

Universidade de São Paulo

JERONIMO FERNANDO PINHEIRO MARIANO

EVOLUÇÃO E DESAFIOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
POR MEIO DE FAZENDAS SOLARES NO BRASIL:
UMA ANÁLISE COM FOCO NO ESTADO DE MINAS GERAIS

São Paulo
2023



JERONIMO FERNANDO PINHEIRO MARIANO

**EVOLUÇÃO E DESAFIOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
POR MEIO DE FAZENDAS SOLARES NO BRASIL:
UMA ANÁLISE COM FOCO NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, como requisito necessário à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Orientadora: Prof^a Dr^a Virginia Parente

São Paulo
Julho de 2023

Jeronimo Fernando Pinheiro Mariano

**EVOLUÇÃO E DESAFIOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA
POR MEIO DE FAZENDAS SOLARES NO BRASIL:
UMA ANÁLISE COM FOCO NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, como requisito necessário à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Aprovado pela Banca Examinadora:

Prof^a Dr^a Virginia Parente
(Orientadora)

Prof. Dr. José Roberto Simões
(Coordenador)

Prof. Dr. José Aquiles Grimoní
(Examinador)

SÃO PAULO, SP – BRASIL
JULHO DE 2023

Mariano, Jeronimo Fernando Pinheiro

Evolução e desafios da geração de energia elétrica por meio de fazendas solares no Brasil: uma análise com foco no estado de Minas Gerais. – São Paulo: USP/ESCOLA POLITÉCNICA/PECE, 2023.

XII, 82 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Virginia Parente

Monografia de Especialização – USP/ESCOLA POLITÉCNICA/PECE. Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2023.

Referências Bibliográficas: p. 79 – 82.

1. Fazenda Solar. 2. Micro e Minigeração Distribuída (MMGD). 3. Central Geradora Fotovoltaica (UFV). 4. Distribuidora de Energia Elétrica. 5. Geração Compartilhada.

I. Parente, Virginia. II. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela benção de poder avançar um pouco mais em minha jornada infindável pelo conhecimento, já que este curso de pós-graduação foi de vital importância para a minha carreira acadêmica e profissional.

Aos meus pais, francos apoiadores da educação e de todos seus gloriosos benefícios, incentivadores desde pequeno desta gratificante trajetória, e por todos os dias acreditarem no meu potencial. E agradeço também a minha irmã, pela amizade e apoio sincero, ajudando um ao outro sempre que possível.

Meu muito obrigado a minha esposa Daniela, que me traz luz e sabedoria quando mais preciso, somado a uma explosão de carinho em todos os momentos. Tenho muito orgulho do que estamos construindo juntos, nosso amor me faz sentir que estamos em frente e no caminho certo. E a Luna, nossa companheira de quatro patas que parece sempre ser capaz de farejar e encontrar nossa felicidade com seu jeito inocente de ser.

Agradeço ao Programa de Educação Continuada da Poli-USP pela oportunidade de cursar essa pós-graduação, bem como a todos seus funcionários e professores, e em especial à minha orientadora, Profa. Virginia Parente.

Dedico, por fim, este trabalho a todos demais amigos e colegas que contribuíram, direta ou indiretamente, na conclusão desta especialização e que fizeram parte de minha história até aqui.

RESUMO

As usinas fotovoltaicas em larga escala, também chamadas de fazendas solares, são empreendimentos de energia solar que atendem a demanda de empresas ou grupos de consumidores através de consórcios e cooperativas. Elas passaram a ser viáveis desde que entrou em vigor a REN nº 482 (2012) da ANEEL através da Microgeração e Minigeração Distribuída de Energia Elétrica (MMGD) e do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) no Brasil. A relevância do tema se dá em um cenário de forte expansão da energia solar fotovoltaica no país, que atingiu o patamar dos 27 GW de potência operacional em março de 2023. Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo analisar os principais avanços e desafios envolvidos na geração de energia elétrica por meio de fazendas solares, com foco nos empreendimentos desenvolvidos no estado de Minas Gerais. Adicionalmente são analisadas as mudanças propostas pela ANEEL através das Resoluções Normativas nº 687 (2015), nº 786 (2017) e nº 1.059 (2023), assim como os impactos oriundos do Marco Legal da GD (Lei 14.300 de 2022), que consolidaram as disposições relacionadas à MMGD e ao SCEE, assim como as condições gerais de fornecimento de energia solar fotovoltaica no país. Para alcançar o objetivo proposto, utiliza-se da metodologia de pesquisa aplicada em estudos exploratórios, através de uma abordagem qualitativa associada a estudo de caso. O caso se refere aos empreendimentos de consumidores situados na área de concessão da distribuidora CEMIG. Os dados obtidos através de faturas de energia foram analisados de modo a verificar as diferenciações das modalidades de GD e seus benefícios financeiros para o consumidor, dentre os quais destacam-se a isenção do ICMS nas parcelas da TE e TUSD na composição tarifária. Os resultados do estudo mostram que, apesar das alterações regulatórias que favorecem também a geração própria de energia, não houve redução no ritmo de crescimento da adoção da tecnologia na modalidade de fazendas solares. Tal cenário se deve principalmente ao fato de que estes recebedores de energia não incorrem nos custos de instalação ou de manutenção do sistema fotovoltaico, sendo que para usufruir dessa fonte pagam um valor mensal contratado junto às fazendas solares, o que traz praticidade e simplicidade no serviço contratado. Isso torna ainda mais atrativa essa alternativa de obtenção de energia que, no jargão do mercado, está sendo chamada de contratação de energia solar por assinatura, ainda que do ponto de vista estritamente financeiro seja um pouco menos vantajosa do que o investimento no autoconsumo local.

Palavras-chave: *Fazenda Solar; Micro e Minigeração Distribuída (MMGD); Central Geradora Fotovoltaica (UFV); Distribuidora de Energia Elétrica; Geração Compartilhada.*

ABSTRACT

Large-scale photovoltaic plants, also called solar farms, are solar energy ventures that meet the demand of companies or groups of consumers through consortia and cooperatives. They have become viable since ANEEL's REN n° 482 (2012) came into effect through Microgeneration and Distributed Minigeneration of Electric Energy (MMGD) and the Electric Energy Compensation System (SCEE) in Brazil. The relevance of the theme occurs in a scenario of strong expansion of photovoltaic solar energy in the country, which reached the level of 27 GW of operational power in March 2023. In this context, the present study aims to analyze the main advances and challenges involved in the generation of electricity through solar farms, with a focus on projects developed in the state of Minas Gerais. Additionally, the changes proposed by ANEEL through Normative Resolutions n° 687 (2015), n° 786 (2017) and n° 1,059 (2023) are analyzed, as well as the impacts arising from the Legal Framework of GD (Law 14,300 of 2022), which consolidated the provisions related to the MMGD and the SECS, as well as the general conditions for the supply of photovoltaic solar energy in the country. To achieve the proposed objective, the research methodology applied in exploratory studies is used, through a qualitative approach associated with a case study. The case refers to consumer enterprises located in the concession area of the CEMIG distributor. The data obtained through energy bills were analyzed in order to verify the differences between the GD modalities and their financial benefits for the consumer, among which stand out the ICMS exemption on TE and TUSD installments in the tariff composition. The results of the study show that, despite regulatory changes that also favor self-generation, there has been no reduction in the pace of growth in the adoption of technology in the form of solar farms. This scenario is mainly due to the fact that these energy recipients do not incur installation or maintenance costs for the photovoltaic system, and to take advantage of this source they pay a monthly amount contracted with the solar farms, which brings practicality and simplicity to the service hired. This makes this alternative for obtaining energy even more attractive, which, in market jargon, is being called contracting solar energy by subscription, although from a strictly financial point of view it is a little less advantageous than investing in local self-consumption.

Keywords: *Solar Farm; Micro and Mini Distributed Generation (MMGD); Photovoltaic Generating Center (UFV); Electric Power Distributor; Shared Generation.*

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 – Sistema solar fotovoltaico e conexão com a distribuidora
- Figura 2.2 – Potencial energético fotovoltaico do Brasil
- Figura 2.3 – Cenário da matriz elétrica nacional em 2023
- Figura 2.4 – Potencial energético fotovoltaico da superfície terrestre
- Figura 2.5 – Países com maior potência instalada acumulada de fonte solar fotovoltaica
- Figura 2.6 – Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil
- Figura 2.7 – Geração Distribuída Solar FV no Brasil por classe de consumo
- Figura 2.8 – Detalhamento da célula, painel e arranjo fotovoltaicos
- Figura 2.9 – Composição do painel solar fotovoltaico
- Figura 2.10 – Esquemático da geração na usina solar até a distribuição ao consumidor
- Figura 2.11 – Ranking estadual de GD por potência instalada em 2023
- Figura 2.12 – Fluxo de operação em Mercado Cativo e Mercado Livre de Energia
- Figura 3.1 – Fazenda Solar em Atibaia em concessão da ELEKTRO
- Figura 3.2 – Resumo das etapas para conexão da geração ao sistema de distribuição
- Figura 3.3 – Fluxograma das modalidades de Geração Distribuída
- Figura 3.4 – Modalidades regulamentadas de Geração Distribuída e características
- Figura 3.5 – Valores das bandeiras tarifárias para o período de julho de 2022 a junho de 2023
- Figura 3.6 – Fatura de energia CEMIG com compensação de geração própria
- Figura 3.7 – Fatura de energia CEMIG com compensação de geração compartilhada
- Figura 3.8 – IDH e consumo per capita de eletricidade dos estados brasileiros em 2011
- Figura 3.9 – Instalação de sistema fotovoltaico em comunidade no município Porto de Moz (PA)

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Lista das principais distribuidoras de energia de grande porte do Brasil

Tabela 2.2 – Lista das principais distribuidoras de energia de pequeno porte do Brasil

Tabela 2.3 – Principais diferenças entre Mercado Cativo e Mercado Livre de Energia

Tabela 3.1 – Valores de disponibilidade da rede por tipo de instalação em Baixa Tensão

Tabela 3.2 – Cenários de energia compensada para um cliente CEMIG em setembro de 2021

Tabela 3.3 – Cenários de energia compensada para um cliente CEMIG em janeiro de 2021

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRACEEL	Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
AT	Alta Tensão – Tensões entre 36,2 kV e 230 kV
BT	Baixa Tensão – Tensões inferiores a 1,0 kV
CA	Corrente elétrica Alternada, com unidade em Ampères
CC	Corrente elétrica Contínua, com unidade em Ampères
CCC	Conta de Consumo de Combustíveis
CCEE	Câmera de Comercialização de Energia Elétrica
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CFURH	Compensação Financeira de Uso de Recursos Hídricos
CIP	Contribuição de Iluminação Pública
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
CSP	Energia Solar Térmica Concentrada
DOU	Diário Oficial da União
EBES	Empresa Brasileira de Energia Solar
EMUC	Empreendimento com Múltiplas Unidades Consumidoras
ESG	Governança ambiental, social e corporativa
ESS	Encargos de Serviços do Sistema
GC	Geração Compartilhada
GD	Geração Distribuída
GEE	Gases de Efeito Estufa
GW	Gigawatts, múltiplo da unidade de potência elétrica ativa: 1×10^9 W
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IRENA	Agência Internacional de Energias Renováveis

kW	Quilowatts, múltiplo da unidade de potência elétrica ativa: 1×10^3 W
kWp	Quilowatt-pico, múltiplo da unidade de potência energética pico: 1×10^3 Wp
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
MME	Ministério de Minas e Energia
MMGD	Micro e Minigeração Distribuída
MT	Média Tensão – Tensões entre 1,0 kV e 36,2 kV
MVA	Mega Volt-Ampères, unidade de potência elétrica aparente: 1×10^6 VA
MW	Megawatts, múltiplo da unidade de potência elétrica ativa: 1×10^6 W
NBR	Norma Técnica Brasileira
ONG	Organização Não Governamental
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PERS	Programa de Energia Renovável Social
PIS	Programa de Integração Social
PL	Projeto de Lei
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
REEE	Resíduos de Equipamento Eletroeletrônico
REN	Resolução Normativa
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
SEP	Sistema Elétrico de Potência
SIN	Sistema Interligado Nacional
TE	Tarifa de Energia
TFSEE	Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica
TUSD	Tarifa de Uso de Sistema de Distribuição
UC	Unidade Consumidora
UF	Unidade Federativa
UFV	Central Geradora Fotovoltaica
UG	Unidade Geradora
Vca	Tensão de um sistema elétrico de corrente alternada, com unidade em Volts
Vcc	Tensão de um sistema elétrico de corrente contínua, com unidade em Volts

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 RELEVÂNCIA DO TRABALHO	1
1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....	2
1.3 METODOLOGIA E ESTRUTURA.....	3
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	7
2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	7
2.2 FAZENDAS SOLARES	16
2.3 MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA	19
2.4 DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA	24
3. ANÁLISE E DISCUSSÕES	31
3.1 FAZENDAS SOLARES E MMGD.....	31
3.2 GERAÇÃO PRÓPRIA E GERAÇÃO COMPARTILHADA	37
3.3 MODELO DE NEGÓCIO	43
3.4 MERCADO LIVRE DE ENERGIA	69
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
4.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES DO TRABALHO	73
4.2 SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS ESTUDOS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho dedica-se à análise do avanço na energia solar no Brasil. Vale destacar que os investimentos na energia solar podem ser feitos através de diferentes modalidades de negócios e arranjos contratuais sendo a *geração própria* e a *geração compartilhada* de energia as mais populares. Neste trabalho serão analisados com maior enfoque o segundo tipo, que também é conhecido por *fazendas solares* ou, no jargão do mercado, *contratação de energia solar por assinatura*.

Neste contexto, este capítulo introdutório está subdividido em três partes. Inicialmente aborda-se a relevância do tema diante de um cenário de forte expansão da energia solar fotovoltaica no país. Em seguida, apresenta-se o objetivo geral bem como os objetivos específicos a serem atingidos com a pesquisa. Por fim são explicitadas a metodologia para atingir o objetivo proposto bem como a estrutura do restante dos capítulos do texto.

1.1 RELEVÂNCIA DO TRABALHO

Uma fazenda solar, por definição, é uma área específica equipada com painéis fotovoltaicos instalados, para conversão em larga escala de energia solar em energia elétrica. Em geral, a intenção com este empreendimento é a de comercializar a energia que fora captada pelos módulos, normalmente conectados à rede da distribuidora local, sendo possível essa integração graças ao que se conhece como Geração Distribuída (ANEEL, 2023b).

A GD vem se desenvolvendo de maneira crescente no Brasil ao longo dos últimos anos. Trata-se de um conceito amplo em que idealmente cada consumidor poderia principalmente optar pela origem da geração e sob qual fonte de energia deseja utilizar, sendo a geração com planejamento e despacho descentralizados. Em geral, a unidade geradora está mais próxima ao consumidor final, dentro da concessão da distribuidora.

A concessionária de energia elétrica, outrora única a definir a concepção de energia desde sua geração, transmissão e distribuição para cada consumidor, agora divide espaço cada vez mais constante com outras empresas que, na maioria dos casos, possuem geradoras com fontes alternativas de energia, como solar, eólica ou biogás.

Dentro dos conceitos de GD, temos classificações para a potência instalada de sistemas, sendo considerada como microgeração até 75 kilowatt (kW), e como minigeração acima de 75 kW e menor ou igual a 3 megawatt (MW) para a fonte hídrica, ou 5 MW para as demais fontes (ANEEL, 2023b). Ambas as classificações fazem parte de um grupo mais conhecido como Micro e Minigeração Distribuída (MMGD), englobando sistemas solares fotovoltaicos instalados em residências, comércios, indústrias, propriedades rurais e prédios públicos.

1.2 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste trabalho é o de analisar as principais características da geração de energia elétrica por meio de fazendas solares, com foco nos empreendimentos desenvolvidos no estado de Minas Gerais, fazendo um comparativo com as demais modalidades de geração distribuída, como autoconsumo local e remoto, e levantando suas principais vantagens e desvantagens.

Ademais, outros objetivos, subjacentes ou específicos, são:

- (i) avaliar os principais atrativos de se possuir geração própria de energia ou de participar de modelo de negócio com geração compartilhada, considerando os impactos oriundos do Marco Legal da GD (Lei 14.300 de 6 de janeiro de 2022);
- (ii) examinar o cenário energético atual em que o Brasil atingiu a marca de 27 GW de potência operacional solar total, e o panorama futuro da energia solar fotovoltaica no país, considerando os dados disponíveis mais recentes;
- (iii) verificar quais os impactos da transição energética sobre a migração de consumidores do Mercado Cativo ao Mercado Livre de Energia através da regulamentação do setor, a partir das resoluções de Geração Distribuída da ANEEL 482 de 2012, 687 de 2015, 786 de 2017 e 1.059 de 2023;
- (iv) discutir dos desafios do relacionamento entre concessionárias de energia elétrica, consumidores e empresas com geradoras de fonte solar interligadas à rede através da MMGD, considerando o sistema de compensação de créditos de energia;
- (v) identificar os benefícios do recebimento de energia oriunda de unidade fotovoltaica (UFV) na fatura do consumidor através da isenção de encargos tributários, assim como os riscos de negócio em modelos de geração compartilhada em fazendas solares.

1.3 METODOLOGIA E ESTRUTURA

Sobre a metodologia da pesquisa, observa-se que é possível qualificar um estudo conforme Silva e Menezes (2005) e também Gil (2002), descrevendo as etapas realizadas ao longo do desenvolvimento, comentando os aspectos metodológicos utilizados e classificando a pesquisa quanto à natureza, seus objetivos, sua abordagem ao tema e procedimentos técnicos.

A pesquisa a ser desenvolvida segue as premissas classificadas cada por Gil (2002), como sendo o “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, com o objetivo fundamental de descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

Conforme Silva e Menezes (2005), as pesquisas podem ser classificadas quanto à natureza em: *Pesquisa Básica*, com objetivo de gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência e sem aplicação prática prevista; *Pesquisa Aplicada*, com objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas. Neste trabalho o foco será na segunda natureza.

Ademais, Gil (2002) classifica os objetivos de uma pesquisa como: *Exploratória*, que visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses; *Descriptiva*, que visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, envolvendo o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados; *Explicativa*, que visa identificar os fatores que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, requerendo o uso de método experimental ou observacional. Este trabalho segue a segunda e terceiras modalidades ao descrever a modalidades de negócios de fazendas solares numa região especificado Brasil, e buscar explicar a sua atratividade frente a outras formas de contratação de energia.

Em relação à forma de abordagem do tema, Silva e Menezes (2005) comentam que a pesquisa pode ser ainda: *Quantitativa*, traduzindo em números as opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, requerendo o uso de técnicas estatísticas; *Qualitativa*, havendo relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, onde a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo, já que o ambiente natural é a fonte para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave, não requerendo métodos estatísticos.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, Gil (2002) explica que a pesquisa pode ser: *Documental*, quando elaborada com materiais que não receberam tratamento analítico; *Participante*, quando se desenvolve a partir da interação entre pesquisadores e membros das situações investigadas; *Bibliográfica*, quando elaborada a partir de material já publicado e constituído principalmente de livros ou artigos; *Experimental*, quando a partir de um objeto de estudo são selecionadas as variáveis capazes de influenciá-lo e observação dos efeitos; *Estudo de caso*, quando envolve o estudo profundo de poucos objetos de maneira que se permita o seu conhecimento; *Ex Post Facto*, quando o experimento se realiza depois dos fatos; *Levantamento*, quando envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer; *Ação*, quando realizada em associação com a resolução de um problema coletivo.

Logo, consoante as classificações metodológicas abordadas neste item, este projeto de especialização foi desenvolvido através de uma Pesquisa Aplicada, com Objetivos Exploratórios, utilizando a Abordagem Qualitativa, e em caráter de Pesquisa Bibliográfica associada ao Estudo de Caso, com base em literatura pertinente do setor de energia.

Quanto à estrutura do trabalho, ele está subdividido em quatro capítulos. O presente capítulo introdutório dedicou-se a apresentar o contexto e importância do tema, os objetivos do estudo, além da metodologia de pesquisa utilizada. Adicionalmente, nele foram mostrados os conceitos principais de fazendas solares e geração distribuída, e discutiu-se, preliminarmente, acerca do relacionamento entre empresas de GD, consumidor final e concessionárias de energia.

O Capítulo 2 apresenta um referencial da pesquisa com abordagem predominantemente teórica sobre os conceitos do trabalho através do material pesquisado. Nesse capítulo, são mostrados cenários atual e futuro que envolvem a energia solar fotovoltaica, assim como os principais aspectos no que se refere aos painéis de captação solar e o reaproveitamento ao fim da vida útil do equipamento, além de oferecer conteúdo técnico sobre a manutenção regular dos módulos.

Para que os conceitos de energia solar por GD não se confundam, serão apresentadas as principais características e distinções entre as variáveis de consumo de energia elétrica, compensação de energia GD, saldo atual de geração e também energia injetada, todas estas grandezas de energia, comumente mensuradas por kWh.

Além disso, no Capítulo 2 são estudadas as principais características das fazendas solares e dos conceitos de GD, assim como dos aspectos regulatórias e normativas que regem a MMGD, as concessionárias de energia elétrica pelo Brasil, as conexões acopladas e independentes da rede da distribuidora, e aspectos do Mercado Cativo e do Mercado Livre.

O Capítulo 3 envolve um direcionamento mais prático, em que se inicia com discussão do relacionamento entre as partes envolvidas, ou seja, distribuidora de energia, gestora da fazenda solar e consumidor final. São discutidas as vantagens e desvantagens da geração própria frente à geração compartilhada e como cada uma delas reflete na fatura de energia elétrica.

Nele também são abordados os aspectos de adequação das distribuidoras frente aos avanços da geração distribuída no Brasil nos últimos anos, e como algumas dessas distribuidoras estão reagindo a esse modelo de negócio que tem se mostrado competitivo e atraente ao consumidor.

Um detalhe importante sobre este tipo de negócio é que as fazendas solares não são consideradas propriamente uma geração de energia elétrica do ponto de vista do consumidor, muito embora suas usinas sejam consideradas geradoras para as concessionárias. O que ocorre é que são consideradas, pela regulação vigente, um sistema de compensação de energia por créditos, como será explicado detalhadamente mais à frente na Seção 3.1 do presente trabalho.

Também haverá um espaço para se discutir as diferenças entre geração própria e geração distribuída compartilhada, ou seja, quando o consumidor possui sua própria geração instalada, sendo localmente ou em outra Unidade Consumidora (UC) do mesmo titular, em contrapartida quando faz parte de um sistema denominado Consórcio ou Cooperativa.

Conforme será visto, há inúmeras vantagens no modelo de negócios de fazendas solares aplicado em geração distribuída. Haverá um espaço para examinar os impactos sociais, por exemplo, como geração local de empregos, e mesmo projetos de doação de energia. Além disso, comenta-se sobre a não obrigatoriedade de conexão com a distribuidora local, sendo possível utilizar um conjunto de baterias para armazenamento da energia solar excedente.

Desse modo, é possível que a geração distribuída alcance pontos de comunidades que anteriormente não tinham acesso à energia elétrica por não haver concessão de energia local,

transformando totalmente a rotina e a vida dessas famílias. Nesse ponto do trabalho, haverá também discussão sobre os prós e contras dos sistemas *on grid* e *off grid*.

Ainda no Capítulo 3, também serão discutidos os principais riscos ao modelo de negócio de fazendas solares, tanto envolvendo os consumidores como as distribuidoras. Destacam-se os riscos, como por exemplo: (i) a transferências de titularidade; (ii) UCs suspensas; (iii) UCs inativas; (iii) gestão de saldo de energia; (iv) previsões de conexão de geradoras junto a concessionárias; e (v) processamentos de listas de consumidores para consórcios e cooperativas.

Por fim, o Capítulo 3 aborda em mais detalhes aspectos reguladores da modalidade de fazendas solares que envolvem os impostos e possíveis isenções (PIS, COFINS, ICMS) ao consumidor de energia oriunda de GD. Nele são examinadas as faturas de energia dos consumidores, o que muda quando há utilização ou não de energia por GD e como o consumidor percebe este benefício. Apresentam-se estudos de casos da incidência tributária sobre Tarifa de Energia (TE) e Tarifa de Uso de Sistema de Distribuição (TUSD), e verifica-se como as distribuidoras disponibilizam os dados da GD, mediante as exigências da aplicação da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

Além disso, comentam-se impactos adversos que representam riscos na geração das usinas solares adversos. Dentre esses estão o furto de cabos, a baixa solarimetria devido a alterações meteorológicas, a presença de falhas técnicas ou de problemas na conexão com a concessionária, além de questões relativas a impactos socioambientais.

Serão comentadas algumas diferenças observadas entre fazendas solares em mais de um estado brasileiro, destacando-se em quais estados atualmente há mais vantagens para este modelo de negócio e as razões para isso. São discutidos também os próximos passos da MMGD no Brasil a caminho do Mercado Livre de energia, que se mostra iminente para os próximos anos, numa uma transição similar ao que ocorreu com as empresas de telefonia no final do século passado.

Finalmente, o Capítulo 4 busca trazer as considerações finais de todo o processo de análise. Nele estão resumidos as principais conclusões e os pontos de maior relevância, bem como são apresentadas algumas limitações encontradas e deixadas sugestões para futuros trabalhos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este segundo capítulo do trabalho elucida o que é a energia solar fotovoltaica, o panorama brasileiro e mundial para esta fonte e o cenário futuro e tendências, bem como adentra o mérito dos módulos fotovoltaicos em maiores detalhes, seu comissionamento e reciclagem. Em seguida, são apresentadas as principais características das fazendas solares, e as definições de energia consumida, compensada, injetada e creditada e suas diferenças na prática.

Após isso, o trabalho aprofunda os cenários de Mini e Microgeração Distribuída através dos aspectos regulatórios nacionais, e a representatividade nos estados brasileiros, com destaque para Minas Gerais. Finalmente, são explicados os sistemas *on grid* e *off grid* e apresentadas as principais distribuidoras de energia elétrica do Brasil, de pequeno e grande porte, assim como o Mercado Cativo e Mercado Livre de energia.

2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar provém da radiação eletromagnética emanada diariamente pelo sol, sendo indispensável para a manutenção da vida na Terra e servindo como catalisadora de todos os processos térmicos, dinâmicos e químicos, como a fotossíntese ou o ciclo hidrológico, explica Portal Solar (2022). Desde as primeiras civilizações, o homem utilizava a energia solar para realizar trabalho, como a geração de fogo através do calor dos raios solares.

A energia solar, por definição, é a energia proveniente da luz e do calor do Sol, sendo uma fonte alternativa, renovável e sustentável que pode ser utilizada tanto para geração de eletricidade, conforme sistema apresentado em mais detalhes no esquema da Figura 2.1, por meio de sistemas de energia solar fotovoltaica e heliotérmica¹, quanto para aquecimento de água, através de aquecedores de energia solar térmica.

¹ Energia heliotérmica ou solar térmica (*Concentrated Solar Power, CSP*) é uma tecnologia de geração de energia elétrica através do acúmulo de calor proveniente dos raios solares. Através de coletores com superfícies reflexivas, a irradiação solar é direcionada ao ponto focal de um receptor capaz de concentrar essa energia em forma de calor, e por meio de fluidos de transferência e sistemas de armazenamento, utilizar deste calor para alimentar uma turbina conectada a um gerador de eletricidade.

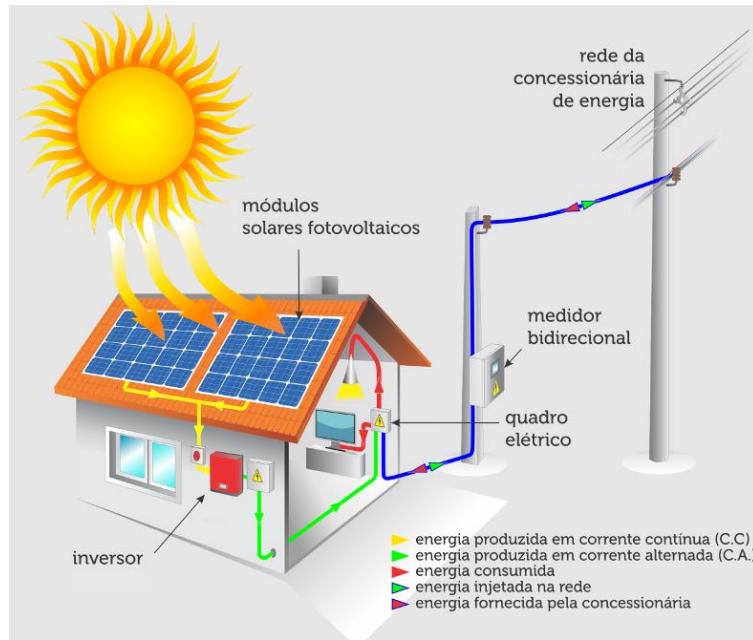


Figura 2.1 – Sistema solar fotovoltaico e conexão com a distribuidora.

Fonte: Luz Solar (2021).

Mais recentemente, o conceito de energia solar vem sendo associado à geração limpa de energia elétrica pelos módulos de energia fotovoltaica (mais conhecido como painéis fotovoltaicos ou mesmo painéis solares), já que essa geração é livre de emissão de gases de efeito estufa durante sua vida útil.

Na tecnologia fotovoltaica, quando as partículas de energia da irradiação solar – ou seja, fótons – incidem sobre as células dos painéis solares, constituídas por materiais semicondutores, geralmente de silício, ocorre a produção de eletricidade através de um fenômeno fotoelétrico.

2.1.1 Panorama brasileiro e mundial

O Brasil possui uma matriz energética predominantemente renovável que se sobressai entre tantos países líderes em produção mundial. O país conta com níveis de irradiação solar superiores aos de países onde projetos de aproveitamento de energia solar são explorados em larga escala, como Alemanha, França e Espanha (PORTAL SOLAR, 2022).

No entanto, vale ressaltar que mesmo a intensidade da energia que chega na superfície terrestre depender de alguns fatores como a latitude, estações do ano e as condições atmosféricas, o Brasil possui um grande potencial para gerar eletricidade a partir do Sol, cujo mapa de potencial fotovoltaico é apresentado na Figura 2.2.

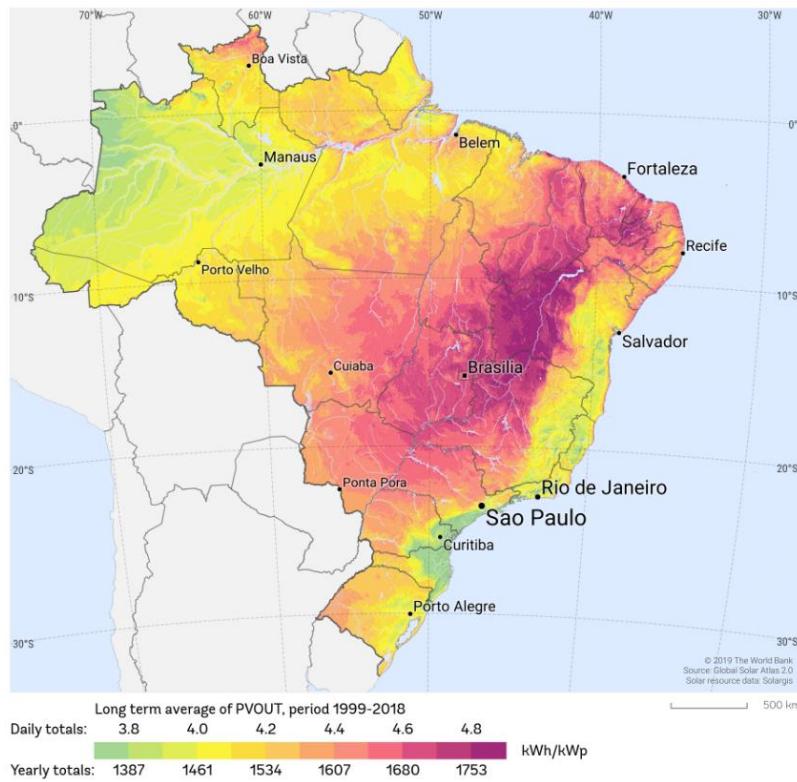


Figura 2.2 – Potencial energético fotovoltaico do Brasil.

Fonte: Global Solar Atlas (2020).

Para efeitos de curiosidade, América do Sol (2021) comenta que no local menos ensolarado no Brasil é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica. Isso porque segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, diariamente incide entre 4.444 Wh/m² a 5.483 Wh/m² no país.

A predominância energética na matriz nacional, historicamente, sempre foi e seguirá sendo de fonte hidrelétrica. Lembrando que o Brasil possui quase 15% da reserva hídrica do planeta, possuindo os maiores recursos tanto superficiais (bacias hidrográficas do Amazonas e Paraná) quanto subterrâneos (Bacias do Paraná, Piauí, Maranhão). Ademais, o país possui vários grandes rios, mudanças de altitude e altos níveis de precipitação, compondo uma densa rede de drenagem que banha o território nacional, o que torna o país ideal para hidreletricidade.

Os dados mais recentes da ABSOLAR indicam 211.909 MW de capacidade instalada para produção de energia elétrica no Brasil. Vale ressaltar que na Figura 2.3 a potência total da matriz não inclui a importação e segue critério adotado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que soma, nos valores de capacidade instalada, as quantidades de mini e microgeração distribuída associadas a cada tipo de fonte.

Além disso, o panorama atual de utilização da fonte de energia alternativa e renovável no Brasil é bastante favorável, analisando o aumento anual da potência instalada em energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira, consoante a Figura 2.3 (ABSOLAR, 2023), atingindo mais recentemente cerca de 12,6% no cenário nacional, seguido de perto pela capacidade instalada de fonte eólica, com 11,9%.

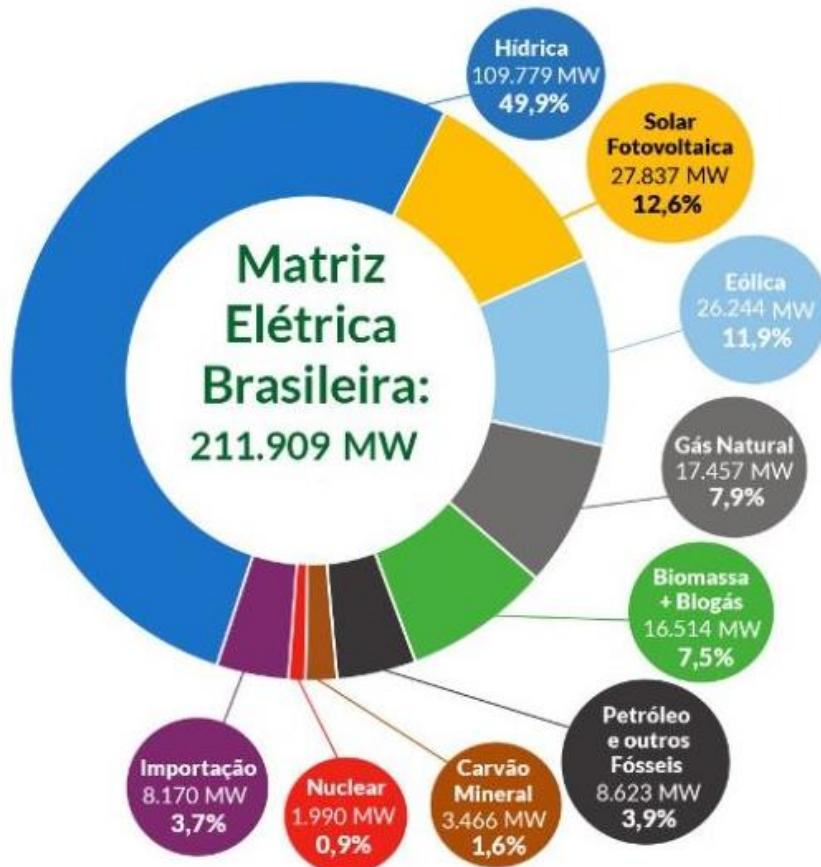


Figura 2.3 – Cenário da matriz elétrica nacional em 2023.

Fonte: ABSOLAR (2023).

O Brasil é o maior consumidor de energia elétrica da América do Sul, correspondendo a 36% da energia total utilizada na região. Contudo, a incidência solar diária não é igualitariamente distribuída em território nacional, havendo regiões que recebem luz solar por apenas 3 horas ao dia, enquanto outras localidades recebem mais de 10 horas diárias de Sol, demonstrando grande potencial energético fotovoltaico. É possível observar a seguir na Figura 2.4 a distribuição da irradiação solar através das regiões do planeta.

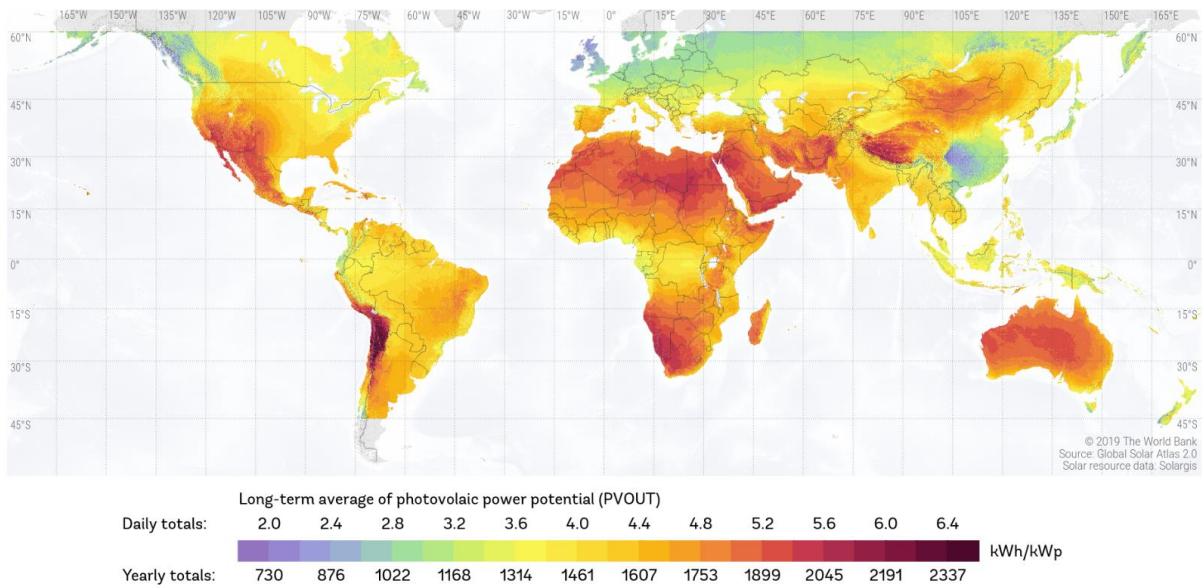


Figura 2.4 – Potencial energético fotovoltaico da superfície terrestre.

Fonte: Global Solar Atlas (2020).

A Figura 2.5 a seguir destaca o fato recente que o Brasil entrou, pela primeira vez, na lista dos dez países com maior potência instalada acumulada da fonte fotovoltaica, segundo dados da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA). Essa posição em particular foi possível porque, em 2022, o Brasil atingiu 24 GW de potência operacional solar total.



Figura 2.5 – Países com maior potência instalada acumulada de fonte solar fotovoltaica.

Fonte: IRENA (2023).

De acordo com Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a geração solar fotovoltaica no Sistema Interligado Nacional (SIN) conquistou recentemente um recorde histórico. No dia 9 de fevereiro de 2023 chegou à marca de 6.044 MW de geração instantânea, sendo o patamar mais elevado atingido na história do SIN, refletindo um volume gerado de

7,8% da demanda do Sistema. A fonte solar representa cerca de 3,6% (6,6 GW) do total da energia gerada no SIN, e a projeção para dezembro de 2026 é que ela chegue a 6,7% (13,9 GW).

Vale destacar que poucos meses após esse levantamento da IRENA (2022), o Brasil ultrapassaria a marca de 27 GW de potência operacional solar total, como apresentado na Figura 2.6 no infográfico atualizado da ABSOLAR.

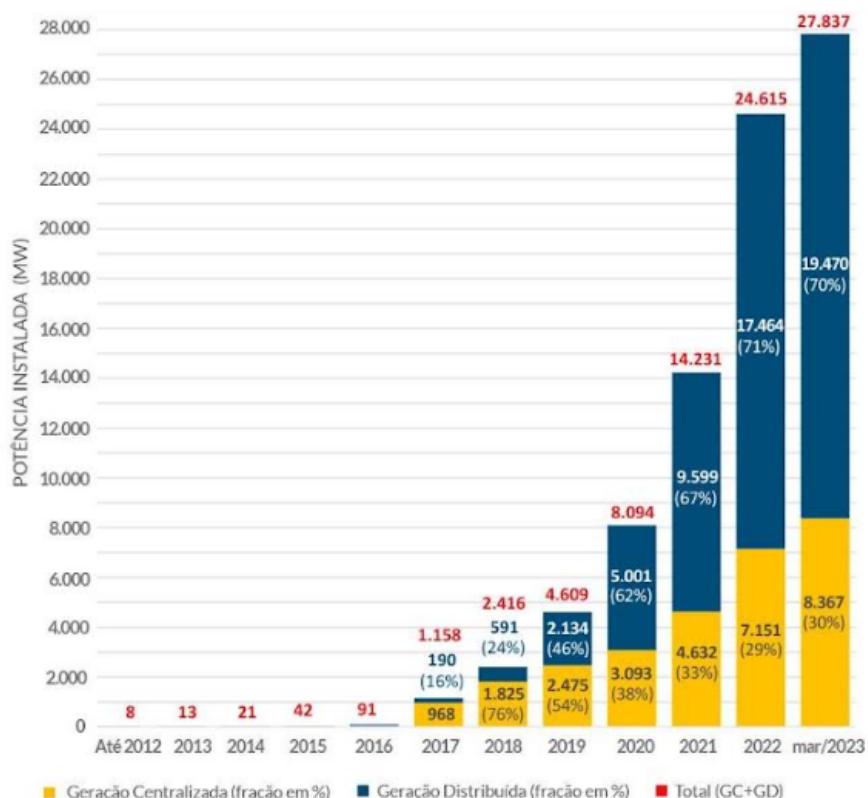


Figura 2.6 – Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil.

Fonte: ABSOLAR (2023).

2.1.1.1 Cenários futuros e tendências

A energia solar fotovoltaica possui diversos benefícios associados, tanto para sustentabilidade do meio ambiente como para os consumidores, que podem ter grande economia em seu consumo mensal de energia elétrica das distribuidoras.

O movimento acompanha um período em que a fatura de energia elétrica passou a ser ainda mais representativa no cenário financeiro dos brasileiros. Um levantamento feito pela ABRACEEL (Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia) mostra que a conta de energia subiu mais que o dobro da inflação entre 2015 e 2021.

O setor com o maior número de sistemas e potência instalada fotovoltaica no Brasil atualmente é o residencial, seguido pelo setor comercial e de serviços. A tendência é que com a democratização do acesso à energia elétrica oriunda de fonte solar por meio da MMGD nos próximos anos se mantenha um crescimento proporcional destacado para pessoas físicas e outrossim do interesse pelos diversos benefícios associados a essa fonte. A Figura 2.7 apresenta a participação dos setores por número de sistemas e por potência instalada no Brasil.

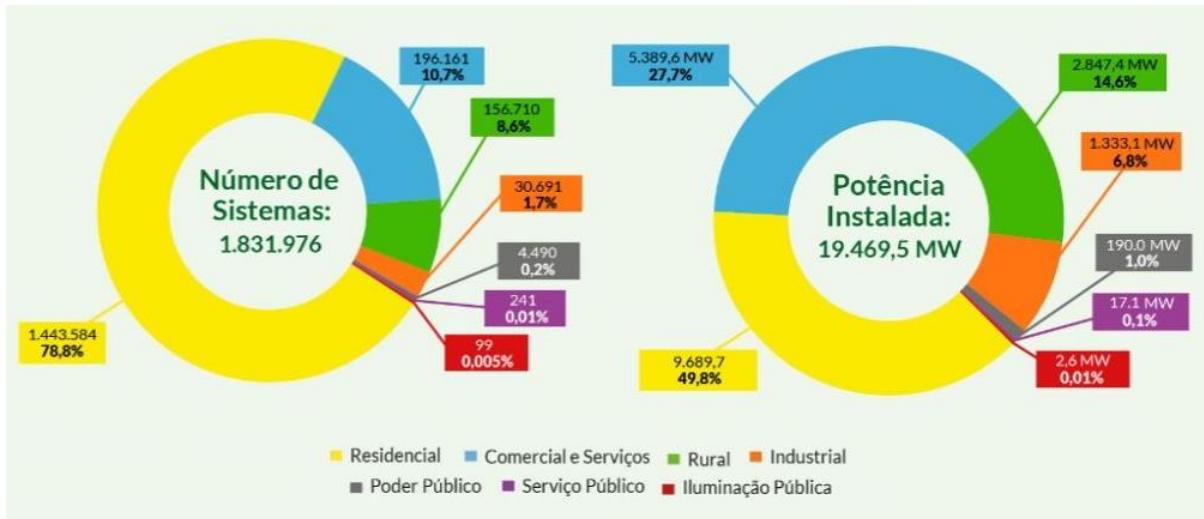


Figura 2.7 – Geração Distribuída Solar FV no Brasil por classe de consumo.

Fonte: ABSOLAR (2023).

Algumas das principais vantagens da geração fotovoltaica são por ser uma fonte de energia renovável e alternativa, sendo considerada fonte limpa e sem emissões, amplamente disponível pelo mundo em especial em países tropicais, pode ser utilizada em regiões isoladas da concessionária de energia, enfatiza Portal Solar (2022), sendo fonte de energia gratuita e podendo ser canalizada em painéis solares com baixa manutenção e longa vida útil.

É notório também que o Brasil possui uma das maiores reservas de silício do mundo. Isso por si só faz com que o país seja um local privilegiado para desenvolver uma indústria local de produção de células solares, gerando empregos e retorno em impostos pagos. Para isso, seria preciso investir em pesquisas para desenvolver um conhecimento de purificação do silício até o chamado grau solar (AMERICA DO SOL, 2021), superior ao empregado na siderurgia.

2.1.2 Módulos fotovoltaicos

Por meio do efeito fotovoltaico, os módulos fotovoltaicos ou células solares são dispositivos que convertem diretamente a radiação solar em energia elétrica. Há vários tipos de células solares disponíveis, classificados de acordo com os materiais utilizados em sua fabricação. As células fotovoltaicas mais comuns são as produzidas em silício, podendo ser de silício cristalino, monocristalino (mono-Si), policristalino (multi-Si) e silício amorfo (a-Si) (AZEVEDO, 2022b).

A Figura 2.8 apresenta um esquemático ilustrando a diferença entre célula fotovoltaica, painel fotovoltaico e arranjo de painéis fotovoltaicos. No geral, são usadas 36, 60 ou até 72 células fotovoltaicas interligadas em série para montar um painel solar fotovoltaico, equipamento responsável pela geração de energia solar. Os módulos fotovoltaicos mais utilizados em casas e empresas são de 320, 325, 330, 335 e 340 Watts (AMARAL, 2022), tendo até mesmo de 800 W. Eles custam entre R\$ 2,50 e R\$ 2,80 por Watt, logo, o valor de cada painel varia em média entre R\$ 700,00 a R\$ 900,00, dependendo do modelo e do fabricante (PORTAL SOLAR, 2022).

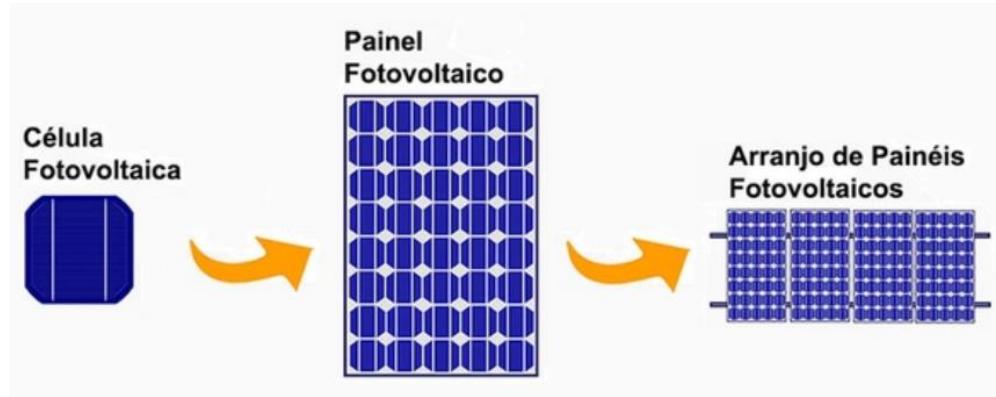


Figura 2.8 – Detalhamento da célula, painel e arranjo fotovoltaicos.

Fonte: adaptado de Portal Solar (2022).

Quando a célula fotovoltaica é exposta à luz, parte dos elétrons do material iluminado absorve fôtons. Os elétrons livres são transportados pelo material semicondutor até serem puxados por um campo elétrico, o qual é formado na área de junção dos materiais por uma diferença de potencial elétrico existente entre esses materiais semicondutores. De acordo com Azevedo (2022b), os elétrons livres são levados para fora das células de energia solar e ficam disponíveis para serem usados na forma de energia elétrica.

As células solares são encapsuladas em um material de polímero e protegidas por uma camada de vidro temperado na frente e uma folha traseira de plástico ou alumínio (PORTAL SOLAR, 2022), conforme observado na Figura 2.9 sobre a composição do painel solar.



Figura 2.9 – Composição do painel solar fotovoltaico.

Fonte: Portal Solar (2022).

Os módulos fotovoltaicos também incluem uma estrutura de suporte, geralmente de alumínio, que mantém as células solares no lugar e permite que o módulo seja montado em um suporte ou em um telhado. Alguns módulos fotovoltaicos também incluem um diodo de bloqueio, que evita a descarga da bateria de volta para o painel solar durante a noite ou em condições de pouca luz.

2.1.2.1 Comissionamento e reciclagem

O processo de comissionamento de um sistema de energia solar fotovoltaica consiste em uma série de verificações e testes realizados pelos instaladores do painel solar, a fim de garantir que o sistema esteja operando corretamente e atendendo aos requisitos de segurança e desempenho. Durante esse processo, é verificado se os painéis solares estão gerando a quantidade esperada de eletricidade e se os componentes elétricos, como inversores, cabos e caixas de junção, estão instalados e funcionando corretamente.

Ademais, durante o comissionamento são realizadas verificações de segurança, como testes de isolamento e aterrramento elétrico e testes de proteção contra surtos elétricos, para garantir que o sistema atenda aos códigos elétricos locais e nacionais. Por fim, um relatório detalhado é fornecido pelo instalador do painel solar, documentando os testes realizados e os resultados obtidos para garantir que o sistema esteja funcionando de acordo com as especificações e requisitos de segurança.

Há diversas possibilidades para a destinação de painéis que chegaram ao final da vida útil. A mais comum é a disposição em aterros sanitários, seja em aterros de classe I (resíduos perigosos, caso dos modelos de painel fotovoltaico com concentração de elementos tóxicos acima do limite constante na norma NBR 10.004/2004) ou IIA ou IIB (não perigosos – não inertes e inertes, respectivamente). Vazgauska (2020) comenta que há também a incineração e o reuso, através de uma readequação ou troca de componentes.

A outra opção é a reciclagem, que pode ser feita em plantas especializadas na recuperação do vidro, metal ou dedicadas exclusivamente aos módulos. No caso da reciclagem fotovoltaica é comum que antes de qualquer processamento, a caixa de junção e quadro de alumínio sejam removidos, a primeira vendida como Resíduos de Equipamento Eletroeletrônico (REEE) e o segundo como alumínio reciclado (VAZGAUSKA, 2020).

Até o momento, a reciclagem de painéis fotovoltaicos tem se mostrado inviável economicamente na maioria das iniciativas, o que torna necessário incentivos e consciência ambiental por parte de empresas e governos.

Ainda segundo Vazgauska (2020), a reciclagem de materiais naturalmente resulta em um preço de venda mais baixo em relação à matéria-prima virgem no mercado, devido a algum nível de impureza associado ao processo. No entanto, para obter produtos mais puros e aumentar a receita, é necessário fazer um trade-off e empregar métodos mais custosos que exigem mais energia, gestão de resíduos (químicos e de combustão) e mão de obra altamente qualificada.

2.2 FAZENDAS SOLARES

2.2.1 Definição e principais características

As usinas fotovoltaicas, também conhecidas como fazendas solares, são instalações de energia solar em grande escala que atendem a demanda de empresas ou grupos de consumidores. A estrutura e os equipamentos utilizados na montagem das fazendas solares são semelhantes aos sistemas fotovoltaicos tradicionais, com painéis solares, inversores de corrente, cabos e conectores.

Contudo, as fazendas solares são voltadas para a geração de energia em larga escala e são instaladas no solo, com suas estruturas de suporte (fundações) e fixação (ferragens) instaladas diretamente sobre uma área terraplanada e dedicada exclusivamente ao empreendimento de geração solar, ao contrário dos sistemas para uso próprio, que são geralmente instalados nos telhados.

A operação de sistemas *on grid*, a ser comentada em mais detalhes na Seção 2.4.1 do presente trabalho, é basicamente onde os consumidores contratam a instalação de sistemas fotovoltaicos, sejam em residências ou por meio de fazendas solares, que são conectados à rede da concessionária local, como é possível notar no esquemático da Figura 2.10.



Figura 2.10 – Esquemático da geração na usina solar até a distribuição ao consumidor.

Fonte: Portal da Construção Sua Obra (2019).

O consumidor que instala um sistema de energia solar fotovoltaica em sua unidade consumidora pode consumir parte da energia gerada pelo sistema e o excedente é enviado para a rede elétrica local. Essa energia excedente é registrada como créditos que podem ser usados para compensar o consumo futuro ou para reduzir o valor da conta de energia mensal. Dessa forma, o consumidor que gera energia limpa recebe uma compensação financeira e contribui para a preservação do meio ambiente.

Assim, as fazendas solares são uma solução para, por exemplo, permitir que pessoas que moram em apartamentos tenham acesso aos benefícios e à economia gerada por um sistema solar fotovoltaico, instalado em outra localidade. Além disso, as fazendas solares podem ajudar a atender às demandas crescentes por energia limpa e renovável em todo o mundo, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a mitigação das mudanças climáticas.

2.2.2 Conceitos de energia para GD

A expressão Geração Distribuída (GD) é utilizada para designar a geração de energia elétrica realizada junto ou próximo dos consumidores, ressalta INNE (2020). Nesse contexto, a Unidade Geradora (UG) na GD está conectada à rede de distribuição por meio de instalações de Unidades Consumidoras (UC).

As fontes renováveis ou a cogeração qualificada são os tipos de tecnologias utilizadas para a geração de energia elétrica na GD. Dentre as fontes renováveis destacam-se os painéis fotovoltaicos, as PCHs (Pequenas Centrais Hidrelétricas) e os microgeradores eólicos.

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles estão a vantagem sobre a geração central, pois economiza investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição; o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2023b).

Para melhor compreensão entre as variáveis associadas com a utilização de créditos oriundas da GD, é importante esclarecer as principais diferenças entre consumo, compensação, injeção e saldo, detalhados nos próximos tópicos desta seção.

2.2.2.1 Energia consumida

O consumo de energia elétrica, também conhecido como energia ativa, é a somatória dos valores de energia elétrica consumida por carga acumulada no período por uma unidade consumidora, geralmente medida em kWh (quilowatt-hora), que pode ser uma residência, uma empresa, uma indústria, entre outros.

O consumo de energia elétrica pode variar de acordo com diversos fatores, como o número de aparelhos elétricos em uso, o tempo de uso desses aparelhos, a potência dos aparelhos, o tipo de atividade realizada no local, entre outros. É importante ressaltar que aparelhos elétricos em modo *stand-by* também consomem energia elétrica, mesmo quando não estão sendo usados.

2.2.2.2 Energia compensada

A compensação de energia é a quantidade de energia elétrica que efetivamente foi utilizada pelo consumidor de todas as fontes GD no período atual. Em outras palavras, é a quantidade de energia elétrica produzida por uma unidade geradora, como um sistema solar fotovoltaico, que foi injetada na rede de distribuição elétrica local e é utilizada para compensar a energia consumida pela unidade consumidora, sendo medida em kWh e usada para reduzir o valor da conta de energia do consumidor.

2.2.2.3 Energia injetada

A injeção de energia é a quantidade de energia que foi recebida pela unidade consumidora oriunda de fonte GD no período atual. Ou seja, é a quantidade de energia elétrica (kWh) produzida por uma unidade geradora que foi injetada na rede de distribuição elétrica local, mas não foi consumida pela própria unidade geradora. Essa energia é contabilizada para fins de compensação na conta de energia do consumidor.

2.2.2.4 Energia creditada

Os créditos de energia, ou mais conhecido como saldo de geração distribuída, é a quantidade total de créditos de energia disponível ao consumidor no final do período atual, ou seja, após uso de seu benefício através da compensação. É também conhecida como saldo por se tratar da diferença entre a energia consumida e a energia injetada por uma unidade consumidora com um sistema de geração de energia.

Se a energia injetada for maior do que a energia consumida, haverá um saldo positivo de energia, que pode ser usado para compensar a energia consumida em meses futuros. Se a energia consumida for maior do que a energia injetada, haverá um saldo negativo de energia, o que significa que a unidade consumidora ainda terá que pagar pela energia excedente consumida.

2.3 MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Como já foi comentando no Capítulo 1, são consideradas como microgeração as microusinas com potência instalada de até 75 kilowatt (kW), e como minigeração as miniusinas

com potência instalada acima de 75 kW e menor ou igual a 3 megawatt (MW) para a fonte hídrica, ou 5 MW para as demais fontes, através de conexões nas redes de distribuição na Baixa Tensão (BT) e Média tensão (MT).

2.3.1 Aspectos regulatórios no Brasil

No Brasil, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) é o órgão responsável por regulamentar o uso de energia elétrica no país, incluindo a criação de normas para a utilização de diversas fontes de energia. Além disso, a ANEEL também regula outras questões relacionadas ao setor elétrico brasileiro.

Em 2012, a ANEEL lançou a Resolução Normativa 482/2012, que permite aos consumidores produzirem sua própria energia utilizando fontes renováveis ou cogeração qualificada, e ainda permanecerem conectados à rede elétrica da concessionária local. Com isso, a energia gerada pelo consumidor é enviada para a concessionária, que recompensa o produtor-consumidor com descontos em sua conta de energia e créditos para serem usados no futuro (AMARAL, 2022). Os produtores de energia que repassam o excedente para as concessionárias recebem créditos energéticos, que são utilizados para abater o valor da próxima fatura de energia elétrica.

Além disso, com o objetivo de simplificar e agilizar a conexão da microgeração e minigeração, bem como de tornar o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) mais adequado às condições gerais de fornecimento (conhecido como sistema *Net Metering* no Brasil), expandir a sua abrangência e fornecer informações mais precisas na fatura, a ANEEL revisou a REN 482/2012 através da publicação da REN 687/2015.

De acordo com as novas regulamentações, houve a inclusão de qualquer fonte de energia renovável para a geração de energia em micro e minigeração. Se a quantidade de energia produzida em um mês exceder a energia consumida nesse período, o consumidor terá créditos válidos por até 60 meses, que podem ser usados para reduzir a fatura dos meses seguintes. Anteriormente, esses créditos tinham validade máxima de 36 meses junto à concessionária.

Ademais, a resolução normativa trouxe inovações, como a possibilidade de instalar sistemas de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas UCs). Através

das novas regras de 2015, tornou-se possível compartilhar a energia gerada em um condomínio de forma justa entre os moradores, por meio da definição de porcentagens acordadas entre eles. A norma também estabeleceu a geração compartilhada, permitindo que diversos indivíduos se unam em um consórcio ou cooperativa para instalar micro ou minigeração distribuída e usar a energia gerada para reduzir as contas de luz dos membros.

Essa resolução criou também outras modalidades de geração de energia, como o autoconsumo remoto e condomínios solares, ao mesmo tempo em que agilizou o processo de solicitação e instalação junto às distribuidoras, tornando-o mais acessível com a disponibilidade de processos online.

Em outubro de 2017, a ANEEL realizou a segunda atualização da Resolução 482, por meio da REN 786/2017. Essa atualização trouxe novas determinações, explica Amaral (2022), que incluem a proibição da classificação como microgeração ou minigeração distribuída de centrais geradoras que já possuam registro, concessão, permissão ou autorização, ou que já estejam em operação comercial ou tenham tido sua energia elétrica contabilizada pela CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica), de acordo com o texto no Diário Oficial.

Com o crescimento e popularidade da geração distribuída, iniciaram-se esforços para trazer mais segurança jurídica ao setor por meio da elaboração do Marco Legal da Geração Distribuída em 2019. Essa legislação objetivava criar uma regulamentação específica para a geração distribuída, a fim de fomentar e oferecer segurança jurídica ao setor.

Embora inicialmente prevista para votação em 2020, a pandemia da Covid-19 atrasou a aprovação do projeto de lei. Somente em dezembro de 2020, a Câmara dos Deputados votou pela urgência do Projeto de Lei (PL) 5829, que institui o Marco Legal da GD (AMARAL, 2022). Após uma grande mobilização em junho de 2021 por profissionais, empresários, consumidores e entidades representativas do setor solar, os parlamentares foram pressionados e aprovaram o texto na primeira semana de agosto do mesmo ano.

No final de 2021, o projeto do Marco Legal da Geração Distribuída foi aprovado pelos senadores e retornou para a Câmara para aprovação final, o que aconteceu em janeiro de 2022, com a sanção presidencial da Lei 14.300. Essa lei deve impulsionar a instalação de novos sistemas de geração distribuída no país nos próximos anos.

Uma das mudanças trazidas pela lei é a aplicação de uma taxa progressiva sobre a energia injetada no sistema de distribuição, substituindo o atual “custo de disponibilidade”, popularmente referenciado como “taxa mínima” nas contas de energia.

A partir de janeiro de 2023, a taxa será de 15% da Taxa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), e a cada ano esse valor aumentará até atingir 90% da TUSD em 2028, quando então em 2029 o processo de taxação será reavaliado. A cobrança da TUSD sobre a energia injetada no sistema de distribuição, que era isenta até 2022, será então progressiva já a partir deste ano de 2023.

A partir do Marco Legal da GD foi criada a REN 1.059 em fevereiro de 2023, com o objetivo de aprimorar as regras relacionadas à ligação e cobrança de sistemas de geração de energia elétrica em pequena escala, instalados de forma distribuída nos sistemas de distribuição de energia. Essa resolução estabelece os direitos dos consumidores, os procedimentos para obter acesso à GD e as regras para o faturamento dessa geração pelas empresas distribuidoras de energia, abrangendo as normas do SCEE, em conformidade com a Lei 14.300/2022.

A REN 1.059 também trata de questões específicas relacionadas à conexão e compartilhamento de subestações em unidades flutuantes de geração de energia solar fotovoltaica, instaladas sobre a superfície de reservatórios de água, represas e lagos, tanto naturais quanto artificiais. Também de acordo com as disposições estabelecidas pela REN 1.059/2023, a distribuidora de energia elétrica é responsável por arcar com os custos de reforços necessários no sistema de distribuição nos casos em que a potência gerada pela microgeração seja igual ou inferior à potência fornecida para atender à demanda da UC à qual a geração está conectada, não havendo participação financeira do consumidor para tais melhorias.

2.3.2 Representatividade nos estados brasileiros

De acordo com dados da ANEEL e ABSOLAR apresentados na Figura 2.11, o estado de Minas Gerais é o líder em capacidade solar instalada na geração distribuída no Brasil, com um total de 2.390,8 MW. Em seguida, vêm os estados de São Paulo e Rio Grande do Sul. Já os estados de Acre, Amapá e Roraima ocupam as últimas posições, pois então em grande parte cobertos pela floresta amazônica.



Figura 2.11 – Ranking estadual de GD por potência instalada em 2023.

Fonte: ABSOLAR (2023).

No ano de 2022, foram conectados em Minas Gerais 82.003 sistemas fotovoltaicos de geração distribuída, e no ano seguinte, em 2023, já foram adicionados mais 7.121 sistemas, segundo informações da ANEEL. São Paulo, por sua vez, adicionou 131.955 sistemas em 2022 e conectou 12.380 sistemas em 2023, conforme Santos (2023). Em relação ao Rio Grande do Sul, foram instalados 102.548 sistemas de GD em 2022 e 9.803 sistemas em 2023.

Com esse ritmo de instalações, São Paulo se aproxima de Minas Gerais, que anteriormente liderava o mercado de GD com maior vantagem. Segundo relatos de integradores

e associações, Minas Gerais vem enfrentando uma saturação na capacidade da rede para absorver novas conexões, o que pode explicar a desaceleração no estado.

Santos (2023) lembra ainda que os estados do Paraná, Mato Grosso, Santa Catarina, Bahia, Goiás, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul ocupam as posições de 4 a 10 no ranking de capacidade solar instalada na geração distribuída no Brasil. No entanto, apesar de somarem suas capacidades, ainda não ultrapassam os três primeiros estados, representando apenas 36% do total de potência instalada.

2.4 DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Uma distribuidora de energia elétrica é uma empresa ou organização, pública ou privada, responsável pela entrega e distribuição da energia elétrica junto ao consumidor, independentemente de sua classe (residencial, comercial, industrial etc.), desde que situado dentro da área de atuação prevista, regulada pela ANEEL.

Ou seja, a distribuidora é justamente a etapa final da cadeira produtiva que se inicia com a geração de energia, seja esta de origem hidráulica, térmica e nuclear, por exemplo, ou mesmo de fontes consideradas renováveis, como solar, eólica e biogás.

Segundo a ANEEL (2023a), as distribuidoras podem ser divididas em dois grupos: concessionárias de grande porte (com número de unidades consumidoras maior que 400 mil) e concessionárias de menor porte (com o número de unidades consumidoras menor ou igual a 400 mil), conforme apresentado em maiores detalhes na sequência.

Evidentemente que as Tabelas 2.1 e 2.2 incluem apenas as principais distribuidoras de energia elétrica no Brasil, que aparecem no Ranking Anual de Continuidade da ANEEL, isto é, o instrumento comparativo de desempenho de uma distribuidora em relação às demais empresas do país no quesito de continuidade do fornecimento de energia elétrica. Ademais, a Unidade Federativa (UF) que consta nas tabelas citadas é a do principal estado dentro da concessão da distribuidora, contudo, algumas atuam em municípios de mais de um estado brasileiro.

Tabela 2.1 – Lista das principais distribuidoras de energia de grande porte do Brasil.

Principais Distribuidoras de Energia Elétrica no Brasil (2023) (Concessionárias de Grande Porte)		
Sigla	UF	Razão Social
AME	AM	Amazonas Distribuidora de Energia
CELESC	SC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
CEMIG	MG	Companhia Energética de Minas Gerais
CERON	RO	Energisa Rondônia Distribuidora de Energia
COPEL	PR	Companhia Paranaense de Energia
CPFL PAULISTA	SP	Companhia Paulista de Força e Luz
CPFL PIRATININGA	SP	Companhia Piratininga de Força e Luz
CPFL RGE	RS	Rio Grande Energia Distribuidora
CPFL SANTA CRUZ	SP	Companhia Jaguari de Energia
EDP ES	ES	EDP Espírito Santo Distribuição de Energia
EDP SP	SP	EDP São Paulo Distribuição de Energia
EMG	MG	Energisa Minas Gerais Distribuidora de Energia
EMS	MS	Energisa Mato Grosso do Sul Distribuidora de Energia
EMT	MT	Energisa Mato Grosso Distribuidora de Energia
ENEL CE	CE	Companhia Energética do Ceará
ENEL RJ	RJ	Ampla Energia e Serviços S.A.
ENEL SP	SP	Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo
EPB	PB	Energisa Paraíba Distribuidora de Energia
EQUATORIAL AL	AL	Equatorial Alagoas Distribuidora de Energia
EQUATORIAL CEEE	RS	Companhia Estadual de Energia Elétrica
EQUATORIAL GO	GO	Equatorial Goiás Distribuidora de Energia
EQUATORIAL MA	MA	Equatorial Maranhão Distribuidora de Energia
EQUATORIAL PA	PA	Equatorial Pará Distribuidora de Energia
EQUATORIAL PI	PI	Equatorial Piauí Distribuidora de Energia
ESE	SE	Energisa Sergipe Distribuidora de Energia
ESS	SP	Energisa Sul-Sudeste Distribuidora de Energia
ETO	TO	Energisa Tocantins Distribuidora de Energia
LIGHT	RJ	Light Serviços de Eletricidade
NEOENERGIA CEB	DF	Companhia Energética de Brasília
NEOENERGIA CELPE	PE	Companhia Energética de Pernambuco
NEOENERGIA COELBA	BA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
NEOENERGIA COSERN	RN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
NEOENERGIA ELEKTRO	SP	Elektro Redes

Fonte: adaptado de ANEEL (2023a).

Destaca-se que a CPFL Santa Cruz e ESS, ambas atuam majoritariamente em São Paulo, mas também no Paraná e Minas Gerais, da CELPE, que além do Pernambuco atua também na Paraíba, da COELBA, que atua principalmente na Bahia, mas também em Alagoas e Tocantins, e da ELEKTRO, atuando em maior parte em São Paulo e outrossim no Mato Grosso do Sul.

Tabela 2.2 – Lista das principais distribuidoras de energia de pequeno porte do Brasil.

Principais Distribuidoras de Energia Elétrica no Brasil (2023) (Concessionárias de Pequeno Porte)		
Sigla	UF	Razão Social
CHESP	GO	Companhia Hidroelétrica São Patrício
COCEL	PR	Companhia Campolarguense de Energia
COOPERALIANÇA	SC	Cooperativa Aliança
DCELT	SC	Distribuidora Catarinense de Energia Elétrica
DEMEI	RS	Departamento Municipal de Energia de Ijuí
DMED	MG	DME Distribuição
EBO	PB	Energisa Borborema
EFLIC	SC	Empresa Força e Luz João Cesa
EFLUL	SC	Empresa Força e Luz de Urussanga
ELETROACRE	AC	Energisa Acre Distribuidora de Energia
ELETROCAR	RS	Centrais Elétricas de Carazinho
ELFSM	ES	Empresa Força e Luz Santa Maria
ENF	RJ	Energisa Nova Friburgo Distribuidora de Energia
EQUATORIAL CEA	AP	Equatorial Energia Amapá
FORCEL	PR	Força e Luz Coronel Vivida
HIDROPAN	RS	Hidropan Distribuição de Energia
MUXENERGIA	RS	Muxfeldt Marin e Cia Energia
RORAIMA ENERGIA	RR	Companhia Energética de Roraima
SULGIBE	SE	Companhia Sul Sergipana de Eletricidade
UHENPAL	RS	Nova Palma Energia

Fonte: adaptado de ANEEL (2023a).

2.4.1 Sistemas de conexão *on grid* e *off grid*

Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em Sistema Isolado (*off grid*), que é caracterizado por não estar conectado ao Sistema Interligado Nacional (SIN), em Sistema Conectado à Rede (*on grid*), caracterizado por estar conectado ao SIN, e em Sistema Híbrido, caracterizado pela operação em conjunto da geração solar conectado à rede elétrica – isto é, ao Sistema Elétrico de Potência (SEP), e integrado com um sistema de armazenamento de energia.

O sistema *on grid*, também conhecido como *grid tie*, é um tipo de sistema fotovoltaico que está conectado à rede elétrica da concessionária local. Quando o sistema produz mais energia do que é consumido, o excesso é enviado de volta à rede pública e transformado em créditos de energia que podem ser utilizados em até cinco anos. Esse sistema é amplamente utilizado em áreas urbanas ou locais com acesso à energia elétrica. Se o sistema não for capaz

de gerar energia suficiente para o consumo, a rede pública suprirá o restante, o que resultará em uma redução significativa na conta de energia.

O sistema isolado *off grid* funciona através do armazenamento de corrente utilizando um banco de baterias² estacionárias³ ou de ciclo profundo⁴, não estando ligado à rede pública, sendo recomendado para áreas remotas e, também, tendo como foco a utilização em dias nublados e chuvosos, ou durante o período noturno. Já o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica não necessita de baterias, pois toda energia gerada é imediatamente consumida ou enviada para a rede, que funciona como um grande armazenador.

Os inversores *off grid* são projetados para alimentar diretamente as cargas do sistema, utilizando apenas a energia fornecida pelo banco de baterias. Eles não possuem capacidade de interação com a rede elétrica pública, tornando-os incompatíveis com sistemas *on grid*. Outra tecnologia de armazenamento para estes sistemas *off grid* seria a de ar comprimido, cujo processo consiste em transformar energia em ar comprimido sob alta pressão, para ser então liberado para movimentar um conjunto de turbina-gerador, gerando assim eletricidade.

Já os inversores *on grid* são projetados para trabalhar em conjunto com a rede elétrica pública e operar de forma autônoma, atuando como uma unidade de controle. Para garantir a eficiência da conexão, esses inversores devem possuir um sinal de corrente alternada de alta qualidade, a fim de evitar interferências e problemas de sincronização com a rede. Segundo Blue Sol Energia (2020), por outro lado, o sistema híbrido é utilizado para garantir o fornecimento de energia elétrica em caso de falhas na rede e pode ser usado durante a noite, quando não há geração de energia solar. Além de proporcionar economia de custo, o sistema híbrido oferece maior segurança no fornecimento de energia elétrica.

² As baterias têm a capacidade de armazenar o excedente de energia produzido pelos painéis solares. A energia armazenada fica pronta para ser utilizada quando o sistema não está gerando energia, permitindo que a instalação seja autossuficiente. Esse tipo de sistema é frequentemente utilizado em locais remotos, como áreas rurais afastadas, pois não depende da rede elétrica pública.

³ As baterias estacionárias são projetadas para fornecer energia de reserva em situações de falha de energia ou para atender a picos momentâneos de demanda de energia em aplicações estacionárias, como sistemas de telecomunicações e subestações elétricas. Geralmente, elas possuem alta densidade de energia, o que permite que forneçam grandes quantidades de energia rapidamente.

⁴ As baterias de ciclo profundo são projetadas para serem descarregadas profundamente e recarregadas repetidamente, sem prejudicar sua vida útil. Elas são frequentemente utilizadas em sistemas de energia solar *off grid* e em aplicações marítimas e veículos recreativos. Geralmente, possuem menor densidade de energia do que as estacionárias, mas são capazes de armazenar energia por períodos mais longos.

2.4.2 Mercado Cativo e Mercado Livre

No Brasil, o mercado de energia é composto pelo Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e pelo Ambiente de Contratação Livre (ACL). Os consumidores cativos são aqueles que compram energia elétrica das concessionárias de distribuição, sendo que o valor da energia e o serviço de distribuição são cobrados em uma única fatura com tarifas reguladas pelo Governo.

Já os consumidores livres podem negociar diretamente com os geradores ou comercializadores de energia elétrica, estabelecendo contratos com preços, prazos e volumes livremente negociados. Nesse caso, a fatura inclui a tarifa regulada de distribuição e uma ou mais faturas referentes à compra da energia, de acordo com as negociações estabelecidas.

Na cadeia produtiva, a energia elétrica deve ser tratada como um insumo, e o Mercado Livre proporciona a escolha do contrato mais vantajoso em termos de custo e benefício. Além disso, há isenção da cobrança de Bandeiras Tarifárias e possibilidade de negociação de preços, montantes de energia, prazos e fornecedores (MERCADO LIVRE DE ENERGIA, 2023). Esta é uma opção para quem quer economizar na conta de energia, pois permite a compra de energia diretamente de geradores ou comercializadores, com preços negociáveis e condições livremente acordadas, como pode ser notado no esquemático da Figura 2.12.



Figura 2.12 – Fluxo de operação em Mercado Cativo e Mercado Livre de Energia.

Fonte: Omega Energia (2022).

No Mercado Livre de Energia, a energia contratada pode ser convencional ou incentivada. A energia incentivada é proveniente de fontes renováveis com potência limitada a 30 MW, como PCH, Biomassa, Eólica e Solar.

Para incentivar esses geradores, o comprador da energia incentivada recebe descontos significativos na TUSD (MERCADO LIVRE DE ENERGIA, 2023). A energia convencional, por sua vez, é proveniente de outros tipos de geradores, como usinas térmicas a gás ou grandes hidroelétricas.

Desde 2007, o mercado energético europeu, composto por 27 países, encontra-se plenamente liberalizado, permitindo que até mesmo consumidores residenciais escolham seus fornecedores de energia elétrica. Nos Estados Unidos, mais de 65% dos consumidores também são livres para escolher seus fornecedores de energia elétrica.

A partir de janeiro de 2024, destaca Exame (2023), haverá uma nova etapa de abertura do mercado de energia no Brasil, permitindo que todas as empresas do grupo A, que possuem alta demanda de energia, possam migrar para o Mercado Livre de Energia.

Esta novidade deve afetar cerca de 106 mil novas unidades consumidoras, principalmente empresas de médio e grande porte, como indústrias e shoppings, que terão a opção de escolher esse modelo de mercado.

Conforme visto, apenas pessoas com consumo acima de 500 kW, o que equivale a uma conta mensal de cerca de R\$ 140 mil, segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), instituição gestora do mercado de eletricidade, podem atualmente participar do mercado livre (EXAME, 2023).

A Tabela 2.3 apresenta os principais pontos de divergência entre contratação em mercado cativo ou livre de energia elétrica no Brasil, sendo destacados os tópicos de preço, contratação, sustentabilidade, previsibilidade e consumidor.

Tabela 2.3 – Principais diferenças entre Mercado Cativo e Mercado Livre de Energia.

	Mercado Cativo	Mercado Livre
Preço	Além do preço ser ajustado anualmente, nesse mercado não existe possibilidade de negociação. O consumidor fica sujeito às condições do mercado, como as bandeiras tarifárias e oscilações do setor.	A possibilidade de avaliar a concorrência permite escolher o fornecedor que entrega o melhor preço. Aqui, o consumidor também está livre das bandeiras tarifárias, não está sujeito às oscilações do mercado e garante desconto na TUSD por conta do consumo de energia a partir de fontes incentivadas.
Contratação	A contratação é bastante simplificada, pois o serviço já está à disposição na região. Para ligar o serviço, basta solicitar a distribuição de energia à concessionária da região.	A contratação depende de uma pesquisa de fornecedores e definição de um contrato prevendo preços, prazos, pagamento etc. Pode ser feita de forma simplificada via gestora ou comercializadora de energia.
Sustentabilidade	Adesão de fontes renováveis de energia por meio da GD, sendo incentivada por políticas públicas e regulamentações. Implementação de programas de responsabilidade social e ambiental, envolvendo a distribuidora e os consumidores.	O consumo de energia é feito, em maior parte, a partir de fontes incentivadas, ou seja, que são geradas a partir de fontes renováveis como solar, eólica, biomassa, PCHs, biogás e cogeração. Portanto, contribui diretamente para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa e com metas e protocolos de sustentabilidade.
Previsibilidade	O consumidor tende a receber contas com valores diferentes a cada mês, dependendo do seu consumo, e também está sujeito a outras variações do mercado como condições climáticas, bandeiras tarifárias e mudanças do setor.	Os consumidores têm contrato de longo prazo, com preços negociados antecipadamente. Os valores são determinados com base na realidade do consumidor, no cálculo estimado da sua demanda. Ou seja, determina-se no contrato uma estimativa do que haverá de gasto com energia ao longo dos meses no período.
Consumidor	Está à disposição para todo e qualquer tipo de consumidor, sem segregação por classe ou faixa de consumo de energia elétrica.	Ainda não está disponível a todos os consumidores do Brasil, mas para aqueles com carga superior ou igual a 500kW, sendo que este total pode ser por UC ou por uma soma da mesma raiz de CNPJ.

Fonte: adaptado de Comerc Energia (2021).

3. ANÁLISE E DISCUSSÕES

Este capítulo aborda primeiramente os aspectos de relacionamento entre as empresas gestoras de fazendas solares, as distribuidoras de energia elétrica e os consumidores finais. Em seguida, são discutidas as principais vantagens e desvantagens da geração própria diante da geração compartilhada e os consequentes impactos na fatura de energia.

Posteriormente, são discutidos em maiores detalhes os modelos de negócio deste tipo de empreendimento, as normas reguladores associadas, a questão da isenção de impostos em fatura, as aplicações da LGPD nos dados das usinas e dos consumidores, os riscos ao negócio e impactos sociais e ambientais. Por fim, a transição energética nacional é debatida por meio do Mercado Livre de Energia e dos novos cenários que se desenham aos próximos anos.

3.1 FAZENDAS SOLARES E MMGD

Uma fazenda solar é um local onde é instalado um grande número de painéis solares, destinados a captar a energia do Sol e convertê-la em energia elétrica, conforme já explicado na Seção 2.2. Esses painéis solares geralmente são montados em estruturas fixas ou em dispositivos de rastreamento solar para maximizar a quantidade de energia captada.

A energia elétrica gerada pela fazenda solar pode ser usada para alimentar uma rede elétrica, fornecer energia para áreas remotas ou ser armazenada em baterias para uso posterior. As fazendas solares são consideradas uma forma de energia renovável e limpa que ajuda a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e a emissão de gases de efeito estufa.

A utilização da energia gerada na fazenda solar é realizada por meio de um sistema de compensação, em que esses créditos energéticos são gerados quando a energia injetada pelos sistemas fotovoltaicos for superior a consumida.

A Figura 3.1 apresenta uma fazenda solar administrada pela empresa Órgo Energia, a UFV de Fenícia, conectada à rede local da concessionária ELEKTRO, localizada no município de Atibaia, no interior de São Paulo.

A usina fotovoltaica da Figura 3.1 opera desde 2020, sendo composta por 7350 módulos de 330 Wp, com 11 inversores de 175 kW – 1500 Vcc / 800 Vca, 245 conjuntos de estrutura fixa para módulos de inclinação 15°, com capacidade instalada de 1925 kW, sistema de proteção e elevação de tensão composto por transformador à seco de 2 MVA, além de painéis de MT e de BT instalados em sala elétrica do tipo eletrocentro⁵.



Figura 3.1 – Fazenda Solar em Atibaia em concessão da ELEKTRO.

Fonte: acervo do autor.

A potência instalada da UFV, também conhecida como capacidade bruta em kW, é um indicador da capacidade total de geração de energia de uma central geradora. Essa medida é a soma das potências nominais de todos os equipamentos que compõem a central, assumindo que todos estejam ligados e operando ao mesmo tempo. Em outras palavras, a potência instalada indica a capacidade máxima de geração de energia que a central geradora pode fornecer em condições ideais de operação.

⁵ Um eletrocentro é um local que centraliza as operações e o controle de sistemas elétricos, recebendo energia elétrica de fontes externas e distribuindo-a para subestações ou clientes finais. Ele contém equipamentos elétricos de alta tensão, como transformadores, disjuntores, chaves seccionadoras e painéis de distribuição, que transformam a energia de alta tensão em níveis mais baixos para uma distribuição segura e confiável. Além disso, o eletrocentro pode ter sistemas de controle e proteção, bem como baterias ou geradores de backup para garantir um fornecimento contínuo de energia, mesmo em caso de falhas ou interrupções.

Há diversos benefícios por receber energia oriunda de fazendas solares, menciona Órigo Energia (2022d), atrelados principalmente à possibilidade de participar da geração distribuída compartilhada (democratizando assim o consumo da energia elétrica), redução na fatura de energia por meio de uma assinatura de energia solar, por exemplo, sendo uma modalidade considerada de baixa emissão de carbono e sem emissão de poluentes, além do baixo custo de operação das usinas (painéis solares com vida útil média entre duas e três décadas) e reaproveitamento dos materiais dos módulos fotovoltaicos, reduzindo a emissão de carbono.

3.1.1 UFV e Consumidor

O relacionamento, em termos energéticos, entre a gestora da fazenda solar e o beneficiário (consumidor) ocorre de maneira indireta, pois essa relação é permeada todo o tempo pela distribuidora que abrange ambos. Em realidade, o consumidor – pessoa física (PF) ou jurídica (PJ) – não necessariamente usufrui da energia gerada na fazenda solar, mas se torna uma espécie de “produtor” ao se associar a uma participação percentual de geração da usina, o que dá o direito de descontar a quantia que injetou na rede do total consumido naquele mês.

A empresa de GD responsável pela UFV fica então encarregada de informar à distribuidora de energia, que finalmente faz a compensação de créditos energéticos na fatura do consumidor. Ou seja, para que esta operação funcione corretamente, a participação sem intercorrências por parte da distribuidora torna-se fundamental, e os riscos e impactos desses eventuais desvios serão abordados com mais detalhes na Seção 3.3.4 do presente estudo.

Atualmente, a modalidade de assinatura de energia solar ainda não está disponível na cidade de São Paulo, capital do estado, devido à falta de fazendas solares que forneçam energia para a distribuidora local (O TEMPO, 2023). A distribuidora ENEL afirmou que não há empresas de Geração Distribuída (GD) conectadas à rede que ofereçam esse serviço no momento. A dificuldade em encontrar locais para instalação das usinas é um dos problemas, seja pela falta de terrenos apropriados ou pelos valores elevados da locação.

Além disso, a grande quantidade de concessionárias de energia no estado de São Paulo, como mencionado na Seção 2.4, é vista como um obstáculo. Como as regulamentações de MMGD exigem que a usina solar esteja na mesma área de concessão do consumidor, os estados com distribuição concentrada em uma ou poucas empresas tendem a ser mais favoráveis a esse

modelo de negócio, como é o caso da CEMIG, sendo responsável pelo abastecimento energético de 96% do estado de Minas Gerais.

3.1.2 Distribuidora e Consumidor

O relacionamento, em termos energéticos, entre a distribuidora de energia e o beneficiário (consumidor) ocorre de maneira direta, pois essa relação é pré-existente à contratação da energia oriunda de GD, ou seja, mesmo participando de um modelo de Geração Compartilhada, o consumidor segue recebendo fatura de energia elétrica da distribuidora (por ter o acesso a rede disponível indefinidamente, em uso ou não de carga, por exemplo) e consequentemente pagando pela energia da distribuidora, ainda que participante de SCEE.

Com o objetivo de atuar também no mercado de Geração Distribuída, a CEMIG SIM foi criada em 2019 como uma empresa do grupo CEMIG, com foco em eficiência energética e cogeração, além da GD. Atualmente, é uma das principais empresas do setor, com 23 fazendas solares em operação, atendendo a mais de 7.000 consumidores, principalmente pessoas jurídicas (O TEMPO, 2023).

O diretor da CEMIG SIM afirmou que já foram investidos R\$ 280 milhões no negócio e a perspectiva é alocar um total de R\$ 3,2 bilhões até 2025. Na visão da empresa, quem consumir mais de 100 kWh por mês pode se beneficiar com a “energia solar por assinatura”.

Ademais à entrada no mercado de GD nos últimos anos, a CEMIG está imbuída em avanços no setor através do desenvolvimento de usinas solares flutuantes em seus reservatórios hidrelétricos, aproveitando dessa forma a infraestrutura de conexão para novos ativos destinados a GD, menciona Faerman (2023).

Para este ano de 2023, a CEMIG SIM projeta um investimento de R\$ 640 milhões para ampliar seu portfólio de ativos, disponibilizando mais 125 MWp para seus consumidores e dobrando sua capacidade instalada atual. Além disso, a estatal mineira pretende investir R\$ 14,4 bilhões em geração centralizada, com a meta de atingir 1,9 GW médios em um portfólio 100% renovável, sendo a maior parte proveniente de fontes solar e eólica, incluindo também a renovação das concessões hidrelétricas.

Em outras palavras, as distribuidoras não querem ser apenas um canal entre as empresas de GD e o consumidor, se responsabilizando somente pela transmissão da energia. Algumas concessionárias estão buscando ir além e ser também as próprias empresas de GD para seus consumidores, como o caso da CEMIG SIM, diante do competitivo mercado de energia no país.

Vale ressaltar que a “marca” da distribuidora já é de amplo conhecimento dos consumidores de sua concessão, e que por ser até outrora centralizadora única deste serviço, possui uma enorme base de clientes ativos, sendo necessário adotar estratégias de marketing e convencimento para que seus consumidores contratem também seus serviços de Geração Distribuída, a fim de evitar captação externa por meio de outras empresas do setor de GD.

3.1.3 UFV e Distribuidora

O relacionamento, em termos energéticos, entre a gestora da fazenda solar e a distribuidora de energia ocorre de maneira direta, pois essa relação é necessária para o processo de injeção de energia oriunda de GD, ou seja, a distribuidora deve cumprir a regulação de MMGD e as empresas precisam negociar com as distribuidoras pelo melhor atendimento e serviço possível para que esta cooperação possa funcionar de maneira adequada.

Essa relação entre empresa de GD e distribuidora se inicia antes mesmo do impacto direto ao consumidor, através da homologação dos sistemas fotovoltaicos, garante Amaral (2022). Esta etapa consiste em um procedimento padrão no qual a distribuidora de energia realiza a fiscalização do sistema solar instalado na empresa ou no imóvel, verificando se este possui as especificações estabelecidas nas normas de segurança, consistindo na solicitação de conexão, análise do projeto pela concessionária, instalação do sistema de energia solar, solicitação de vistoria técnica, realização da vistoria, até finalmente a concessão do relatório.

Além disso, antes de iniciar a construção de uma usina solar, é necessário realizar uma análise do local para identificar a disponibilidade da rede de transmissão, já que se a rede estiver muito distante, pode tornar o projeto inviável. Para sistemas menores de até 75 kW (microgeração), a concessionária de energia tem até 30 dias para aprovar o projeto e trocar o medidor convencional por um medidor bidirecional (AMARAL, 2022), capaz de registrar tanto o consumo quanto a geração. Para sistemas maiores, de 75 kW a 5 MW (minigeração), o prazo de aprovação é de 60 dias devido à maior complexidade do projeto.

Cada etapa do processo de instalação de um sistema fotovoltaico requer uma série de procedimentos, cujo fluxo está apresentado resumidamente na Figura 3.2, e que devem ser executados dentro de um prazo de seis meses para que não sejam perdidos.

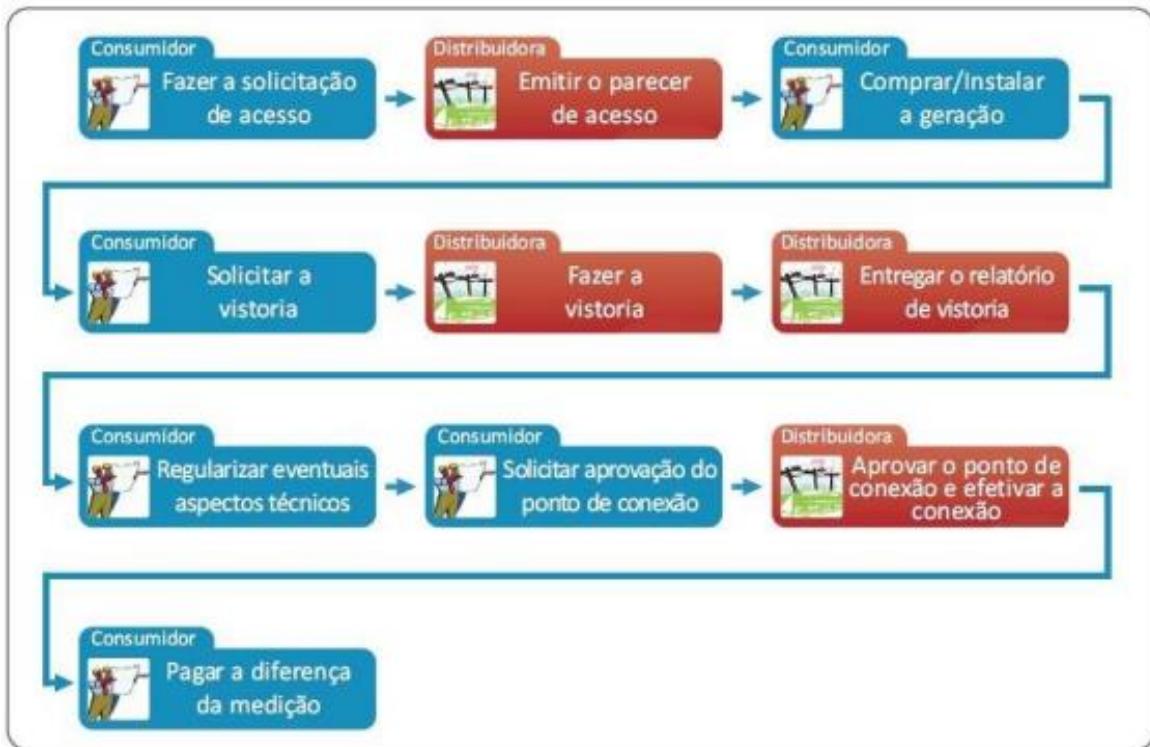


Figura 3.2 – Resumo das etapas para conexão da geração ao sistema de distribuição.

Fonte: ENEL (2016).

A escolha do tipo de inversor, dos módulos fotovoltaicos e o dimensionamento dos cabos e disjuntores são alguns dos elementos fundamentais para a elaboração do projeto, que deve incluir documentos como a planta unifilar ou trifilar, a locação da instalação, cópias de instrumentos jurídicos, informações dos proprietários das unidades consumidoras (CPF ou CNPJ), anotação de responsabilidade técnica (ART) e memorial descritivo.

É necessário também avaliar de antemão se a concessionária está seguindo à risca o estabelecido nas normas técnicas publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT), já que na prática pode utilizar qualquer especificação por ela (concessionária) elaborada. O conceito jurídico neste caso é que a distribuidora tem outorga do poder público (ANEEL) para prover o serviço de eletricidade e, nessa condição, seus regulamentos técnicos se sobrepõem aos da própria ABNT, por exemplo.

Finalmente, após a data de conexão de início do ciclo de geração da usina solar, e consequentemente da injeção dos créditos energéticos aos consumidores, é necessário o acompanhamento regular da leitura da geradora, através de fotos dos medidores da UFV, monitoramento de injeção se está compatível com a lista de participação mais recente das UCs, se houve desvios na alocação da energia para determinado consumidor, solicitações de reprocessamento na leitura de uma UC ou mesmo da usina em casos de erros, entre outros.

Em outras palavras, o contato entre a empresa gestora da UFV e a distribuidora de energia é constante, pois mesmo na operação da usina existe a troca de informações e dados de energia para que o faturamento do consumidor em ambas ocorra da maneira correta. Uma cooperação harmoniosa entre estas é de vital importância, a fim de que o processo possa fluir como deve ser, e o consumidor possa ter o benefício da energia renovável em sua fatura mensal.

3.2 GERAÇÃO PRÓPRIA E GERAÇÃO COMPARTILHADA

Um consumidor interessado em ser inserido no setor de energia por GD para usufruir de seus benefícios, pode fazê-lo tanto através de sua própria geração, como participando de modelo de geração compartilhada, ou ainda de ambos em concomitância. Além disso, sua geração própria pode tanto estar inserida naquele endereço de cobrança ou não, como pode participar de gerações compartilhadas de distintas empresas de GD em simultâneo, como explica a Figura 3.3 sobre as modalidades de geração distribuída.

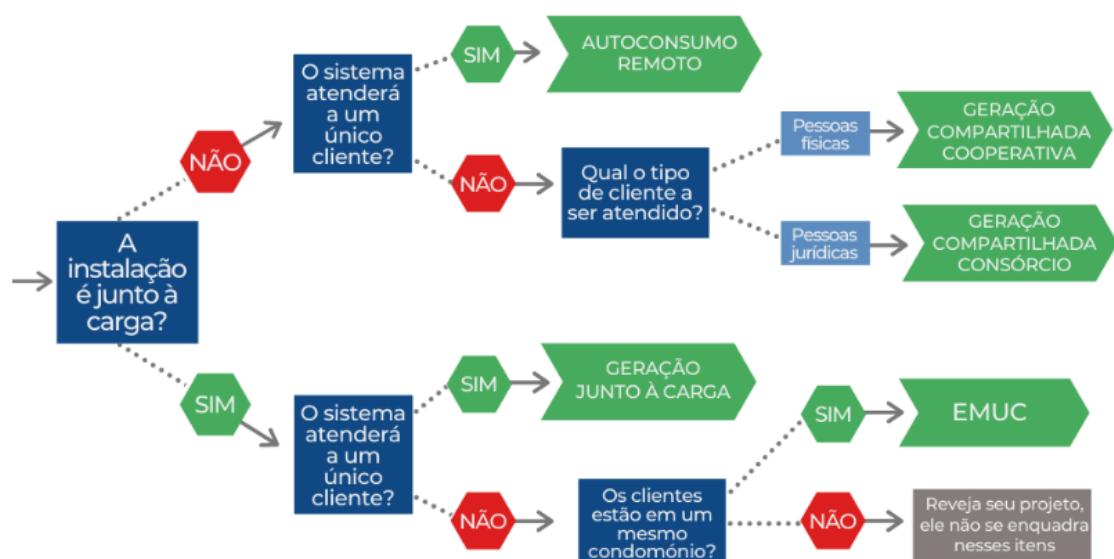


Figura 3.3 – Fluxograma das modalidades de Geração Distribuída.

Fonte: ECOA (2020).

Primeiramente, a Geração Compartilhada (GC) se trata de um grupo de consumidores em consórcio, cooperativa, condomínio ou associação, tal qual apresentado na Figura 3.4. Nela, não há restrições quando ao tipo de pessoa, seja PF ou PJ, desde que na mesma área de concessão da distribuidora, possibilitando que todas as unidades consumidoras utilizem uma parcela de energia solar, buscando reduzir os custos de sua conta de energia como um único consumidor (ECOPROJECT, 2021).

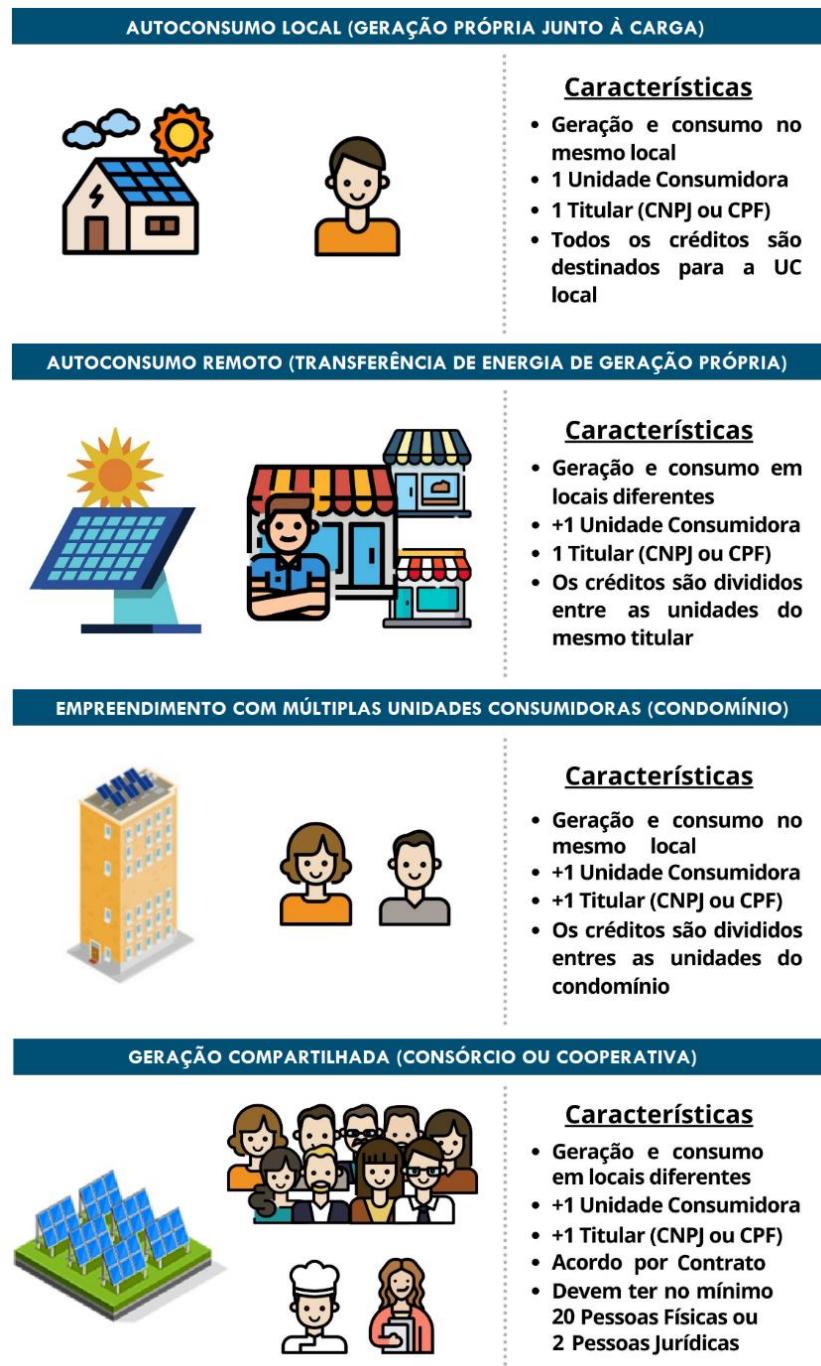


Figura 3.4 – Modalidades regulamentadas de Geração Distribuída e características.

Fonte: adaptado de Energês (2020a).

Ou seja, nesta modalidade de GC, dois ou mais consumidores podem se associar para dividir o sistema através da formação de uma cooperativa ou consórcio. É o modelo mais comum utilizado pelas chamadas fazendas solares, em que cada consumidor aluga ou compra uma participação na usina. Assim, na leitura da geradora e de sua respectiva injeção líquida total, o consumidor terá uma parcela injetada em sua UC para poder compensar de energia oriunda de GD.

Já a geração própria pode ocorrer através do Autoconsumo Local ou Autoconsumo Remoto, ambos previsto na regulação de MMGD. O autoconsumo local, também conhecido como modelo de geração junto à carga, ocorre quando o consumidor possui seu sistema de geração de energia elétrica no mesmo local de consumo, ou seja, o sistema de geração deste consumidor compartilha do mesmo ponto de conexão de energia da UC com a distribuidora. Aliás, nesta modalidade, a única UC que receberá os créditos de energia será a unidade no local onde o projeto está instalado.

O autoconsumo remoto se configura a partir do compartilhamento do excedente de energia entre UCs distribuídas em localidades diferentes, dentro da área de cobertura da mesma concessionária de energia, e sob o mesmo documento do titular.

Assim, pessoas físicas ou jurídicas que possuem mais de uma empresa ou residência, poderão instalar painéis solares em um único imóvel e fornecer energia para atender a demanda dos demais. No entanto, não é possível utilizar os mesmos créditos de uma fatura de energia por CNPJ, de sua empresa, em sua residência com seu CPF. Ou seja, o autoconsumo remoto é intransferível, sendo permitido apenas sob a mesma titularidade.

Vale também mencionar a modalidade conhecida como condomínio solar, utilizada quando unidades consumidoras independentes, mas que se encontram no mesmo local, compartilham os créditos gerados pelo sistema GD. É comumente indicada para uso em condomínios residenciais (de casas ou apartamentos) e prédios comerciais.

3.2.1 Vantagens e desvantagens

Uma das principais vantagens da geração própria é o autoconsumo remoto, que permite que os consumidores compensem sua própria energia a partir de fontes renováveis em suas

casas ou empresas, mesmo que a geração aconteça em um local diferente do consumo, desde que ambos estejam na área de concessão da mesma distribuidora. Além disso, o principal benefício do autoconsumo local é a economia mensal e garantida na fatura de energia elétrica.

Essencialmente, o autoconsumo remoto permite que os consumidores gerem sua própria energia renovável em uma propriedade e usem os créditos de energia em outra propriedade que também esteja sob sua titularidade. Se mais energia for produzida do que consumida na unidade principal, os créditos podem ser transferidos para outras unidades sob a mesma titularidade, reduzindo a conta de energia total. Essa modalidade acaba permitindo que a energia solar seja gerada em um local com maior irradiação solar e utilizada em outro local com sombreamento, otimizando o sistema de energia solar e possibilitando a geração de energia em locais distantes.

Uma das vantagens da geração compartilhada em condomínio é a possibilidade de dividir os custos de instalação entre os usuários. No entanto, é preciso ficar atento, pois caso o projeto exceda 75 kW, deixando de ser uma microusina e se tornando uma miniusina, será necessário realizar também o pagamento por demanda contratada para a distribuidora.

Para consorciados e cooperados da geração compartilhada, por outro lado, sequer há necessidade de pagamento pela instalação ou manutenção do sistema fotovoltaico, isto é, paga-se um valor fixo mensal ou variável conforme compensação de energia, tornando ainda mais atrativa a alternativa de assinatura de energia solar, que vem se popularizando nos últimos anos no país. Outros benefícios são a simplicidade no serviço, a criação de uma cultura empresarial sustentável e clubes de benefícios para assinantes.

Contudo, algumas desvantagens sobre a geração própria envolvem o alto custo de instalação e implementação do projeto da usina solar própria e o tempo de retorno do capital investido. É necessário buscar uma empresa do ramo especializada em instalações fotovoltaicas, bem como analisar o *payback*⁶ dos custos de equipamentos e mão de obra frente ao benefício econômico desejado.

⁶ *Payback* é o período de tempo necessário para que um investimento se pague, ou seja, para que o retorno financeiro do investimento se iguale ao valor investido. É um indicador e também um método de tomada de decisão, utilizado para avaliar a viabilidade econômica de um projeto ou investimento.

A geração distribuída também pode gerar algumas desvantagens como prejuízos financeiros à distribuidora de energia provenientes da falta de regulamentação, a redução do faturamento das usinas geradoras e, por consequência, das transmissoras e distribuidoras, além da redução da flexibilidade do sistema, uma vez que aumenta o número de regiões do sistema elétrico que não são controladas pelos operadores de rede.

Além disso, Machado (2018) garante que o avanço tanto da geração própria como da geração compartilhada tende a acarretar um aumento do custo de operação e da complexidade na realização de manutenções do sistema elétrico, ademais que um número maior de geradores sendo injetados na rede pode prejudicar a proteção do sistema, assim como um aumento da tensão de forma imprópria e acréscimo no conteúdo harmônico injetado no sistema.

3.2.2 Impactos na fatura de energia

A consequência financeira mais imediata no uso de energia oriunda de GD é a economia na fatura de energia do consumidor final. Ou seja, além das demais vantagens discutidas acima, compensar créditos energéticos de fontes renováveis permite que se possa economizar mensalmente por isso, havendo também diferenças entre os descontos da geração própria e da geração compartilhada, ambas modalidades de GD, que serão discutidas em maiores detalhes na Seção 3.3.2 do trabalho.

Durante a implantação da Geração Distribuída no Brasil, foram estabelecidos incentivos fiscais com o objetivo de promover o desenvolvimento dessa fonte renovável. Esses incentivos incluem alíquotas diferenciadas de impostos, como ICMS (estadual), PIS e COFINS (federais), CIP (municipal).

É importante destacar que as taxas de impostos e os benefícios concedidos aos geradores de energia não são determinados pela distribuidora e podem ser modificados de acordo com decisões das autoridades competentes (CEMIG, 2021).

A ANEEL publica, por meio de resolução, o valor da tarifa de energia sem os tributos, por classe de consumo (residencial, comercial, industrial etc.), e com base nesses valores, as distribuidoras incluem os tributos e emitem a conta de energia aos consumidores.

Em primeiro lugar, a fatura de energia de uma distribuidora possui diversos componentes de custos. Para um consumidor residencial, por exemplo, o valor pago contempla custos de geração na usina, de transmissão de energia da subestação até a distribuição, da distribuição reduzindo níveis de tensão para consumo em baixa tensão, e os demais encargos como contribuição de iluminação, e impostos estaduais e federais mencionados acima.

Estes encargos e subsídios incluídos nas faturas de energia elétrica são contribuições obrigatórias para diversos pontos de desenvolvimento (AZEVEDO, 2020a), como recursos para o funcionamento do Operador Nacional do Sistema (ONS), Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de eficiência energética relacionados ao uso sustentável de recursos naturais, para Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica (TFSEE) para a ANEEL.

Estes recursos de recolhimento dos tributos também vão para Encargos de Serviços do Sistema (ESS) para manutenção e confiabilidade do Sistema Interligado Nacional (SIN), para Compensação Financeira de Uso de Recursos Hídricos (CFURH), em compensação financeira ao uso de água e terras produtivas, para Conta de Consumo de Combustíveis (CCC), em subsídio a geração térmica, para Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) a partir de fontes alternativas, dentre muitos outros impactos embutidos diretamente nos impostos.

Azevedo (2020a) esclarece que as tarifas de energia elétrica podem ser reajustadas através de três instrumentos previstos: i) reajuste tarifário, que restabelece o poder de compra da receita da concessionária, que ocorre anualmente, na data de aniversário do contrato, exceto no ano de revisão tarifária; ii) revisão tarifária periódica, que permite um reposicionamento da tarifa após completa análise dos custos eficientes e remuneração dos investimentos prudentes, a cada cinco anos, considerando investimentos e receitas para um novo patamar de tarifa; iii) revisão tarifária extraordinária, que se destina a casos quando algum evento imprevisível afetar o equilíbrio econômico da concessão, como a criação de um novo encargo setorial.

Além disso, há o impacto das bandeiras tarifárias, que funcionam como um sinalizador que indica a diferença de custo de geração de energia para os consumidores. Dessa forma, o repasse de custos maiores de geração de energia elétrica ocorre mais rapidamente para o consumidor, cujos valores mais atualizados podem ser verificados na Figura 3.5, e que poderão sofrer acréscimos gradativos, de acordo com o consumo.

	Bandeira Verde	Condições favoráveis de geração	Sem custo adicional	
	Bandeira Amarela	Condições menos favoráveis	R\$ 2,989 a cada 100 quilowatts-hora (kWh) consumidos	
	Bandeira Vermelha 1	Condições desfavoráveis	R\$ 6,500 a cada 100 kWh consumidos	
	Bandeira Vermelha 2	Condições muito desfavoráveis	R\$ 9,795 a cada 100 kWh consumidos	

Figura 3.5 – Valores das bandeiras tarifárias para o período de julho de 2022 a junho de 2023.

Fonte: ECE (2022).

3.3 MODELO DE NEGÓCIO

Algumas empresas oferecem serviço de locação de cota de fazendas de Geração Distribuída. Por meio desse serviço, é possível receber créditos para abater o próprio consumo, sem ter que instalar uma central geradora. O consumidor pode alugar um lote das fazendas de energia, e os créditos gerados pela usina são alocados, conforme definição da empresa contratada, para gerar descontos no consumo da fatura do titular que contrata o lote da fazenda.

O contrato desse tipo de serviço não tem vínculo com a distribuidora, e, portanto, ela não é responsável por quaisquer cláusulas acordadas pelas partes, argumenta CEMIG (2021). A distribuidora não tem influência na quantidade de crédito que será fornecida, nos valores de planos ou em qualquer outro serviço oferecido por outra empresa.

Este negócio é popularmente conhecido como energia solar por assinatura, em que guardadas as devidas proporções, é de certa forma semelhante ao das plataformas de filmes e séries. Para aderir a essa fonte mais econômica e sustentável de energia, é necessário fornecer dados pessoais como nome, e-mail, número de telefone, CPF ou CNPJ, além do gasto médio

mensal com energia elétrica, que irá ajudar a selecionar o plano mais adequado de energia para o consumidor (ÓRIGO ENERGIA, 2020b). A proposta é que o assinante tenha uma redução mensal no custo de energia, se for comparada a soma dos gastos da mensalidade do plano contratado e os valores faturados pela distribuidora, excluindo encargos, cobranças ou multas.

De forma geral, o processo de contratação de energia solar é simples: é feita uma análise do consumo médio de energia do cliente e selecionado um plano adequado às suas necessidades. Após a assinatura do termo de adesão, o consumidor só começa a pagar quando os créditos de energia começam a ser aplicados em sua fatura de energia. Em seguida, uma reserva de energia é feita em uma fazenda solar e a energia gerada é distribuída pela rede da concessionária, chegando ao endereço do assinante, seja pessoa física ou jurídica.

Assim, o cliente recebe duas faturas: uma da empresa de Geração Distribuída e outra da própria distribuidora, só que com um desconto pela energia gerada e compensada. Se houver um consumo adicional de energia, a concessionária fornecerá e cobrará o excedente.

O valor das faturas com a energia injetada é geralmente menor do que o modelo tradicional, o que resulta em uma economia mensal de cerca de 10% a 20%. Além disso, a adesão ao serviço não requer investimento inicial, instalação de painéis ou obras para desfrutar dos benefícios da energia renovável.

Algumas empresas de GD também possuem um sistema de cobrança integrado com a distribuidora para facilitar o processo junto ao consumidor final. Neste caso, o consumidor efetua o pagamento apenas da fatura da empresa de GD, sem a necessidade de pagar a fatura da distribuidora, evitando a confusão dos pagamentos em separado para o serviço contratado e também para a concessionária.

É importante destacar que a ANEEL não estipula os custos para aquisição, instalação e manutenção dos sistemas de micro e minigeração de energia. Cada interessado deve realizar sua própria análise de custo-benefício, levando em consideração características específicas, como o tipo de fonte de energia, a atividade desenvolvida na unidade consumidora, que pode fornecer insumos para geração de eletricidade e é um critério para definir a classe da instalação, que por sua vez pode definir a taxa de impostos aplicáveis.

Outros fatores a serem considerados incluem a tecnologia e tipo de equipamentos de geração disponíveis no mercado com custos variados, a potência instalada da central geradora e a carga instalada na unidade consumidora, que impactam o custo de instalação e o retorno financeiro, a tarifa de energia à qual a unidade consumidora está submetida, variando com a modalidade tarifária em que a instalação está classificada e as condições de financiamento e, finalmente, o cadastro de outras UCs que poderão usufruir dos créditos do SCEE.

3.3.1 Normas reguladoras

Existem diversas normas relacionadas à Geração Distribuída (GD) no Brasil, conforme comentado anteriormente na Seção 2.3.1 do trabalho. Algumas das normas com maior destaque são: REN 482/2012 da ANEEL, que estabelece as regras para a conexão de sistemas de MMGD à rede elétrica; REN 687/2015 da ANEEL, que atualiza e amplia as regras para a GD no Brasil, criando o sistema de compensação de energia elétrica; REN 786/2017 da ANEEL, que define os requisitos técnicos e procedimentos para a conexão das UGs de fonte solar fotovoltaica com potência instalada até 5 MW.

Além das normas supracitadas, outras relevantes do setor são NBR 16690:2018 – Sistemas Fotovoltaicos – Requisitos Mínimos de Documentação para Sistemas de Geração Distribuída; NBR 16149:2013 – Sistemas de Geração Distribuída – Conexão de Microgeradores, Minigeradores, Geradores eólicos e Geradores Hidrelétricos de Pequeno Porte à Rede de Distribuição de Energia Elétrica; NBR IEC 62548:2013 – Sistemas Fotovoltaicos – Requisitos de Sistemas de Geração Distribuída. Vale ressaltar que as normas e regulamentações podem variar de acordo com a localidade e a concessionária de energia elétrica responsável pela distribuição na região.

Sobre a modalidade de Geração Compartilhada de GD, existem leis para a formação dos consórcios e cooperativas no negócio. Quando a reunião de consumidores e o rateio de créditos de energia envolver pessoas jurídicas com CNPJ distintos para os fins da geração compartilhada (AMARAL, 2022), conforme previsto na REN 482, a constituição do consórcio deve obedecer ao rito disposto nos artigos 278 e 279 da Lei nº. 6.404/76 (Lei das S/A) e observar o disposto na alínea III do Art. 4º da Instrução Normativa da Receita Federal do Brasil nº 1.634/2016, para fins de inscrição no CNPJ/MF.

Já quando a reunião de consumidores distintos envolver apenas CPFs, a REN 482 determina que o instrumento para a reunião deles é a cooperativa. A constituição de cooperativas deve observar as regras previstas no Código Civil (arts.1.093 a 1.096), bem como disposto na Lei nº. 5.764/71 (Lei das Cooperativas), sendo que, legalmente, cooperativas são sociedades de pessoas (AMARAL, 2022), com forma e natureza jurídica própria e, independentemente de seu objeto, a Lei (parágrafo único do art. 982 do CC) as classifica como sociedade simples, não sujeitas à falência.

Um ponto fundamental para que a GC funcione é o envio das listas de UCs, em que são reunidas as principais informações das instalações que devem receber os créditos de energia. Geralmente, contém os seguintes dados: Código da UC, número que consta na fatura de energia, CPF ou CNPJ, ou seja, a titularidade das UCs, sendo que se a modalidade for Autoconsumo Remoto, a titularidade deve ser a mesma da unidade geradora, mas se for Geração Compartilhada, podem ser titularidades diferentes, e o percentual das UCs participantes da compensação, devendo somar 100%, e em geral, possuindo duas ou três casas decimais.

O primeiro envio da lista de UCs participantes do SCEE deve ser juntamente com a solicitação de acesso, ou assim que estiver consolidada, podendo anexar a lista ao processo posteriormente. Pode haver alterações regularmente na lista, seja removendo ou adicionando UCs, ou alterando o percentual de distribuição dos créditos. Para tal, basta solicitar à distribuidora através de ofício, lembrando que esta possui prazo regulatório de até 60 dias para iniciar a nova distribuição dos créditos.

Para modalidade Condomínio, especificamente, não é obrigatório que todas as UCs do condomínio tenham que participar da lista de unidade consumidoras, apenas as que manifestarem interesse em fazer parte do sistema de compensação, explica Energês (2020b).

Fato é que não há número máximo de unidades consumidoras que podem participar da lista, porém quanto mais UCs na lista, consequentemente menor será o percentual de compensação para cada uma delas, além de mais unidades para fazer a gestão. Por isso, é fundamental avaliar o consumo de todas as unidades, antes de consolidar a lista de UCs para a concessionária de energia.

3.3.2 Isenção de impostos

A fatura de energia da distribuidora, popularmente conhecida como conta de luz, é o documento em que todo consumidor de energia elétrica de alguma concessionária do país está habituado mensalmente a pagar. Esta traz dados como informações do cliente, classificação da instalação, informações gerais, histórico de consumo, valores faturados, impostos federais e estaduais, informações de pagamento da conta, entre outros dados relevantes.

Frequentemente, na primeira parte da fatura de energia, é comum encontrar dados pessoais, tais quais nome completo, endereço e documento do titular, além do número da instalação (o mesmo que UC) e do número do cliente (algumas distribuidoras chamam de conta contrato). Além disso, aqui se encontra o mês de referência da fatura e sua data de vencimento, as datas da leitura atual e próxima, bem como a data de emissão do documento, e o valor total da conta do consumidor. Na sequência, é comum vir a classe do consumidor que define então sua modalidade tarifária (residencial, comercial, industrial, rural e poder público), e também algumas subclasses possuem incentivos fiscais que reduzem a cobrança de impostos.

As datas de leitura indicam quando foi feita a medição de consumo mensal, além disso, temos informações técnicas da leitura, como o rótulo da medição, a última leitura feita e a leitura atual, sendo que essa diferença é justamente o que define o consumo total de energia. Normalmente também é apresentado um histórico de consumo de energia dos últimos 12 meses, para entendimento do perfil de consumo do cliente e permitindo comparar com a média diária.

Para os consumidores de BT, o valor a ser pago tradicionalmente é calculado pela multiplicação da quantidade de energia consumida (kWh) pela tarifa definida pela modalidade tarifária (R\$/kWh) acrescido de impostos (R\$). Lembrando que, além da energia, também deve ser paga a contribuição de iluminação pública e eventuais juros e correção por atraso de pagamentos, além dos impostos federais e estaduais. Finalmente, temos as informações de pagamento, descrevendo o valor total a pagar e as formas de pagamento da fatura.

Mesmo que a UC injete mais energia do que consuma, sua fatura de energia nunca será igual a zero, pois existe um valor mínimo para arcar com o custo da disponibilização da rede de distribuição. Para consumidores de BT, esse custo é chamado de Custo de Disponibilidade, equivalente ao valor de certa quantidade de energia, em conformidade com a ligação.

Logo, como apresentado na Tabela 3.1, o Custo de Disponibilidade em BT para consumidores monofásicos, equivale ao custo de 30 kWh, para bifásicos, equivale ao custo de 50 kWh, e para trifásicos, equivale a 100 kWh. Para consumidores do Grupo A, o custo mínimo cobrado é igual ao valor da demanda contratada. Essa taxa era prevista anteriormente em regulações da ANEEL, mas foi inserida em 2022 na Lei de Comercialização de Energia Elétrica, através do Marco Legal da GD (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2022).

Tabela 3.1 – Valores de disponibilidade da rede por tipo de instalação em Baixa Tensão.

Custo de disponibilidade para clientes de Baixa Tensão	
Monofásico	30 kWh
Bifásico	50 kWh
Trifásico	100 kWh

Fonte: CEMIG (2021).

Vale lembrar que os créditos de energia são usados para abater apenas o consumo, mas outros valores como multas ou autorização de cobrança de doações na conta de energia, não podem ser abatidos por meio do SCEE. Outro ponto importante é que o custo de disponibilidade só será cobrado quando, após fazer a compensação da energia injetada e de eventuais créditos, o valor final for menor que este custo de disponibilidade.

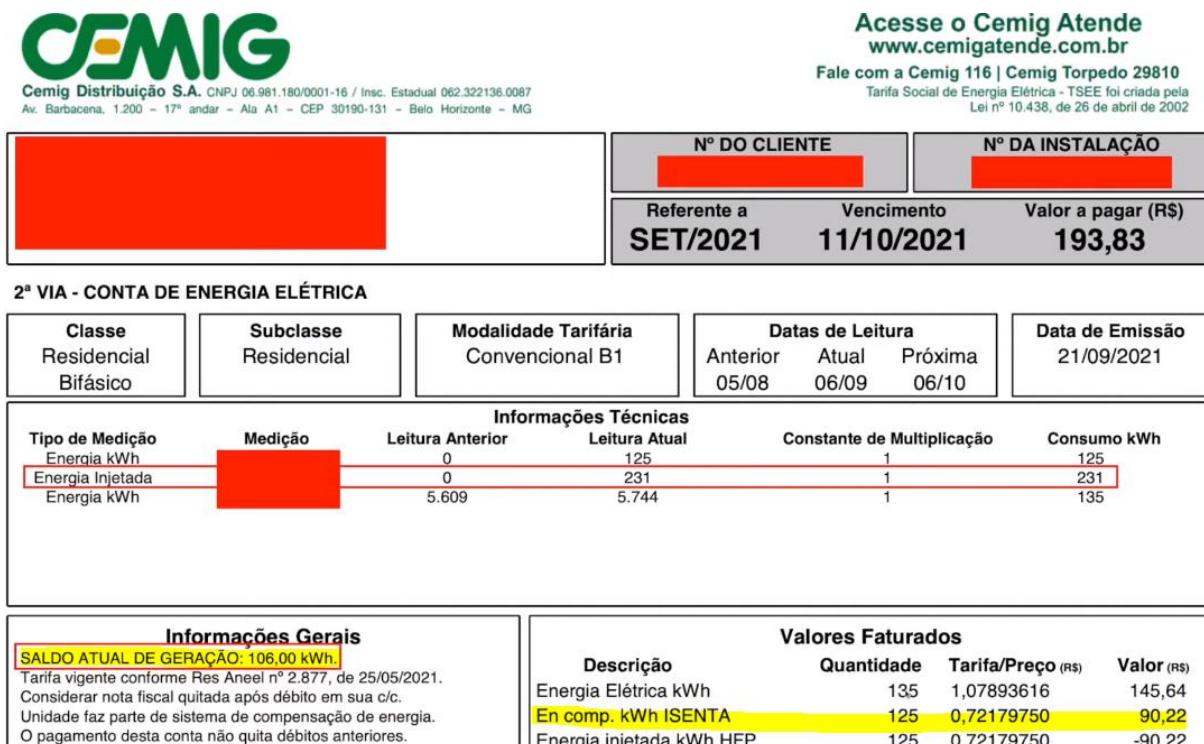
No entanto, devido a ambiguidade na interpretação quanto a essa cobrança do custo de disponibilidade para os consumidores em GD, as distribuidoras efetuavam a cobrança em duplicidade: cobravam o valor em R\$ relacionado a este custo, mas também compensavam esse valor em kWh da injeção recebida pelo consumidor.

Essa cobrança indevida só foi corrigida em regulamento através do Marco Legal da GD (Lei 14.300 de 6 de janeiro de 2022), que dava o prazo de 180 dias para adequação de todas as distribuidoras no quesito da cobrança em duplicidade da disponibilidade para os consumidores. Logo, a partir de julho de 2022, fez-se por obrigatório a cobrança somente monetariamente da disponibilidade, e não sendo possível compensar a energia por um custo que já havia sido pago.

Contudo, diversas distribuidoras postergaram essa correção para após o prazo regulatório e passaram a aplicar a correção apenas meses após o fim do prazo, ou seja, próximo ao final de 2022. Isto acarretou prejuízo aos consumidores que possuíam GD até então, seja por

geração própria ou compartilhada, pois através desta cobrança indevida, os consumidores deixavam de acumular em saldo (créditos energéticos) a cobrança indevida da disponibilidade que já havia sido paga na fatura da própria referência.

A Figura 3.6 apresenta um trecho de fatura da distribuidora CEMIG, de um consumidor que possui geração própria junto à carga, ou autoconsumo local, destacado no Tipo de Medição “Energia Injetada” no quadro de Informações Técnicas. Nesta, é possível notar que a compensação de energia é isenta de todos os impostos federais e estaduais, ou seja, paga-se e deduz-se a mesma quantidade de energia através da tarifa sem impostos da referência, sendo extremamente vantajoso ao consumidor que possui seu próprio sistema energético conectado.



The image shows a redacted CEMIG electricity bill. At the top right, it says "Acesse o Cemig Atende www.cemigatende.com.br" and "Fale com a Cemig 116 | Cemig Torpedo 29810". Below that, it says "Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002". The bill header includes the CEMIG logo, company name, CNPJ number, and address. It has fields for "Nº DO CLIENTE" and "Nº DA INSTALAÇÃO", both redacted. Below that, it shows "Referente a SET/2021", "Vencimento 11/10/2021", and "Valor a pagar (R\$) 193,83". The main body of the bill is titled "2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA". It contains several tables: one for "Informações Gerais" (General Information) with a note about a balance of 106.00 kWh; another for "Informações Técnicas" (Technical Information) showing energy injection data; and a third for "Valores Faturados" (Billed Values) showing consumption and compensation details. The "Valores Faturados" table highlights "En comp. kWh ISENTE" (Self-generation compensation kWh ISSENT) at R\$ 0.72179750 per kWh.

Classe Residencial Bifásico	Subclasse Residencial	Modalidade Tarifária Convencional B1	Datas de Leitura Anterior 05/08	Atual 06/09	Próxima 06/10	Data de Emissão 21/09/2021
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh	
Energia kWh		0	125	1	125	
Energia Injetada		0	231	1	231	
Energia kWh		5.609	5.744	1	135	

Informações Gerais		Valores Faturados		
SALDO ATUAL DE GERAÇÃO: 106,00 kWh.		Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)
Tarifa vigente conforme Res Anel nº 2.877, de 25/05/2021. Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c. Unidade faz parte de sistema de compensação de energia. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores.		Energia Elétrica kWh	135	1,07893616 145,64
		En comp. kWh ISENTE	125	0,72179750 90,22
		Energia injetada kWh HFP	125	0,72179750 -90,22

Figura 3.6 – Fatura de energia CEMIG com compensação de geração própria.

Fonte: adaptado de Tape Solar (2022).

Na referência da fatura retratada na Figura 3.6 ocorreu a troca do medidor na instalação do sistema fotovoltaico. Nela, é possível observar que houve cobrança de consumo residual (135 kWh) através da tarifa com todos impostos embutidos (1,07893616 R\$/kWh). Para os meses subsequentes, se a injeção de energia GD superar o consumo, o cliente pagará apenas pelo custo de disponibilidade da rede. Caso a injeção de energia GD seja inferior ao consumo, poderá também complementar a compensação com uso de créditos no saldo atual.

Lembrando que o valor do autoconsumo real não aparece na Figura 3.6, que seria a diferença entre a energia gerada efetivamente e a energia injetada pelo sistema fotovoltaico, ou seja, para os casos de geração própria, o consumo real é ainda maior que o consumo faturado.

Ademais, percebe-se que há mais de um registro com o código do medidor na parte de informações técnicas. Em geral, um para o medidor de registro de consumo, e outro para o medidor de energia injetada. Normalmente, as duas medições são feitas por um único medidor bidirecional, e nesse caso, é repetido o mesmo código em ambos os registros.

Para os casos de autoconsumo remoto, como se trata também de sistema fotovoltaico próprio do consumidor, a compensação também é isenta de todos impostos federais e estaduais. A única diferença na fatura para este caso é que não aparece o registro de energia injetada no medidor em informações técnicas, pois afinal, a injeção ocorreu em outra UC do mesmo titular, e nesta houve apenas transferência de energia de geração própria para que fosse possível a compensação na parte de valores faturados.

Os créditos de energia alocados para a UC permanecem com o titular original dos créditos e podem ser transferidos apenas para unidades consumidoras desse mesmo titular (com o mesmo CPF ou CNPJ), desde que elas sejam atendidas pela mesma distribuidora. Caso o novo titular da instalação deseje que os créditos nela gerados sejam alocados em outras unidades, ele deve informar quais são as outras unidades.

A Figura 3.7 apresenta um trecho de fatura da distribuidora CEMIG, de um consumidor que participa de cooperativa, por ser pessoa física, através da geração compartilhada. Nesta, é possível notar que a compensação de energia é isenta apenas do imposto estadual, mas não é isenta dos impostos federais, ou seja, paga-se a quantidade de energia em tarifa de compensação GD isenta de ICMS, e deduz-se a mesma quantidade de energia através da tarifa sem impostos da referência, de forma que a diferença entre os valores resulte na cobrança do PIS e COFINS.

CEMIG		Acesse o Cemig Atende www.cemigatende.com.br																												
MARÍLIA DE DIRCEU Tomas Antônio Gonzaga 123 Inconfidência Mineira 01234-567 Ouro Preto, MG		Fale com a Cemig 116 Cemig Torpedo 29810 <small>Tarifa Social da Fazenda Pública - TSPF é criada pela Lei nº 10.435, de 25 de abril de 2002.</small>																												
		Nº DO CLIENTE 700000000	Nº DA INSTALAÇÃO 300000000																											
		Referente a JAN/2021	Vencimento 17/02/2021	Valor a pagar (R\$) 786,52																										
2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA																														
Classe Residencial Trifásico	Subclasse Residencial	Modalidade Tarifária Convencional B1	Datas de Leitura Anterior 07/12 Atual 08/01 Próxima 05/02	Data de Emissão 11/01/2021																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Informações Técnicas</th> </tr> <tr> <th>Tipo de Medição Energia kWh</th> <th>Medição GPA190002005</th> <th>Leitura Anterior 2.589</th> <th>Leitura Atual 2.784</th> <th>Constante de Multiplicação 120</th> <th>Consumo kWh 23.400</th> </tr> </thead> </table>					Informações Técnicas						Tipo de Medição Energia kWh	Medição GPA190002005	Leitura Anterior 2.589	Leitura Atual 2.784	Constante de Multiplicação 120	Consumo kWh 23.400														
Informações Técnicas																														
Tipo de Medição Energia kWh	Medição GPA190002005	Leitura Anterior 2.589	Leitura Atual 2.784	Constante de Multiplicação 120	Consumo kWh 23.400																									
Informações Gerais <small>RECIBO DE QUITAÇÃO DE DÉBITOS N° 01/2021</small> A Cemig, em atendimento à Lei nº 12.007, de 29/07/09, declara quitados os débitos do cliente em referência (contrato 5014210562), relativos ao fornecimento de energia elétrica a esta unidade consumidora, referente aos vencimentos de 01/01/2016 a 31/12/2020, excetuando eventuais débitos que sejam posteriormente apurados diante de possível verificação de irregularidades ou de revisão de faturamento, que abrangam o período em questão. SALDO ATUAL DE GERAÇÃO: 62.027,79 kWh FP/Único, 1.378,05 kWh porta <small>Tarifa vigente conforme Res. Anatel nº 2.757, de 18/08/2020. Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c. Unidade faz parte de sistema de compensação de energia. DEZ/2020 Band. Verm. P2 - JAN/2021 Band. Amarela</small>		Valores Faturados <table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>Quantidade</th> <th>Tarifa/Preço (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>100</td> <td>0,99449405</td> <td>99,44</td> </tr> <tr> <td>En comp. kWh s/ ICMS</td> <td>23.300</td> <td>0,89614583</td> <td>16.220,19</td> </tr> <tr> <td>Energia injetada kWh HFP</td> <td>23.300</td> <td>0,66830000</td> <td>-15.571,39</td> </tr> </tbody> </table> Encargos/Cobranças <table border="1"> <thead> <tr> <th>Contrib. Ilum. Pública Municipal</th> <th>38,28</th> </tr> </thead> </table> Tarifas Aplicadas (sem impostos) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Energia Elétrica kWh</th> <th>0,66830000</th> </tr> </thead> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>En comp. kWh s/ ICMS</th> <th>0,66830000</th> </tr> </thead> </table> Adicional Bandeiras - Já Incluído no Valor a Pagar <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bandeira Vermeia P2</th> <th>52,39</th> </tr> </thead> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bandeira Amarela</th> <th>3,75</th> </tr> </thead></table>			Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)	Energia Elétrica kWh	100	0,99449405	99,44	En comp. kWh s/ ICMS	23.300	0,89614583	16.220,19	Energia injetada kWh HFP	23.300	0,66830000	-15.571,39	Contrib. Ilum. Pública Municipal	38,28	Energia Elétrica kWh	0,66830000	En comp. kWh s/ ICMS	0,66830000	Bandeira Vermeia P2	52,39	Bandeira Amarela	3,75
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)																											
Energia Elétrica kWh	100	0,99449405	99,44																											
En comp. kWh s/ ICMS	23.300	0,89614583	16.220,19																											
Energia injetada kWh HFP	23.300	0,66830000	-15.571,39																											
Contrib. Ilum. Pública Municipal	38,28																													
Energia Elétrica kWh	0,66830000																													
En comp. kWh s/ ICMS	0,66830000																													
Bandeira Vermeia P2	52,39																													
Bandeira Amarela	3,75																													

Figura 3.7 – Fatura de energia CEMIG com compensação de geração compartilhada.

Fonte: adaptado de Azevedo (2020a).

Quanto ao ICMS, todavia, a aplicação da REN 482/2012 atualizada em 2017 esclarece que há duas formas de cobrança: para os estados que aderiram ao Convênio do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ ICMS 16/2015), o ICMS incide somente sobre a energia a ser faturada em determinado mês, que é dada pela diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede (somada aos créditos de energia de meses anteriores).

Ministério da Fazenda (2015) estabelece que essa regra não se aplica às modalidades de GC e de condomínios, como também não se aplica à empreendimento com potência instalada acima de 1 MW. Nos estados que não aderiram ao Convênio, o imposto é cobrado sobre toda a energia consumida da rede.

Quanto ao PIS e à COFINS, com a publicação da Lei 13.169/2015, passaram a também incidir sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada na rede (somada aos créditos de energia de meses anteriores), tal qual o ICMS. Tendo em vista que o PIS e a COFINS são tributos federais, a regra estabelecida pela lei vale igualmente para todos os estados do país. Porém, não se incluem nessa regra as modalidades de GC e de condomínios (MINISTÉRIO DA FAZENDA, 2015). Vale ressaltar que desde julho de 2018, todos estados brasileiros concluíram sua adesão ao CONFAZ ICMS 16/2015 por meio de publicação no Diário Oficial da União (DOU).

A seguir alguns cenários envolvendo as UCs dos clientes das Figuras 3.6 e 3.7 foram analisados nas Tabelas 3.2 e 3.3, respectivamente. O “Caso Real” reflete exatamente o que foi apresentado na fatura de energia: na Tabela 3.2, o Caso Real é o da Figura 3.6 de um consumidor que compensa apenas de seu próprio sistema fotovoltaico, ou seja, de geração própria, enquanto na Tabela 3.3, o Caso Real é o da Figura 3.7 de um consumidor que compensa apenas de fazenda solar, ou seja, de geração compartilhada.

O “Caso Simulado” inverte os cenários e traz este mesmo valor de compensação de determinada modalidade para outra, ou seja, se o consumidor da Figura 3.6 compensasse agora em geração compartilhada, enquanto se o consumidor da Figura 3.7 compensasse agora de geração própria. Ademais, o “Caso Extremo” retira os benefícios do SCEE e da GD e mantém apenas os dados convencionais de um consumidor cativo da concessionária.

Ambas as simulações salientam o quanto vantajosa é a GD, seja qual for sua modalidade, diante de um cenário tradicional de cobrança mediante tarifa com todos impostos da distribuidora de energia. Vale ressaltar também que quanto maior for o consumo de um cliente, maior será a economia que ele terá em se associar à GD, o que fica bastante nítido ao analisar o total a ser pago na fatura da distribuidora de um cliente que consumiu 260 kWh (Tabela 3.2) em detrimento ao valor pago por cliente que consumiu 23.400 kWh (Tabela 3.3).

Além disso, as Tabelas 3.2 e 3.3 nos trazem apenas os itens que impactam os valores faturados do mês. Por essa razão, o item “Saldo de Energia (kWh)” não consta das referidas tabelas porque ele se refere a um excedente de energia injetada que, conforme já explicado no item 2.2.2.4 do trabalho, apenas terá impacto direto sobre a compensação em meses futuros.

Tabela 3.2 – Cenários de energia compensada para um cliente CEMIG em setembro de 2021.

Unidade	Descrição	Caso Real 1 (somente Geração Própria)	Caso Simulado 1 (somente Geração Compartilhada)	Caso Extremo 1 (sem GD e somente distribuidora)
R\$/kWh	Tarifa com impostos	1,07893616	1,07893616	1,07893616
	Tarifa de compensação GD	0,75525531	0,75525531	0,75525531
	Tarifa sem impostos	0,72179750	0,72179750	0,72179750
kWh	Consumo de energia elétrica	260	260	260
	Energia não compensada	135	135	260
	Compensação - Geração Compartilhada	0	125	0
	Compensação - Geração Própria	125	0	0
R\$	Energia não compensada	145,66	145,66	280,52
	Compensação - Geração Compartilhada	0,00	4,18	0,00
	Compensação - Geração Própria	0,00	0,00	0,00
	Demais Encargos e Cobranças (Ex: CIP)	48,19	48,19	48,19
	Total a pagar - Fatura Distribuidora	193,85	198,03	328,71

Fonte: elaboração do autor, com base nos casos analisados.

A cobrança existente na compensação de geração compartilhada, que não existe na compensação de geração própria, é justamente a relacionada ao PIS e COFINS, ou seja, utiliza-se como fator de cobrança a diferença entre a Tarifa de Compensação GD (já isenta de ICMS) e a Tarifa sem Impostos. Os demais encargos a se somar na fatura incluem, além da Cobrança de Iluminação Pública Municipal (CIP), eventuais multas e juros sobre contas anteriores.

Tabela 3.3 – Cenários de energia compensada para um cliente CEMIG em janeiro de 2021.

Unidade	Descrição	Caso Real 2 (somente Geração Compartilhada)	Caso Simulado 2 (somente Geração Própria)	Caso Extremo 2 (sem GD e somente distribuidora)
R\$/kWh	Tarifa com impostos	0,99449405	0,99449405	0,99449405
	Tarifa de compensação GD	0,69614583	0,69614583	0,69614583
	Tarifa sem impostos	0,66830000	0,66830000	0,66830000
kWh	Consumo de energia elétrica	23.400	23.400	23.400
	Energia não compensada	100	100	23.400
	Compensação - Geração Compartilhada	23.300	0	0
	Compensação - Geração Própria	0	23.300	0
R\$	Energia não compensada	99,45	99,45	23.271,16
	Compensação - Geração Compartilhada	648,81	0,00	0,00
	Compensação - Geração Própria	0,00	0,00	0,00
	Demais Encargos e Cobranças (Ex: CIP)	38,28	38,28	38,28
	Total a pagar - Fatura Distribuidora	786,54	137,73	23.309,44

Fonte: elaboração do autor, com base nos casos analisados.

À primeira vista, pode-se entender que, analisando as Tabelas 3.2 e 3.3, a única diferença entre a compensação de energia destas modalidades de GD seria a cobrança dos

impostos federais, e a resposta é que sim e não. De fato, “sim”, do ponto de vista do faturamento da distribuidora, e “não”, do ponto de vista financeiro do consumidor, que embora economize em ambos os casos na fatura da concessionária, ainda deverá pagar no caso da Geração Compartilhada uma segunda fatura de energia para a empresa de GD prestadora da geração, e que no caso do Autoconsumo Local e/ou Remoto o consumidor deverá arcar com todos os custos de instalação e manutenção de seu sistema fotovoltaico.

Sendo assim, a longo prazo, evidentemente que a opção mais vantajosa seria possuir sua própria geração, enquanto ao curto prazo, a opção mais vantajosa seria participar de um consórcio ou cooperativa. Curiosamente, estas opções não são excludentes, o que indica que o mesmo consumidor pode participar de ambas as modalidades de GD concomitantemente, devendo a distribuidora diferenciar os tipos de compensação para cada situação.

Em casos em que o consumidor receba injeção oriunda tanto de geração própria quanto compartilhada, a distribuidora deve compensar primeiramente a energia mais vantajosa financeiramente ao cliente, isto é, a de geração própria, cuja tarifa é isenta de todos impostos federais e estaduais. Assim, a injeção via GC complementa a do autoconsumo em caso de necessidade, sendo responsabilidade apenas da distribuidora a gestão dos créditos energéticos.

Além de participar ao mesmo tempo do autoconsumo e da geração compartilhada, isso não impede que o consumidor adicione ainda mais variáveis às suas modalidades de GD. Um exemplo simples, é que um consumidor que possua geração própria em mais de uma UC, pode também transferir seus créditos energéticos para a outra UC, praticando tanto autoconsumo local quanto autoconsumo remoto.

Somado a isso, um consumidor que já participe de um consórcio ou cooperativa de uma empresa de GD, pode contratar os serviços de suas concorrentes, ou seja, participar da geração compartilhada de mais de uma empresa, recebendo assim uma fatura de cobrança pela injeção de cada uma das gestoras das usinas. Adicionalmente, vale lembrar que nesta modalidade não há cobranças ao consumidor sobre custos de investimentos do sistema fotovoltaico.

Além disso, um consumidor pode participar de autoconsumo local e remoto e também de consórcios e cooperativas de diversas empresas de GD, todas essas combinações de modalidades juntamente. Evidentemente que quanto maior o número de contratações, mais

complexo será para o consumidor a gestão e validação de seus dados energéticos, juntamente à distribuidora e todas as empresas de GD, aumentando o risco de cobranças indevidas, item tratado na Seção 3.3.4, e podendo assim comprometer a economia esperada.

3.3.3 Lei Geral de Proteção de Dados e suas aplicações

Para as modalidades de Geração Distribuída, todos respaldos da LGPD aos consumidores estão em vigor, já que há necessidade de compartilhamento de informações entre distribuidora e empresa de GD para emissão de faturas no caso da Geração Compartilhada. A intenção com esta troca de informações sobre o consumidor é que ambas, distribuidora e empresa contratada, possam prestar o serviço mais transparente possível e de melhor eficiência.

A principal finalidade da Lei Geral de Proteção de Dados (13.709/2018) é salvaguardar os direitos fundamentais de liberdade e privacidade, bem como o desenvolvimento livre da personalidade da pessoa natural (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2018). Além disso, busca estabelecer um ambiente juridicamente seguro, através da padronização de regulamentos e práticas, para promover a proteção dos dados pessoais de todos os cidadãos presentes no Brasil, seguindo parâmetros internacionais estabelecidos.

A lei define o conceito de dados pessoais e também ressalta a necessidade de cuidados especiais para dados pessoais sensíveis, em que esclarece que todas as informações tratadas, tanto em meios físicos quanto digitais, estão sujeitas à regulação.

Alguns dos dados considerados mais sensíveis presentes na fatura de energia são o nome completo ou razão social do consumidor, seu endereço em detalhes e também o documento pessoal (CPF ou CNPJ). O número do cliente, para algumas distribuidoras, também é considerado um dado sensível por poder identificá-lo na base daquela distribuidora, através de um identificador único além do número da instalação (UC).

Até meados de 2022, as distribuidoras de energia não possuíam tanto rigor em proteger o acesso às faturas de energia de seus consumidores na íntegra, sendo que algumas inclusive as encaminhavam para as empresas de GD poderem faturar corretamente seus consumidores. Outras, permitiam o acesso das faturas com informações simples, como o número da UC e o CPF ou CNPJ do titular, que a empresa de GD teria caso aquele fosse cliente de seu serviço.

A CEMIG, por exemplo, restringiu totalmente o acesso às suas faturas de energia ao longo de 2022, inclusive retirando a conexão direta que existia com o servidor do governo de Minas Gerais. A CELPE, por outro lado, reformulou seu aplicativo de celular através da Neoenergia Pernambuco no início de 2023, impedindo assim o acesso a segunda via de fatura de energia na íntegra.

Em ambos os casos citados, as faturas só podem ser obtidas por quem tem acesso ao portal da distribuidora (em teoria, apenas o consumidor, com seu login e senha) ou se o próprio consumidor, em eventual reclamação, anexar sua conta de energia para fundamentar algum argumento para refaturamento.

A tendência, conforme a LGPD ganha cada vez mais destaque e fiscalização, é que as distribuidoras ofereçam às empresas que trabalhem com GD somente os dados necessários para que possam interpretar e faturar seus clientes. Através de um documento sucinto, preferencialmente com dados apenas energéticos e quiçá monetários, suficientes para que seja feita um balanço energético e financeiro daquele consumidor, conhecido normalmente como Relatório ou Demonstrativo de Geração Distribuída.

Este documento oferecido pela distribuidora para substituir o acesso às faturas de energia, o Relatório GD, inclui tanto dados da usina como de seus cooperados ou consorciados, através de um histórico de doze meses de informações cujo único identificador do consumidor é a UC. Por meio deste relatório, é possível ter informações de posto horário, percentual de participação, energia injetada, consumo, compensação, saldo anterior e atual de GD, quantidade e prazos do saldo a expirar, energia transferida entre UCs através do autoconsumo remoto etc.

Também é importante debater a frequência com que esses dados serão disponibilizados para análise, validação e faturamento. Algumas concessionárias, como a CEMIG, disponibilizam diariamente este Relatório GD de usinas e consumidores atualizado em seu portal de MMGD. Outras, como no caso da CELPE e da ELEKTRO, viabilizam estes dados para as gestores das usinas apenas uma única vez ao mês, normalmente ao final do período de faturamento da distribuidora.

Ou seja, ao disponibilizarem os dados de maneira “atrasada”, resulta em que as informações de consumo, compensação e saldo GD dos clientes são relativas em realidade ao

mês anterior, e por consequência, a injeção e geração da usina é relativa ao mês retrasado. Vale observar que a fazenda solar gera em um determinado mês de faturamento, mas os recebedores de BT visualizam os créditos apenas no mês seguinte, já descontando as perdas de energia do processo – em geral, deduz-se 2,5% pelas perdas de transformação da usina solar.

Embora promissor e extremamente importante, o Relatório GD possui ressalvas. Ele não é um documento padronizado para as distribuidoras, assim como deixa brechas para que cada distribuidora entregue ou não determinada informação com base nas diretrizes da LGPD. Por exemplo, os valores de geração própria de energia, compensação de geração própria, os créditos de sistema fotovoltaico de autoconsumo através do medidor bidirecional, seriam ou não dados sensíveis, devendo ou não ser fornecidos às empresas de GD?

Como havia sido comentado na Seção 3.3.2, a compensação de energia oriunda de autoconsumo é isenta de todos impostos federais e estaduais, enquanto a compensação de energia oriunda da geração compartilhada em geral é isenta somente dos impostos estaduais. Sendo assim, para os consumidores que aderirem ambas as modalidades de GD, a distribuidora compensa primeiramente a mais vantajosa ao consumidor, mas na ausência de informação de que o consumidor possui geração própria e o valor, as empresas de GD acabam prejudicadas, podendo interpretar que o cliente não possui este sistema ou que talvez sua fonte externa de energia seja de empresa concorrente solar de GD, com o risco de cobrança indevida.

Outro ponto de divergência deste relatório é a questão da nomenclatura das variáveis. A participação sobre a energia gerada pela usina, por exemplo, pode se chamar energia gerada, recebimento, energia injetada ou saldo disponível, a depender da distribuidora. Tal qual o consumo pode se chamar energia consumida ou energia ativa, a UC pode se chamar número de instalação ou mesmo “seu código”, a tarifa ainda pode se chamar preço unitário, saldo pode se chamar créditos disponíveis de energia e compensação créditos utilizados de energia.

O Relatório GD também não fornece algumas outras informações presentes na fatura de energia, como as datas de leitura anterior, atual e próxima, nem as de vencimento ou de emissão. Este documento também não detalha as informações sobre os medidores, como registros de leitura e constante de multiplicação, não traz dados sobre refaturamentos de consumidores, ou inativações e nem de trocas de titularidade, muitas vezes nem sequer informado a classe e consequentemente a disponibilidade para o cálculo do custo mínimo do cliente.

Em outras palavras, algumas informações quando não disponibilizadas corretamente pelas distribuidoras, resultam em riscos de prejuízo aos consumidores especialmente com múltiplas modalidades de GD, sendo este um dos muitos riscos assumidos pelo cliente nesta modalidade de contratação. Como foi explicado nas Seções 3.1.1, 3.1.2 e 3.1.3, o consumidor necessita de um relacionamento satisfatório e respeitoso entre distribuidora e empresa contratada de GD para que possa usufruir plenamente dos benefícios.

3.3.4 Riscos ao consumidor

Mesmo com diversas vantagens pela adesão na GD, todo negócio tem suas próprias regras e riscos para as partes envolvidas. Ao consumidor, os riscos envolvem desvios tanto da distribuidora de energia como da empresa gestora da usina em casos de consórcio e cooperativa. Alguns desses desvios podem acarretar complicações ao longo prazo, passando despercebidos em um primeiro instante, mas outros podem prejudicar desde o curto prazo completamente a experiência do consumidor nesta democrática modalidade de acesso à energia.

Um dos riscos mais triviais é que toda a gestão da “cota ótima” está nas mãos da empresa de GD, ou seja, o consumidor não toma conhecimento do valor da verdadeira injeção total, apenas visualiza em sua fatura de energia a compensação e o saldo. Contudo, é possível contabilizar a injeção fazendo a soma da energia compensada com a variação de saldo GD (atual subtraído do anterior), sendo que o saldo atual e a compensação podem ser encontrados na fatura do mês atual, e o saldo anterior é obtido como saldo atual na fatura do mês anterior.

Em casos em que a participação do consumidor sobre a geração da usina seja subestimada, ou seja, uma cota muito baixa, automaticamente acarretará um benefício mais discreto, logo o consumidor ainda pagará uma parcela da energia da distribuidora na tarifa mais alta e consequentemente estará insatisfeito. Por sua vez, quando a participação do consumidor sobre a geração da usina for superestimada, ou seja, uma cota muito alta, haverá naturalmente um acúmulo de saldo, que pode ser uma complicação no momento de deixar a geração compartilhada futuramente.

Algumas empresas contratadas de GD cobram do consumidor, na sua saída do consórcio ou cooperativa, uma fatura adicional sobre a quantidade de energia injetada residual não compensada até aquele momento pelo cliente, isto é, a cobrança pelo saldo GD. É uma cobrança

justificável, pois mesmo ao sair da GC o consumidor carregará consigo seus créditos energéticos e compensará em momento oportuno, não cabendo mais cobranças ao longo dos ciclos da empresa contratada, que para ela apenas resta a solução de uma cobrança única.

Todavia, o consumidor pode ainda não concordar com esta cobrança remanescente na justificativa de não ter solicitado uma injeção a maior, sem entender plenamente que este também é um risco em via dupla deste modelo. Afinal, para a empresa de GD, o acúmulo de saldo do consumidor é perda de receita presente para um risco de inadimplência futuro, quando se poderia ter disponibilizado aquele percentual da geração a um outro cliente com consumo adequado para compensar naquela referência.

Em alguns casos, a cobrança deste valor de saldo pode vir a ser traumática ao consumidor, a depender da quantidade de créditos a se pagar. Um percentual da geração da usina mal dimensionado por referências consecutivas, somado ao prazo regulatório de processamento das listas de alteração de participação da distribuidora e eventualmente a uma breve estadia do consumidor na GC, pode acarretar um acúmulo expressivo de saldo, podendo ser até mesmo maior do que o cliente estava habituado a consumir e pagar mensalmente, sendo necessário uma negociação para não perder o valor já injetado de energia – como o parcelamento da dívida (em valores monetários), ou mesmo a permanência do cliente na GC para compensar em mais ciclos aquele saldo, em uma espécie de “parcelamento energético”.

Uma estratégia objetiva para que o consumidor possa utilizar rapidamente de seu saldo GD através da compensação é deixá-lo com a participação mínima de recebimento da usina, normalmente de 0,01% ou de 0,001%, dependendo da regra aplicada de cada empresa. Tão logo for processada essa alteração junto à distribuidora, o consumidor automaticamente utilizará do saldo já que a injeção mensal será muito baixa (pode representar cerca de 2 a 50 kWh, dependendo da capacidade e geração da usina, e também do valor da participação mínima).

Além disso, para consumidores que aderirem a múltiplas modalidades de GD em concomitância, precisam estar atentos a gestão das injeções e compensações de cada uma destas categorias. Isso porque as empresas de GD também necessitam fazer a gestão de créditos energéticos de seus consumidores, para evitar cobranças em duplicidade ou indevidas. Em outras palavras, precisam segregar o saldo oriunda de injeções de suas usinas, de saldo de outras fontes, como de geração própria do consumidor ou mesmo de empresas de GD concorrentes.

A diferenciação entre a energia da geração própria do cliente (autoconsumo local e remoto) é simples em relação à energia oriunda da geração compartilhada, tendo em vista que são tarifas diferenciadas devido à isenção de impostos, conforme explicado na Seção 3.3.2. Contudo, o mesmo não pode ser dito da diferenciação entre injeção de empresas concorrentes de energia GD em modelo de GC, tendo em vista que a distribuidora não faz separação de injeção por UG na fatura, e as tarifas aplicáveis são rigorosamente as mesmas por estarem na mesma modalidade, podendo gerar confusão em cobranças destas empresas.

Ademais, sobre o Relatório GD disponibilizado pelas distribuidoras, em geral traz apenas informações energéticas, isto é, dados em kWh. Os valores monetários e tarifários (R\$/kWh) nem sempre estão diretamente presentes neste documento, devendo ser deduzidos ou estimados através das alíquotas disponibilizadas no site do órgão regulador (ANEEL) para cada distribuidora. Isto pode implicar ainda em cobrança na fatura de energia na GC com tarifa ligeiramente distinta (às vezes, na quarta casa decimal em diante) da tarifa que consta na fatura da distribuidora, podendo gerar desconforto e reclamação do consumidor.

Há também equívocos na própria fatura da distribuidora que podem colocar em risco o benefício do consumidor no SCEE, como não compensar a energia do consumidor mesmo havendo injeção, não cumprimento dos prazos regulatórios para processamento de inclusão de novos clientes, exclusão de outros e alteração de participação dos demais, não injetar corretamente energia ao consumidor mesmo a usina tendo leitura e geração líquida.

Outro ponto relevante é que algumas classes de consumidores possuem condições diferenciadas na própria distribuidora, como no caso dos consumidores baixa renda⁷. É importante que tanto a classe como subclasse de cada consumidor constem nos demonstrativos GD, porém nem todas as distribuidoras disponibilizam essa informação por estarem em um limiar de serem ou não dados sensíveis pela LGPD. Sem a informação da classe e da constatação de um benefício assegurado, um cliente pode ser faturado erroneamente.

⁷ A classe baixa renda na fatura de energia elétrica engloba consumidores de energia com recursos financeiros limitados, que devem atender a critérios específicos para se qualificarem a receber descontos ou tarifas reduzidas em suas contas de energia. Esses critérios são estabelecidos por políticas e regulamentações do setor elétrico e podem envolver fatores como a renda familiar, o número de pessoas que residem no domicílio e a participação em programas sociais, entre outros. A concessão de descontos para a classe baixa renda tem como objetivo assegurar que todos os cidadãos tenham acesso à energia elétrica, independentemente de sua capacidade financeira, e reduzir as disparidades sociais no acesso a serviços essenciais.

A Seção 3.3.2 comenta em detalhes sobre outro desvio das distribuidoras que ocorreu até meados de 2022, que foi a cobrança indevida em duplicidade no custo de disponibilidade. Em outras palavras, a distribuidora cobrava esse custo monetariamente (tarifa com impostos multiplicada pela sua quantia mínima de energia a depender do número de fases da instalação) e também energeticamente (compensando também a energia desse mesmo custo). Para que o consumidor que entrasse em disponibilidade pudesse ter seu benefício financeiro assegurado enquanto em GC, algumas empresas buscaram descontos adicionais como solução paliativa.

Adicionalmente, outro ponto de risco do negócio são as inativações de UCs dos clientes, as trocas de titularidade das UCs e até mesmo a suspensão dessas UCs junto às distribuidoras. Evidentemente que qualquer consumidor independente da concessionária pode, quando assim desejar, encerrar sua titularidade na distribuidora. No entanto, ao fazê-lo, surge uma situação problemática de ser solucionada caso estivesse participando de consórcio ou cooperativa.

Como abordado nas Seções 3.1.1, 3.1.2 e 3.1.3, o consumidor que aderiu a GC não está mais em relacionamento somente com a distribuidora, mas também com a empresa gestora da usina em que recebe injeção de energia GD. Quando encerra abruptamente sua titularidade apenas na distribuidora, o cliente “corta somente um dos dois cordões umbilicais” ao qual estava neste negócio, sem que a outra parte possa solucionar de fato os trâmites necessários para sua exclusão, afinal, existe o prazo regulatório da distribuidora para processamento.

Este tipo de situação relatada acima causa o efeito imediato de desocupação de usinas, em suma, quando um consumidor com participação regular na lista da geração compartilhada não pode ter sua injeção efetuada pois encerrou sua titularidade na distribuidora, faz com que sua parcela de injeção seja alocada automaticamente no saldo da própria fazenda solar. Ora, se a usina sempre gerará muito mais que seu consumo, jamais terá oportunidade então de compensar do seu próprio saldo, resultando que o acúmulo de saldo na geradora inevitavelmente resultará em saldo expirado ao final dos 5 anos previstos na regulação.

Este efeito da desocupação é uma situação que ocorre na mesma referência em que o consumidor inativar sua instalação na concessionária, mas há um segundo efeito colateral neste processo: enquanto aquela instalação não for excluída da lista de consorciados ou cooperados, a mesma UC seguirá tendo injeção nos meses subsequentes, independente de quem seja seu novo titular. Ou seja, a próxima pessoa física ou jurídica que reativar a instalação passará a

receber energia oriunda de GD mesmo que sequer esteja contratualmente associada a este negócio, resultando no transtorno de cobranças adicionais ao consumidor original para que sua participação seja cobrada até o momento em que a distribuidora efetuar sua exclusão da GC.

O controle das inativações das UCs e trocas de titularidade, quando não comunicadas previamente para as empresas de GD para que haja tempo hábil da distribuidora retirá-los das listas, pode ser de difícil detecção. O campo intuitivo para este acompanhamento seria de alterações no CPF ou CNPJ do titular da fatura da UC a cada mês, mas a LGPD protege este dado e as concessionárias não o fornecem. Mesmo o número do cliente, cuja alteração também auxiliaria nesta identificação, pode ser considerado dado sensível para algumas distribuidoras.

Outrossim podem ocorrer desvios na leitura de fazendas pelas distribuidoras, em que todos os consumidores atrelados a geração daquela usina são proporcionalmente afetados, bem como divergências no processamento de listas de UCs pelas distribuidoras, que vão desde clientes com participações indevidas de recebimento de energia resultando em reprocessamentos, ou mesmo alocar um ciclo inteiro de geração de uma usina retido no saldo da própria fazenda solar.

Existem ainda outras situações que podem causar riscos ao benefício do consumidor e que muitas vezes não podem ser totalmente controladas ou evitadas. Alguns possíveis cenários são: problemas de geração das fazendas resultando em baixa injeção aos consumidores, furtos de cabos nas usinas, desastres naturais como incêndios ou avarias aos equipamentos, baixos índices solarimétricos devido a alterações meteorológicas, falhas técnicas e complicações com a distribuidora resultando em atrasos na previsão de conexão da geradora, entre outros.

3.3.5 Impactos sociais

Diversos estudos já revelaram a existência de uma relação direta entre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o consumo de eletricidade. Um estudo conduzido por Lambert (2014), por exemplo, constatou uma forte correlação entre os níveis de consumo de energia e o padrão de vida (ZUMA, 2017).

Goldemberg (2012), por sua vez, ressaltou a importância do acesso a serviços elétricos a preços acessíveis para as atividades humanas, o desenvolvimento e o crescimento econômico. Grandes disparidades nesse acesso representam uma ameaça à estabilidade social.

Um gráfico elaborado por Da Silva (2012) ilustra a relação entre o IDH e o consumo de eletricidade nos estados brasileiros. A partir desse gráfico, observa-se uma tendência de que os estados com IDH mais elevado também são aqueles que apresentam um maior consumo de energia elétrica, como pode ser visto na Figura 3.8.

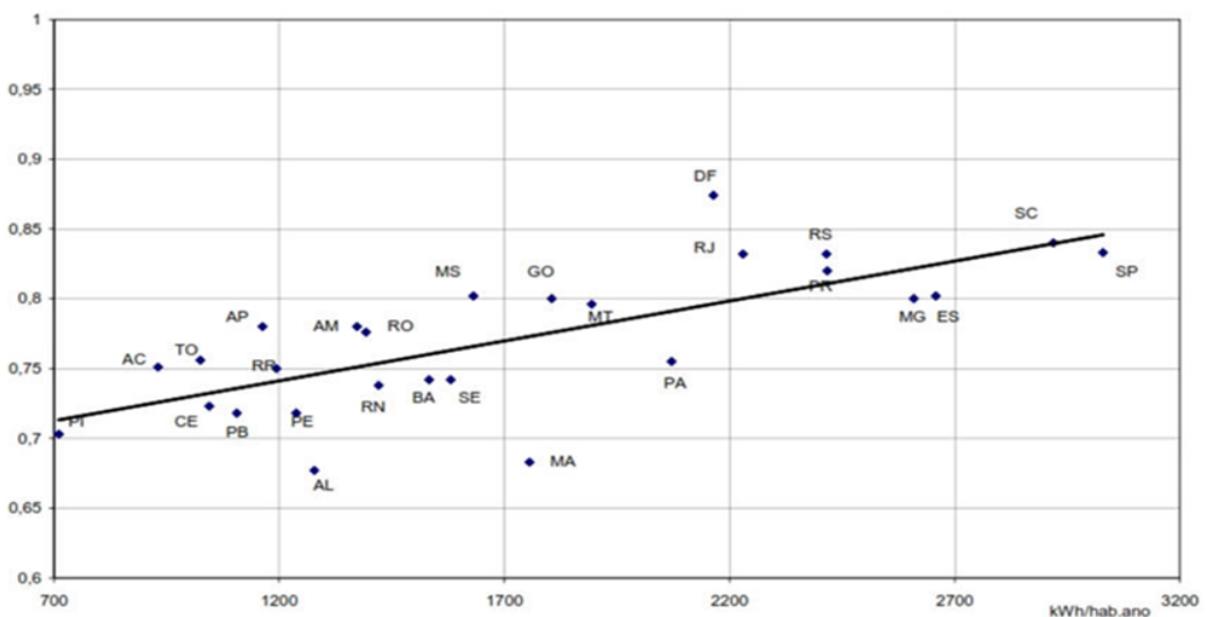


Figura 3.8 – IDH e consumo per capita de eletricidade dos estados brasileiros em 2011.

Fonte: Da Silva (2012).

O modelo de negócio de Geração Distribuída (GD) apresenta diversos aspectos sociais positivos. Por exemplo, a utilização de tecnologias de GD proporciona uma confiabilidade superior no fornecimento de energia, pois seu sistema elétrico é menos suscetível a variações de frequência ou tensão. Isso resulta em um fornecimento mais confiável aos consumidores próximos à geração local, uma vez que a eletricidade é gerada de forma mais estável e não está sujeita a falhas na transmissão e distribuição.

Além disso, a eletricidade gerada por meio da GD tende a ter um custo mais baixo para o consumidor, o que contribui para a redução dos gastos com energia. A GD também colabora para diversificar o mix de geração, aumentando a segurança do abastecimento energético. Outro benefício é a geração de empregos e a estabilidade na produção pela indústria nacional, o que

impulsiona o desenvolvimento econômico. Contribui também para o desenvolvimento local, uma vez que utiliza recursos próprios da região em que a instalação está inserida. Isso promove a utilização de recursos locais, beneficiando a economia regional e fortalecendo a sustentabilidade.

Em um período de um ano, o investimento acumulado em Geração Distribuída (GD) através da energia solar própria em Minas Gerais teve um aumento significativo de R\$ 4,3 bilhões, passando de R\$ 8,1 bilhões em fevereiro de 2022 para R\$ 12,4 bilhões no segundo mês de 2023. Essa forma de GD tem impulsionado a criação de mais de 73 mil empregos no estado, representando um acréscimo de 27,1 mil novas vagas em um período de 12 meses, como mencionado no Diário do Comércio (2023).

Minas Gerais ocupa a segunda posição em capacidade instalada de energia solar em telhados e pequenos terrenos em todo o país, ficando atrás apenas de São Paulo. As projeções para o ano de 2023 indicam a criação de mais de 300 mil vagas de trabalho em todo o Brasil, sendo que Minas Gerais será responsável por aproximadamente 14% desses novos empregos e da receita gerada, conforme revelado em um estudo da ABSOLAR.

No ranking nacional da ABSOLAR, por exemplo, o estado de São Paulo ocupa a segunda posição em termos de capacidade instalada de energia solar na modalidade de GD. De acordo com um levantamento realizado pela entidade, o estado conta com mais de 2,1 GW de capacidade em operação nessa modalidade.

A ABSOLAR destaca que São Paulo possui mais de 248 mil conexões operacionais distribuídas por todos os municípios paulistas. Desde 2012, a GD tem desempenhado um papel significativo no estado, resultando em investimentos superiores a R\$ 11,2 bilhões, criação de mais de 63,9 mil postos de trabalho e uma arrecadação de mais de R\$ 2,9 bilhões para os cofres públicos (STOPPA, 2023).

Existem também ações em andamento para facilitar o acesso à energia renovável em comunidades de baixa renda ou em situação socioeconômica vulnerável, como o Programa de Energia Renovável Social (PERS). O objetivo principal é viabilizar a implementação de sistemas de geração de energia limpa, como painéis solares fotovoltaicos, em residências, instituições e áreas comunitárias dessas comunidades.

Para colocar o PERS em prática, são estabelecidas parcerias entre governos, organizações não governamentais (ONGs), empresas privadas e instituições financeiras. Essas parcerias têm como finalidade fornecer financiamento, realizar a instalação e operação dos sistemas de energia renovável nas comunidades beneficiadas. Além disso, o PERS pode abranger atividades de capacitação e conscientização sobre a importância do uso eficiente da energia e da preservação ambiental.

Algumas empresas que atuam na geração distribuída também implementam iniciativas sociais para apoiar Organizações Não Governamentais (ONGs) que auxiliam comunidades e grupos em situação de vulnerabilidade. Através desses programas, essas empresas se comprometem a assumir os custos das contas de energia elétrica dessas instituições e, mensalmente, realizar doações de créditos de energia.

Um exemplo de impacto social é a iniciativa da organização sem fins lucrativos chamada Revolusolar, que busca promover o desenvolvimento sustentável por meio da energia solar em três áreas de atuação: programa de energia sustentável, formação profissional em eletricidade e instalações solares, e educação ambiental para jovens. Essa organização construiu a primeira cooperativa de energia solar em favelas do Brasil, localizada nas comunidades da Babilônia e Chapéu Mangueira, no bairro do Leme, zona sul do Rio de Janeiro.

No projeto, foram instalados painéis fotovoltaicos com uma capacidade de 26 kWp/ano (quilowatt-pico) nos telhados das casas das famílias participantes. A energia gerada é enviada para a rede elétrica e convertida em créditos de energia, que são utilizados para reduzir pela metade as contas de luz dessas famílias (REVOLUSOLAR, 2015). O projeto tem como público-alvo os moradores da favela que pagam regularmente pelas contas de energia.

Parte das economias obtidas pelos moradores será destinada a taxas de manutenção da cooperativa, que irá formar um Fundo Comunitário. Esse fundo será utilizado para cobrir os custos de operação da cooperativa, remunerar os trabalhadores locais envolvidos no projeto (como instaladores solares, eletricistas, embaixadores e professores) e financiar a expansão das instalações solares na comunidade.

Um exemplo adicional de impacto social por meio da geração distribuída ocorre no município de Porto de Moz, situado na região da Floresta Amazônica, no estado do Pará. Essa

área é habitada por uma comunidade que depende do extrativismo e da agricultura de subsistência como principais fontes de renda.

Após muitos anos vivendo sem acesso à tecnologia para armazenar energia, as comunidades ribeirinhas desse município agora contam com um gerador de energia solar. A empresa Órigo Energia, anteriormente conhecida como Empresa Brasileira de Energia Solar (EBES), foi responsável pelo projeto, que envolveu a instalação de 10.000 painéis solares. Esse projeto beneficiou diretamente 2.500 famílias na região.

Ao todo foram dispostos 2.334 sistemas *off grid* de energia fotovoltaica em residências, centros comunitários, igrejas, escolas públicas e postos de saúde. O projeto, parte da iniciativa Luz para todos, tem como objetivo beneficiar moradores que antes não tinham acesso à energia elétrica ou eram dependentes da geração à diesel.

A instalação de sistemas solares nessa região através de projeto *off grid* teve início em outubro de 2017 e representou um importante ganho de produtividade e de qualidade de vida para a população local. O processo de instalação está ilustrado na Figura 3.9.



Figura 3.9 – Instalação de sistema fotovoltaico em comunidade no município Porto de Moz (PA).

Fonte: ÓRIGO ENERGIA (2018a).

A disponibilidade de acesso à energia desempenha um papel crucial no avanço da qualidade de vida da sociedade. À medida que o consumo de energia elétrica aumenta, há uma melhoria significativa no IDH, refletindo-se em um aumento na expectativa de vida, níveis de educação mais elevados e maior renda para a população. Nesse contexto, a GD emerge como

uma poderosa aliada na expansão do acesso à energia elétrica, desempenhando um papel importante na promoção do desenvolvimento humano e do bem-estar social.

3.3.6 Questões ambientais

Após a Revolução Industrial, que teve início por volta de 1850, o uso de combustíveis fósseis se tornou a base fundamental da economia global. O carvão mineral foi seguido pelo petróleo e gás natural, e se iniciou uma dependência da queima dessas substâncias orgânicas para geração de energia (GOLDEMBERG, 2012).

Naquela época, as preocupações com as emissões de gases poluentes, especialmente o dióxido de carbono (CO₂), não eram tão intensas. Goldemberg (2012) explica ainda que o progresso impulsionado pela industrialização também levou a um aumento no desmatamento, degradação do solo e no uso de meios de transporte poluentes.

No entanto, ao longo do tempo, foi se agravando a preocupação acerca das enormes quantidades de CO₂ liberadas na atmosfera. Com o agravamento do aquecimento global, tornou-se essencial reduzir as emissões desses gases e estabelecer a descarbonização como uma meta a ser alcançada, sendo crucial o empenho para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e buscar alternativas mais sustentáveis para a geração de energia.

A *International Renewable Energy Agency* (IRENA) recomenda que as fontes de energia solar e eólica sejam priorizadas na geração dos próximos anos. Essa orientação reforça o compromisso com a redução do impacto ambiental, o que é benéfico para as pessoas, o meio ambiente e a economia.

No aspecto ambiental, a geração distribuída apresenta uma série de benefícios, como a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a contribuição para mitigar as mudanças climáticas, devido à utilização de recursos energéticos distribuídos. Além disso, ela minimiza os impactos ambientais ao diminuir a necessidade de grandes instalações de geração e extensas linhas de transmissão, reduzindo o uso de fontes de energia não renováveis.

A GD também possibilita a melhoria da eficiência energética e o uso adequado de recursos renováveis (INEE, 2020). Um dos aspectos mais evidentes é a geração de energia a

partir de fontes primárias limpas, o que reduz a dependência de matrizes energéticas baseadas em fontes fósseis, como termelétricas que emitem poluentes, principalmente CO₂, provenientes da queima de combustíveis como óleo, carvão e gás.

Cada quilowatt-hora (kWh) gerado por meio solar evita, em média, a emissão de 0,090 kg de CO₂, levando em consideração a composição atual da matriz energética do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Assim, o conceito de sustentabilidade está intimamente ligado à busca pelo equilíbrio entre a preservação do meio ambiente e a utilização dos recursos naturais disponíveis. Trata-se de uma abordagem que visa aproveitar os recursos naturais sem causar danos ao meio ambiente, às pessoas e sem correr o risco de escassez. Por essa razão, a sustentabilidade e a energia renovável estão interligadas.

Ademais, recentemente tem havido uma grande discussão no mundo corporativo (ÓRIGO ENERGIA, 2022c) sobre *Environmental, Social, and Governance* (ESG), ou seja, boas práticas relacionadas ao meio ambiente, aspectos sociais e governança, que estão diretamente ligadas à sustentabilidade.

As empresas têm implementado ações considerando questões como mudanças climáticas, desmatamento, emissões de carbono, eficiência energética, poluição, entre outros. Tudo isso é monitorado e medido, estabelecendo metas para reduzir ou eliminar os danos causados por suas operações.

A geração de energia solar possui impactos ambientais extremamente baixos, quase inexistentes. Um exemplo característico são as fazendas solares, onde os painéis instalados não emitem gases na atmosfera e não produzem ruídos, além de possuírem uma vida útil longa, geralmente entre duas e três décadas. Outro aspecto positivo é que grande parte dos componentes dos painéis, como vidro e alumínio, são completamente recicláveis.

Embora as consequências ambientais decorrentes da instalação de UFV sejam menores em comparação com outras formas de geração de energia, ainda existem impactos inevitáveis durante o processo. Por exemplo, a criação de grandes áreas desocupadas para a instalação das usinas pode causar processos erosivos e afetar a fauna e a flora local. Além disso, as obras de

construção podem gerar gases, resíduos sólidos, poeira e alterar a paisagem da região, representando impactos ambientais pontuais no meio físico.

Evidentemente que as energias renováveis, especialmente a solar, desempenham um papel fundamental na promoção da sustentabilidade. Essas fontes de energia se regeneram naturalmente a partir de recursos limpos, como a luz solar, o vento, as ondas e outras fontes.

Em geral, elas reduzem a dependência de poluentes, como o carvão, e contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, as energias renováveis impulsionam a economia, como visto na Seção 3.3.5, gerando empregos e oferecendo uma opção mais acessível para os consumidores.

3.4 MERCADO LIVRE DE ENERGIA

No Brasil, o mercado livre de energia, conhecido como Ambiente de Contratação Livre (ACL), oferece uma alternativa aos consumidores para negociar contratos de compra e venda de energia elétrica de forma direta e flexível. Nesse ambiente regulado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), os consumidores têm a liberdade de escolher seus fornecedores de energia elétrica, podendo estabelecer contratos bilaterais com empresas de qualquer região do país.

Essa modalidade de mercado traz uma série de benefícios para os consumidores, conforme comentado na Seção 2.4.2. Primeiramente, proporciona maior liberdade de escolha, permitindo que as empresas busquem opções de fornecimento de energia que se adequem às suas necessidades específicas. Além disso, o mercado livre promove a competição entre os fornecedores, o que pode resultar em preços mais atrativos e serviços de melhor qualidade.

No mercado livre, os consumidores têm a oportunidade de negociar não apenas a compra, mas também a venda de energia elétrica. Isso significa que empresas que possuem sistemas de geração própria, como painéis solares, podem gerar excedentes de energia e comercializá-los no mercado, contribuindo para a GD e se tornando autossuficientes.

A negociação de contratos bilaterais também traz maior flexibilidade aos consumidores, uma vez que eles podem estabelecer condições específicas nos contratos, como prazos, volumes

e formas de pagamento. Essa flexibilidade é especialmente vantajosa para grandes consumidores, como indústrias e empresas de grande porte, que possuem demandas energéticas mais significativas.

3.4.1 Transição energética nacional

Os consumidores terão um papel central no futuro do mercado livre de energia, pois enfrentarão mudanças significativas na forma como lidam com o fornecimento de energia. A energia elétrica será encarada como um serviço de valor agregado, no qual os consumidores buscarão não apenas preços competitivos, mas também opções mais diversificadas de uso, fontes de energia renováveis e sustentáveis, e tecnologias que proporcionem maior eficiência energética, como medidores inteligentes e *smart home* (EXAME, 2023).

Uma das grandes vantagens para os consumidores é a liberdade de escolha. Assim como já ocorre em outros setores, como a telefonia móvel, os consumidores poderão optar por fornecedores que melhor atendam às suas necessidades e expectativas.

Essa competição entre os fornecedores de energia estimulará a oferta de serviços mais personalizados e inovadores, com opções de tarifas diferenciadas, programas de incentivo ao consumo consciente e soluções energéticas sob medida.

Outra tendência é a busca por fontes de energia mais sustentáveis e renováveis. Os consumidores estarão cada vez mais conscientes dos impactos ambientais e desejosos de contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. Assim, a demanda por energia proveniente de fontes limpas, como solar, eólica e biomassa, aumentará significativamente. Os consumidores também poderão participar da geração de energia por meio de sistemas fotovoltaicos em seus endereços, agregando valor e autonomia ao seu consumo energético.

Além disso, a tecnologia terá um papel fundamental nessa transformação. Os medidores inteligentes, por exemplo, permitirão aos consumidores monitorar em tempo real seu consumo de energia, identificar os períodos de maior demanda e otimizar seu uso.

As casas inteligentes integrarão dispositivos e sistemas que automatizarão o gerenciamento energético, se adaptando às necessidades dos usuários e maximizando a

eficiência energética. Isso proporcionará maior controle e redução dos custos de energia, além de uma experiência mais confortável e conveniente para os consumidores.

Para Exame (2023), com a abertura total do mercado, surge a perspectiva de *Energy-as-a-Service*, em que as distribuidoras se concentram na prestação de serviços relacionados à distribuição de energia, enquanto as comercializadoras e geradoras de energia buscam expandir a penetração de novos consumidores no mercado livre e oferecer serviços de valor agregado.

Com a distribuidora sendo a porta de entrada para o acesso à energia e não apenas um fornecedor de eletricidade, a concorrência se intensifica e as empresas precisam se esforçar para oferecer uma experiência satisfatória aos consumidores. Diante da liberdade de escolha do consumidor, as empresas enfrentam o desafio de modernizar o setor elétrico, adotando tecnologias mais eficientes, reduzindo encargos, subsídios e tributos, e repensando seus modelos de expansão.

3.4.2 Cenário atual e futuro

O futuro do mercado livre no Brasil oferece aos consumidores a oportunidade de negociar contratos de energia elétrica de forma direta e flexível, sem a necessidade de adquirir energia apenas das distribuidoras locais. Com isso, os consumidores têm mais liberdade de escolha, podendo buscar fornecedores de energia em diferentes regiões do país, o que favorece a competitividade e a diversificação das fontes de energia.

Uma das principais tendências do mercado livre é a crescente adesão de consumidores de diversos segmentos, incluindo grandes indústrias, comércios, hospitais, shoppings, entre outros. Essa migração proporciona aos consumidores a oportunidade de obter contratos personalizados, com preços mais competitivos e alinhados às suas demandas de energia.

Além disso, os consumidores que investem em sistemas de energia renovável podem não apenas suprir suas próprias necessidades energéticas, mas também comercializar o excedente de energia gerado, se tornando atores ativos no mercado. No âmbito regulatório, é esperado uma simplificação dos procedimentos de migração, a redução de barreiras e a ampliação do acesso de consumidores de menor porte, como pequenas e médias empresas.

Outro fator importante é o desenvolvimento de plataformas digitais que facilitam as transações no mercado livre, tornando o processo de compra e venda de energia mais ágil e eficiente. A utilização de tecnologias como *blockchain*⁸ e contratos inteligentes possibilita maior segurança, transparência e automatização nas transações, contribuindo para aprimorar o funcionamento do mercado.

Portanto, com a conjunção desses fatores, o mercado livre de energia no Brasil tem um futuro promissor, representando uma alternativa viável e benéfica tanto para os consumidores quanto para o desenvolvimento do setor elétrico, proporcionando maior flexibilidade, competitividade, diversificação de fontes e contribuindo para a transição energética rumo a um sistema mais sustentável.

⁸ A tecnologia *blockchain* é uma forma avançada de banco de dados que permite o compartilhamento transparente de informações dentro de uma rede empresarial. Nesse sistema, os dados são armazenados em blocos interligados, formando uma cadeia. Essa estrutura garante a consistência cronológica dos dados, já que a cadeia não pode ser excluída ou modificada sem o consenso da rede.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foram examinados os avanços da micro e minigeração distribuída por meio de fazendas solares, conforme os objetivos propostos no Capítulo 1. Foram investigadas as aplicações desse modelo de negócio com maior enfoque na região da concessionária CEMIG. A metodologia escolhida, conforme visto, foi de pesquisa aplicada na modalidade de estudo exploratório e abordagem qualitativa.

A energia elétrica gerada pela fazenda solar pode ser usada para alimentar uma rede elétrica, fornecer energia para áreas remotas ou ser armazenada em baterias para uso posterior. As fazendas solares são consideradas uma forma de energia renovável e que ajuda a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e a emissão de gases de efeito estufa, sendo realizada por meio de um sistema de compensação, em que esses créditos energéticos são gerados quando a energia injetada pelos sistemas fotovoltaicos for superior a consumida.

Em um primeiro momento foi apresentado um referencial teórico envolvendo os principais aspectos no que se refere a composição dos painéis de captação solar, bem como seu comissionamento, o reaproveitamento ao fim da vida útil do equipamento, e também sobre a manutenção regular dos módulos.

Foram também apresentadas neste Capítulo 2 as principais características das fazendas solares e dos conceitos de GD, como consumo, compensação, saldo atual e também energia injetada. Foram avaliados os principais aspectos regulatórios e normativas da ANEEL que regem a MMGD e seus tipos de conexão, as principais concessionárias de energia elétrica pelo Brasil, e aspectos do Mercado Cativo e do Mercado Livre de Energia.

4.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES DO TRABALHO

Durante a implantação da Geração Distribuída no Brasil nos últimos anos, conforme visto no Capítulo 3, foram estabelecidos incentivos fiscais com o objetivo de promover o desenvolvimento dessa fonte renovável. Esses incentivos incluem alíquotas diferenciadas de impostos, para que o uso de energia oriunda de GD resulte em economia na fatura de energia do consumidor final. Ou seja, além das demais vantagens, compensar créditos energéticos de fontes renováveis permite que se possa economizar mensalmente.

Além disso, o panorama atual de utilização da fonte de energia renovável no Brasil é bastante favorável, analisando o aumento anual da potência instalada em energia solar fotovoltaica na matriz elétrica nacional. De acordo com dados da ANEEL e ABSOLAR, o estado de Minas Gerais é atualmente o líder em capacidade solar instalada de GD no Brasil, seguido pelo crescimento no ritmo de instalações de São Paulo. Vale comentar que Minas Gerais vem enfrentando uma saturação na capacidade da rede para absorver novas conexões, o que pode explicar uma desaceleração recente deste estado, embora ainda na liderança do setor.

Em 2012, a ANEEL lançou a Resolução Normativa 482, que permite aos consumidores produzirem sua própria energia utilizando fontes renováveis ou cogeração qualificada, e ainda assim permanecerem conectados à rede elétrica da concessionária local. Assim, as fazendas solares se tornam uma solução para, por exemplo, permitir que os consumidores tenham acesso direto aos benefícios e à economia gerada por um sistema solar fotovoltaico instalado em outra localidade, desde que na mesma área de concessão da distribuidora local.

Já em 2015, a ANEEL revisou a REN 482 através da publicação da REN 687, havendo a inclusão de qualquer fonte de energia renovável para a geração de energia em micro e minigeração. Se a quantidade de energia produzida em um mês exceder a energia consumida nesse período, o consumidor terá créditos energéticos válidos por até 60 meses.

Ao final de 2017, a ANEEL realizou a segunda atualização da Resolução 482, por meio da REN 786. Essa atualização trouxe novas determinações que incluem a proibição da classificação como microgeração ou minigeração distribuída de centrais geradoras que já possuam registro, concessão, permissão ou autorização, ou que já estejam em operação comercial ou tenham tido sua energia elétrica contabilizada pela CCEE.

No início de 2022, o projeto do Marco Legal da Geração Distribuída foi aprovado na Lei 14.300, impulsionando a instalação de novos sistemas de GD no país nos próximos anos. Uma das mudanças em destaque trazidas por esta lei é a aplicação de uma taxa progressiva sobre a energia injetada no sistema de distribuição, substituindo o atual custo de disponibilidade, popularmente referenciado como taxa mínima nas contas de energia.

Finalmente em 2023, a partir do Marco Legal da GD, foi criada a REN 1.059 com o objetivo de aprimorar as regras relacionadas à ligação e cobrança de sistemas de geração de

energia elétrica em pequena escala. Essa resolução estabelece os direitos dos consumidores, os procedimentos para obter acesso à GD e as regras para o faturamento dessa geração pelas empresas distribuidoras de energia, abrangendo as normas do SCEE.

Um ponto é que mesmo participando de um modelo de Geração Compartilhada, através de Fazenda Solar, o consumidor segue recebendo fatura de energia elétrica da distribuidora e consequentemente pagando pela energia da distribuidora, ainda que participante de SCEE. A empresa de GD responsável pela UFV fica então encarregada de informar à distribuidora de energia, que finalmente faz a compensação de créditos energéticos na fatura do consumidor.

No cenário mais recente, contudo, as distribuidoras não querem ser apenas um canal de transmissão da energia entre as empresas de GD e o consumidor. Algumas concessionárias estão buscando ir além e também serem as próprias empresas de GD para seus consumidores, como o exemplo da CEMIG SIM e seus projetos apresentados de investimentos em usinas solares flutuantes, reagindo ao competitivo mercado de energia no país.

Atualmente, um consumidor interessado em ser inserido no setor de energia por GD para usufruir de seus benefícios, pode fazê-lo tanto através de sua própria geração, como participando de modelo de geração compartilhada, ou ainda de ambos em concomitância. Além disso, sua geração própria pode tanto estar inserida naquele endereço de cobrança ou não, como pode participar de gerações compartilhadas de distintas empresas de GD em simultâneo.

Na modalidade de GC, dois ou mais consumidores podem se associar através da formação de uma cooperativa ou consórcio. É o modelo mais comum utilizado pelas fazendas solares, em que cada consumidor aluga ou compra uma participação na usina. Assim, na leitura da geradora, o consumidor terá uma parcela injetada em sua UC para poder compensar de energia oriunda de GD, tornando ainda mais atrativa a alternativa de assinatura de energia solar, que vem se popularizando nos últimos anos no Brasil.

Analizando em maiores detalhes a fatura de um consumidor da CEMIG que participa de cooperativa através de fazenda solar, é possível notar que a compensação de energia é isenta apenas do imposto estadual (ICMS), mas não é isenta dos impostos federais (PIS e COFINS), ao passo que a geração própria é isenta de todos os impostos mencionados.

Analizando as Tabelas 3.2 e 3.3 do trabalho, foi possível notar que quanto maior for a energia compensada da Fazenda Solar ou de geração própria, menor será o valor total pago para a concessionária de energia (idealmente, só o custo de disponibilidade e de iluminação pública).

Na primeira tabela, o valor total a pagar no caso de geração própria representou 59% do que seria pago em relação ao caso sem GD, enquanto o valor total a pagar no caso de geração compartilhada representou 60%, ambos para um consumo de energia elétrica na faixa de 260 kWh, em que se compensou cerca de metade deste valor naquela referência. Este exemplo da Tabela 3.2 é bastante alinhado ao perfil de consumo de um cliente residencial no Brasil.

Na segunda tabela, para um consumo de energia elétrica de 23.400 kWh, em que se compensou praticamente todo este valor excetuando a taxa mínima da rede, o benefício é maximizado: o valor total a pagar no caso de geração própria representou 1% do que seria pago em relação ao caso sem GD, enquanto o valor total a pagar no caso de geração compartilhada representou apenas 3%. Este exemplo da Tabela 3.3 é bastante alinhado ao perfil de consumo de um cliente comercial no Brasil.

Do ponto de vista financeiro do consumidor, que embora economize em ambos os casos na fatura da concessionária, ainda deve pagar no caso da Geração Compartilhada uma segunda fatura de energia para a empresa de GD prestadora da geração, e que no caso de Geração Própria o consumidor deve arcar com os custos de instalação e manutenção de seu sistema fotovoltaico.

Lembrando que, no caso da Fazenda Solar, o valor da fatura da distribuidora somado ao valor da fatura da gestora da fazenda, deve garantir o benefício financeiro estipulado em contrato pela assinatura de energia solar (em geral, de 10% a 20% se comparado ao valor pago sem Geração Distribuída).

Sendo assim, no longo prazo a opção mais vantajosa seria possuir sua própria geração, enquanto no curto prazo a opção mais vantajosa seria participar da geração compartilhada de fazenda solar. Contudo, estas opções não são excludentes, o que indica que o mesmo consumidor pode participar de ambas as modalidades de GD concomitantemente, devendo a distribuidora diferenciar os tipos de compensação para cada situação. Neste caso, a injeção via GC complementa a do autoconsumo em caso de necessidade.

Existem ainda alguns riscos associados aos consumidores que recebem energia de Fazendas Solares, como a baixa solarimetria devido às alterações meteorológicas, desvios em previsões de conexão de geradoras junto a concessionárias e erros de processamentos de listas de beneficiários. Outro risco é que, para consumidores que aderirem a múltiplas modalidades de GD em paralelo, precisam estar atentos a gestão das injeções e compensações de cada uma destas categorias, pois as empresas de GD também necessitam fazer a gestão de créditos energéticos de seus consumidores, para evitar cobranças indevidas.

Um destaque importante é que a geração de energia solar possui impactos ambientais extremamente baixos, quase inexistentes. Para o caso das fazendas solares, os painéis instalados não emitem gases na atmosfera e não produzem ruídos, além de possuírem uma vida útil longa, geralmente entre duas e três décadas. Outro aspecto positivo é que grande parte dos componentes dos painéis, como vidro e alumínio, são completamente recicláveis. Outra vantagem está no fato de ser amplamente disponível em especial em países tropicais, podendo ser utilizada também em regiões isoladas da concessionária de energia.

Vislumbrando um cenário futuro em que a energia elétrica deve ser tratada cada vez mais como um insumo na cadeia produtiva, o Mercado Livre proporciona a escolha do contrato mais vantajoso em termos de custo e benefício. Além disso, há isenção da cobrança de Bandeiras Tarifárias e possibilidade de negociação de preços diretamente com geradores ou comercializadores, montantes de energia, prazos e fornecedores. A partir de 2024, haverá uma nova etapa de abertura do mercado de energia no Brasil, permitindo que todas as empresas do grupo A, que possuem alta demanda de energia, possam migrar para o Mercado Livre.

Essa competição entre os fornecedores de energia deve estimular a oferta de serviços mais personalizados e inovadores, com tarifas diferenciadas, programas de incentivo ao consumo consciente e soluções energéticas sob medida. Outra tendência observada tem sido a busca por fontes de energia mais sustentáveis e renováveis. Portanto, com a conjunção desses fatores, a inserção de fazendas solares junto ao mercado livre de energia no Brasil insere-se num panorama promissor, representando uma alternativa economicamente viável e ambientalmente benéfica, tanto para os consumidores quanto para o desenvolvimento do setor elétrico como um todo.

4.2 SUGESTÕES PARA PRÓXIMOS ESTUDOS

Como sugestões de trabalhos futuros, pode-se analisar a MMGD frente aos avanços regulatórios vindouros da ANEEL. Além disso, as empresas de GD que hoje gerenciam fazendas solares podem futuramente ampliá-las para complexos eólico-solares, por exemplo, ou mesmo aumentar a capacidade instalada de suas usinas através de obras de expansão faseadas, a ser debatido o custo e benefício dessas mudanças e os investimentos de projeto.

Conforme a popularidade dos consórcios e cooperativas solares se alastrar no país, principalmente através do *slogan* de energia solar acessível por assinatura, será imprescindível padronizar e regulamentar melhor o relacionamento entre concessionárias e gestoras de usinas solares, valendo aprofundar como as distribuidoras estão se adaptando e como as relações com o consumidor estão se atualizando junto com o setor elétrico.

Fica também como sugestão o estudo dos avanços de Fazendas Solares com capacidade instalada superior a 5 MW, deixando assim a categoria de mini e micro geradoras. Além disso, pode-se avaliar em um trabalho futuro a viabilidade técnico-econômica deste tipo de empreendimento. Se houver necessidade, um estudo comparativo dos avanços de solar fotovoltaica no país pode ser feito diante de outras fontes renováveis, como biogás ou eólica.

Ademais, será interessante avaliar os novos impactos socioambientais que o avanço da tecnologia solar fotovoltaica acessível por meio da GD pode proporcionar, como incentivos em políticas públicas de financiamento, por exemplo. Vale também acompanhar em detalhes o fortalecimento do mercado livre de energia no Brasil ao longo da próxima década, quais consequências econômicas que esse processo pode proporcionar às empresas e consumidores, em busca da democratização do acesso à energia elétrica no país.

Ressalta-se que uma das dificuldades enfrentadas neste trabalho residiu na obtenção de dados de consumidores de múltiplas distribuidoras em diversos estados, por isso optou-se por restringir a análise à área de concessão da CEMIG. Ademais muitas informações relativas à aplicação da LGPD são ainda mais restritas mesmo para empresas que gerenciam as fazendas solares. Por outro lado, observa-se que poucas empresas no Brasil em 2023 possuem atuação em âmbito nacional para o serviço de geração compartilhada por fazendas solares, porém é esperado que em poucos anos as empresas de GD oferecerão esse serviço para todos os estados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Panorama da Solar Fotovoltaica no Brasil e no Mundo.** Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 14 de abr. 2023.

AMARAL, Marcelo Batista do; CONDÉ, Rogério Francisco da Silva; OLIVEIRA, Camila Karoline Coelho de. **Fazendas Solares: Aspectos técnicos e legais e seus impactos econômicos e ambientais.** Centro Universitário Presidente Antônio Carlos (UNIPAC). Faculdade de Engenharia em Barbacena/MG, 2022.

AMERICA DO SOL. **Potencial Solar no Brasil.** Disponível em: <<https://americadosol.org/potencial-solar-no-brasil/>>. Acesso em: 3 de mai. 2023.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL divulga os resultados do desempenho das distribuidoras na continuidade do fornecimento de energia elétrica em 2022.** Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-divulga-os-resultados-do-desempenho-das-distribuidoras-na-continuidade-do-fornecimento-de-energia-eletrica-em-2022>>. Acesso em: 3 de abr. 2023a.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Saiba mais sobre micro e minigeração distribuída.** Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acesso em: 23 de fev. 2023b.

AZEVEDO, Dirceu. Sunwise. **Tudo o que você sempre quis saber sobre sua conta de luz da CEMIG.** Disponível em: <<https://sunwise.com.br/tudo-o-que-voce-sempre-quis-saber-sobre-sua-conta-de-luz-da-cemig>>. Acesso em: 15 de mai. 2023a.

AZEVEDO, Julia. Ecycle. **O que é célula fotovoltaica e como ela funciona?** Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/celula-fotovoltaica>>. Acesso em: 22 de fev. 2023b.

BLUE SOL ENERGIA. **Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede ou Isolados?** Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/diferenca-sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-e-isolados>>. Acesso em: 11 de abr. 2023.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. **Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída.** Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Brasília/DF, 2022.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. **Cartilha de Faturamento para Geração Distribuída (GD).** Disponível em: <https://portalqa.cemig.com.br/wp-content/uploads/2021/04/cartilha_de_faturamento_para_geracao_distribuida_cemig.pdf>. Acesso em: 16 de mai. 2023.

COMERC ENERGIA. **Cinco diferenças entre o mercado livre de energia e o mercado cativo.** Disponível em: <<https://panorama.comerc.com.br/mercado-livre-de-energia-e-mercado-cativo>>. Acesso em: 25 de abr. 2023.

DA SILVA, M. G.; GUIMARÃES, L. S. **Uso do Índice de Desenvolvimento Humano como Instrumento de Projeção de Demanda de Energia Elétrica.** Ano XVI – Número 86. 2012. Disponível em: <https://ecen.com/eee86/eee86p/idh_eletricidade.htm>. Acesso em: 20 de fev. 2023.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. **Energia solar atrai aportes de R\$ 12,4 bi para o Estado.** Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/energia-solar-atrae-aportes-de-r-124-bi-para-o-estado/#>>. Acesso em: 28 de mar. 2023.

ECE – Empresa Catarinense de Eletricidade. **Valores das bandeiras tarifárias são atualizados para o período 2022-2023.** Disponível em: <<https://ece.srv.br/valores-das-bandeiras-tarifarias-sao-atualizados-para-o-periodo-2022-2023/>>. Acesso em: 18 de abr. 2023.

ECOA ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Geração distribuída: microgeração, minigeração e sistema de créditos.** Disponível em: <<https://ecoenergias.com.br/modelos-geracao-energia-solar/>>. Acesso em: 5 de mai. 2023.

ECOPROJECT. **Geração Distribuída – Diferenças entre as modalidades de GD.** Disponível em: <<https://ecoprojet.com.br/geracao-distribuida/>>. Acesso em 29 de abr. 2023.

ENEL. **Requisitos para Conexão de Microgeradores e Minigeradores ao Sistema de Distribuição da CELG D.** Disponível em: <<https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/one-hub-brasil---2018/nomas-t%C3%A9cnicas-goi%C3%A1s/normas-t%C3%A9cnicas/NTC71.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2023.

ENERGÊS. **Entenda as modalidades de geração distribuída.** Disponível em: <<https://energes.com.br/modalidades-de-geracao-distribuida/>>. Acesso em: 12 de mai. 2023a.

ENERGÊS. **Oito dúvidas sobre lista de unidades consumidoras em compensação de energia.** Disponível em: <<https://energes.com.br/lista-de-unidades-consumidoras/>>. Acesso em: 13 de mai. 2023b.

EXAME. **Abertura do mercado de energia avança e EDP se prepara para atuar com protagonismo.** Disponível em: <<https://exame.com/negocios/abertura-mercado-energia-avanca-edp-protagonismo/>>. Acesso em: 27 de mar. 2023.

FAERMAN, Henrique. Canal Energia. **Cemig vai investir em usinas solares flutuantes.** Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53241810/cemig-vai-investir-em-usinas-solares-flutuantes>>. Acesso em 2 de abr. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4. Ed. Editora Atlas. São Paulo/SP, 2002.

GLOBAL SOLAR ATLAS. **Solar resource and PV power potential maps and data.** Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info/download/world>>. Acesso em 15 de mar. 2023.

GOLDEMBERG, José. **Energy: What Everyone Needs to Know?** Oxford University Press, 2012.

INEE – INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é GD.** Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp?Cat=gd>. Acesso em 18 de abr. 2023.

IRENA – AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Alcançado crescimento recorde em energias renováveis apesar da crise energética.** Disponível em: <<https://www.irena.org/News/pressreleases/2023/Mar/Record-Growth-in-Renewables-Achieved-Despite-Energy-Crisis-PT>>. Acesso em 6 de abr. 2023.

LAMBERT, Jessica G; HALL, Charles A. S.; BALOGH, Stephen; GUPTA, Ajay; ARNOLD, Michelle. **Energy, EROI and quality of life.** Energy Policy, Vol. 64, p. 153-167, EUA, 2014.

LUZ SOLAR. **Como funciona o sistema fotovoltaico?** Disponível em: <<https://luzsolar.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico/>>. Acesso em 12 de mar. 2023.

MACHADO, Rodrigo; DELGADO, Danielle; SILVA, João Lucas; CAVALCANTE, Michelle; RIBEIRO, Murilo. **Análise do avanço da Geração Distribuída no Brasil.** Instituto Federal da Bahia (IFBA), Departamento de Engenharia Elétrica. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Gramado, 17 a 20 de abril de 2018.

MERCADO LIVRE DE ENERGIA. **Mercado Livre de Energia (ACL) x Mercado Cativo (ACR), e requisitos para migração para o mercado livre de energia.** Disponível em: <<https://www.mercadolivredeenergia.com.br/>>. Acesso em: 5 de mai. 2023.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. **Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015.** Publicado no DOU de 27/04/15. Brasília/DF, 2015.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **O que é a LGPD?** Disponível em: <<https://www.mpf.mp.br/servicos/lgpu/o-que-e-a-lgpu>>. Acesso em 9 de mai. 2023.

OMEGA ENERGIA. **Consumidor Cativo e Consumidor Livre: entenda as diferenças.** Disponível em: <<https://www.omegaenergia.com.br/news/consumidor-cativo-e-consumidor-livre-entenda-as-diferencias>>. Acesso em: 3 de mai. 2023.

ÓRIGO ENERGIA. **Energia para Mudar: Fazendas solares e doação de créditos solares.** Disponível em: <<https://origoenergia.com.br/blog/energia/origo-energia-para-mudar/>>. Acesso em 10 de mar. 2023a.

ÓRIGO ENERGIA. **Energia solar por assinatura nas empresas: Saiba como funciona!** Disponível em: <<https://origoenergia.com.br/blog/energia/saiba-como-funciona-energia-solar-por-assinatura-para-empresas/>>. Acesso em: 30 de mar. 2023b.

ÓRIGO ENERGIA. **Entenda como energia solar se relaciona com a sustentabilidade.** Disponível em: <<https://origoenergia.com.br/blog/energia/energia-solar-sustentabilidade/>>. Acesso em: 12 de abr. 2023c.

ÓRIGO ENERGIA. **Entenda tudo sobre fazenda solar.** Disponível em: <<https://origoenergia.com.br/blog/energia/como-funciona-fazenda-solar/>>. Acesso em: 9 de mai. 2023d.

O TEMPO. Energia solar por assinatura permite economizar até 20% na conta de luz. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/economia/energia-solar-por-assinatura-permite-economizar-ate-20-na-conta-de-luz-1.2851145>>. Acesso em 19 de abr. 2023.

PORTAL DA CONSTRUÇÃO SUA OBRA. Conhecendo uma Usina Solar. Disponível em: <<https://www.suaobra.com.br/noticias/conhecendo-uma-usina-solar>>. Acesso em: 29 de abr. 2023.

PORTAL SOLAR. Energia solar: o que é, para que serve, como funciona e benefícios. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar>>. Acesso em 4 de mai. 2023.

REVOLUSOLAR. Primeira cooperativa de energia solar em uma favela no Brasil. Disponível em: <<https://revolusolar.org.br/cooperativa/>>. Acesso em 21 de fev. 2023.

SANTOS, Beatriz. PV MAGAZINE. Ranking de estados com maior capacidade instalada de GD. Disponível em: <<https://www.pv-magazine-brasil.com/2023/02/14/ranking-de-estados-com-maior-capacidade-instalada-de-gd/>>. Acesso em: 13 de mar. 2023.

SILVA, Edna Lucia da; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 2005.

STOPPA, Jade. MegaWhat. São Paulo é o segundo estado com maior potência instalada em GD, diz Absolar. Disponível em: <<https://megawhat.energy/news/149064/sao-paulo-e-o-segundo-estado-com-maior-potencia-instalada-em-gd-diz-absolar>>. Acesso em: 17 de fev. 2023.

TAPE SOLAR. Instalação e projetos de energia solar fotovoltaica com microinversores. Disponível em: <<https://tapesolar.com.br/fabricantes-produtos>>. Acesso em: 21 de mar. 2023.

VAZGAUSKA, Vitor. Reciclagem de painéis solares fotovoltaicos no brasil: aspectos técnicos, econômicos, regulatórios e socioambientais. Monografia da Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética do Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2020.

ZUBA, M. E. A Energia Elétrica como Instrumento de Desenvolvimento Humano e o Desafio ao Plano Nacional de Energia Brasileiro. Dissertação de Mestrado. Curitiba/PR, 2017.