a composição da tarifa acrescida dos impostos, como o ICMS e o PIS/COFINS. Este último varia mensalmente, o que faz o valor final da tarifa de energia elétrica variar também. Pode-se considerar como referência o preço médio final do kWh de R\$ 1,00, segundo informações da ANEEL de 2022 (ANEEL, 2022).

- Concessionária de distribuição de energia elétrica (CDEE):

São as empresas responsáveis por toda a infraestrutura de distribuição de energia na sua área de atuação, incluindo postes de luz, cabos, fios e subestações, além de realizar as medições do consumo de energia. Têm como objetivo garantir o fornecimento de energia elétrica de forma segura e eficiente para todos os consumidores da sua região, além de realizar serviços de manutenção e atendimento ao cliente. As CDEE podem ser pertencentes ao governo e operadas por empresas estatais, empresas privadas, ou mesmo empresas mistas, que são operacionalizadas pelo governo e empresas privadas. A definição de como será a estrutura da CDEE depende das políticas e regulamentações do país em questão. Essas empresas possuem contratos de concessão que são regulamentados e fiscalizados por um órgão público ou uma instituição, no Brasil é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

- Consumidor e Prossumidor de energia elétrica:

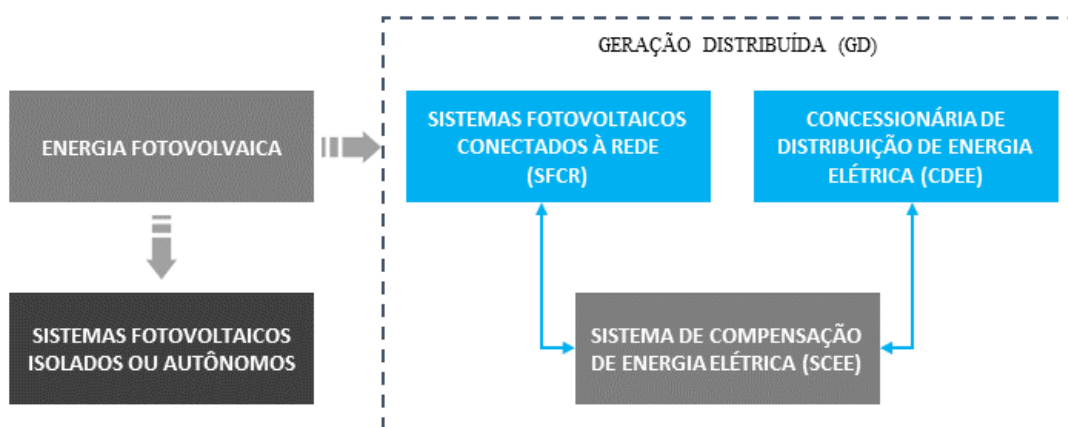
Entenda por consumidor aquele que somente compra a energia elétrica da concessionária de distribuição. Já o termo prossumidor se trata de um neologismo<sup>2</sup> que provém da junção de produtor + consumidor (TOFFLER, 2014), logo é aquele que compra energia elétrica, mas também negocia o excedente de sua produção com a concessionária de distribuição por meio de créditos de energia.

---

<sup>2</sup> Neologismo é um fenômeno linguístico que consiste na criação de uma palavra ou expressão nova, ou na atribuição de um novo sentido a uma palavra já existente.

O próximo entendimento é que o SFCR é uma modalidade da Geração Distribuída (GD) que pode ser composta por diferentes fontes de energia renováveis, como hidráulica, solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada. A GD é um modelo de geração de energia elétrica que se diferencia da geração centralizada pela proximidade da fonte geradora ao local de consumo, ou seja, a geração de energia ocorre em pequena e média escala dentro do ambiente de distribuição e consumo. Dessa forma, a energia gerada é utilizada diretamente no local onde é produzida, evitando perdas de transmissão e aumentando a eficiência energética. Diferentemente da geração centralizada que é composta por grandes usinas distantes dos centros de consumo e interligadas por linhas de transmissão (ZILLES, 2012). Na maioria das vezes, essas usinas utilizam fontes de energia não renováveis, como carvão, gás natural e petróleo. No entanto, no Brasil, há uma grande utilização de hidrelétricas, que é uma fonte de energia limpa de matriz renovável e amplamente utilizada para a geração centralizada de energia elétrica (NETO, 2012).

Assim entende-se que o SFCR é uma tecnologia utilizada na GD que se beneficia de um mecanismo de compensação, denominado Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) que é capaz de registrar e contabilizar o excedente de energia elétrica injetada por cada prosumidor na rede. A definição de como será compensado esse excedente de energia depende das políticas e regulamentações de cada país. A figura 5 ilustra a estrutura exemplificada da GD.



**Figura 6** - Estrutura simplificada da Geração Distribuída.

**Fonte:** O autor.

É importante identificar os diferentes modelos que são adotados em cada país para verificar como esses modelos podem contribuir para a inclusão e participação social no processo. De acordo com a Aneel (2021), o Brasil, a GD é classificada em dois tipos de Central Geradora, de acordo com a potência instalada:

- **Microgeração distribuída:** É uma central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 kW. Isto corresponde a uma capacidade máxima de abastecimento de aprox. 98 UBC (ANEEL, 2021).

- **Minigeração distribuída:** É uma central geradora de energia elétrica que possui potência instalada, maior que 75kW, menor ou igual a 5MW para as fontes despacháveis e menor ou igual a 3MW para as fontes não despacháveis. Uma capacidade máxima de abastecimento de 6.534 UBC para fontes despacháveis e 3.920 UBC para não despacháveis (ANEEL, 2021).

Então, no Brasil, o limite do SFCR para a geração distribuída é de 3MW (3.920 UBC), acima disso a usina entra para a geração centralizada, sai da geração distribuída e não pode utilizar o SCEE. Na GD existem diferentes formas de aproveitamento da produção de energia, tanto individual quanto coletiva. Dentre as principais formas de aproveitamento da energia e créditos de energia gerados, podemos destacar (BRASIL, 2022):

- **Autoconsumo local (individual):** É caracterizado pela GD realizada junto à carga<sup>3</sup>, em que o excedente de energia elétrica gerado por uma unidade consumidora, de titularidade de um prosumidor, pessoa física ou jurídica, é compensado ou creditado pela mesma unidade consumidora (BRASIL, 2022).

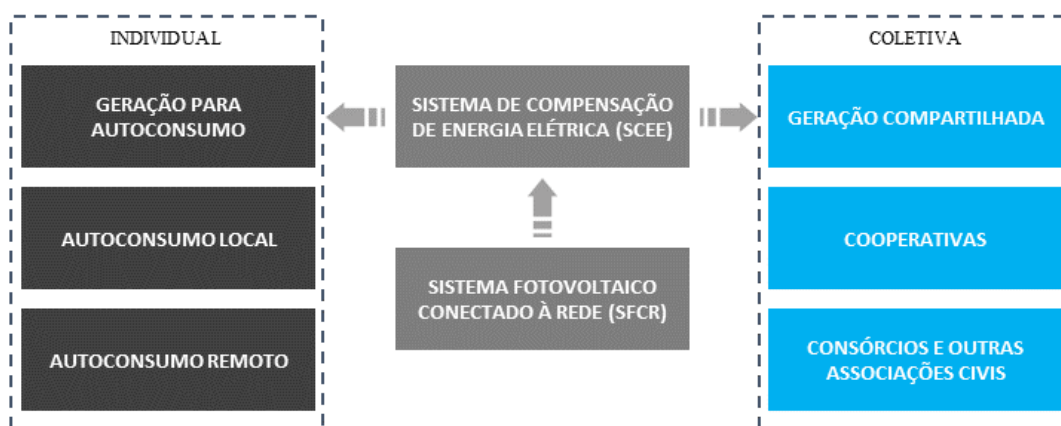
- **Autoconsumo remoto (individual):** Nessa modalidade, as unidades consumidoras são de titularidade da mesma pessoa jurídica, incluindo matriz e

---

<sup>3</sup> Geração junto à carga é o processo de geração de energia elétrica realizado em proximidade com o ponto de consumo, em que a energia gerada é utilizada diretamente pela carga conectada. Ou seja, a geração de energia elétrica ocorre no mesmo local em que a energia é consumida, sem a necessidade de transporte por longas distâncias.

filial, ou pessoa física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, sendo que todas as unidades consumidoras devem ser atendidas pela mesma distribuidora (BRASIL, 2022).

- Geração compartilhada (coletiva): Essa modalidade se caracteriza pela união de consumidores, por meio de consórcio, cooperativa, condomínio civil voluntário ou edifício ou qualquer outra forma de associação civil, instituída para esse fim. É composta por pessoas físicas ou jurídicas que possuam unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, com todas as unidades consumidoras atendidas pela mesma distribuidora (BRASIL, 2022).



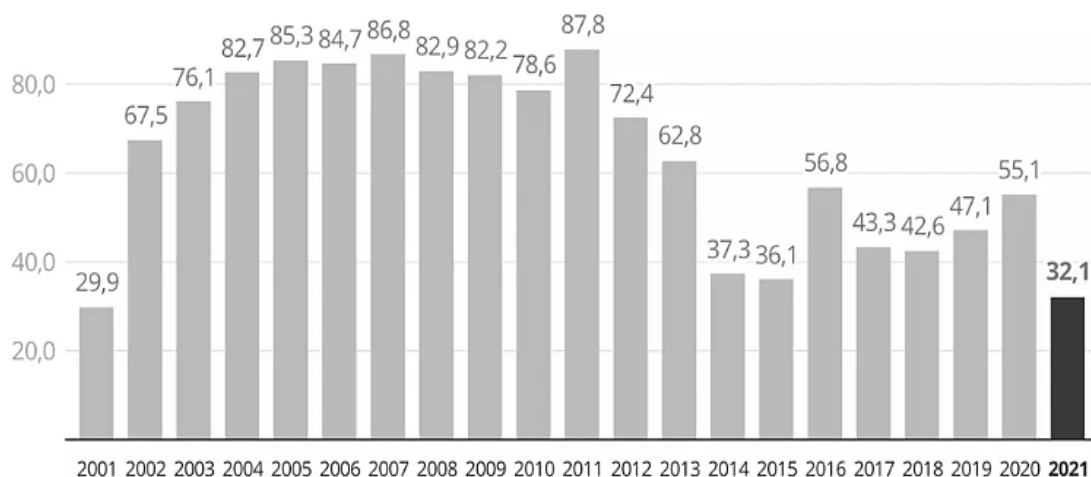
**Figura 7** - Estrutura simplificada das formas de aproveitamento de créditos de energia no SCEE.

**Fonte:** O autor.

## 2.3 CONTEXTO HISTÓRICO E ATUAL DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL NO BRASIL

No Brasil, o setor elétrico tem forte participação estatal, com a criação de empresas estatais para a exploração dos recursos hídricos desde a década de 1950. Devido ao grande potencial de geração de energia elétrica pela abundância de recursos naturais, o país desenvolveu uma matriz energética baseada principalmente em fontes renováveis. No entanto, a dependência em relação a uma única matriz energética pode causar inseguranças em sistemas de geração de energia elétrica (LEITE, 2021).

Essa insegurança acontece no Brasil quando o volume de água nos reservatórios de hidrelétricas passa a operar com menos reserva. Em maio de 2021 o volume de água chegou a 32,10% da capacidade total, a menor média em 20 anos. Este fato ocorre tanto pela maior demanda de energia, ou seja, as hidroelétricas abrem mais as comportas para produção de energia, quanto pela escassez de chuvas devido a alterações climáticas (ONS, 2022).



**Figura 8** - Histórico dos níveis dos reservatórios de hidrelétricas no Sudeste e Centro-Oeste brasileiro.

**Fonte:** ONS (2022).

Essa busca pela diversificação de matrizes energéticas é considerada uma prioridade no Brasil com o objetivo de reduzir a dependência de apenas um recurso estratégico. A baixa no volume de água dos reservatórios de hidroelétricas sempre foi um fator preocupante, já que a maior parte da energia elétrica do país ainda é oriunda desta fonte.

A oferta interna total de energia elétrica no Brasil em 2012 era composta por 77% de matrizes renováveis, 16% de matrizes não renováveis e 7% de energia importada. Neste mesmo ano a participação da geração de energia por hidroelétricas correspondia a 91% da produção por matrizes renováveis, já a produção de energia eólica correspondia a 1% e a solar próxima de 0%, existindo apenas pequenos projetos desta matriz no Brasil. Isso demonstra a pouca versatilidade do sistema de energia elétrica do país na época (EPE, 2012).

Já no ano de 2022 a oferta interna total de energia elétrica no Brasil era composta por 75% de matrizes renováveis, 22% de matrizes não renováveis e 3% de energia importada. A participação da geração de energia por hidroelétricas correspondia a 71% da produção por matrizes renováveis, a produção de energia eólica correspondia a 14% e a solar a 4% (EPE, 2022). Esses dados mostram que o país avançou na diversificação de sua matriz energética.

Apesar do menor percentual, a energia solar teve um destaque no último ano, registrando um crescimento de 40,9% na potência instalada em relação a 2020, segundo dados do MME, mostrando que a energia solar fotovoltaica está cada vez mais presente no país (MME; EPE, 2022). Em 2022, é previsto um crescimento de cerca de 80% em relação ao ano anterior (MME, 2022). O crescimento da geração distribuída por fonte solar no Brasil tem sido liderado pelos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo, enquanto o município do Rio de Janeiro ocupa a quarta posição na lista de cidades com maior produção de energia solar (ANEEL, 2022; ABSOLAR, 2022).

Segundo informações divulgadas pela U.S. Energy Information Administration (EIA) em 2021, o Brasil está na sétima posição no ranking mundial de consumo total de energia elétrica. Em relação à geração de energia elétrica, o país ocupa a 28ª posição na produção de energia a partir de fontes não renováveis e a segunda posição na geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis.

O sistema elétrico brasileiro é composto por sete instituições que atuam nas áreas de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, integrando o Sistema Interligado Nacional<sup>4</sup> (SIN) com o objetivo de garantir seu funcionamento de forma estável. A interação entre essas sete instituições é essencial para garantir a estabilidade e eficiência do fornecimento de energia elétrica no país.

Destaque para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que é uma autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia e tem a importante missão de regular e fiscalizar a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica em todo o país. Além disso, a ANEEL é

---

<sup>4</sup> As sete instituições que compõem o SIN: Conselho Nacional de Política Energética (CNPE); Ministério de Minas e Energia (MME); Comitê de Monitoramento do Setor Energético (CMSE); Empresa de Pesquisa Energética (EPE); Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS); Câmara de Comércio de Energia Elétrica (CCEE).

responsável por estabelecer as tarifas e promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços relacionados à energia elétrica.

As autarquias são entidades descentralizadas, ou seja, possuem uma estrutura própria e estão vinculadas a um órgão superior da administração pública, geralmente um ministério ou secretaria. Uma das principais características das autarquias é a sua autonomia administrativa, financeira e técnica. A diferença fundamental entre uma autarquia e um órgão público é a autonomia que uma autarquia possui em relação à administração direta, ou seja, elas possuem certa independência para gerir seus recursos, contratar funcionários, estabelecer normas e tomar decisões dentro dos limites da lei que as criou. Essa autonomia é importante para garantir a eficiência e a imparcialidade no exercício de suas atribuições.

No Brasil, a Resolução Normativa (REN) nº 482/2012 da ANEEL instituiu o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), também conhecido como *net-metering*<sup>5</sup>, que permitiu a conexão da GD ao sistema de distribuição elétrica. Essa regulamentação foi substituída em 2015 pela REN nº 687, tornando o processo de conexão menos burocrático e ampliando o acesso à GD para um número maior de unidades consumidoras (BRASIL, 2015).

No ano de 2022, foi instituído o marco legal da GD pela Lei nº 14.300, que estabeleceu em forma de lei o existente SCEE e instituiu a criação do Programa de Energia Renovável Social (PERS), além de alterar as Leis nº 10.848/2004<sup>6</sup> e nº 9.427/1996<sup>7</sup>. A nova legislação trouxe maior segurança jurídica ao setor de energias renováveis, pois anteriormente as regras para esse segmento eram estabelecidas por resolução normativa, um instrumento jurídico menos estável do que uma lei, que precisa passar pelo Congresso Nacional e ser sancionada pelo Presidente da República para ser criada e alterada. O marco legal da GD, por sua vez, permite que os agentes públicos trabalhem para o aprimoramento constante da regulamentação conforme os anseios da sociedade (BRASIL, 1988; BRASIL, 2022).

O crescimento da energia fotovoltaica no Brasil é resultado de algumas políticas públicas de incentivo às fontes de energia renovável. A principal medida

---

<sup>5</sup> É o termo em inglês para o sistema de compensação de energia elétrica (SCEE).

<sup>6</sup> Lei de Comercialização de Energia Elétrica.

<sup>7</sup> Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

adotada para aumentar o acesso à energia fotovoltaica foi a isenção de tributos para baratear os equipamentos. Atualmente esses incentivos ocorrem na esfera estadual pelo Convênio ICMS 138/2022 concede isenção do ICMS<sup>8</sup> nas operações com equipamentos e componentes relacionados a energias solar e eólica. No caso dos impostos federais como o IPI<sup>9</sup>, a isenção para equipamentos e componentes destinados à geração de energia elétrica a partir de fonte solar foi estabelecida por meio do Decreto nº 5.164 de 2004, atualmente foi renovado o desconto no IPI pelo decreto nº 11.456 de 2023, que ainda reduz as alíquotas cobradas de PIS<sup>10</sup>, COFINS<sup>11</sup> e imposto de importação. A isenção dos impostos federais somados é de 24,25%, já a redução do ICMS varia para cada Estado (BRASIL, 2004; BRASIL, 2022; BRASIL 2023).

A isenção de tributos é uma medida utilizada pelo poder público para fomentar o desenvolvimento de determinados setores ou para atingir objetivos específicos de políticas públicas. Isso pode trazer benefícios tanto para o comércio, que não pagará impostos obrigatórios, quanto para o consumidor final, que conseguirá adquirir produtos e serviços com um valor mais atrativo.

No Brasil existe também a Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE), apesar de não ser uma política específica para o desenvolvimento do SFCR, é uma importante política pública que visa a promoção do acesso justo e equitativo à energia elétrica em todo o país. Em síntese a TSEE, regulamentada pela Lei nº 12.212/2010, prevê descontos incidentes sobre a tarifa das distribuidoras de energia elétrica para os consumidores enquadrados na Subclasse Residencial Baixa Renda. Esses descontos são calculados de acordo com o consumo de energia elétrica mensal de cada unidade consumidora.

O desconto para consumos de até 30 kWh/mês é de 65%. Já para consumos entre 31 kWh/mês e 100 kWh/mês, o desconto é de 40%. Para consumos entre 101

---

<sup>8</sup> O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é um imposto estadual brasileiro instituído conforme o art. 155, II, da Constituição de 1988. Ao comprar um produto no mercado, o ICMS estará incluso no preço do produto.

<sup>9</sup> O Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) é um imposto federal, somente a União pode instituí-lo ou modificá-lo. Está previsto no art. 153, IV, da Constituição de 1988.

<sup>10</sup> Imposto destinado para o Programa de Integração Social (PIS).

<sup>11</sup> Imposto destinado para a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS).

kWh/mês e 220 kWh/mês, o desconto é de 10%. Acima de 220 kWh/mês, não há desconto e as unidades não são enquadradas para obter os incentivos da Subclasse Residencial Baixa Renda (BRASIL, 2010). Esse percentual de desconto é referente ao subsídio pago pelo governo às concessionárias de energia elétrica que fornecem energia para os consumidores de baixa renda inscritos no programa TSEE, cobrindo os custos da energia consumida pelos beneficiários do programa. Ou seja, o subsídio não é pago diretamente aos consumidores, mas sim às empresas fornecedoras de energia elétrica. Supondo que uma residência participante do TSEE tenha um consumo de energia elétrica de 100 kWh/mês, o valor total a ser pago seria de R\$ 100,00 (por exemplo). Desse valor, o beneficiário da tarifa social pagaria apenas 60% (R\$ 60,00), enquanto o governo pagaria os outros 40% (R\$ 40,00) diretamente para a concessionária de distribuição de energia elétrica.

Para ter acesso ao benefício, é necessário que pelo menos um membro da família esteja inscrito no Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico<sup>12</sup>), com renda familiar mensal per capita igual ou inferior a meio salário mínimo ou, no caso de famílias com renda mensal de até três salários mínimos e ou que possuam integrante que receba o Benefício de Prestação Continuada da Assistência Social (BPC).

A tabela a seguir apresenta a média nacional dos descontos concedidos às famílias participantes da TSEE, com base na faixa de consumo de energia elétrica. A primeira coluna indica o consumo médio sem o desconto, a segunda coluna indica o consumo médio com o desconto referente à faixa de consumo, e a terceira coluna indica o valor em reais do desconto oferecido. Assim, pode-se observar que uma residência beneficiada pela TSEE tem em média um desconto em torno de 26 reais na conta de luz.

---

<sup>12</sup> Cadastro Único para Programas Sociais ou CadÚnico é um instrumento que permite a coleta de dados e informações com a finalidade de identificar as famílias de baixa renda no país para a inclusão em programas de assistência social e redistribuição de renda. Foi criado pelo Decreto Presidencial nº 9364 de outubro de 2001.

Consumo e Desconto Médio Mensal - Brasil 2022			
Referência	Consumo Médio Residencial (kWh)	Consumo Médio TSEE (kWh)	Desconto Médio TSEE (R\$)
Janeiro/2022	169,78	134,60	25,80
Fevereiro/2022	168,12	129,86	25,30
Março/2022	180,21	139,85	26,14
Abril/2022	165,54	133,81	25,20
Maio/2022	158,58	130,07	26,78
Junho/2022	153,02	124,87	26,88
Julho/2022	153,61	124,40	26,64
Agosto/2022	154,52	125,25	26,71
Setembro/2022	159,02	131,34	27,49
Outubro/2022	160,50	132,40	27,52
Novembro/2022	164,84	136,92	28,05

**Figura 9** - A tabela da média de consumo dos participantes da TSEE em 2022 e qual o valor do desconto aplicado pelo benefício desta política pública para residências.

**Fonte:** Aneel (2022).

Outro aliado do SFCR é a Lei de Cooperativas brasileira de 1971, que também não é específica para ele, mas é considerada uma das principais conquistas sociais do país no último século. O marco jurídico estabelecido por essa lei continua sendo fundamental para o desenvolvimento das cooperativas no Brasil, e proporcionou diversos benefícios sociais e econômicos ao longo dos últimos 50 anos.

Essa legislação permite que pessoas se unam em uma cooperativa para produzir bens e serviços, tendo como objetivo o benefício comum dos cooperados. Ela pode ser considerada uma ferramenta benéfica para a expansão dos SFCR na geração distribuída de energia FV no formato de geração compartilhada. Dessa forma, a cooperativa pode ser uma forma de viabilizar a geração distribuída em locais onde as instalações individuais não seriam possíveis ou rentáveis. Além disso, a Lei de Cooperativas estabelece diretrizes para a organização e gestão de cooperativas, permitindo que os cooperados possam operar de forma eficiente e sustentável. Isso é especialmente importante para a uma usina fotovoltaica comunitária para residências de baixa renda, que requer uma coordenação efetiva e uma gestão adequada para garantir sua viabilidade.

A Lei de Cooperativas prevê os seguintes cargos e mandatos: Conselho de Administração com mandato de até 4 anos, composto por no mínimo 3 e no máximo

11 membros; Diretoria Executiva com mandato de até 4 anos, composta por no mínimo 2 e no máximo 5 membros; Conselho Fiscal com mandato de até 2 anos, composto por no mínimo 3 e no máximo 5 membros. Além disso, a cooperativa pode ter outros cargos, como gerente, tesoureiro, secretário, entre outros, de acordo com a sua necessidade e deliberação em assembleia. É importante lembrar que cada cooperativa pode estabelecer seus próprios estatutos e regulamentos internos, respeitando as disposições da Lei de Cooperativas (BRASIL, 1971).

A definição de cargos e mandatos pré-definidos pela Lei de Cooperativas de 1971 é fundamental para a gestão eficiente de cooperativas. Através desses cargos e mandatos, é possível delegar responsabilidades específicas a cada membro da cooperativa, garantindo que todas as áreas importantes da cooperativa sejam atendidas. Além disso, os mandatos definidos pela lei permitem uma rotatividade nos cargos administrativos, evitando que o poder fique concentrado em um pequeno grupo de pessoas e garantindo que diferentes membros tenham a oportunidade de contribuir para a gestão da cooperativa.

Esse tipo de abordagem também fomenta a gestão democrática, uma vez que cada membro tem direito a voz e voto nas assembleias gerais, onde as principais decisões da cooperativa são tomadas. Dessa forma, a participação da comunidade é incentivada, aumentando o engajamento dos membros e garantindo uma gestão mais transparente.

No que diz respeito a parte operacional, as cooperativas que possuem usinas fotovoltaicas na GD, geram energia para a na rede elétrica local, sendo compensada em créditos de energia pelo Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), que são repartidos entre os cooperados. Dessa forma, os cooperados terão as contas de luz reduzidas pelo uso dos créditos de energia. Parte das economias obtidas pelos moradores na conta de luz é revertida em forma de uma taxa administrativa cobrada pela Cooperativa, que poderá reverter essa verba em custos operacionais e possíveis melhorias.

É importante ressaltar que a Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL proíbe a venda direta de energia elétrica na GD no Brasil. A resolução estabelece as condições para os SFCR na GD, prevendo somente a utilização de créditos de energia para compensar na conta de luz dos cooperados. Portanto, no formato de cooperativas, não pode haver um modelo de negócio que configure uma venda direta de energia. Um exemplo seria a taxa administrativa da cooperativa ser tão

elevada ao ponto de poder ser interpretada como venda de energia, contrariando a legislação vigente. Por isso, é importante que a taxa administrativa cobrada pela cooperativa seja adequada e esteja de acordo com as normas regulatórias estabelecidas pela ANEEL e outras entidades competentes, de forma a garantir a viabilidade e também a segurança jurídica dos cooperados (ANEEL, 2012).

Então, para que a cooperativa seja viável, é necessário que a taxa administrativa mensal cobrada seja inferior ao desconto obtido pelos cooperados na conta de luz, mas sendo suficiente para cobrir os custos operacionais, remunerações (quando aplicável) e, no melhor dos casos, contribuir para ações sociais e benfeitorias extras.

## **2.4 TECNOLOGIA SOCIAL E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

Esta parte é uma lente crítica para explorações dos diferentes aspectos do termo tecnologia social (TS) na utilização da energia FV ao nível de cidades, bairros e comunidades, abordando perspectivas de utilização desta matriz renovável em modelos colaborativos enfatizando os benefícios de equidade e inclusão social no seu desenvolvimento.

O significado da palavra “social” ligada à tecnologia disponibiliza novos contextos para processos e métodos adotados na utilização de uma tecnologia, com o objetivo de legitimar e expandir os direitos ao seu acesso. De forma mais técnica, considera-se TS todo o produto, método, processo ou técnica criado para solucionar algum tipo de problema social, atendendo quesitos de simplicidade, baixo custo, fácil aplicabilidade e replicabilidade e impacto social comprovado (DAGNINO, 2004).

No Brasil, este enfoque social e ambiental na construção de processos democráticos inclusivos, começa a integrar os conceitos de desenvolvimento tecnológico, de forma mais evidente, no início do século XXI (COSTA, 2013). Atualmente, a discussão sobre a teorização do significado de tecnologia social está em constante evolução, mas, na maioria das vezes, converge para a necessidade de que:

“Os procedimentos e técnicas aplicados em tecnologias sociais se associem aos modelos de organização coletiva e que produzam resultados positivos para a inclusão social e melhoria da qualidade de vida, sendo necessário que as atividades implementadas pelas tecnologias sociais permitam o monitoramento e avaliação dos objetivos, incentivando o desenvolvimento sustentável (MOURÃO, 2019, p. 4)”.

A TS surge como uma alternativa à lógica de mercado, baseada no lucro, e busca promover a transformação social, a autogestão das comunidades e a melhoria da qualidade de vida de pessoas em situação de vulnerabilidade social. Com base em Dagnino (2014) e Latha (2020), a TS deve ser compreendida como um processo social que envolve a mobilização, organização e capacitação de indivíduos e grupos para identificar e aplicar soluções para problemas e desafios do cotidiano. É importante novamente destacar que a cooperação e ação comunitária são essenciais no conceito da TS, pois a fenomenologia da interatividade é um meio importante para a sociedade alcançar mais benefícios de uma determinada tecnologia. Em outras palavras, compreende-se que uma determinada tecnologia pode potencializar seu alcance se possuir meios de interações sociais, operando em ambientes participativos e em processos com múltiplos atores.

Um exemplo de tecnologia social é a irrigação das hortas comunitárias. A irrigação é uma das tecnologias mais antigas e importantes da humanidade, um dos primeiros registros históricos da irrigação remonta a 4.000 a.C. na Mesopotâmia, onde canais foram construídos para distribuir a água do Rio Tigre e Eufrates, usados para sustentar a agricultura em uma área que de outra forma seria desértica. A técnica consiste em fornecer água de forma controlada às plantas, garantindo o suprimento hídrico necessário para o seu crescimento e desenvolvimento, sendo um fator determinante para o desenvolvimento da agricultura (ROUDART, 2010).

A utilização da irrigação em hortas comunitárias contemporâneas segue um trajeto milenar de desenvolvimento, que tem como base a ideia de que comunidades agrícolas estabelecidas em torno de terras irrigadas trabalham de forma colaborativa e participativa na produção de alimentos para as cidades. O amplo acesso à tecnologia da irrigação, que é uma tecnologia facilmente replicável e de baixo custo, permitiu que os camponeses de antigamente compartilhassem suas técnicas de uso, assim difundindo cada vez mais o conhecimento ao mesmo tempo que estreitaram seus laços como comunidades.

Ao longo dos séculos, a irrigação evoluiu e se tornou cada vez mais sofisticada, incorporando sistemas de bombeamento, canais de distribuição e técnicas de manejo de água. Com a urbanização crescente, a necessidade de espaços verdes e de produção de alimentos próximos às áreas urbanas, a irrigação tornou-se uma demanda importante para as comunidades carentes. A tecnologia atual, com a sua capacidade de fornecer água de forma eficiente e controlada, permite que as hortas comunitárias sejam estabelecidas mesmo em espaços limitados, promovendo o desenvolvimento de uma agricultura urbana sustentável. Dessa forma, as hortas comunitárias também promovem a participação ativa dos indivíduos na comunidade, criando um senso de pertencimento e de valorização pessoal, além de garantir o acesso a alimentos saudáveis e frescos e contribuem para a segurança alimentar em pontos da cidade (ROUDART, 2010).

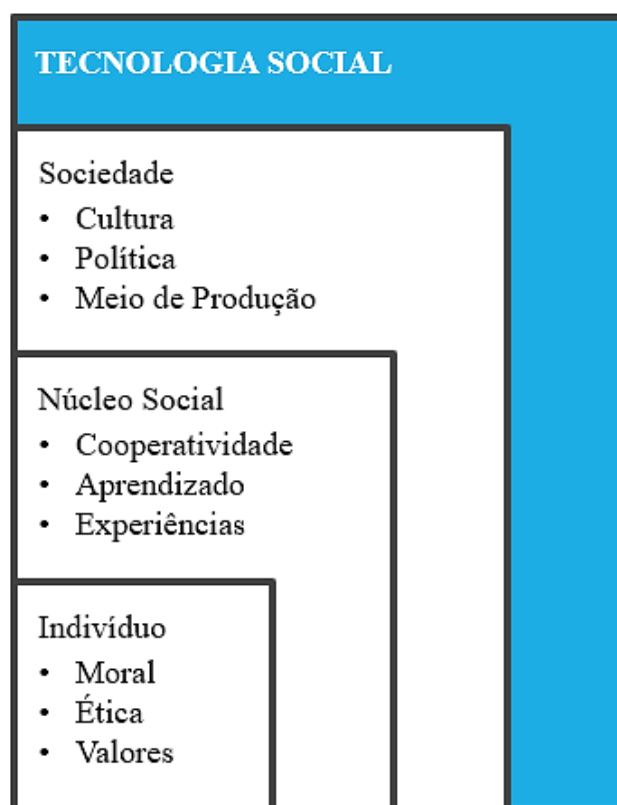
O importante disso tudo é que os resultados de implementação de uma TS possuem impactos significativos tanto para os indivíduos envolvidos quanto para suas comunidades. Através da colaboração, os participantes podem compartilhar seus conhecimentos e experiências, aprender novas habilidades e estabelecer laços de amizade e solidariedade com outros membros da comunidade. Dentro desse contexto, ao potencializar o acesso e a interação social de uma determinada TS, há uma ampliação relativas aos seus resultados, propiciando benefícios sociais que ultrapassam o seu objetivo técnico primário, no caso específico da irrigação, a produção de alimentos (COSTA, 2013).

Sobre essa ótica, é possível ter uma análise mais humanizada dos componentes sociais que influenciam o campo da ciência e desenvolvimento tecnológico, como apontado por Griliches (1957), Foster (1995) e Kraft-Todd et al. (2018). Os debates acerca dos valores humanos diante dos avanços tecnológicos estão relacionados aos desdobramentos desses avanços na sociedade, o desenvolvimento tecnológico pode trazer inúmeros benefícios, mas também pode gerar problemas éticos, sociais e ambientais. Além disso, de acordo com Feenberg, a tecnologia pode ser usada para perpetuar desigualdades sociais e exclusão, e isso pode ser agravado quando não há uma reflexão crítica sobre seus impactos e ações concretas de sua utilização (FEENBERG, 2015).

A preocupação acadêmica com o eventual alheamento na relação dos valores humanos diante dos avanços tecnológicos, indica a necessidade de avaliação da capacidade de valorização do indivíduo por uma tecnologia em utilização. Portanto,

a tecnologia social, no que se refere ao indivíduo, exige sua participação no processo em que está inserido, pois a representação de cada indivíduo poderá, de diversas formas, transformar seu núcleo social, possibilitando assim uma valorização deste indivíduo pelo seu trabalho e sua importância na comunidade (FEENBERG, 2015; MOURÃO, 2017).

Logo, a representação de cada indivíduo que faz parte do processo de utilização de uma tecnologia social, primeiramente pode transformar o núcleo social, determinado pelo local onde está acontecendo, podendo ser um bairro, comunidade, vila, condomínio, município. Estes, ao serem transformados, podem influenciar o contexto social mais amplo no qual estão inseridos, onde deve-se atentar para fatores culturais, geopolíticos, legislativos e cívicos. Na figura 9 é possível demonstrar de forma didática a abrangência da TS em espaços de contingências, no qual um está inserido no outro.



**Figura 10** - Esquema com espaços de contingências referindo-se à abrangência da TS no contexto social.

**Fonte:** o autor.

A energia fotovoltaica deve ser encarada como uma tecnologia social emergente que, assim como a irrigação, possui grande potencial para contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população em comunidades carentes nos centros urbanos. Os exemplos de utilização SFCR em comunidades de baixa renda citados nesta pesquisa servem também como uma abordagem para analisar os alcances de aplicação desta tecnologia no âmbito social.

A utilização de SFCR em projetos comunitários pode prover acesso à eletricidade limpa e renovável em áreas onde o acesso é limitado, ao mesmo tempo em que estimula o engajamento e participação ativa da comunidade no processo de geração de energia e no desenvolvimento sustentável. Além disso, a energia fotovoltaica também pode contribuir para a redução de custos com energia elétrica, gerando economia para as famílias e promovendo a autonomia energética das comunidades, indo de encontro a um ideal central baseado na hipótese da equidade de recursos, presente nos objetivos da Intergovernmental Panel on Climate Change<sup>13</sup> (IPCC). Essa abordagem enfatiza os princípios de uma sociedade mais igualitária e independente na obtenção de conhecimento e na utilização de uma tecnologia para na tentativa de solucionar seus problemas. Assim, nota-se que:

“que as tecnologias sociais além de solucionarem problemas pontuais reafirmam a cultura e a identidade das comunidades gestoras. São caminhos percorridos que se transformam em fatores diferenciais para possibilidades de um desenvolvimento sustentável (MOURÃO, 2019, p. 9).”

Então, a análise dos benefícios da energia FV em projetos comunitários envolve não apenas a economia de gastos em residências, comércios ou indústrias pela redução da conta de energia, mas também envolve todos os esses aspectos sociais relevantes. Sob a perspectiva da tecnologia social, novos conceitos apontam

---

<sup>13</sup> Organização científico-política criada em 1988 pelas Nações Unidas possui 195 países membros que se reúnem em sessões plenárias pelo menos uma vez por ano para tratar de mudanças climáticas.

a oportunidade de utilizar uma posse mista<sup>14</sup> de usinas FV em políticas públicas, como forma substancial de aliviar a pobreza e a desigualdade social.

Porém, é importante ressaltar que o processo para a utilização de matrizes renováveis, como a energia FV, permeia o extenso tema da transição energética, sendo as soluções mais complexas do que realmente aparentam. Essa transição é uma mudança para um novo paradigma no sistema de produção de energia elétrica, representa a passagem de um modelo fundamentado em matrizes fósseis para um modelo com ampla participação de matrizes renováveis, possibilitando a produção de energia limpa de baixo carbono.

Esse fato envolve toda a preocupação atual com as mudanças climáticas, o que exigiu que as Nações Unidas tenham uma liderança mundial em prol de modelos energéticos descentralizados, adaptáveis, replicáveis e participativos, sendo alinhado aos conceitos de tecnologia social em proveito de uma tentativa de democracia na distribuição destes recursos. A busca por uma transição energética justa procura garantir a proteção do indivíduo e da sociedade neste processo. As organizações mundiais buscam direcionar a transição energética rumo a estes ideais, utilizando formas de acordos governamentais coletivos para a assinatura de tratados internacionais, delimitando os princípios e obrigações legais dos países participantes.

A United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) é uma entidade ligada às Nações Unidas. Criada em 1992 na United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), evento realizado no Rio de Janeiro, informalmente conhecido como ECO92. Desde então os principais destaques com participação global da maioria das nações foram os avanços na questão climática como o Protocolo de Kyoto de 1997, que foi de fato o primeiro planejamento articulado internacionalmente para redução de emissão de GEE por país. Posteriormente o Acordo de Paris de 2016 que estabelece um teto de 1,5°C como limite para o aquecimento global e redução pela metade das emissões de GEE até 2030. Apesar de alguns países apresentarem dificuldades em atingir estas metas, tais acordos deixam um legado importante no incentivo de desenvolvimento de

---

<sup>14</sup> Se a usina possuir mais de um beneficiário. Podendo ser pessoa física, pessoa jurídica ou poder público.

novas tecnologias capazes de responder de forma eficaz os problemas (KYOTO, 1997; PARIS, 2016).

O mais importante nisso tudo é que existe o entendimento entre as partes envolvidas e de que os países desenvolvidos têm a necessidade de promover financiamentos e transferência de tecnologia para os países em desenvolvimento, enfatizando a relação intrínseca que as ações contra as mudanças climáticas têm impactos positivos se o acesso à essas tecnologias forem equitativas e aplicadas para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza (UNFCCC, 2022).

Atualmente, a UNFCCC conta com a participação de todas as nações e principais organizações mundiais. A cada ano as 198 partes envolvidas se reúnem para avaliar e debater sobre as mudanças climáticas. São as chamadas Conferência das Partes (COP), que está na sua 27ª edição, realizada na cidade de Sharm El-Sheikh, no Egito. São questões centrais da UNFCCC as respostas efetivas às mudanças climáticas integradas ao desenvolvimento social e econômico sustentável, reconhecendo as necessidades de colaboração e participação de todos os atores envolvidos. O objetivo é estabilizar as concentrações de GEE na atmosfera em um nível que os ecossistemas se adaptem naturalmente e sem que ocorra um aumento na temperatura global (UNFCCC, 2022).

Essa discussão sobre transição energética deve levar em conta seu enquadramento em cada sistema social, seja uma pequena comunidade ou até mesmo um país inteiro. Já a reflexão a respeito do termo “justo” ou “democrática” atrelado ao processo de transição energética deve ser, de fato, sobre quem terá acesso e se beneficiará desta transição. Posto isso, é pertinente direcionar o SFCR como uma tecnologia social em prol de um entendimento de que as políticas públicas e gestão de recursos devem alcançar de forma igualitária a população a partir de processos participativos.

Para tal, é importante que essas intencionalidades democráticas da transição energética sejam questionadas em relação a quem possui acesso aos benefícios e incentivos da utilização de uma tecnologia, visto que os mecanismos que constituem uma sociedade podem ser desiguais e segregadores. Os processos colaborativos do SFCC, se condicionados desta forma, podem reforçar as desigualdades existentes pelo privilégio de participação, no sentido de que pessoas com mais recursos culturais e econômicos tendem a ser quem mais se envolvem por terem mais acesso à informação e recursos (JESUS; et al., 2019).

Outro ponto a ser colocado é que a dependência de poucas variedades de fontes de energia pode gerar insegurança no sistema elétrico do país. É necessário, portanto, buscar um equilíbrio entre as diferentes matrizes energéticas, por mais que sejam outras renováveis, de forma a garantir uma transição energética eficiente e segura. Por isso é importante analisar se a utilização dos SFCR em residências de baixa renda e as políticas públicas e leis de fomento estão dentro do contexto de uma transição energética justa.

## **2.5 ECONOMIA SOLIDÁRIA E AUTOGESTÃO**

A introdução de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em comunidades de baixa renda, por meio de cooperativas locais, emerge como uma perspectiva de economia solidária com o potencial de transformar a dinâmica socioeconômica e energética dessas comunidades. A presente análise busca compreender e argumentar como essa abordagem pode ser considerada uma forma de economia solidária, considerando os benefícios que ela proporciona aos participantes da cooperativa e à comunidade em geral.

A economia solidária, fundamentada em princípios de cooperação, solidariedade e autogestão, coloca o ser humano e a justiça social no centro das atividades econômicas. Representa uma alternativa ao sistema econômico tradicional, centrado na competição e no lucro, ao enfatizar a cooperação, a autogestão e a justiça social. Nesse conceito, os participantes se unem em cooperativas, associações ou outras formas de organização coletiva para produzir, distribuir e consumir bens e serviços. As decisões são tomadas de forma democrática, e os benefícios são compartilhados de maneira equitativa entre os membros. Ou seja, é um modelo que visa não apenas à geração de renda, mas também à promoção da cidadania ativa e o fortalecimento das comunidades (FURNO, 2023).

A implementação de sistemas fotovoltaicos em comunidades de baixa renda por meio de cooperativas locais reflete esses princípios, visto que busca ir além da simples distribuição de créditos de energia gerados por uma usina comunitária para redução das contas de luz das residências dos cooperados.

Uma das vantagens significativas deste modelo é a oportunidade de treinamento dos moradores para atender as demandas técnicas e instalar os sistemas fotovoltaicos, preparando-os tecnicamente e permitindo que se tornem atores ativos na geração de energia renovável. Essa capacitação não apenas reduz a dependência de mão de obra externa, mas também fomenta a autogestão, impulsionando a autonomia e o senso de pertencimento dos membros da cooperativa.

A autogestão de comunidades carentes refere-se à capacidade das próprias comunidades de fazer a gestão de seus recursos, necessidades e aspirações. Isso envolve a organização interna, a tomada de decisões e a resolução de problemas sem depender excessivamente de intervenções externas. A autogestão busca capacitar as comunidades a identificar suas próprias demandas e desenvolver soluções sustentáveis e contextuais. A autogestão de comunidades carentes frequentemente se concentra na promoção da participação ativa, no desenvolvimento do indivíduo e na mobilização social (MOURÃO, 2019).

Logo, a possibilidade de reverter os lucros da usina para a comunidade local é um aspecto importante para a economia solidária e autogestão. Assim, ao permitir que os lucros gerados pela usina comunitária sejam aplicados na própria comunidade, em projetos sociais, educacionais ou de infraestrutura, resulta em uma abordagem que promove um desenvolvimento local mais equitativo e inclusivo. Esse reinvestimento dos recursos extras fortalece o capital social e estimula uma gestão coletiva dos benefícios, alinhada aos interesses e necessidades dos cooperados.

Uma perspectiva relevante nesse debate é a mudança no meio de produção de um recurso essencial como a energia elétrica. Historicamente, a produção de energia tem sido centralizada em grandes usinas construídas e controladas por detentores de grandes capitais, enquanto a classe mais pobre geralmente é utilizada apenas como mão de obra, sem participar dos benefícios diretos dessa produção (LEITE, 2021). Com a introdução de sistemas fotovoltaicos em comunidades carentes, surge a possibilidade de descentralização da produção de energia, permitindo que essas comunidades se tornem pontos de geração de sua própria energia.

Nesse contexto, a economia solidária por meio dos sistemas fotovoltaicos oferece uma oportunidade transformadora, onde comunidades de baixa renda podem assumir um papel ativo na geração e gestão de energia. Ao se tornarem

protagonistas na produção de energia renovável, essas comunidades podem alcançar maior autonomia energética e enfrentar desafios socioeconômicos de forma mais sustentável.

Em resumo, a introdução de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em comunidades de baixa renda por meio de cooperativas locais apresenta-se como uma estratégia alinhada aos princípios da economia solidária e autogestão. A relação entre a Economia Solidária e a autogestão de comunidades carentes é intrínseca, pois ambos os conceitos compartilham princípios fundamentais de participação ativa, colaboração, democracia e justiça social (MOURÃO, 2019; FURNO, 2023). A combinação desses conceitos cria um ambiente onde as comunidades carentes podem se tornar autossuficientes. A análise aprofundada desta temática é de suma importância para orientar políticas públicas e práticas privadas voltadas ao desenvolvimento inclusivo e à promoção da economia solidária. Isso leva a um horizonte onde a combinação desses conceitos cria um ambiente promissor nas comunidades de Baixa Renda no Brasil

#### A. O Caso REVOLUSOLAR

Em 2021, a REVOLUSOLAR<sup>15</sup> destacou-se como uma das primeiras a implementar um SFCR em formato de cooperativa nas comunidades do Morro da Babilônia (Morro da Babilônia e Chapéu Mangueira)<sup>16</sup>, localizadas no bairro do Leme, na cidade do Rio de Janeiro, com o objetivo promover a sustentabilidade e o desenvolvimento local por meio da energia limpa e renovável.

A comunidade do Morro da Babilônia é uma das favelas mais antigas do Rio de Janeiro. Foi fundada por ex-escravos e trabalhadores negros que se estabeleceram na região após o fim da escravidão, no final do século XIX

---

<sup>15</sup> Associação Sem Fins Lucrativos registrada pelo CNPJ 23.960.208/0001-58. Localizada na Ary Barroso, 66, Leme, Rio de Janeiro – RJ. CEP: 22010-060

<sup>16</sup> O Morro da Babilônia é uma formação geográfica localizada na cidade do Rio de Janeiro, entre os bairros de Botafogo, Urca, Leme e Copacabana. Nesse morro, desenvolveram-se duas comunidades: o Morro da Babilônia, que compartilha o mesmo nome com a formação geográfica, e o Chapéu Mangueira.

(ARAÚJO, 2005). A localidade já foi ocupada por traficantes de drogas e tida como violenta, no entanto, com a melhora deste quadro nas últimas décadas, a comunidade tem sido palco de iniciativas positivas, como a REVOLUSOLAR, que promove a inclusão social e a sustentabilidade ambiental por meio de projetos de energia solar.

A comunidade do Chapéu Mangueira, localizado na divisa entre Copacabana e Leme, surgiu em meados do século XX. Atualmente a comunidade é conhecida por sua atmosfera pacífica, por abrigar importantes projetos sociais, e por suas belas vistas, atraindo turistas e moradores locais (PERLMAN, 2010).

De acordo com o último censo disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população total das favelas Morro da Babilônia e Chapéu Mangueira era de 3.083 habitantes naquele ano. Apesar dos desafios socioeconômicos e das dificuldades enfrentadas pelas favelas do Rio de Janeiro, são comunidades vibrantes e diversificadas localizadas em uma área importante da cidade, que têm muito a oferecer em termos de cultura, história e potencial humano.

A REVOLUSOLAR tem como objetivo promover a inclusão social e a sustentabilidade ambiental por meio de projetos que envolvem o SFCR.

“O modelo de geração compartilhada, representado pela cooperativa, além de ser mais viável técnica e economicamente do que o modelo de instalações individuais, também harmoniza com as tradições de coletividade, cooperação e autogestão das favelas cariocas (REVOLUSOLAR, 2022).”

O projeto conta com um total de quatro unidades geradoras de energia fotovoltaica, sendo duas unidades comerciais, uma na sede administrativa da associação dos moradores e outra em um centro de reforço escolar. Somadas as quatro instalações possuem uma capacidade instalada de 38 KW.

Criada em 1991, a Escolinha Tia Percília oferece reforço escolar, lazer e alimentação para as crianças das comunidades. A escolinha funciona da seguinte maneira: quem estuda de manhã, vai para lá de tarde; os alunos que estudam de tarde vão para a escolinha de manhã. Lá são oferecidas aulas de ballet, capoeira, violão, xadrez, dança, canto e informática. No intervalo ainda tem uma refeição: café da manhã, almoço ou jantar. A única exigência feita é que eles tenham boas

notas na escola. A ideia surgiu pela necessidade de muitas mães terem que sair para trabalhar quando os filhos não estão na escola. O edifício conta com um SFCR de 4 KW (2 UBC). Isso gera uma economia anual da conta de luz de cerca de R\$ 5.000,00 (cinco mil reais) que é revertida para benfeitorias na própria instituição (REVOLUSOLAR, 2022).

Tanto a pousada e bar Estrelas da Babilônia, quanto o Hotel Babilônia Rio possuem um SFCR de 3 KW (2 UBC) e de 5 KW (3 UBC) respectivamente. Ambos também contam com uma economia anual que permite investir na manutenção de sua infraestrutura e capacitação de funcionários, melhorando o atendimento aos turistas na região. Estima-se uma economia anual de R\$ 10.000,00 somando os dois SFCR (REVOLUSOLAR, 2022).

O último SFCR é a Cooperativa Percília e Lúcio, o sistema tem como objetivo atender a 30 famílias da região. A usina fotovoltaica fica na sede administrativa da associação dos moradores, sendo lá onde também funciona a administração da cooperativa. A usina possui uma capacidade instalada de 26 KW (26 UBC), com produção estimada de 35.000 kWh por ano. A cooperativa gera uma economia mensal de aproximadamente R\$ 50,00 (cinquenta reais) na conta de luz dos participantes (REVOLUSOLAR, 2022).



**Figura 11-** Instalação da usina Fotovoltaica em formato de cooperativa na sede comunitária na comunidade da Babilônia.

**Fonte:** REVOLUSOLAR (2021)



**Figura 12-** Instalação da usina Fotovoltaica em formato de cooperativa na sede comunitária na comunidade da Babilônia

**Fonte:** REVOLUSOLAR (2021).

No ano de 2022 o projeto REVOLUSOLAR captou R\$ 1.640.000,00 (um milhão e seiscentos e quarenta mil reais) em recursos para serem aplicados na comunidade entre os anos de 2022 e 2023. Esse capital é oriundo de empresas e fundos internacionais, que fomentam projetos ligados à transição energética igualitária em países em desenvolvimento conforme acordado pela *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) (REVOLUSOLAR, 2022).

Isso permitiu ao projeto investir em outras áreas, como investimento na área da educação por parte do projeto, no ano de 2022, foram realizadas 4 oficinas de educação cooperativista e 14 oficinas de educação ambiental. Já no programa de formação profissional foram capacitados 5 alunos e ingressaram 17 novos participantes. Também foi realizado um processo seletivo para vaga de educador ambiental, contratação de uma estagiária estudante da Universidade Federal do Rio de Janeiro e um estagiário internacional da Universidade de Bremen na Alemanha (REVOLUSOLAR, 2022).

Ao total o projeto REVOLUSOLAR conta com uma equipe operacional de 47 membros, sendo que 17 deles contam com remuneração salarial fixa. Para aumentar o nível de gestão, organização e engajamento, o projeto conta com apoio voluntário de consultorias especializadas, sendo que atualmente eles investiram na contratação de uma consultoria permanente para diagnósticos e planejamento estratégico (REVOLUSOLAR, 2023).

A prosperidade do projeto permite que seu escopo seja cada vez mais abrangente para a comunidade, atualmente A REVOLUSOLAR é capaz de ajudar outros projetos, como a usina de 15 KW (14 UBC) instalada no Circo Crescer e Viver, um circo que promove ações sociais ligadas à arte e a cultura brasileira. Desta forma poderão também economizar no gasto com energia elétrica e reverter isso para melhorias, é estimada uma economia de R\$ 14.000,00 (REVOLUSOLAR, 2022).

## **B. O caso SOLAR PILAR**

O nome SOLAR PILAR se dá pelo local escolhido para a implementação do projeto implementado. O bairro Pilar é uma região localizada no município de Duque de Caxias, na Baixada Fluminense do Rio de Janeiro. Segundo dados do IBGE, a população estimada do bairro é de cerca de 35.000 habitantes (IBGE,

2010). A região foi originada a partir do loteamento das fazendas locais, esse processo se intensificou na década de 40 quando passou a receber uma grande quantidade de imigrantes, em sua maioria operários, para trabalhar em fábricas e indústrias próximas (LAZARONI, 2013). Até hoje é influenciado pela atividade industrial, especialmente pela presença da refinaria REDUC<sup>17</sup>, que é uma das maiores refinarias de petróleo do país. O bairro também possui um comércio local variado, com destaque para o comércio popular de rua.

Sua realidade é marcada pela presença de favelas e comunidades locais, que representam uma parcela significativa da população. Ao longo dos anos, a falta de planejamento urbano e a ausência de políticas públicas adequadas levaram a comunidade a enfrentar problemas como falta de saneamento básico, dificuldade de acesso a serviços de saúde, baixo índice de escolaridade e violência.

Dados do Atlas da Vulnerabilidade Social nas Regiões Metropolitanas Brasileiras, publicado em 2015 pelo IPEA, indicam que o bairro Pilar apresenta índices elevados de vulnerabilidade social, com destaque para a favela Beira Mar, que possui um Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) de 0,92, considerado muito alto. Outras favelas e comunidades do bairro também apresentam IVS elevados, o que reforça a necessidade de políticas públicas de inclusão social e melhoria da qualidade de vida dessas populações (IPEA, 2015).

Esse quadro faz a comunidade atualmente ser alvo de iniciativas de desenvolvimento social e urbano, como o Projeto SOLAR PILAR, uma iniciativa conjunta da CDEE Light S/A e do Programa de Energia para o Brasil (BEP) do governo britânico. Conta com fundos internacionais disponibilizados para a transição energética de países em desenvolvimento, como acordado na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC). O projeto procura testar modelos diferentes de utilização de SFCR em comunidades de baixa renda e busca atender preferencialmente mulheres, grupos e minorias em situação de vulnerabilidade. Distingue-se em diversos aspectos da REVOLUSOLAR, destacando-se a participação social, a experimentação de diferentes modelos de

---

<sup>17</sup> A Refinaria de Duque de Caxias (Reduc) é a principal refinaria de petróleo do sistema Petrobras, foi inaugurada em 1961. Localiza-se na Rodovia Washington Luís, km 113,7, no distrito de Campos Elíseos (Duque de Caxias).

aplicação do SCEE e a implementação de monitoramento do padrão de consumo nas comunidades.

De acordo com escopo do projeto piloto, no total, 240 famílias estão envolvidas em um projeto de pesquisa em andamento que pode ser comparado a um "laboratório ao ar livre." Nesse cenário, estão utilizando equipamentos de ponta para testar um modelo de negócios inclusivo. O projeto-piloto está programado para se estender por dois anos e está sendo conduzido com uma participação ativa e abrangente da comunidade, denominado "SOLAR PILAR."

Desse total, 150 residências vão receber somente medidores inteligentes, também conhecidos como medidores avançados, a fim de medir o consumo de energia elétrica em tempo real e enviá-lo automaticamente para a concessionária de energia elétrica. Esses medidores também podem permitir que os consumidores monitorem seu próprio consumo de energia, possibilitando que identifiquem e reduzam seu consumo durante os períodos de pico, quando as tarifas de energia elétrica são mais altas. O objetivo é que os medidores inteligentes possam incentivar os consumidores a adotarem práticas mais eficientes de uso de energia elétrica e a economizar dinheiro em suas contas de luz.

Em relação ao SFCR, outras 30 residências que foram equipadas na modalidade de autoconsumo individual, instalados em seus telhados, um inversor híbrido, uma bateria, um controlador inteligente e um medidor inteligente, conferindo-lhes a capacidade de gerar e armazenar eletricidade em caso de queda do fornecimento. Ou seja, nessa modalidade cada residência gera sua própria energia e qualquer crédito de energia compensado pelo SCEE deve ser utilizado nela mesma.

Além disso, o projeto também inclui outras 60 residências na comunidade que serão atendidas por uma usina fora da comunidade pela geração compartilhada através do autoconsumo remoto. No que diz respeito à infraestrutura urbana da comunidade, a precariedade no sistema de distribuição de energia elétrica exigiu uma solução que não prejudicasse e não oferecesse risco às frágeis instalações elétricas da comunidade. Foi então decidido que a usina seria instalada na cobertura dos edifícios administrativos da subestação da LIGHT S/A<sup>18</sup>, localizada na rua Frei

---

<sup>18</sup> Concessionária de distribuição de energia elétrica que possui a concessão para comercializar energia elétrica na cidade do Rio de Janeiro.

Caneca no bairro Estácio na zona central do município do Rio de Janeiro, onde existe uma infraestrutura elétrica adequada capaz de suportar a energia gerada. Na edificação foi instalada uma usina FV de 160 kW (158 UBC). De acordo com o escopo do projeto piloto, esse modelo busca:

“...integrar a comunidade diretamente à gestão da infraestrutura e provimento de eletricidade para fins domésticos é um primeiro passo para a construção de uma comunidade energética sustentável e de mobilização cidadã, em torno da eletrificação inteligente e socialmente referenciada (SOLARPILAR, 2022).”



**Figura 13** - Usina FV na subestação da CDEE LIGHT S/A.

**Fonte:** SOLAR PILAR (2022).



**Figura 14-** Usina FV na subestação da CDEE LIGHT S/A.

**Fonte:** SOLAR PILAR (2022).

### C. Conceitos de tecnologia social e transição energética justa

A análise dos modelos de SFCR em comunidades de baixa renda no Brasil permite avaliar sua adequação ao conceito de tecnologia social, considerando os seguintes aspectos:

- **Empoderamento das comunidades locais:**

As cooperativas de SFCR na GD podem desempenhar um papel fundamental na promoção da participação ativa dos moradores de acordo com cada forma de utilização. Se utilizados de forma participativa as comunidades adquirem conhecimentos técnicos e habilidades relacionadas à produção e manutenção dos SFCR, contribuindo para sua autogestão.

Um exemplo que evidencia essa dinâmica é o caso da cooperativa REVOLUSOLAR, na qual os moradores têm a oportunidade de se envolver ativamente no funcionamento e na tomada de decisões relacionadas aos SFCR. No entanto, no caso do projeto SOLAR PILAR, a participação efetiva da comunidade

pode ser questionada. A distância de aproximadamente 30 km entre a usina fotovoltaica localizada no bairro do Estácio, no Rio de Janeiro, e a comunidade atendida no bairro de Pilar, em Duque de Caxias, pode dificultar o interesse e o conhecimento dos moradores em relação à tecnologia fotovoltaica. Além disso, é necessário considerar as permissões de acesso dos moradores à usina, uma vez que se trata de um edifício administrativo de uma empresa. Outra questão relevante é verificar a efetiva participação dos moradores, caso exista, nos processos operacionais e nas tomadas de decisões relacionadas a ambas as usinas.

No caso específico do projeto SOLAR PILAR, há um considerável potencial social que poderia ser reduzido caso se restrinja o foco somente na redução da conta de luz de um edifício administrativo de uma empresa, no caso a LIGHT/AS, deixando os demais cooperados, residentes da comunidade, com um simples desconto na conta de luz ao final do mês. Tal configuração pode restringir a participação e os benefícios para os moradores da comunidade, visto que não estaria em conformidade com os conceitos interativos da tecnologia social.

- Colaboração entre atores:

A REVOLUSOLAR e o Projeto SOLAR PILAR exemplificam parcerias estabelecidas em múltiplas esferas. Esses projetos envolvem a colaboração de diversos atores, como empresas, fundos internacionais, governos e comunidades. No entanto, é de extrema importância que projetos de desenvolvimento de energias sustentáveis, como os mencionados anteriormente, comuniquem de maneira clara suas intenções, a fim de permitir que a sociedade acompanhe a alocação dos investimentos nacionais e internacionais, e para que a comunidade acadêmica possa direcionar seus estudos de forma mais precisa.

No caso específico do projeto SOLAR PILAR, surgem questionamentos sobre a distribuição dos fundos e benefícios recebidos pela iniciativa, já que uma parte substancial da produção da usina fotovoltaica do projeto é direcionada para a redução dos gastos de energia da sede de uma empresa. Essa abordagem pode ser objeto de questionamentos, uma vez que o Programa de Energia para o Brasil, parte do Programa de Cooperação UK-Brasil, poderia apoiar de forma mais efetiva a transição energética no Brasil se utilizar as energias renováveis para impulsionar o

desenvolvimento econômico participativo, reduzindo a pobreza e promovendo a inclusão social.

Essa situação levanta a questão de como equilibrar a busca pelo lucro e a responsabilidade social das empresas, e se o projeto está efetivamente cumprindo seu objetivo social. Projetos mais inclusivos e participativos, podem contar com fundos internacionais para promover a implementação de SFCR em comunidades de baixa renda, conforme acordado pelos países nas conferências das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Sendo que esses fundos internacionais constituem uma importante fonte de capital tanto para a REVOLUSOLAR quanto para o SOLAR PILAR.

Além disso, no que se trata da participação do governo brasileiro, pode ser caracterizada como uma facilitadora desses modelos por meio da assinatura de compromissos firmados nas conferências da UNFCCC visando à redução de emissões de gases poluentes na atmosfera. Isso permite a diversos programas nacionais acessarem os fundos internacionais destinados ao desenvolvimento de projetos de energias sustentáveis. No entanto, o Brasil não possui um projeto nacional específico para essa finalidade, estando o Programa de Energia Renovável Social (PERS) ainda em fase de desenvolvimento pelos agentes públicos.

- Solução para problemas sociais:

Os dois projetos analisados apresentam abordagens distintas para soluções de problemas sociais e apresentam potenciais diferentes de acordo com suas propostas. O projeto REVOLUSOLAR apresenta mais potencial na geração de emprego, disseminação do conhecimento, autogestão comunitária e outros ganhos importantes. Porém, tanto o projeto SOLAR PILAR quanto a REVOLUSOLAR têm potencial para gerar impactos positivos na renda familiar, a redução das desigualdades, melhoria da qualidade de vida.

Ao considerar a compreensão global deste estudo no âmbito social, é possível que ambos os modelos apresentem contribuições valiosas. No entanto, o projeto REVOLUSOLAR, com suas características mais participativas e colaborativas, emerge como um modelo mais adequado para alcançar os objetivos de redução das desigualdades e inclusão social nas comunidades de baixa renda.

No entanto, deve-se destacar que o projeto SOLAR PILAR adota uma abordagem interessante ao direcionar parte dos benefícios da usina fotovoltaica prioritariamente para residências em situação de pobreza extrema, indivíduos com deficiência física, comunidade LGBTQIA+ e mulheres. Essa iniciativa visa proteger as minorias e representa um avanço social relevante.

- Inovação:

Ambos os projetos incorporam tecnologia fotovoltaica de ponta na geração de energia compartilhada, embora adotem um modelo mais tradicional, em que a energia elétrica é contabilizada apenas em créditos para desconto na conta de luz, sem outras possibilidades de utilização do excedente de energia, como a comercialização. No entanto, mais uma vez, a REVOLUSOLAR se destaca como uma inovação no Brasil devido a sua abordagem acessível.

Já o projeto SOLAR PILAR apresenta um potencial interessante, pois além SFCR, o programa também utiliza medidores inteligentes para promover a eficiência energética e monitorar o consumo. Isso pode ser especialmente relevante para lidar com um problema social significativo, que são os furtos de energia elétrica comumente encontrados em comunidades de baixa renda no país. De acordo com o último balanço da LIGHT/AS divulgado a investidores, as perdas não técnicas atingiram o patamar mais alto dos últimos cinco anos. Isso gera um prejuízo de R\$ 600 milhões por ano à Light, com uma perda acumulada de mais de 5TW de energia, gerando um prejuízo de cerca de R\$ 600 milhões com os furtos de energia cometidos na sua área de concessão (JORNAL EXTRA, 2022).

Um adendo importante é que existem iniciativas de cunho social que não necessariamente se enquadram no conceito de tecnologia social, mesmo que sejam benéficas para a sociedade. Dentre essas podemos destacar o empreendedorismo social. Ao contrário do empreendedorismo tradicional, que se concentra principalmente na busca do lucro financeiro, o empreendedorismo social tem como objetivo gerar um impacto social positivo. Os empreendedores sociais buscam criar negócios ou organizações que sejam economicamente viáveis e, ao mesmo tempo, tragam benefícios sociais para as comunidades em que atuam. Contudo o empreendedorismo social, pode não ser colaborativo e participativo e muitas vezes não estar acessível igualmente para toda população, visto que suas diretrizes e

atuações estão relacionadas a uma empresa, por este fato pode ser conferido somente um caráter assistencial ao projeto. Logo, o empreendedorismo social e a tecnologia social podem estar interligados na medida em que ambos busquem soluções inovadoras, sustentáveis, inclusivas e participativas para desafios sociais e ambientais.

### 3 RESULTADOS

Explorando conceitos fundamentais desta pesquisa como tecnologia social, transição energética justa, economia social, autogestão comunitária e políticas públicas, neste capítulo são apresentados os resultados da pesquisa, que consistem em conectar de forma concisa duas hipóteses à utilização do SFCR em comunidades de baixa renda no Brasil como uma ferramenta de inclusão social.

A primeira hipótese propõe a associação dos sistemas fotovoltaicos em usinas comunitárias à Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE) como uma estratégia para proporcionar benefícios econômicos mais significativos às famílias de baixa renda. Esta abordagem busca não apenas reduzir os custos de energia, mas também mitigar práticas informais e ilegais, promovendo uma relação mais justa através da energia renovável.

A segunda hipótese, por sua vez, explora o potencial das usinas fotovoltaicas comunitárias como veículos para a transformação social e inclusão ativa das comunidades de baixa renda na transição energética. Esse modelo não apenas oferece benefícios financeiros diretos às famílias, mas também promove a participação ativa e a autogestão das usinas pela comunidade, fortalecendo a coletividade e permitindo a alocação inteligente dos recursos economizados em áreas fundamentais, como educação, saúde e até mesmo o fortalecimento do mercado local.

#### **3.1 A IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM USINAS COMUNITÁRIAS ASSOCIADAS À TARIFA SOCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA (TSEE) PODERIA RESULTAR EM BENEFÍCIOS SUPERIORES PARA AMBAS AS PARTES ENVOLVIDAS.**

Embora a Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE) exista desde 2010, dados oficiais revelam um aumento significativo nos casos de inadimplência e furtos de energia elétrica a partir de 2013. Isso sugere que essa política pública pode não ser totalmente eficaz. O aumento nas irregularidades permaneceu em níveis elevados, com exceção do ano de 2020, quando a suspensão do fornecimento de energia elétrica devido à inadimplência foi interrompida devido à pandemia. Para ilustrar,

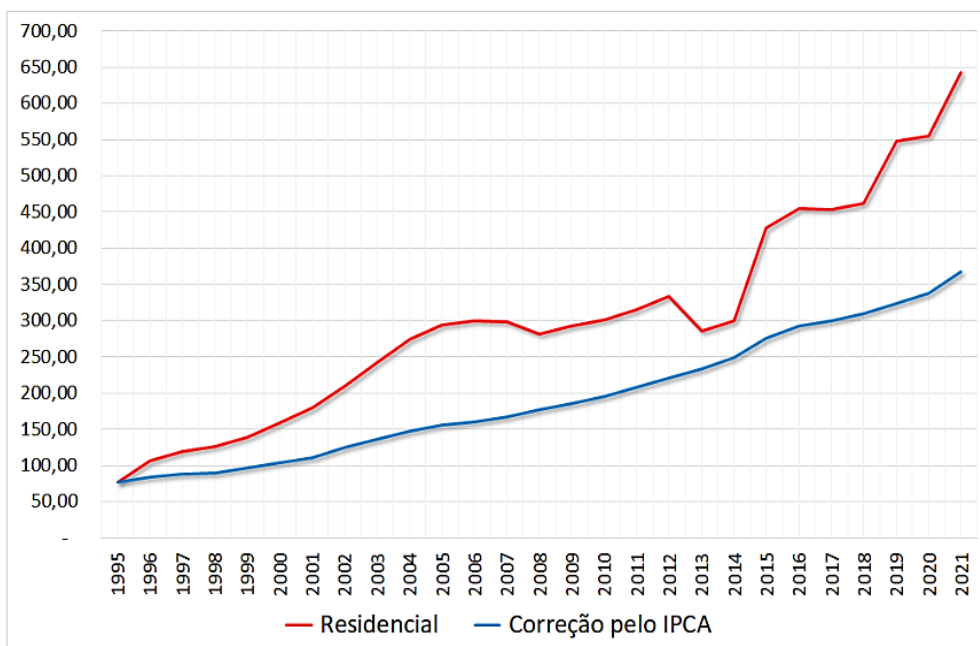
a tabela a seguir apresenta o histórico de suspensões por inadimplência na concessionária de distribuição de energia elétrica Light/SA, conforme dados fornecidos pela ANEEL em 2023.

Inadimplência média e Suspensão de Fornecimento por Classe - Brasil								
ANO	PERCENTUAL DA RECEITA FATURADA NO ENÉSIMO MÊS ANTERIOR AINDA NÃO RECEBIDA NO MÊS DE REFERÊNCIA BRASIL							QUANTIDADE DE SUSPENSÃO POR INADIMPLEMENTO
	24 (%)	21 (%)	18 (%)	12 (%)	6 (%)	3 (%)	1 (%)	
2012	4,54	4,61	4,71	5,35	6,16	7,05	17,85	130.423
2013	8,42	8,85	9,00	9,11	9,68	11,42	25,21	229.030
2014	1,68	1,66	1,66	1,77	2,43	3,50	21,39	2.007.312
2015	1,31	1,37	1,42	1,54	2,11	3,27	22,99	1.673.941
2016	0,72	0,75	0,85	1,17	1,87	3,16	23,53	1.564.552
2017	0,85	0,95	1,06	1,43	2,25	3,56	24,99	1.722.526
2018	1,20	1,25	1,40	1,69	2,36	3,69	31,20	1.514.028
2019	1,68	1,73	1,85	1,93	2,43	3,87	36,69	1.323.234
2020	1,80	1,93	2,00	2,15	4,45	8,30	37,52	391.022
2021	3,06	3,58	6,84	3,90	4,56	7,63	34,40	1.205.013

**Figura 15** - Tabela de Inadimplência média e suspensão de fornecimento de energia elétrica nas residências de baixa renda em âmbito nacional.

**Fonte:** ANEEL (2022)

Outro fato importante que corrobora com a ineficácia da TSEE é o aumento no preço médio da tarifa de energia elétrica. A ANEEL informou que entre 2014 e 2019, o preço médio da energia elétrica residencial subiu cerca de 40% em todo o país (ANEEL, 2020). Esse aumento na tarifa de energia elétrica no Brasil tem sido maior do que a inflação média nos últimos anos. Por exemplo, em 2020, enquanto a inflação medida pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) foi de 4,52%, a tarifa de energia elétrica aumentou em média 9,14% (IPCA 2020; ANEEL 2020).



**Figura 16-** Evolução do preço da tarifa de energia elétrica no setor residencial em paralelo ao IPCA.

**Fonte:** ILUMINA (2022) e IBGE (2022).

A TSEE é uma política pública criada para reduzir a desigualdade social no acesso à energia elétrica (BRASIL, 2010). No entanto, ela não foi desenvolvida com o objetivo geral de conter ou mitigar os aumentos acima da média na tarifa de energia elétrica. O aumento contínuo na tarifa de energia elétrica pode ter um impacto ainda mais significativo nas famílias de baixa renda, e pode colocar em xeque a eficácia da TSEE, fazendo com que, em alguns casos, torne a conta de luz impagável para uma parcela significativa da população.

Esses dados indicam que os aumentos excessivos na tarifa de energia elétrica podem ter contribuído para o Inadimplemento das famílias. Ademais, no contexto produtivo, a energia elétrica é um insumo básico<sup>19</sup>, amplamente utilizado em processos produtivos de diversos setores, incluindo a indústria, o comércio, serviços, entre outros. Portanto, o aumento no preço da energia elétrica afeta não apenas a conta de luz das residências, mas também todas as etapas da cadeia

<sup>19</sup> Insumo básico é todo e qualquer elemento fundamentalmente necessário em um processo de produção, como por exemplo matéria-prima, equipamentos, capital, trabalho, etc. Todos necessários para produzir mercadorias ou serviços.

produtiva, influenciando no preço final de diversos produtos em todos os setores da economia. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022), os setores industrial e comercial consomem aproximadamente metade da demanda nacional de energia elétrica. Isso significa que o aumento nos preços da energia elétrica pode afetar o consumidor final duas vezes: primeiro, nos preços de produtos de consumo (como alimentos, produtos de limpeza e higiene pessoal, eletrodomésticos e eletroeletrônicos), e depois na conta de luz.

Devido a esses indicadores de que a TSEE não é suficiente para solucionar o problema social, é preciso buscar soluções que ataquem as causas raízes desses problemas, que incluem a pobreza e a falta de acesso a serviços públicos básicos. Muitos destes consumidores enfrentam dificuldades em pagar suas contas de energia elétrica e acabam inadimplentes, podendo ter seu abastecimento de energia interrompido. Em resposta, alguns consumidores recorrem a ligações elétricas clandestinas, conhecidas como "gatos de energia".

É constatado que nos grandes centros urbanos as perdas com furtos de energia elétrica são mais acentuadas nas comunidades de baixa renda, devido ao domínio social e econômico de grupos criminosos e paramilitares que afetam a cobertura dos serviços públicos e privados oferecidos, inclusive no fornecimento de energia elétrica. Isso resulta em baixa qualidade do serviço prestado pelas concessionárias, pois as regras locais de dominação muitas vezes impedem o acesso de equipes de manutenção e operação do sistema elétrico e a fiscalização a fim de coibir os furtos de energia.

Nas comunidades de baixa renda, as perdas de energia não relacionadas a problemas técnicos atingem números alarmantes, com taxas variando de 50% a 80% do consumo total de eletricidade. Essas perdas, em sua maioria, são resultantes de práticas de furto de energia, também conhecido como "gato", que são comuns nessas áreas onde muitas pessoas enfrentam dificuldades para arcar com os custos da eletricidade (FONTES, 2018).

A empresa CDEE LIGHT/SA é responsável por fornecer 64% da eletricidade no estado do Rio de Janeiro. É preocupante que o Rio de Janeiro ocupe o primeiro lugar no ranking de furto de energia na Região Sudeste, com uma taxa de 55%, superando de longe o Espírito Santo (14%), Minas Gerais (10%) e São Paulo (9%) (EXTRA, 2022).

Em consequência disto, a falta de acesso a um serviço essencial como o fornecimento de energia elétrica contribui para a manutenção da desigualdade social e da ilegalidade nas comunidades de baixa renda, que algumas vezes pagam para criminosos locais pelo acesso a esses serviços. Portanto, para formular políticas públicas efetivas, é crucial considerar as necessidades e demandas da população, mas também é essencial basear-se em fatos e dados concretos peculiares a cada local.

Para maximizar os benefícios da TSEE, é necessário implementar políticas públicas que sejam complementares à essa política. Uma possibilidade é a distribuição de créditos de energia das usinas comunitárias, por meio do SFCR, em comunidades de baixa renda, no formato de cooperativas. Dessa forma, a combinação do desconto da conta de luz da TSEE com os créditos de energia distribuídos pela usina comunitária seria capaz de equalizar o problema com a TSEE, já que os descontos somados seriam mais significativos ao ponto das residências de baixa renda serem capazes de pagar pela conta de luz.

No exemplo do projeto REVOLUSOLAR, a Cooperativa Percília e Lúcio a usina fotovoltaica comunitária na sede administrativa da associação dos moradores, gera uma economia de aproximadamente R\$ 50,00 (cinquenta reais) na conta de luz dos participantes (REVOLUSOLAR, 2022). Este valor somado ao desconto médio da TSEE, que é de R\$ 26,00 (ANEEL, 2022), resultaria em um montante de R\$ 76,00, sendo uma economia mais significativa para as famílias que têm dificuldades em arcar com todas as despesas familiares. Com outras receitas de prestação de serviços feitas pela cooperativa, mais as taxas administrativas e doações, a REVOLUSOLAR encontrava-se com um saldo total de R\$ 788.000,00 (setecentos e oitenta e oito mil reais) no fechamento do ano de 2022. Já a economia total em despesas com energia da população local é de aproximadamente R\$ 65.000,00 (REVOLUSOLAR, 2022; REVOLUSOLAR 2023).

Ou seja, ao associar a TSEE com a distribuição de créditos de energia das usinas comunitárias, é possível melhorar de forma efetiva a renda familiar das famílias em vulnerabilidade. Isso porque a redução na conta de luz significa uma diminuição nas despesas mensais dessas famílias, o que pode representar uma melhoria significativa em sua qualidade de vida. Além disso, essa redução da inadimplência das famílias, o que pode ter um impacto positivo na diminuição do status de ilegalidade em comunidades de baixa renda.

Contudo, outro aspecto a ser considerado é que, embora sejam apresentadas como uma alternativa viável, é importante levar em conta a capacidade de atendimento dessas usinas comunitárias. A implementação de SFCR em comunidades de baixa renda pode enfrentar desafios relacionados à escala e à capacidade de geração de energia suficiente para suprir parte considerável da demanda dessas comunidades, especialmente em áreas mais densamente povoadas, que também podem apresentar dificuldades devido ao domínio social e econômico de grupos criminosos portando demonstra-se ser necessário uma participação ação ampla e conjunta com o Estado e a sociedade para resultados mais expressivos.

### **3.2 O SFCR EM USINAS COMUNITÁRIAS PODERIA DESENVOLVER O CONCEITO DE ECONOMIA SOCIAL E INCLUSÃO SOCIAL.**

Embora ambos os projetos estudados nesta pesquisa contribuem para esta hipótese, pode-se destacar o SOLAR PILAR que visa, principalmente, as pessoas mais vulneráveis da comunidade, por exemplo, famílias em extrema pobreza e pessoas portadoras de necessidades especiais entre outras minorias. Logo, os critérios de seleção dos beneficiários das usinas comunitárias deste projeto seguem obrigatoriamente essa proposta a fim reduzir a desigualdade local, impulsionando, assim, o desenvolvimento da economia coletiva e inclusão a partir dos casos mais complicados.

No contexto econômico, a utilização do SFCR em comunidades de baixa renda poderia reduzir um importante custo das famílias. Realizado pelo IBGE entre os anos de 2017 e 2018 A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), tem como objetivo principal gerar informações sobre as famílias brasileiras, permitindo a elaboração de um perfil das condições de vida da população a partir da análise de seus orçamentos domésticos.

A POF demonstra que o gasto com habitação é um dos principais fatores que comprometem o orçamento familiar dos brasileiros, afetando de forma expressiva as demais despesas essenciais, como alimentação, saúde, educação e transporte. Segundo a mesma pesquisa, o comprometimento médio com habitação é de 36,6%, sendo ainda mais acentuado no recorte de famílias com renda de até dois salários

mínimos, chegando a 39,3% da renda dessas famílias em situação de maior vulnerabilidade (IBGE, 2019). O gráfico abaixo ilustra a porcentagem média do orçamento familiar comprometida com cada categoria de despesa, de acordo com a POF 2017-2018.

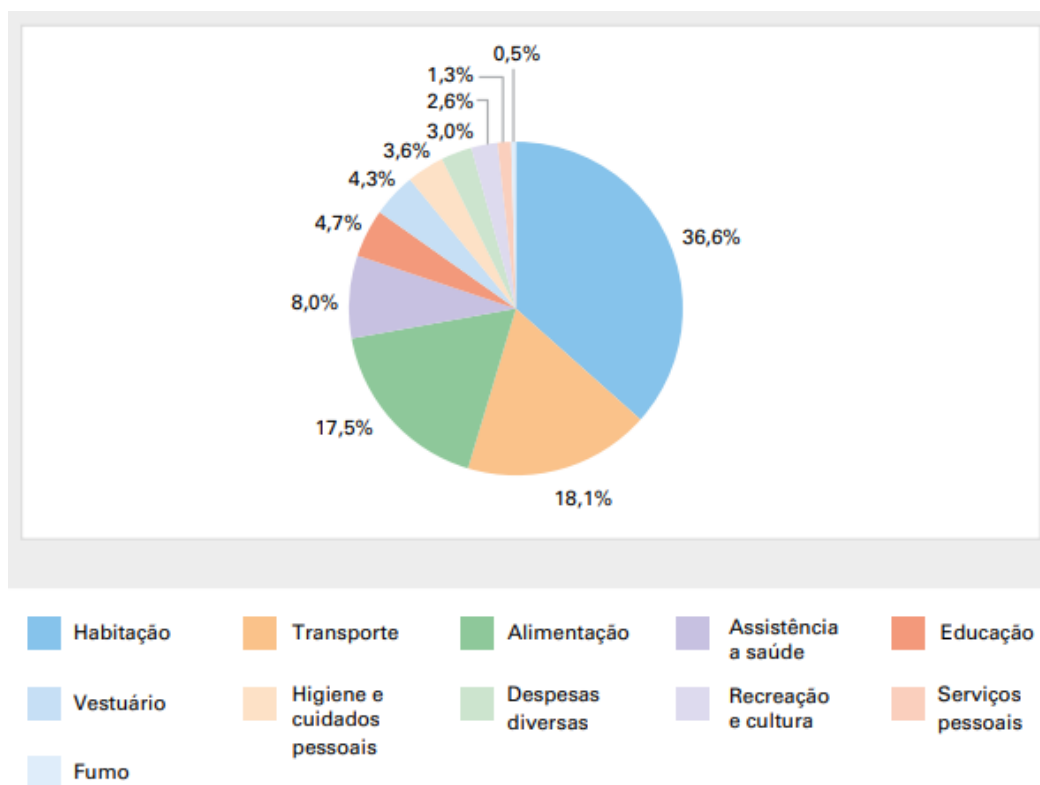


Figura 17 - Distribuição da despesa de consumo monetária e não monetária média mensal familiar.

**Fonte:** IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa de Orçamentos Familiares (2017-2018).

De acordo com a definição do IBGE, as despesas relacionadas à habitação incluem gastos como aluguel, condomínio, impostos, serviços essenciais e taxas, entre os serviços essenciais, destaca-se a energia elétrica (IBGE 2019). As usinas fotovoltaicas instaladas em cooperativas nas comunidades de baixa renda, se associadas ao programa de TSEE, podem reduzir mais significativamente a conta de energia elétrica, diminuindo, consequentemente, o gasto com habitação. Com a redução dos gastos com habitação, é possível equilibrar as despesas familiares, distribuindo-as de forma mais adequada, permitindo às famílias investirem mais na alimentação, educação, cultura, vestuário ou saúde. Isso pode ser particularmente

relevante para as famílias de baixa renda, que poderiam alocar recursos em outras despesas essenciais, contribuindo para uma melhoria da qualidade de vida.

Ou seja, no caso dos gastos com alimentação, à medida que os recursos familiares aumentam (uma renda extra por exemplo), há um aumento tanto na quantidade quanto na qualidade do consumo alimentar. Isso implica na substituição de itens alimentares mais econômicos e volumosos por opções mais refinadas e nutritivas, como laticínios, carnes e frutas (PINTO; FREDES; MARINHO, 1983). Já no caso de gastos com educação, por exemplo, é possível realocar recursos também em gastos com educação, podendo ser uma alternativa para as famílias de baixa renda investirem na formação de seus filhos sem ser somente pela educação pública (NUNES, 2016).

Logo, a possibilidade de redução das despesas relacionadas à habitação, por meio da redução da conta de luz, pode ter um impacto positivo no desenvolvimento da economia coletiva da comunidade de baixa renda. Isso porque, ao terem mais recursos disponíveis, as famílias podem direcionar seus gastos para o comércio local, utilizar mais serviços da região e investir em educação e saúde, contribuindo para dinamizar a economia local. (PRAHALAD; HART, 1999; FURNO, 2023).

Neste caso, a associação da política pública de utilização de SFCR em comunidades de baixa renda com a lei de cooperativas de 1971 apresenta um potencial de impacto social significativo. A lei de cooperativas estabelece um conjunto de regras para a organização de grupos de pessoas que se unem em torno de um objetivo comum, buscando, por meio de esforços conjuntos, a realização de seus interesses econômicos, sociais e culturais. Essa forma de organização pode ser uma alternativa interessante para as comunidades de baixa renda que desejam participar da geração de energia renovável.

Logo, a criação de cooperativas de SFCR utilizados em usinas comunitárias permitiria que as comunidades de baixa renda tivessem uma participação mais ativa no processo de instalação e operação das usinas, uma vez que a definição de cargos e mandatos pré-definidos pela Lei de Cooperativas de 1971 é um importante instrumento para a gestão eficiente de cooperativas deste tipo e para a promoção do engajamento da comunidade na gestão dessas organizações.

Em 2022 a REVOLUSOLAR contrata uma assessoria administrativa para melhorar sua autogestão nos processos operacionais da Cooperativa Percília e Lúcio na Babilônia e Chapéu Mangueira. O projeto demonstra uma participação

direta da comunidade, com 92,82 % de adimplência dos cooperados nas reuniões. O projeto também tem importante participação na geração de empregos, contando com 17 pessoas remuneradas e 30 voluntários fixos, além de 120 voluntários pontuais, mais convênios de estágios o NUBE e UFRJ. O programa propõe formar 17 alunos para se capacitarem como instaladores solares e eletricitas e também realiza educação ambiental com turmas de cerca de 80 crianças e adolescentes cada (REVOLUSOLAR, 2022).

A combinação da redução dos gastos com habitação das famílias, da participação da comunidade na cooperativa, a geração de empregos e oficinas de educação pode gerar um efeito positivo em cadeia, uma vez que o mercado local é aquecido e há mais contratações e pagamento de impostos, a economia da região se fortalece juntamente com o poder público.

Portanto o desenvolvimento do conceito de economia solidária é uma das vantagens do fomento de SFCR utilizados em usinas comunitárias, trazendo benefícios econômicos, tanto para o indivíduo, quanto para comunidade, uma vez que, a usina comunitária esteja enquadrada como uma tecnologia social, ou seja, estar inserido em um processo cooperativo, participativo e democrático.

Em contraponto, é fundamental avaliar criticamente o alcance e a viabilidade dessas medidas, pois embora seja possível que a redução dos gastos com habitação por meio da SFCR possa liberar recursos financeiros das famílias participantes para outros fins, é importante considerar que outros fatores também influenciam o desenvolvimento econômico dessas comunidades. Já que a economia local depende de fatores como infraestrutura, empregabilidade, acesso a serviços básicos, entre outros, que não são necessariamente alcançados apenas pela adoção de SFCR, logo é preciso que haja, também neste caso, uma ação conjunta com o Estado e a sociedade para resultados mais expressivos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pontos observados nesta pesquisa, como leis existentes e experiências de utilização de SFCR em comunidades merecem ser levados em conta como um terreno propício para aplicações de políticas públicas que visem o desenvolvimento destes SFCR em comunidades de baixa renda no Brasil, uma vez que, além dos benefícios intrínsecos de uma usina FV, também tem o benefício de potencializar as políticas públicas existentes e as utilizar como instrumento de organização.

A estratégia de utilização do SFCR em processos interativos com a participação das comunidades para solucionar problemas locais apresenta-se em modelos diversificados, variando devido à peculiaridade de cada projeto. No Brasil, segundo as tradições prevaletentes, políticas públicas nacionais em programas de educação, saúde, complementos de renda e habitação eram prioridades devido às necessidades de suprir suas urgências nessas áreas, além de proporcionarem uma ótima repercussão dos políticos para a sociedade. Por outro lado, a partir deste critério geral, programas envolvendo matrizes renováveis, ainda possuem um status de “alternativos”, quase sempre experimentais e muito localizados tanto territorialmente, quanto em seu alcance social. São extremamente interessantes, mas incapazes, pelo seu pequeno peso, de serem mais efetivos e abrangentes para a população em geral, isso também faz com que cresçam em um ritmo muito lento.

Ao examinar dois projetos existentes no país, torna-se perceptível que, embora o Brasil tenha incentivos sociais e tarifários, ainda não existem iniciativas que de fato políticas públicas que abordem uma transição energética justa. Até o momento as políticas públicas no Brasil, no setor de energia, tendem a uma justificativa matemática de viabilidade econômica e assistencialismo, exceto por projetos como os citados nesta pesquisa, cuja abordagem merece mais atenção da comunidade científica, sociedade e poder público.

A chance de um grande salto evolutivo para o país no que diz respeito à utilização de SFCR em comunidades de baixa renda como uma ferramenta de inclusão social para a transição energética é o Programa de Energia Renovável Social (PERS), que ainda está em elaboração. Para que o PERS possa evoluir, é necessário considerar que as políticas públicas devem ter como foco as comunidades mais carentes e vulneráveis. Para tal, é preciso incluir a promoção da autogestão e do empreendedorismo comunitário, que podem ser incentivados

através da formação de cooperativas de energia renovável. Além disso, é importante fornecer treinamento e capacitação para as comunidades, para que possam gerir e manter os sistemas de energia renovável de forma autônoma.

Outro aspecto importante é a possibilidade de melhoria da infraestrutura nas comunidades atendidas por possíveis programas. A energia renovável pode trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais para essas comunidades, mas também pode ser uma solução para problemas como a falta de iluminação pública e a insegurança no fornecimento contínuo e custo da energia. Com a energia elétrica mais acessível e barata, a tendência é que ocorra uma diminuição nos furtos de energia, o que pode gerar economia para as concessionárias de energia elétricas e mais segurança para as comunidades. Ou seja, em tese, com a energia fotovoltaica, os moradores não precisariam mais recorrer a ligações clandestinas de energia, que além de legitimar a ilegalidade e informalidade no local, podem representar um risco à segurança das pessoas e causar prejuízos à sociedade como um todo.

Dessa forma, a energia fotovoltaica é uma ferramenta interessante para os esforços de inclusão social caso haja uma eficaz ação governamental que compreende empresas e a sociedade em prol de garantir uma transição energética justa. Assim, a transição energética deve criar mecanismos para assegurar que as novas atividades sustentáveis substituam as velhas atividades poluentes, gerem mais e melhores empregos, com boa remuneração, proteção social e acompanhamento do poder público. Nesse sentido, deve-se construir coletivamente, com o envolvimento de todos os atores sociais, um plano de desenvolvimento local que assegure que essa transição energética implicará melhora de vida para todos, além da redução dos índices de gases de efeito estufa e outros benefícios. Desta forma, e se realmente o PERS evoluir no Brasil como uma política pública mais abrangente e inclusiva, o SFCR poderá, de fato, ser utilizado em comunidades de baixa renda como instrumento de inclusão social.

Por fim, à primeira vista, o uso de SFCR em associação a políticas públicas existentes pode parecer uma solução promissora para enfrentar os desafios atuais, bem como sua difusão poderia até impulsionar a economia dessas comunidades, tudo isso resultando em um processo inclusivo. No entanto, é crucial analisar criticamente os possíveis pontos fracos dessa abordagem. Nesse sentido, para futuros estudos é válido considerar algumas perspectivas adicionais que questionam a eficácia e a viabilidade dessas medidas diante dos problemas sociais e econômicos

enfrentados pelas famílias de baixa renda. Desta forma pode-se enriquecer o debate e promover uma análise aprofundada sobre essa temática complexa e relevante para o desenvolvimento sustentável do país.

Para isso, o estudo indica ser vantajoso novas pesquisas sobre o tema que possam abordar: estudos de caso de projetos bem sucedidos de SFCR em comunidades de baixa renda em diferentes contextos regionais e culturais; investigação das barreiras e desafios enfrentados na implementação de SFCR em comunidades de baixa renda; avaliação do potencial de replicação e escalabilidade de projetos de SFCR em comunidades de baixa renda; Integração de outras matrizes renováveis em comunidades de baixa renda, como a eólica; investigar profundamente os efeitos sociais e de qualidade de vida decorrentes da adoção de SFCR em comunidades de baixa renda, bem como a viabilidade econômica desses projetos.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Relatório de Perdas de Energia Elétrica na Distribuição 2021**. 1 ed. Brasília, 2021. Disponível em: [Relatório ANEEL | 2021](#). Acesso em: 06 mar. 2023.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. 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. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2022.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 878, de 24 de março de 2020**. Disponível em: [Resolução Normativa nº 878 | 2020](#). Acesso em: 20 de fev. 2023.

ANEEL. **Tarifas de Energia: Análise da Evolução dos Preços no Brasil**. Brasil, 2021. Disponível em: [Tarifa e Energia | ANEEL 2021](#). Acesso em: 20 de fev. 2023.

BENÍCIO, Milla et al. (Ed.). **A virada digital: smart cities e smart grids em uma perspectiva multidisciplinar**. Interciência, 2019.

BRASIL. Casa Civil. **Lei nº 12.212, de 20 de janeiro de 2010 – Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE)**. Brasília, 2010. Disponível em: [Lei nº 12.212 | 2010](#). Acesso em: 24 nov. 2022.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 1988. Disponível em: [www.planalto.gov.br](http://www.planalto.gov.br) - [Constituição | 1988](#). Acesso em: 23 de fev. 2023.

BRASIL. **Convênio ICMS nº 138, de 22 de dezembro de 2022**. Altera o Convênio ICMS nº 101/97, que concede isenção do ICMS nas operações com equipamentos e componentes destinados à geração de energia elétrica por fontes renováveis. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 dez. 2022. Seção 1, p. 47-49.

BRASIL. **Decreto nº 11.456, de 28 de março de 2023**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 ago. 2023. Seção 1, p. 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br>. Acesso em 12 abr. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 ago. 2004. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da geração distribuída de energia elétrica e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 21 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 dez. 1996. Seção 1, p. 29851.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Sumário Executivo de Energias Renováveis: Auditoria Coordenada**. Brasília: TCU, 2022. Disponível em: [Auditoria Energias Renováveis | TCU 2022](#). Acesso em: 24 nov. 2022.

CASAL, G. **Solar Thermal Power Plants: Achievements and Lessons Learned Exemplified by the SSPS Project in Almeria/Spain**. Alemanha, Springer Berlin Heidelberg, 2012.

CHAVES, Natália Helena Ribeiro. Energia Solar nas Favelas do Município do Rio de Janeiro: Iniciativas Exitosas. Desenvolvido por: Escritório no Brasil da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL) das Nações Unidas. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://archivo.cepal.org/pdfs/bigpushambiental/Caso37EnergiaSolarNasFavelasRJ.pdf>. Acesso em: 10 out. 2023.

COSTA, A. **Tecnologia Social e Políticas Públicas**. São Paulo: Instituto Pólis, Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013. Disponível em: [Tecnologia Social e Políticas Públicas | 2013](#). Acesso em: 14 mai. 2022.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social: Contribuições Conceituais e Metodológicas**. EDUEPB. Campina Grande, 2004. 328 p. Disponível em: [Tecnologia Social | 2014](#). Acesso em: 27 dez. 2022.

ENEL. **Parque Solar São Gonçalo - PI**. Disponível em: [Parque Solar São Gonçalo, Brasil | Enel Green Power](#). Acesso em: 06 mar. 2023.

EPE; MME. **Balanco Energético Nacional 2022**. Base 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: [BEN | MME 2022](#). Acesso em: 06 mar. 2023.

FEENBERG, A. **Tecnologia, Modernidade e Democracia**. IST: Portugal, 2015, 239p. Disponível em: [Tec, Mod e Dem. | 2015](#). Acesso em: 12 maio. 2023.

FURNO, J. **Economia para Transformação Social**. São Paulo: Autonomia Literária, 2023, 232p.

GONÇALVES, Hélder; PONCE LEAO, Maria Teresa. Fórum Energias Renováveis em Portugal 2020. **Fórum Energias Renováveis em Portugal 2020**, 2020.

GRILICHES, Z. **Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change**. *Econometrica*, v. 25, n. 4, p. 501-522, 1957.

HANDSCHUH, Robert; LUQUE, Antônio; SANCHEZ, Mariano; CONCINA, Isabella (Org.). **Handbook of Photovoltaic Silicon**. Cham: Springer, 2019.

SOLAR PILAR. Home. 2022. Disponível em: <https://www.solarpilar.com.br/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

IBGE. **Censo Demográfico brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: [Censo 2010 | IBGE](#). Acesso em: 02 mai. 2023.

IBGE. **Censo Demográfico brasileiro de 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: [Censo 2022 | IBGE](#). Acesso em: 04 mai. 2023.

IBGE<sup>1</sup>. **Panorama Nacional e Internacional da Produção de Indicadores Sociais, 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

IBGE<sup>2</sup>. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018: Despesas, Rendimentos e Condições de Vida**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

ILUMINA. **A Tarifa Brasileira em Dados Históricos**. Brasil, 2022. Disponível em: [A tarifa brasileira em dados históricos | 2022](#). Acesso em: 11 fev. 2023.

IPEA. **Atlas da Vulnerabilidade Social nas Regiões Metropolitanas Brasileiras**. 4. ed. Brasília: IPEA, 2015. Disponível em: [Atlas de Vulnerabilidade Social | IPEA 2015](#). Acesso em: 13 fev. 2023.

IPEA. **Avaliação situacional do programa Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE)**. 1. ed. Brasília: IPEA, 2021. Disponível em: [Avaliação IPEA | 2021](#). Acesso em: 12 mar. 2023.

JORNAL EXTRA. **Furtos de Energia Chegam a 80% do Fornecimento em Comunidades**. Extra - Economia e Finanças, 2022. Disponível em: [Reportagem | Jornal Extra 2022](#). Acesso em: 28 fev. 2023.

KRAFT-TODD, G.T. et al. **Improving Social Norms Interventions: Rank-Framing Increases Attention to Social Comparison Information and Facilitates Norm Change**. Social Science & Medicine, v. 208, p. 41-50, 2018.

KRUGER, Silvana Dalmutt; ZANELLA, Cleunice; BARICHELO, Rodrigo. Análise da viabilidade econômico-financeira para implantação de projeto de produção de energia solar fotovoltaica em uma propriedade rural. **Revista de Gestão e Secretariado (Management and Administrative Professional Review)**, v. 14, n. 1, p. 428-445, 2023.

LATHA, P; et al. **Socio-Tech Innovation: Harnessing Technology for Social Good**. Palgrave Macmillan: Londres, 2020, 315p.

LEITE, A. **A Energia do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: LEXIKON, 2021, 624p.

MME. **Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro**. Brasília, n. 01, p. 01-40, jan. 2022. Disponível em: [Boletim Mensal | MME 2022](#). Acesso em: 20 fev. 2023.

MOURÃO, N; DE CASTRO ENGLER, R; OLIVEIRA, A. **Diversidade Cultural e Tecnologias Sociais: Estudos para Incentivar a Autogestão de Comunidades do Brasil e Argentina**. RELA Cult-Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade, 5, 2019.

NETO, M; CARVALHO, P. **Geração de Energia Elétrica: Fundamentos**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2012, 160p.

NUNES, E. **Essays on Development and Human Capital Investment**. EUA: The Pennsylvania State University, 2016. Disponível em: <https://etda.libraries.psu.edu>. Acesso em: 15 mar. 2023.

ONS. **Boletim Mensal de Geração Solar Fotovoltaica do Operador Nacional do Sistema Elétrico**. 2020. Disponível em: [BOLETIM MENSAL | ONS 2018](#). Acesso em: 12 mar. 2023.

ONS. **Volume Útil Anual dos Subsistemas Brasileiros**. 2022. Disponível em: <https://www.ons.org.br> . Acesso em: 12 jun. 2023.

PINTO, A.; FREDES, C. & MARINHO, L.C. **Curso de Economia: Elementos de Teoria Econômica**. Rio de Janeiro: Unilivros, 1983.

PRAHALAD, C.K. & HART, S.L. **Strategies for the Bottom of the Pyramid: Creating Sustainable Development**. 1999. Disponível em: <http://pdf.wri.org> Acesso em: 12 jun. 2023.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2020: a Próxima Fronteira - Desenvolvimento Humano e o Antropoceno**. Nova Iorque: PNUD, 2020.

PV MAGAZINE. **110 MW Crescent Dunes – Solar Power Plant**. EUA: PV Magazine, 2020. Disponível em: [PV Magazine-USA-2020](#). Acesso em: 26 fev. 2023.

REVOLUSOLAR. **Relatório Anual 2022: Atividades, Resultados e Impactos**. Disponível em: <https://revolusolar.org.br>. Acesso em 19 de mai. 2023.

REVOLUSOLAR. **Site Oficial da REVOLUSOLAR**. Disponível em: <https://www.revolusolar.com.br/>. Acesso em: 19 fev. 2023.

ROUDART, L; MAZOYER, M. **História das Agriculturas no Mundo**. São Paulo: Unesp, 2010, 568p.

SILVA, **Fundamentos da Eletricidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007, 164p.  
SOBRAL, A. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2015.

SOUZA, T. et. al. **Peer-to-peer and community-based markets: A comprehensive review**. Dinamarca: Technical University of Denmark, 2020.

TOFFLER, A. **A Terceira Onda**. 32. ed. Rio de Janeiro: Record, 2014, 490p.

UNFCCC. **The Kyoto Protocol**. Nações Unidas, 1997. Disponível em: [Protocolo de Kyoto | 1997](#). Acesso em: 10 jan. 2022.

UNFCCC. **The Paris Agreement**. Nações Unidas, 2016. Disponível em: [Acordo de Paris | 2016](#). Acesso em: 10 jan. 2022.

ZILLES, R. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.