



**UFOP**

Universidade Federal  
Ouro Preto



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas  
Curso de Graduação em Engenharia de Produção

**Murilo de Oliveira Lima Santos**

**GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COMPARTILHADA: UM ESTUDO DE CASO EM  
MINAS GERAIS**

Ouro Preto

2022

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COMPARTILHADA: UM ESTUDO DE CASO EM  
MINAS GERAIS

Murilo de Oliveira Lima Santos

Monografia de conclusão de curso para obtenção do grau de Engenheiro de Produção na Universidade Federal de Ouro Preto defendida e aprovada em 16 de setembro de 2022 como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Produção.

Área de concentração: Planejamento Energético

Orientador: Prof. Dr. Antônio Santos Sánchez – DEPRO – UFOP

Ouro Preto

2022

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S237g Santos, Murilo de Oliveira Lima.  
Geração distribuída compartilhada [manuscrito]: um estudo de caso em Minas Gerais. / Murilo de Oliveira Lima Santos. - 2022.  
60 f.

Orientador: Prof. Dr. Prof. Dr. Antônio Santos Sánchez.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Energia - Fontes alternativas. 2. Geração de energia fotovoltaica. 3. Geração de energia fotovoltaica - Energia compartilhada. I. Sánchez, Prof. Dr. Antônio Santos. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Murilo de Oliveira Lima Santos**

**Geração Distribuída Compartilhada: um estudo de caso em Minas Gerais**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 23 de setembro de 2022

Membros da banca

Dr. Antonio Santos Sánchez - Orientador Universidade Federal de Ouro Preto  
Dr. Gustavo Nikolaus Pinto de Moura - Universidade Federal de Ouro Preto  
Eng.º Thiago Ribeiro

Antonio Santos Sánchez, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 23/09/2022



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Santos Sanchez, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/09/2022, às 14:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/09/2022, às 15:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0402830** e o código CRC **49E97E97**.

## **AGRADECIMENTOS**

É com grande satisfação que agradeço ao Departamento de Engenharia de Produção - DEPRO por todo conhecimento passado ao longo dos últimos anos, principalmente o Prof. Dr. Antônio Santos Sanchez pelas disciplinas ministradas e didática essencial durante a jornada. Sinceros agradecimentos aos meus colegas do Centro Acadêmico de Engenharia de Produção - CAEPRO pelo companheirismo singular nos desafios e momentos de estudos. Ademais, agradeço à Escola de Minas por ser um ecossistema de ensino revolucionário e construir um excepcional centro de desenvolvimento humano. Também agradeço ao Engenheiro de Produção Thiago Ribeiro pelas informações cedidas e atenção especial na condução do trabalho. Por último, gostaria de prestar minha comoção por todo o carinho e apoio cedido pela minha família nessa caminhada universitária.

## RESUMO

A partir de 2012, o ecossistema de Geração Distribuída (GD) começa seu processo de expansão no Brasil possibilitando a produção de energia elétrica através de um sistema de compensação, através do marco base da Resolução Normativa nº472 de 2012 da Agência Nacional da Energia Elétrica. Nesse contexto, houve um crescimento exponencial no número de conexões em diversos lugares do país, assim como um avanço enorme em termos de potência instalada e investimentos em parques fotovoltaicos. O presente trabalho analisa esse cenário com foco na geração remota fotovoltaica no estado de Minas Gerais, traçando uma visão do contexto histórico da trajetória da produção e consumo de energia elétrica no país, bem como uma elucidação da regulamentação vigente e que fora sendo construída pelos órgãos reguladores ao longo dos anos até o presente momento. Através de uma pesquisa teórico exploratória, interpretou-se os dados fornecidos por uma empresa do ramo de geração distribuída compartilhada por parques fotovoltaicos, com o objetivo de estudar seu modelo de empreendimento embasado por cases de três perfis de clientes.

**Palavras-chave:** Planejamento Energético; Geração Distribuída; Energia Renovável; Geração Compartilhada; Minas Gerais; Energia Fotovoltaica; Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

## **ABSTRACT**

Since 2012, the Distributed Generation (DG) ecosystem begins its expansion process in Brazil, enabling the production of electricity through a compensation system, through the base framework of Normative Resolution n•. 472 of 2012 of the Brazilian National Electric Energy Agency. In this context, there was an exponential growth in the number of connections in different parts of the country, as well as a huge advance in terms of installed power and investments in photovoltaic parks. The present work analyzes this scenario with a focus on photovoltaic remote generation in the state of Minas Gerais, tracing a view of the historical context of the trajectory of production and consumption of electric energy in the country, as well as an elucidation of the current regulation that had been built by the agencies regulators over the years to the present year. Through an exploratory theoretical research, the data provided by a company in the field of distributed generation shared by photovoltaic parks was interpreted, with the objective of studying its enterprise model based on cases of three customer profiles.

**Keywords:** Energy Planning; Distributed Generation; Renewable Energy; Shared Generation; Minas Gerais; Photovoltaic Energy; Electricity Compensation System.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Histórico de bandeiras tarifárias de energia elétrica no Brasil .....	15
Figura 2 - Evolução da potência instalada da energia fotovoltaica no Brasil.....	16
Figura 3 - Diferenças de parâmetros nos ambientes de contratação de energia elétrica no Brasil .....	20
Figura 4 - Composição tarifária da energia elétrica no Brasil.....	21
Figura 5 - Mapa mental da comercialização da energia elétrica no Brasil.....	23
Figura 6 - Usina de Pirapora - MG .....	30
Figura 7 - Mapa de irradiação solar no Brasil .....	32
Figura 8 - Mapa do IDH em Minas Gerais.....	33
Figura 9 - Índice Relativo de Qualidade de Vida (IRQV) para os municípios mineiros .....	34
Figura 10 - Crescimento da Geração Distribuída na modalidade UFV em Minas Gerais .....	36
Figura 11 - Potência instalada (em kWp) de Geração Distribuída de origem fotovoltaica no Brasil.....	37
Figura 12 - Oferta Interna de energia elétrica por fonte em 2006 .....	38
Figura 13 - Oferta Interna de energia elétrica por fonte em 2021 .....	38
Figura 14 - Geração média horária para a fonte solar no estado de MG.....	39
Figura 15 - Curva de demanda horária .....	40
Figura 16 - Curva de carga horária.....	41
Figura 17 - Parte da conta de luz do cliente A.....	46
Figura 18 - Projeção da diferença de cobrança entre Azuri e CEMIG em 7 anos.....	46
Figura 19 - Projeção de economia da unidade consumidora A em 7 anos.....	47
Figura 20 - Parte da conta de luz do cliente B.....	48
Figura 21 - Projeção da diferença de cobrança entre Azuri e CEMIG em 7 anos.....	48
Figura 22 - Projeção de economia da unidade consumidora B em 7 anos .....	49
Figura 23 - Parte da conta de luz do cliente C.....	50
Figura 24 - Projeção da diferença de cobrança entre Azuri e CEMIG em 7 anos.....	50
Figura 25 - Projeção de economia da unidade consumidora C em 7 anos .....	51
Figura 26 - Consumo em kWh das unidades consumidoras ao longo dos meses de 2021 .....	52



## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 - Dados por tipo de unidades consumidoras de GD .....	25
Tabela 2 - Dados para dois períodos selecionados .....	42
Quadro 1 - Dados unidade consumidora A .....	45
Quadro 2 - Dados unidade consumidora B.....	47
Quadro 3 - Dados unidade consumidora C.....	49
Quadro 4 - Consumo das unidades consumidoras ao longo de 2021 .....	52
Quadro 5 - Comparação entre economia real e projetada das unidades consumidoras ao longo de 2021 .....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CIP/COSIP	Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
CREG	Câmara de Regras Excepcionais para Gestão Hidroenergética
EOL	Central Geradora Eólica
GSF	<i>Generation Scaling Factor</i>
GWp	Giga Watt Pico
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INDI	Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IRQV	Índice Relativo de Qualidade de Vida
KWh	Quilowatt-hora
LABREN	Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia
MMGD	Micro e Minigeração Distribuída
MW	Megawatt
MWh	Megawatt-hora
NOS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas

PIS	Programa de Integração Social
PLD	Preço das Liquidações das Diferenças
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RBC	Relação Custo Benefício
REN	Resolução Normativa
SIN	Sistema Interligado Nacional
TE	Tarifa de Energia
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UTE	Central Geradora Termelétrica

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	JUSTIFICATIVA.....	16
1.2	OBJETIVO.....	18
2	METODOLOGIA .....	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
3.1	O MERCADO DE COMERCIALIZAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL.....	20
3.2	NORMA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	23
3.3	MODALIDADES DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	28
3.4	A GERAÇÃO REMOTA.....	29
3.5	BENEFÍCIOS DA GERAÇÃO REMOTA EM MINAS GERAIS .....	31
4	ESTUDO DE CASO .....	43
5	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56

# 1 INTRODUÇÃO

O planejamento e gestão energética são pilares fundamentais para reduzir os custos de produção nas corporações. O custo para manufaturar cada unidade de um produto final está fortemente conectado aos custos dos insumos energéticos intrínsecos ao processo produtivo relacionados às diversas etapas da cadeia produtiva. É evidente que ao longo da evolução do desenvolvimento produtivo, os sistemas que usam a energia de maneira ineficaz projetam estruturas de custos ilusórias que comprometem a competitividade no livre mercado (WU, 2009).

A eletricidade é o principal energético que embasa muitos processos industriais, sendo elementar para as etapas principais assim como para as lógicas de funcionamento satélites que englobam diferentes estágios de cadeias produtivas nas diversas empresas do mundo. A energia elétrica é majoritariamente gerada, principalmente no Brasil, em regiões geograficamente distantes e disponibilizada no local a ser consumida em baixa, média ou alta tensão através de uma rede elétrica de distribuição. A fábrica local absorve da rede a cada instante a potência necessitada, visto que ainda não é viável tecnologicamente e financeiramente estocar grandes quantidades de energia elétrica. De acordo com Croucher (2011), a eficiência energética é um compilado obtido pela estrutura entre a energia efetivamente consumida e a energia demandada.

No universo das estratégias para se reduzir as despesas com energia elétrica são mapeadas as seguintes macro áreas: substituição de energéticos, otimização da eficiência, compra e geração própria de energia. A primeira refere-se à substituição por outras fontes de ativos energéticos, seja de maneira definitiva ou através do entendimento sobre alocação específica em horário de ponta. A otimização da eficiência envolve melhorar as instalações e procedimentos, automação de controle de processos, dar uma nova roupagem substituindo equipamentos por *retrofit* e redução de perdas envoltórias e ventilação. Por conseguinte, quando se trata de compra de energia, existem oportunidades direcionadas para entrar no comércio de mercado de energia livre ou cativo, assim como executar uma melhor gestão tarifária do negócio. Ademais, a geração da própria energia pode envolver principalmente o campo da energia fotovoltaica, resíduos agroflorestais, biogás e gases provenientes de processos.

Para o Ministério das Minas e Energia (BRASIL, 2007), fazer uma gestão energética mais eficaz e eficiente gera economia de energia através da redução de perdas. Em consonância com o World Energy Council (2015), um melhor planejamento energético envolve os universos

entre inovações tecnológicas e gestão das instituições, sendo que boas práticas como incentivos fiscais e regulamentações favoráveis para energias renováveis são pilares essenciais para que o mundo caminhe para políticas de segurança energética mais assertivas.

No início do atual século, o Brasil enfrentou o ápice da crise de energia elétrica que vinha atravessando desde meados dos anos de 1990: o “acionamento de 2001” - múltiplos racionamentos de energia devido a um período de secas generalizadas em diversos rios do país que comprometeram a geração hidroelétrica. Esse acontecimento é muito relevante para o entendimento do cenário atual do país, pois mostra a importância da segurança energética como pilar genuíno para o bem estar de uma nação. Tal fato deixa evidente a fragilidade da segurança energética do país, pois escancarou a falta de diversificação de outras fontes energéticas acionáveis dentro da matriz nacional tanto no cenário corrente quanto em momentos de crise da fonte principal - as usinas hidroelétricas.

Coincidentemente, em 2021 se completam 20 anos desde essa crise do apagão. É interessante notar que, após duas décadas, esse presságio da história energética brasileira ameaça o país mais uma vez. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, em 2021 o Brasil enfrentou o pior cenário de escassez hídrica dos últimos 91 anos. Em decorrência dessa gravidade, criou-se a Câmara de Regras Excepcionais para Gestão Hidroenergética (CREG), pela medida provisória nº 1.055/2021, visando fortalecer a governança para o enfrentamento dessa escassez vivenciada pelo país em 2021 de modo a gerar articulação necessária entre os órgãos e entidades responsáveis por tais recursos.

Desde 2015, o sistema de bandeiras tarifárias é um mecanismo criado pela ANEEL para sinalizar aos consumidores, mês a mês, os custos reais de geração de energia elétrica no Brasil. Essa sinalização depende das condições conjunturais da geração em um dado momento, tais como: os níveis dos reservatórios das hidrelétricas do país, o regime de chuvas, previsões de consumo da população, produção de energia pelas usinas eólicas e solares, cronograma de manutenção de usinas e linhas de transmissão e o custo de geração de energia proveniente das termelétricas acionáveis.

Devido à pandemia do coronavírus, o governo suspendeu o sistema de bandeiras entre maio e novembro de 2020. Em dezembro, voltou a ser estabelecida a bandeira vermelha patamar 2.

A Figura 1 elucida a evolução do histórico de bandeiras tarifárias a partir dessa volta:

Figura 1 - Histórico de bandeiras tarifárias de energia elétrica no Brasil

MÊS / ANO	BANDEIRA	COBRANÇA EXTRA (A CADA 100KWH CONSUMIDOS)
DEZEMBRO 2020	VERMELHA PATAMAR 2	R\$ 6,24
JANEIRO 2021	AMARELA	R\$ 1,34
FEVERERO 2021	AMARELA	R\$ 1,34
MARÇO 2021	AMARELA	R\$ 1,34
ABRIL 2021	AMARELA	R\$ 1,34
MAIO 2021	VERMELHA PATAMAR 1	R\$ 4,16
JUNHO 2021	VERMELHA PATAMAR 2	R\$ 6,24
JULHO 2021	VERMELHA PATAMAR 2	R\$ 9,49
AGOSTO 2021	VERMELHA PATAMAR 2	R\$ 9,49
SETEMBRO 2021	ESCASSEZ HÍDRICA	R\$ 14,20
OUTUBRO 2021	ESCASSEZ HÍDRICA	R\$ 14,20
NOVEMBRO 2021	ESCASSEZ HÍDRICA	R\$ 14,20
DEZEMBRO 2021	ESCASSEZ HÍDRICA	R\$ 14,20
JANEIRO 2022	ESCASSEZ HÍDRICA	R\$ 14,20
FEVEREIRO 2022	ESCASSEZ HÍDRICA	R\$ 14,20
MARÇO 2022	ESCASSEZ HÍDRICA	R\$ 14,20
ABRIL 2022	ESCASSEZ HÍDRICA	R\$ 14,20
MAIO 2022	VERDE	SEM COBRANÇA ADICIONAL
JUNHO 2022	VERDE	SEM COBRANÇA ADICIONAL

Fonte: Autoria própria com base no relatório de bandeiras tarifárias da ANEEL , 2022

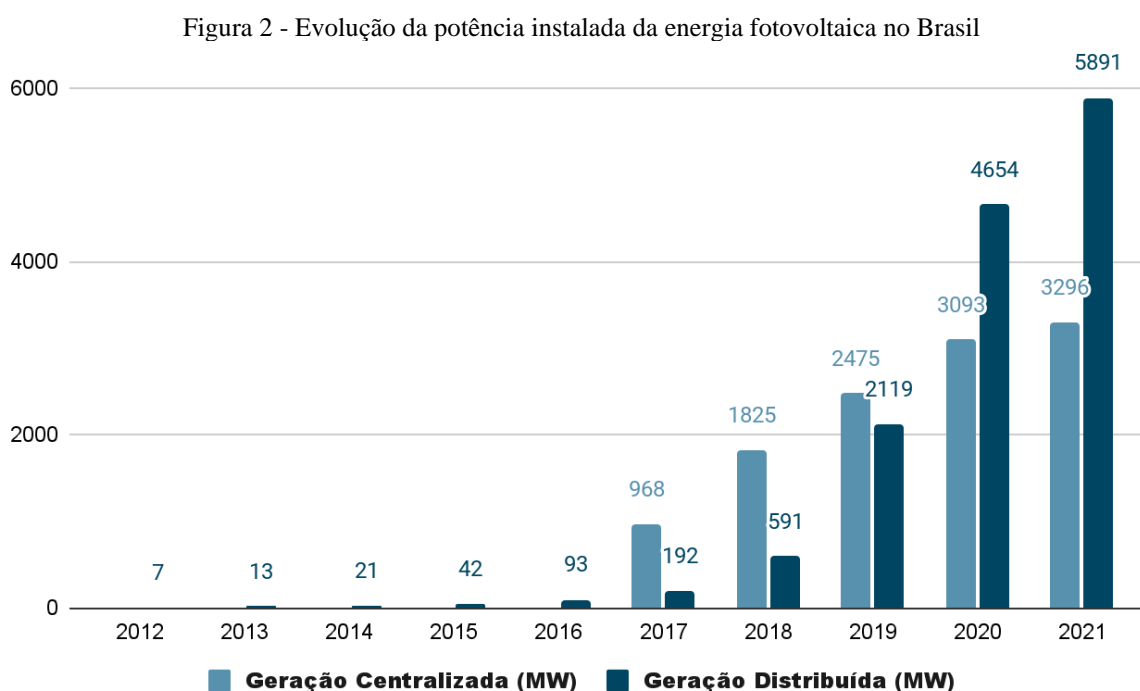
A partir dos dados da figura 1, pode-se inferir que apesar da redução para a bandeira amarela de entre janeiro e abril de 2021, a partir de maio de 2021 o valor das tarifas já voltaram a subir significativamente. Como os principais reservatórios do Sistema Interligado Nacional (SIN) estavam com níveis baixos para essa época do ano, a perspectiva para outubro e demais meses de 2021 foi preocupante, pois esse cenário pressionava o acionamento dos recursos termelétricos, assim como os custos relacionados ao risco hidrológico (GFS) e o preço das liquidações das diferenças (PLD) no mercado livre de energia.

Ademais, a situação resultou tão crítica que a ANEEL instituiu um novo patamar que ficou em vigor desde o mês de setembro de 2021 até abril de 2022: a bandeira de escassez

hídrica. Essa nova tarifação foi estabelecida em conjunto com a CREG com o objetivo de custear os gastos extraordinários com usinas térmicas e de importação de energia.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Ao se analisar o estágio atingido pela evolução da energia solar fotovoltaica no Brasil, percebe-se que ocorreram mudanças significativas ao longo da última década. Se elucidarmos em termos de potência instalada, infere-se uma crescente exponencial muito promissora para o país, analisada dentro do intervalo de dez anos, conforme retratado na Figura 2.



Fonte: Autoria própria com base na ABSOLAR, 2021

Os efeitos dessa crescente fotovoltaica potencializam o início de um movimento que coloca a energia solar como fonte cada vez mais notável dentro da pluralidade da matriz energética do país. Durante a última década, surgiu um conjunto de novas normas que contribuíram significativamente para a decolagem da energia solar fotovoltaica no Brasil.

A isenção de impostos sobre importação de equipamentos e componentes de origem fotovoltaica foi sancionada pelo Projeto de Lei 8.233/14, incorporada pelo Senado Federal em 2017.



*Net metering* é uma forma de tarifação e compensação da energia que se produz por meio de sistema fotovoltaico solar. A lógica consiste em registrar tanto a energia elétrica consumida pela edificação quanto a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos que será exportada para a rede.

De acordo com Villalva e Gazoli (2012), o sistema *Net metering* gera créditos para o consumidor pela energia gerada por ele durante o dia e deverá ser compensada na rede. Então, esse sistema de compensação de energia é conhecido pelo termo em inglês “*Net metering*”. Quando a geração for maior que o consumo, entende-se que o saldo positivo pode ser usado para abater o consumo nos seguintes meses subsequentes.

A Resolução Normativa nº472 de 2012 da ANEEL regulariza a instalação de um sistema fotovoltaico para a conexão com a concessionária de energia elétrica em questão. De acordo com as regras da ANEEL, os créditos de energia gerados são válidos para os próximos 60 meses. É importante ressaltar que o consumidor pode utilizar esses créditos em outros estabelecimentos cadastrados dentro da mesma área de concessão, enquadrando como autoconsumo remoto, geração compartilhada ou múltiplos empreendimentos como condomínios.

Em relação aos custos financeiros, em seu Art. 5º, a Resolução afirma:

§1o Os custos de eventuais melhorias ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração distribuída não devem fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor, sendo integralmente arcados pela distribuidora, exceto para o caso de geração compartilhada.

§2o Os custos de eventuais melhorias ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de minigeração distribuída devem fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor. (ANEEL, 2012).

Sobre o sistema de compensação, em seu Art. 6º diz que:

§1o Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses. (ANEEL, 2012).

Já em 2015, a ANEEL, por meio da REN nº 687, aprimorou significativamente as regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída, com a elevação da potência limite de 1 MW para

5 MW (ou 3 MW para fontes hídricas). Houve a criação dos modelos de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada. Nas discussões que precederam a edição da REN 687/2015, foram analisadas questões relacionadas à forma de compensação da energia gerada localmente e remotamente, mas foi mantido o modelo originalmente estabelecido para o Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

O escopo da norma de geração distribuída não apenas abriu o caminho para possibilidade de geração própria aos pequenos consumidores através de seus próprios sistemas instalados nos telhados, mas também chancelou uma vanguarda de novos empreendedores por meio de modelos de negócios inovadores perpassando a lógica da criação de créditos e geração remota. Esse modelo de negócio será o foco de análise do presente trabalho. Essa modalidade permite ao consumidor do mercado cativo, relativo ao grupo B, introjetar uma redução de despesas de até 15% referente ao valor pago normalmente na conta de luz, mediante ao “aluguel” de sistemas fotovoltaicos de terceiros, isto é, entrando na estrutura de cooperativas ou consórcios para fins de geração compartilhada.

A Resolução Normativa nº482/2012 legitima a instalação de geração distribuída em local diferente do ponto de consumo. Por conseguinte, a geração compartilhada possibilita a reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, sustentadas pela lógica da estrutura de consórcios e cooperativas, englobando tanto pessoas físicas quanto jurídicas.

## **1.2 OBJETIVO**

O trabalho em questão busca explicar a lógica do modelo de negócio de geração compartilhada, a partir de estudos de caso de clientes reais dentro do estado de Minas Gerais em consonância aos critérios e normas estabelecidas pelo modelo de geração fotovoltaica solar distribuída no Brasil.

## 2 METODOLOGIA

Os mecanismos empregados para o desenvolvimento do presente trabalho na empresa Azuri Energia, foram estabelecidos a partir da revisão bibliográfica acerca do sistema tarifário elétrico brasileiro, descrição do modelo de negócio da empresa e análise de dados de três principais clientes de nichos diferentes ao longo do tempo.

Para entender o funcionamento do sistema tarifário brasileiro, focou-se a análise na evolução histórica da energia solar fotovoltaica no Brasil, em especial no cenário de Minas Gerais, através de dados principalmente da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), do Sistema Interligado Nacional (SIN), do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), do Balanço Energético Nacional (BEN) e da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR).

Em seguida, fez-se uma análise descritiva das modalidades de geração remota fotovoltaica, direcionando atenção especial para geração compartilhada. Estudou-se a situação socioeconômica mineira, mostrando os benefícios desse tipo de modelo no cenário do estado de Minas Gerais através de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e do Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais (INDI).

Por conseguinte, foi explicado detalhadamente como funciona o modelo de negócio da empresa Azuri S.A., mostrando como ela se propõe a gerar valor para seus clientes e parceiros. Dentro do estudo de caso, o presente trabalho coletou dados fornecidos pela empresa, realizando uma apresentação de três perfis de clientes em nichos econômicos diferentes - denominadas “unidades consumidoras” - que possuem diferentes consumos de energia, todas do mercado cativo, categorizados: residencial, comercial e industrial.

Ademais, realizou-se monitoramento das contas de energia elétrica para consumo e economia ao longo de um ano, bem como projeções para oito anos futuros. Também desenvolvemos o retorno econômico considerado em cada caso e depois fez-se uma comparação dos resultados com base na viabilidade econômica de cada tipo de cliente e a comparação em reais economizados por mês.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O MERCADO DE COMERCIALIZAÇÃO ELÉTRICA NO BRASIL

A comercialização de energia elétrica no Brasil pode ser realizada através de dois universos: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), também conhecido como mercado cativo ou através do Ambiente de Contratação Livre (ACL), popularmente lembrado como mercado de energia livre.

Na prática, essa comercialização é feita através de agentes compradores e vendedores por meio de contratos via leilões de energia ou pelo livre contato entre esses agentes. Todos os contratos, sejam do ACR ou do ACL, são contemplados pelo âmbito da infraestrutura de produção e transmissão do SIN, devendo ser registrados e operacionalizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) que segue os regulamentos estabelecidos pela ANEEL.

Cabe à dita Câmara efetivar a contabilização e liquidação das diferenças mensais entre todos os agentes da estrutura dentro do mecanismo de mercado de curto prazo. É importante ressaltar que apenas os consumidores cativos da distribuidora podem fazer adesão ao sistema de compensação de energia elétrica. Os consumidores livres, especiais ou parcialmente livres não podem fazer parte do Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Os parâmetros da comparação podem ser elucidados pela Figura 3:

Figura 3 - Diferenças de parâmetros nos ambientes de contratação de energia elétrica no Brasil

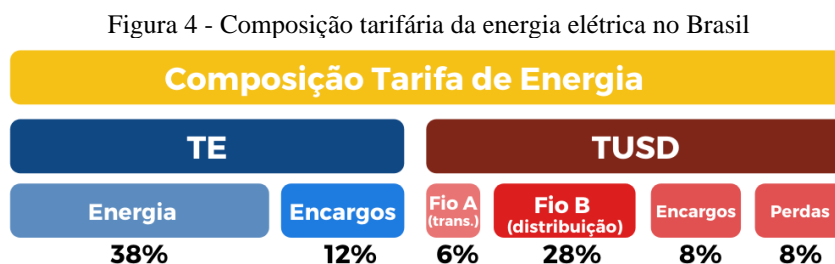
	✓ AMBIENTE LIVRE	✓ AMBIENTE REGULADO
PARTICIPANTES	Geradoras, comercializadoras, consumidores livres e especiais.	Geradoras, comercializadoras e distribuidoras. As comercializadoras podem negociar energia somente nos leilões de energia existentes.
CONTRATAÇÃO	Livre negociação entre compradores e vendedores.	Realizada por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE, sob delegação da ANEEL.
TIPO DE CONTRATO	Acordo livremente estabelecido entre as partes.	Regulado pela ANEEL, denominado Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR).
PREÇO	Acordo entre comprador e vendedor.	Estabelecido no leilão.

Fonte: Autoria própria com base na CCEE, 2021

De acordo com a ANEEL, desde 2004, leilões públicos determinam os valores negociados entre a energia produzida das geradoras e adquiridas pelas distribuidoras. O valor final que o usuário paga na conta de luz é uma combinação da compra de energia (custos do gerador), transmissão (custos da transmissora) e distribuição (serviços da empresa distribuidora). A lógica da transmissão consiste em entregar a energia à distribuidora, enquanto que a distribuidora tem a função de levar essa energia até a unidade consumidora final.

A composição do custo das tarifas base é estruturada a partir destas macro componentes tarifárias, determinadas pela ANEEL, descritas a seguir e demonstradas na Figura 4:

- i) Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD): corresponde ao valor monetário unitário, em R\$/MWh ou em R\$/KW, utilizado para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema;
- ii) Tarifa de Energia (TE): corresponde ao valor monetário unitário, em R\$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao consumo de energia ativa.



Fonte: ANEEL, 2018.

Mas ainda não são apenas a TE e TUSD que compõem o custo final da conta. Além das tarifas mencionadas acima, existem impostos federais (PIS e COFINS), estaduais (ICMS) e também a níveis municipais (CIP/COSIP). Vale ressaltar que os encargos setoriais são determinados por lei para ajudar a estimular e financiar o desenvolvimento do setor elétrico do país.

A TUSD é uma componente tarifária constituída por quatro subcomponentes que estão todas relacionadas ao custo de transporte da energia elétrica. Consumidores de menor porte pagam esse transporte da energia apenas de forma volumétrica, ou seja, quanto mais energia elétrica consumida, maior será o pagamento da tarifa.

Na linha do tempo que estrutura os trâmites legais para a norma de geração distribuída, observa-se uma mudança de cenário que será elucidada no capítulo subsequente. Até o ano de

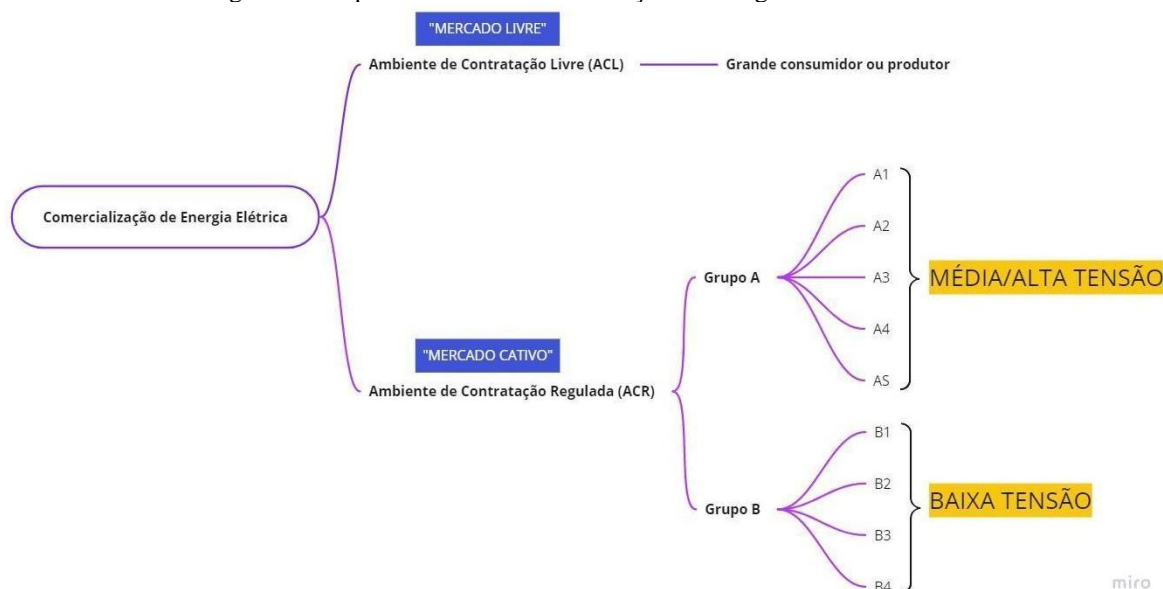
2021, as regras que começaram a ser estabelecidas em 2012 mostram grandes incentivos sobre as tarifas TE e TUSD durante a compensação de créditos, isto é, no caso da TE os valores cobrados de ICMS e PIS/COFINS são reconstituídos ao consumidor pela energia injetada na rede, representando uma das principais vantagens competitivas da GD que é essa redução de impostos pelo fato de ser energia incentivada na transmissão.

Por outro lado, o valor de isenção do ICMS incidente na TUSD também ocorre na maioria dos estados e distribuidoras, mas é um fator gerador mais polêmico, devido a redação do CONFAZ do ano de 2015. Essa questão será explicada no próximo capítulo.

O foco deste trabalho será direcionado para o mercado cativo referente aos pequenos consumidores de baixa tensão que são inseridos no ambiente de contratação regulada. De acordo com a resolução normativa nº414/2010, a ANEEL regulamenta as modalidades tarifárias como um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e demanda de potências ativas. A classificação é feita através da divisão dos consumidores em dois grandes grupos e consequentes subgrupos, conforme Figura 5:

- i) Grupo A: unidades consumidoras da alta tensão - igual ou superior a 2,3 kV (Subgrupos A1, A2 e A3), média tensão (Subgrupos A3a e A4) e de sistemas subterrâneos (Subgrupo AS);
- ii) Grupo B: unidades consumidoras da baixa tensão - inferior a 2,3 kV, das classes residencial (Subgrupo B1), rural (B2), demais classe (B3) e iluminação pública (B4).

Figura 5 - Mapa mental da comercialização da energia elétrica no Brasil



Fonte: Autoria própria com base na Resolução Normativa nº414/2010 (ANEEL, 2010)

### 3.2 NORMA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

De acordo com o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE, 2020), o conceito de geração distribuída é usado para significar a geração elétrica realizada no local de consumo ou próxima a ele.

Alguns exemplos típicos de geração distribuída são:

- i) Cogeneradores;
- ii) Geradores de emergência;
- iii) Geradores que usam resíduos combustíveis de processos;
- iv) Geradores para operação no horário de ponta;
- v) Painéis fotovoltaicos;
- vi) Pequenas centrais hidrelétricas (PCH's)

Além disso, envolve equipamentos de medida, controle e comando que são muito importantes para articular as operações dos geradores e também controle de cargas, isto é, ligamento e desligamento, visando adaptação à oferta de energia.

A história mostra que o sistema elétrico brasileiro favoreceu a geração centralizada durante muitos anos, elucidada por enormes centrais de geração em pontos geográficos específicos aliadas às longas linhas de transmissão e distribuição. Porém, com o aumento da

demanda por energia no país, a reforma no setor elétrico brasileiro a partir da década de 90 abriu espaço para competição e concorrência nos serviços de energia.

O questionamento quanto a essa forma de planejar a expansão da oferta de eletricidade do setor elétrico, aliada à introdução no mercado de novas tecnologias que reduzem significativamente o custo da energia produzida, localizadas próximas dos centros de carga, traduz o conceito de geração distribuída (BARBOSA & AZEVEDO, 2013).

De maneira ampla, a inserção da GD pode fomentar diversos benefícios à sociedade e ao sistema elétrico como um todo, tendo em vista que supre, de modo efetivo, o crescimento da demanda energética (BARBOSA & AZEVEDO, 2013). Infere-se as principais vantagens da geração distribuída:

- i) Diversificação da matriz brasileira elétrica;
- ii) Aumento da estabilidade do sistema elétrico;
- iii) Redução do índice de falhas e sobrecarga nas transmissões;
- iv) Independência do consumidor frente às concessionárias convencionais.

No ano de 2004, a Lei 10.848/04 menciona a geração distribuída como uma das múltiplas possibilidades para geração de energia no Brasil. Em 2012, foi publicada a Resolução Normativa – REN nº 482 com o objetivo de reduzir as barreiras para a conexão da micro e minigeração distribuída, e criar um ambiente em que esse tipo de geração de pequeno porte pudesse se viabilizar.

Na referida Resolução, criou-se o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, mecanismo que permite que a energia excedente gerada por uma unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora e posteriormente utilizada para abater o seu consumo mensal (ANEEL, 2018).

As novas regras da Resolução Normativa nº687/2015 começaram a valer a partir de março de 2016, permitindo o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, conceituando microgeração distribuída uma central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela cuja potência maior que 75 KW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição.



A ANEEL chancelou quatro tipos de unidade geradora para Geração Distribuída, a seguir:

- i) Central Geradora Hidrelétrica (CGH);
- ii) Central Geradora Eólica (EOL);
- iii) Central Geradora Termelétrica (UTE);
- iv) Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV).

A seguir, a Tabela 1 apresenta os dados por tipo de unidades consumidoras de GD:

Tabela 1 - Dados por tipo de unidades consumidoras de GD

<b>UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Quantidades de UCs que recebem créditos</b>	<b>Potência Instalada (KW)</b>
CGH	75	17.176	67.721,67
EOL	85	153	16.531,10
UFV	838.082	1.055.116	9.091.656,04
UTE	374	6.571	115.277,91

Fonte: Autoria própria com base na ANEEL, 2020

Esses resultados são referentes ao final do mês de junho de 2020. Infere-se a partir dos dados da tabela 1 que a energia solar fotovoltaica (UFV) assume a liderança, tanto em termos de quantidade de unidades instaladas quanto em capacidade de potência instalada.

Ao longo da última década, foram criadas várias teses para judicializar o ICMS dentro da TUSD, que já é uma discussão anterior à vinda da GD. Na geração distribuída esse debate começou a vir muito forte, pois os consumidores em questão começaram a ficar mais próximos da conta de luz e observar a composição descritiva de custos entre energia produzida e impostos cobrados.

Em 2015, o convênio do Conselho Nacional de Política Fazendária - CONFAZ sobre o sistema de compensação de energia, escreveu uma redação sobre a isenção trazida não se aplica ao custo de disponibilidade, à energia reativa, à demanda de potência e aos encargos de

conexão ou uso do sistema de distribuição. Esse inciso fez com que vários estados do Brasil entendessem que de fato a isenção trazida pelo convênio do CONFAZ abarcava somente a macro componente tarifária TE. Logo, esse texto do convênio abriu margem de interpretação para que os estados entendessem que não haveria isenção de ICMS sobre a parcela TUSD.

A própria resolução da ANEEL que regulamenta a geração distribuída, que fora vigente até 2021, é clara ao falar da inexistência da circulação de mercadoria pela inexistência da venda de energia, ou seja, não existe o fato gerador da circulação de mercadoria que é a base de cobrança do ICMS.

É verídico que a implantação do Sistema de Compensação de Energia representou um grande avanço, mas o seu crescimento exponencial gerou inúmeras críticas por parte das concessionárias de energia elétrica, que estavam sendo prejudicadas no fluxo de suas receitas. Com essa guerra de narrativas circulando entre diversas camadas do mercado de geração distribuída, fez-se necessário levar o debate para o sistema legislativo. O presidente da República por fim sancionou, em janeiro de 2022, o projeto de lei 5.829/2019 através da Lei 14.300/22, instituindo um novo marco legal da microgeração e minigeração distribuída – a chamada Geração Distribuída.

Segundo o Governo Federal, a dita lei soluciona um dos principais pontos referentes à política relacionada à MMGD, que é o faturamento das tarifas de uso da rede e encargos do Sistema Elétrico. Até 2021, conforme Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL, esses encargos não eram incididos sobre a totalidade da energia absorvida da rede pelo consumidor MMGD, dependendo das interpretações dos estados e distribuidoras.

O texto sancionado está alinhado às diretrizes emitidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), com os principais pontos:

- i) Livre acesso do consumidor às redes das distribuidoras para fins de conexão de Geração Distribuída;
- ii) Segurança jurídica e regulatória;
- iii) Alocação dos custos de uso da rede e dos encargos previstos na legislação do Setor Elétrico, considerando os benefícios da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD);
- iv) Gradualidade na transição das regras.

De maneira objetiva, o principal fato gerador do marco legal determina que consumidores que participam da Geração Distribuída paguem pela Tarifa TUSD do “fio B”, remunerando as distribuidoras. Então, a energia oriunda de fontes renováveis, gerada pelos sistemas de GD, começaria a pagar pela parcela de TUSD.

A taxa de disponibilidade, que outrora era cobrada pelas distribuidoras, agora fica isenta. Ademais, a lei garante aos consumidores que já estavam inseridos no mercado a permanência sob as regras atuais estabelecidas até dezembro do ano de 2045. Para novos entrantes, o dito marco propõe uma transição gradual em 6 anos, subindo gradualmente, ano a ano, começando a pagar pelo equivalente a 15% dos custos dos serviços de distribuição, chegando até 100%, operação e manutenção da rede.

A Lei 14.300/22 não aborda somente sobre o Fio B, mas também sobre condicionamentos para tarifações futuras. A tarifação do Fio B está englobada dentro da TUSD, que são os custos associados à utilização da infraestrutura da rede de distribuição das concessionárias até o local final. No artigo 27 da referida Lei, trata-se sobre o escalonamento da tarifação do FIO B, a seguir:

“Art. 27. O faturamento de energia das unidades participantes do SCEE não abrangidas pelo art. 26 desta Lei deve considerar a incidência sobre toda a energia elétrica ativa compensada dos seguintes percentuais das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição:  
I – 15% (quinze por cento) a partir de 2023;  
II – 30% (trinta por cento) a partir de 2024;  
III – 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;  
IV – 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;  
V – 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;  
VI – 90% (noventa por cento) a partir de 2028;  
VII – a regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029.”

A partir dessa perspectiva, as unidades consumidoras que começarem novas homologações em janeiro de 2023 já estarão enquadradas nas novas regras de não compensação do Fio B, isto é, os clientes passarão a pagar o Fio B de forma escalonada nos anos subsequentes. O valor final da tarifa do Fio B é calculado anualmente pelas concessionárias embasado pela validação da ANEEL, impactando de diferentes maneiras os múltiplos estados brasileiros, pois as análises dependem do adensamento populacional para cada área territorial de concessão.

### **3.3 MODALIDADES DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA**

Após a explicação sobre a norma de geração distribuída, por conseguinte será introduzido os conceitos das modalidades de geração fotovoltaica. A Resolução N°482/2012 da ANEEL, outrora atualizada pela REN N°687/2015, estabelece as seguintes modalidades de enquadramento:

- i) Autoconsumo: é a forma mais simples utilizada no Brasil, consiste em um sistema fotovoltaico instalado em uma dada unidade consumidora de forma que toda energia gerada seja usufruída nessa mesma unidade consumidora onde a energia fora gerada;
- ii) Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada;
- iii) Geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;

Dentro da mesma lógica de geração compartilhada, a norma também pontua a seguinte alternativa:

- iv) Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (Condomínios): caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento.

### 3.4 A GERAÇÃO REMOTA

O Sistema Elétrico Nacional é estruturado a partir de Sistemas Isolados, que são localizados principalmente no Norte do País, e pelo SIN. De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2006), é notável perceber que a Geração Distribuída tem importante aplicação no Sistema Isolado - no suprimento às cargas não interligadas ao SIN. Já no Sistema Interligado Nacional, é viável que seja operada de acordo com os modelos:

- i) Energia base: produção de energia elétrica para suprir, total ou parcialmente, as necessidades do consumidor, ou grupo de consumidores, em substituição à energia da concessionária;
- ii) Corte de ponta: produção de energia elétrica durante o “horário de ponta” - definido como o período de 3 horas contínuas segundo a regulamentação da ANEEL. Este é o período crítico de operação do sistema elétrico, com uma importante sobreposição de cargas industriais, comerciais e residenciais, o que acarreta na sobrecarga temporária do mesmo;
- iii) Energia de emergência (*back-up*): destina-se ao suprimento da carga em momentos de indisponibilidade do sistema principal de energia elétrica.

A operação nesses modelos de negócios traz a oportunidade, para produtores independentes, investidores, iniciativas diversas e a auto-produtores (com ou sem exportação de energia), para suprir cargas próprias e de terceiros, como atividade econômica.

O nicho de sistemas fotovoltaicos é excelente para direcionar novas abordagens da geração distribuída de eletricidade no país. O Brasil já é palco de grandes empresas e investimentos nesse setor. Com mais de 20 anos no mercado atingindo a marca de 120 projetos executados na Europa, a Solatio está no Brasil desde 2009 e é a maior desenvolvedora da América Latina. Com mais de 6,6 GW desenvolvidos nacionalmente, são os mais competitivos do mercado em todos os setores: desde o ACR (Ambiente de Contratação Regulada) até a GD (Geração Distribuída), somando bilhões de reais já investidos diretamente em fazendas solares no Brasil.

A seguir, na Figura 6, uma foto da maior usina de energia solar da América Latina, com capacidade de 321 MW, cujo investimento está estimado em R\$ 2 bilhões:

Figura 6 - Usina de Pirapora - MG



Fonte: Solatio, 2020

Outro grande nome do mercado é a Sou Vagalume, empresa capitalizada focada no desenvolvimento de tecnologias para soluções energéticas. Em parceria com a Doc88, Comerc Energia e Mori Energia, constrói uma comunidade genuína com seus clientes para compartilhamento de energia produzida em fazendas solares. Segundo estimativas de estudos aplicados em 2021, esse nicho de setor gerou 147 mil novos empregos e atraiu por base R\$ 22 bilhões em investimentos para o Brasil (Absolar, 2021).

Dentre outros grandes *players* do mercado estão a Órigo Energia, a Metha Energia e a própria Cemig - através da sua subsidiária integral chamada de Cemig SIM. Desde sua fundação em 2010, a Órigo oferece soluções de energia solar para residências e empresas. De acordo com informações divulgadas pela própria empresa, em julho do presente ano recebeu mais um aporte de investimento no valor de R\$ 460 milhões, da norte-americana Augment Infrastructure, que se torna uma das principais acionistas da empresa. Dessa forma, a companhia projeta um Capex (Capital Expenditure) acumulado de R\$ 4 bilhões para aplicar até 2024, estimando chegar na marca de 1 GWp de potência instalada em suas fazendas solares visando atingir 500 mil clientes (Órigo Energia, 2022).

A Metha Energia é uma *startup* mineira que surgiu em 2017 com o propósito de compartilhar energia distribuída, principalmente através da fonte solar fotovoltaica. Em 2018, a empresa foi premiada pelo Seed, programa de aceleração do Governo de Minas Gerais, e divulgou que pretende chegar a 100 mil clientes até o final do ano (Diário do Comércio, 2021). Já a Cemig SIM é um braço da estatal mineira para geração de energia alternativa e eficiência energética. O planejamento estratégico da empresa divulgou que pretende chegar em R\$ 1 bilhão investidos na geração distribuída nos próximos dois anos e espera expandir a capacidade instalada para 275 MWp, de acordo com Diário do Comércio (2021).

Historicamente, a geração compartilhada está limitada à área de distribuição de cada distribuidora, munidas por usinas de pequeno porte de microgeração, isto é, energia solar em residências, comércios e prédios de empresas. A grande estratégia desse nicho de negócio foi entender novas possibilidades de produção centralizada fotovoltaica, (com isso, o cliente não precisar alocar capital em construir obras e instalações na própria residência) de modo que a energia solar também possa ser desenvolvida em escalas maiores através de usinas de grande porte, distribuídas em várias empresas utilizando uma mesma infraestrutura de uma mesma fazenda solar, gerando uma economia, tornando a produção de 1kWh mais barato.

A lógica consiste em possibilitar que os clientes cadastrados tenham a opção de gerar a própria energia mediante a contratação de frações das fazendas solares, sem terem que se preocupar com obras e instalações. Diferentes pessoas, múltiplos negócios e um mesmo ecossistema embasados pela união compartilhada amarradas por uma fazenda provedora.

### **3.5 BENEFÍCIOS DA GERAÇÃO REMOTA EM MINAS GERAIS**

No Brasil, os cientistas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o INPE, através do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), publicaram no ano de 2017, depois de mais de 17 anos de pesquisa, a segunda edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar. Usando dados de satélites, modelos de parametrização e transferência radiativa, conseguiram determinar com acurácia o chamado “Cinturão Solar” brasileiro.

Essa porção territorial brasileira é uma demonstração do potencial máximo de geração de energia solar fotovoltaica no país, que se estende do Nordeste ao Pantanal, englobando a maior parte do estado de Minas Gerais no centro do Cinturão Solar. Os dados apontam para

uma enorme capacidade de explorar essa matriz fotovoltaica principalmente na área do norte do estado de Minas Gerais.

Consultando os estudos do Atlas Brasileiro de Energia Solar, fica claro a delimitação geográfica do Cinturão Solar em amarelo, conforme Figura 7 a seguir:

Figura 7 - Mapa de irradiação solar no Brasil

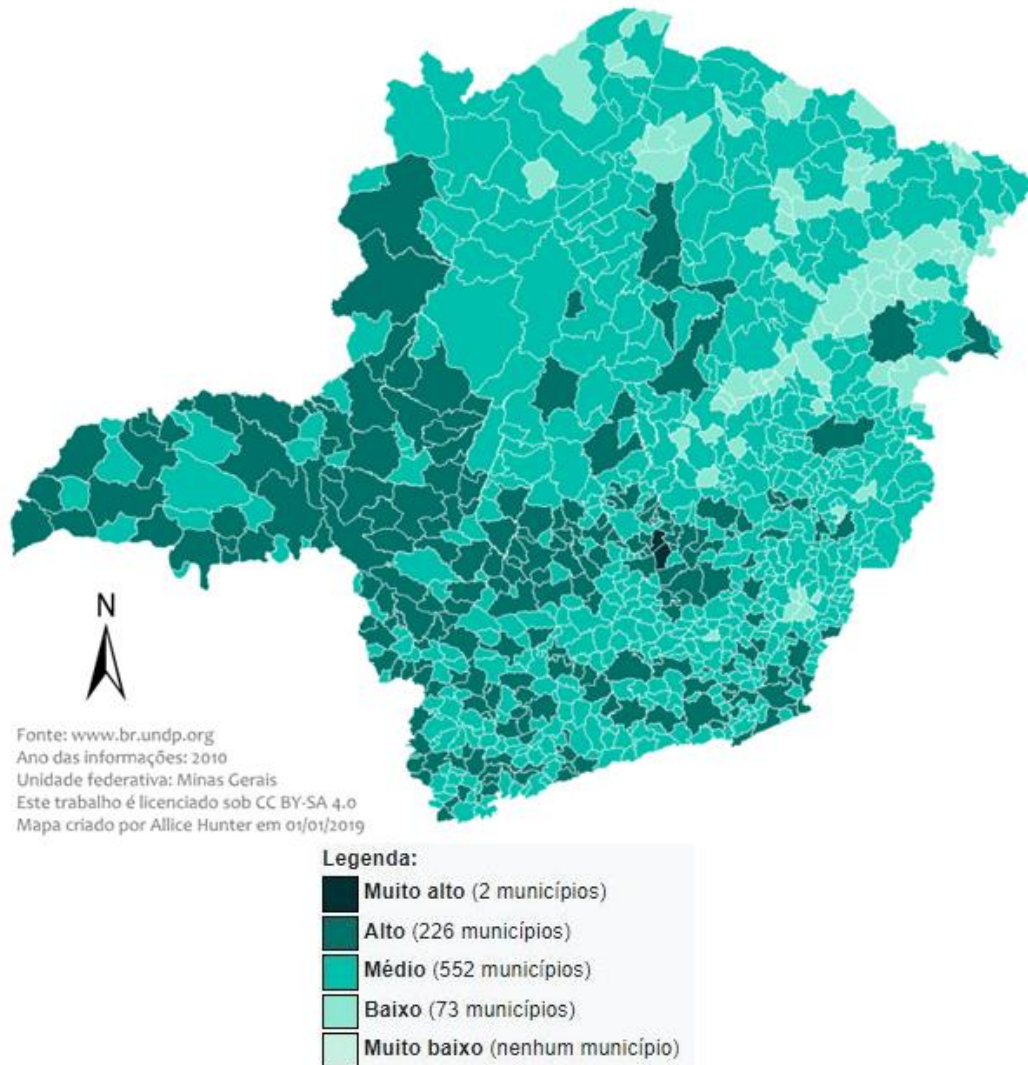


Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017.

As áreas de Minas Gerais que possuem maiores índices de irradiação solar coincidem com as regiões geográficas cujo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) são os mais baixos do estado, isto é, os municípios do norte de Minas Gerais. O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), embasado pelos dados do último censo realizado no Brasil em caráter nacional, compilou o IDH por município em Minas Gerais, abaixo na Figura 8:



Figura 8 - Mapa do IDH em Minas Gerais

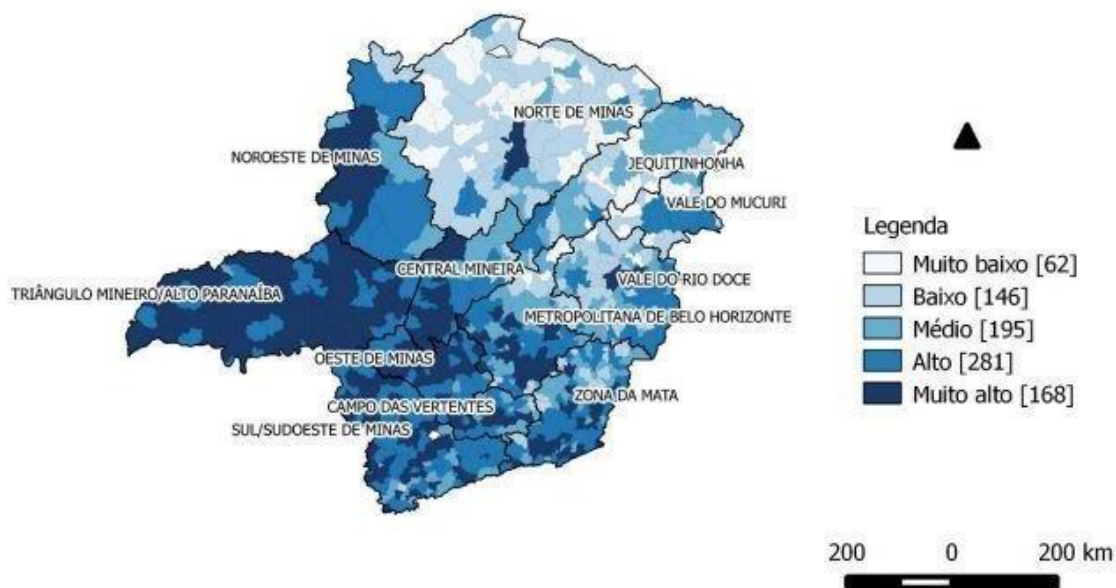


Fonte: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD - Brasil), 2010

As regiões de maior dinamismo econômico, em termos de crescimento industrial, estão localizadas no centro de Minas Gerais, mais especificamente em Belo Horizonte, Sul de Minas e Triângulo mineiro (Figueiredo e Diniz, 2000). Por outro lado, entre as localidades de pior desenvolvimento socioeconômico, observa-se um grupo de municípios de muita pobreza e qualidade de vida que beira à precariedade, localizados na mesorregião Norte de Minas.

O Índice Relativo de Qualidade de Vida (IRQV), abordagem introduzida pelo IPEA, mostra que a maior concentração de municípios com o IRQV muito baixo está, principalmente, nas regiões Norte de Minas e Jequitinhonha, conforme a Figura 9:

Figura 9 - Índice Relativo de Qualidade de Vida (IRQV) para os municípios mineiros



Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2015

Na região Norte de Minas e seu entorno (Jequitinhonha e Vale do Mucuri), destacam-se atividades vinculadas ao segmento primário da economia, principalmente extração mineral, pecuária extensiva e agricultura de subsistência (IPEA, 2001). A energia fotovoltaica vem se tornando fonte de atração de riqueza para as áreas rurais deprimidas, pois as usinas solares pagam impostos e geram empregos, multiplicando o potencial de desenvolvimento econômico da região que outrora só contava com recursos econômicos de base primária.

É evidente que Minas Gerais possui um dos maiores índices solarimétricos do país, o que, por si só, já é uma grande premissa de incentivo à instalação de grandes parques solares na região. Além disso, o governo do Estado vem oferecendo excelentes benefícios fiscais, tais como os incentivos regulatórios criados pelo próprio estado ratificados pelo Decreto Estadual nº 46.296 de agosto de 2013, através da disposição do Programa Mineiro de Energia Renovável.

Em janeiro 2021, o Governo mineiro aprimorou a sua legislação tributária, através da Lei 23.762, prevendo a redução ainda mais brusca do ICMS sobre equipamentos, peças, partes e componentes utilizados na instalação de micro e mini sistemas de geração distribuída de energia elétrica no Estado com capacidade de até 5 MW. Tais movimentações culminaram para tornar um ambiente mais propício para atrair investidores, aliado ao grande interesse do público consumidor em reduzir suas contas de luz com créditos de geração distribuída, formam um cenário ideal para o desenvolvimento desse mercado.

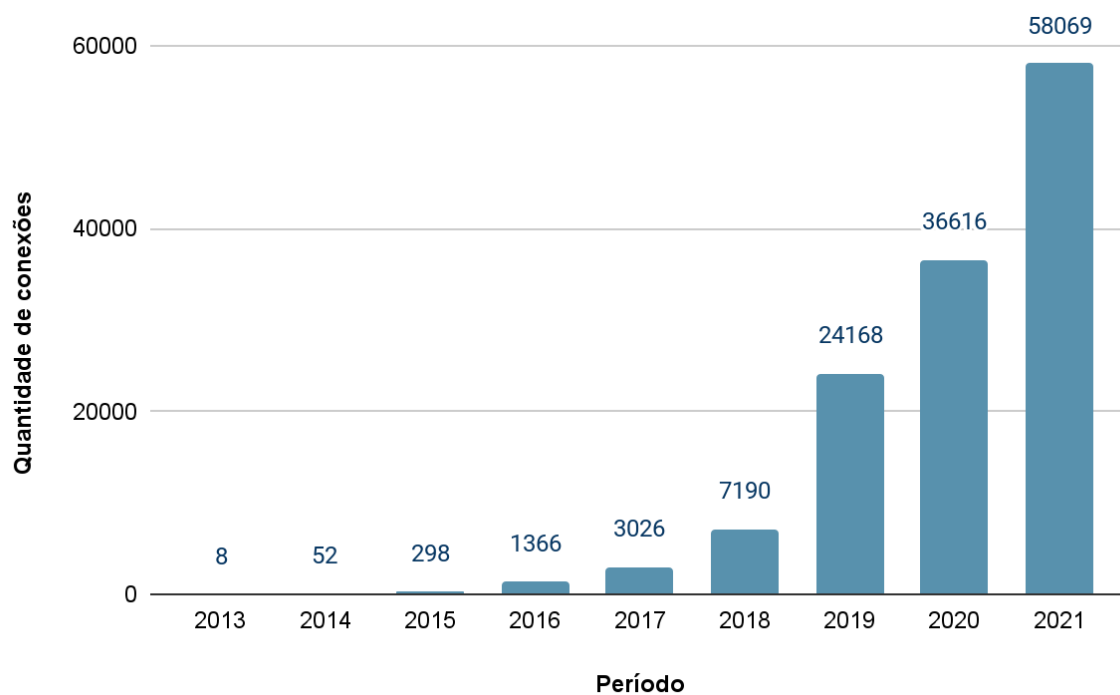
Segundo relatório da Bloxs Investimentos, desde 2019 foram assinados protocolos de intenções de investimentos que chegaram a R\$ 41 bilhões em construções de parques solares para geração remota em Minas Gerais (Blox, 2020). De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), em agosto de 2021, o estado mineiro respondia por quase 20% de todo parque brasileiro de energia solar distribuída. A referida Associação mostra que, desde 2012, já foram gerados mais de 200 mil empregos em todo o Brasil, essa injeção de empregos gera um fluxo de circulação de capital recorrente na economia, pois ocorrem empregabilidade tanto na fase de instalação quanto na fase de manutenção de todo ecossistema fotovoltaico.

De acordo com dados de abril de 2021 do Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais (INDI), para cada 1 MW instalado no setor de energia solar fotovoltaica em Minas Gerais, gera-se um valor total médio de R\$ 1,6 milhões ao ano em fomento às economias locais, agregando entre 25 e 30 novos empregos em todo o estado, demandando profissionais nas áreas de instalação, manutenção, fabricação, treinamento, vendas e distribuição de projetos.

Políticas de incentivo têm caráter primordial para alavancar a mentalidade de execução do determinado setor. Observa-se um crescimento na quantidade de instalações de 358,38%, de 2015 para 2016, período correspondente à implementação dos incentivos mencionados anteriormente. Por conseguinte, se expandirmos a análise para toda a linha temporal do gráfico da Figura 10, nota-se um aumento de aproximadamente 725.762%, resultado impressionante para a diversificação energética do país liderado pelo estado de Minas Gerais.

Após a implementação da Resolução Normativa nº687/2015 aliada ao desenvolvimento do programa de incentivo à Geração Distribuída de Energia Elétrica nomeado de “ProGD”, observa-se que a quantidade de conexões de unidades consumidoras aumentou significativamente no estado, conforme a Figura 10:

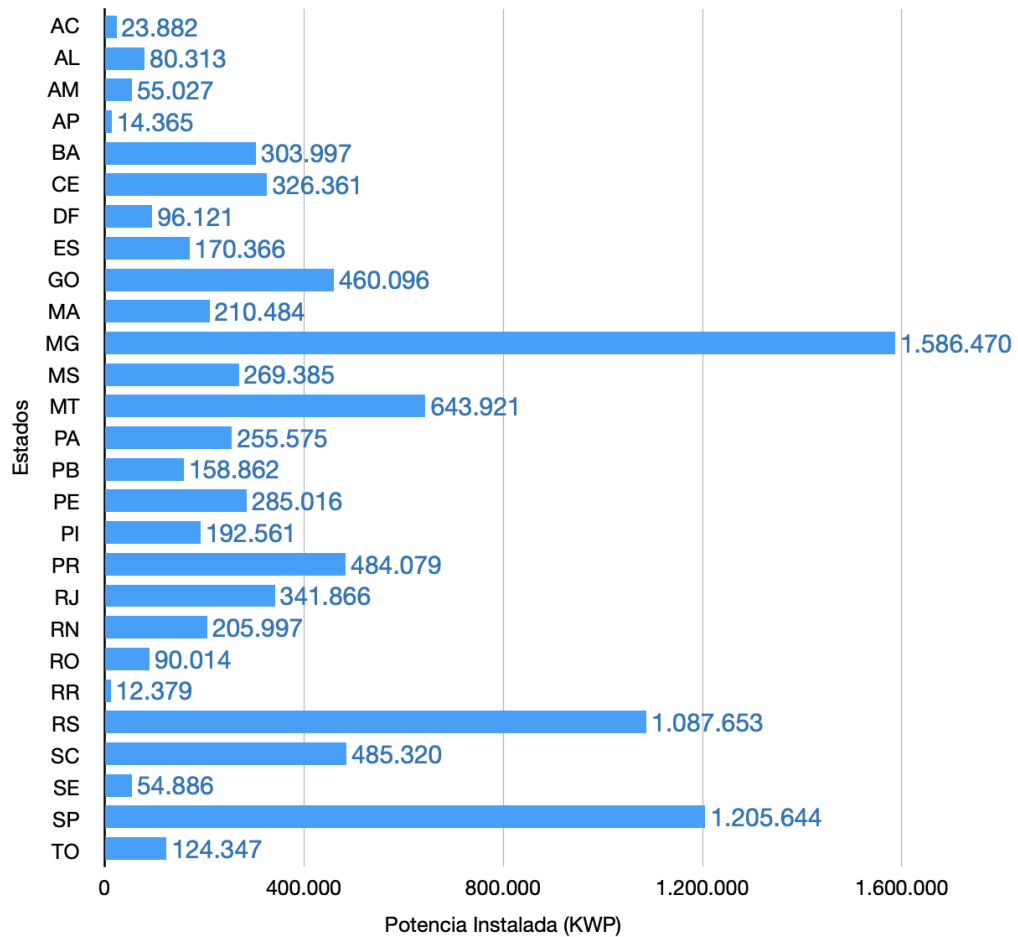
Figura 10 - Crescimento da Geração Distribuída na modalidade UFV em Minas Gerais



Fonte: Autoria própria com base no Power BI da Aneel, 2021

Ademais, consultando os dados de inteligência da ANEEL, podemos entender esse comportamento sob a ótica do volume de potência instalada. Logo, é possível verificar o impacto da capacidade de energia que o sistema global nacional pode entregar por estado federativo, conforme demonstrado na Figura 11:

Figura 11 - Potência instalada (em kWp) de Geração Distribuída de origem fotovoltaica no Brasil

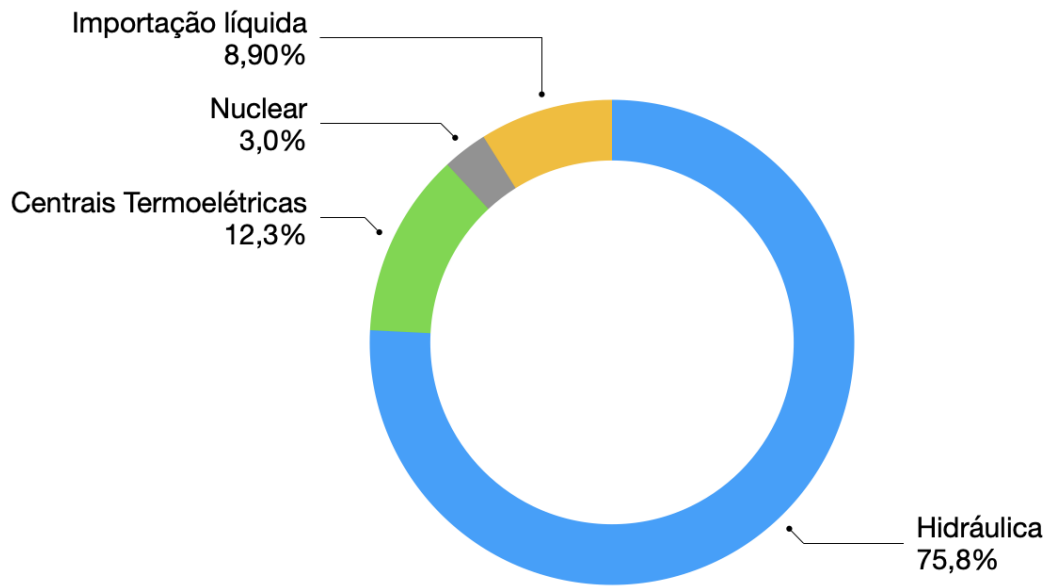


Fonte: Autoria própria com base no Power BI da Aneel, 2021

Através dos dados da figura acima, interpreta-se que Minas Gerais lidera como o estado com o maior volume de potência instalada do Brasil, aportando uma potência instalada de impressionantes 1,58 GWp no ano de 2021. Seguido pelo estado de São Paulo com uma potência instalada de pouco mais de 1,2 GWp e, assumindo a terceira posição, o estado do Rio Grande do Sul com 1,08 GWp.

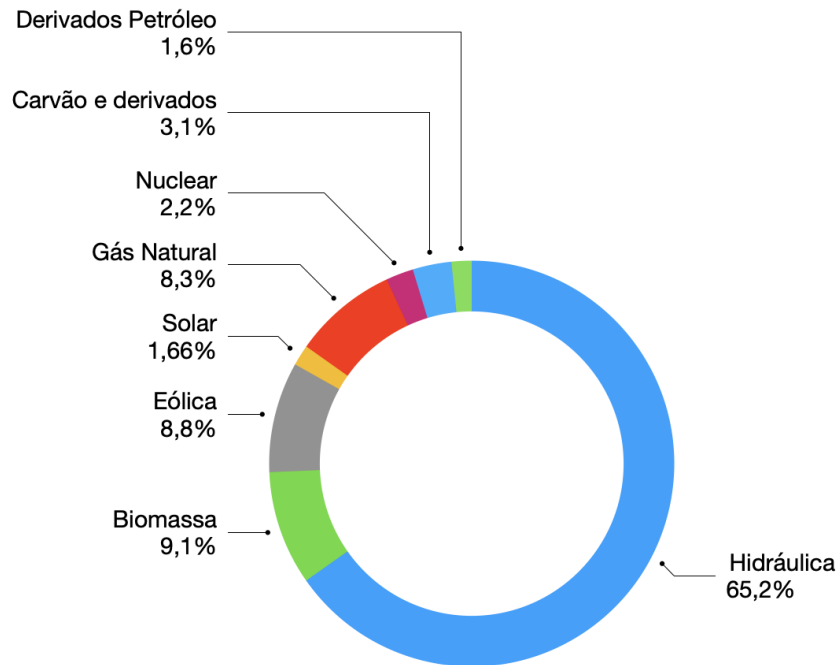
A diversificação da oferta interna é um dos pilares para o país ser mais seguro energeticamente. Analisando os relatórios do Balanço Energético Nacional (BEN), do ano de 2006 e o ano de 2021, a oferta interna de energia elétrica por fonte de origem apresenta uma evolução notória em termos de diversificação, como mostra as Figuras 12 e 13. Embora o Brasil esteja caminhando para uma maior pluralidade de fontes energéticas, ainda vemos uma matriz elétrica de origem predominantemente hídrica que responde por 65,2% da oferta interna no último ano.

Figura 12 - Oferta Interna de energia elétrica por fonte em 2006



Fonte: Autoria própria com base no BEN, 2006

Figura 13 - Oferta Interna de energia elétrica por fonte em 2021



Fonte: Autoria própria com base no BEN, 2021

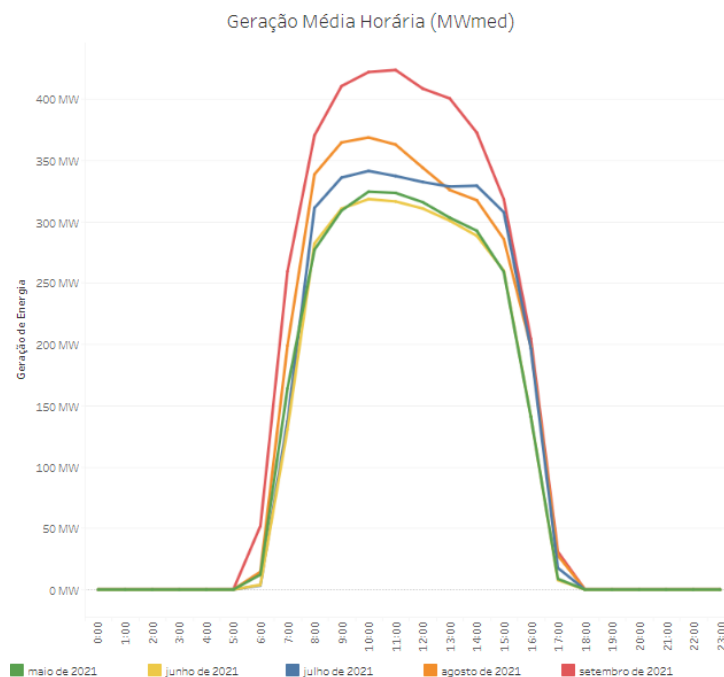
Um dos benefícios mais relevantes da geração remota fotovoltaica para Minas Gerais - e para o Brasil por extensão - é a evolução da segurança energética em termos de diversificação de geração de energia. A geração solar fotovoltaica tem o excelente benefício de complementar a curva de carga diária, pois a energia produzida durante o dia pode ser injetada na rede em momentos de alto consumo da sociedade.

Para ilustrar esse tópico, vamos analisar os dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), filtrando para os seguintes parâmetros:

- i) Tipo de usina: solar;
- ii) Subsistema: sudeste;
- iii) Estado: Minas Gerais

Alocando a análise entre maio de 2021 a setembro de 2021, o comportamento da geração média horária ao longo do período selecionado considerando todas as usinas do estado mineiro, conforme exemplificado na Figura 14, o período cuja produção de energia atinge os valores máximos na parábola ocorre tendencialmente entre 10h e 14h.

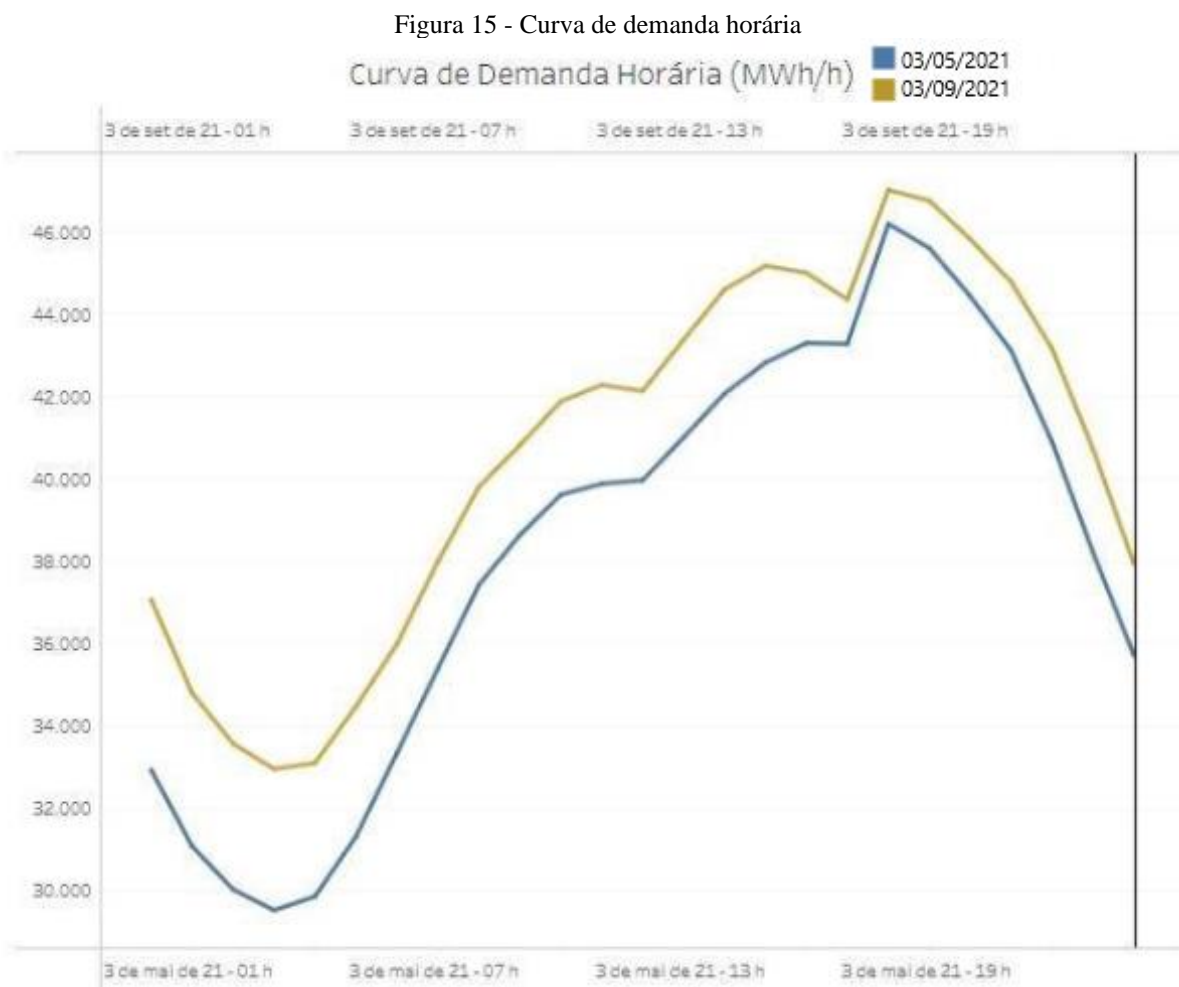
Figura 14 - Geração média horária para a fonte solar no estado de MG



Fonte: Autoria própria com base nos filtros da ONS, 2021

Agora, tomando pelo ponto de vista da demanda, os dados da ONS mostram o perfil de comportamento de consumo de energia através da curva de carga demandada pela população ao longo das horas do dia, considerando a mesma janela de período do filtro de geração mencionado anteriormente.

Além de promover uma maior segurança energética, a geração solar fotovoltaica estimula um alívio de carga do sistema nacional nas horas centrais do dia, isto é, ocorre injeção de energia durante os momentos que visualizamos um alto comportamento de consumo da população. A curva de carga abaixo, na Figura 15, reflete o comportamento típico de energia demandada para uma análise micro ao longo das horas de um dia, para os dias 03 de maio e 03 de setembro de 2021:

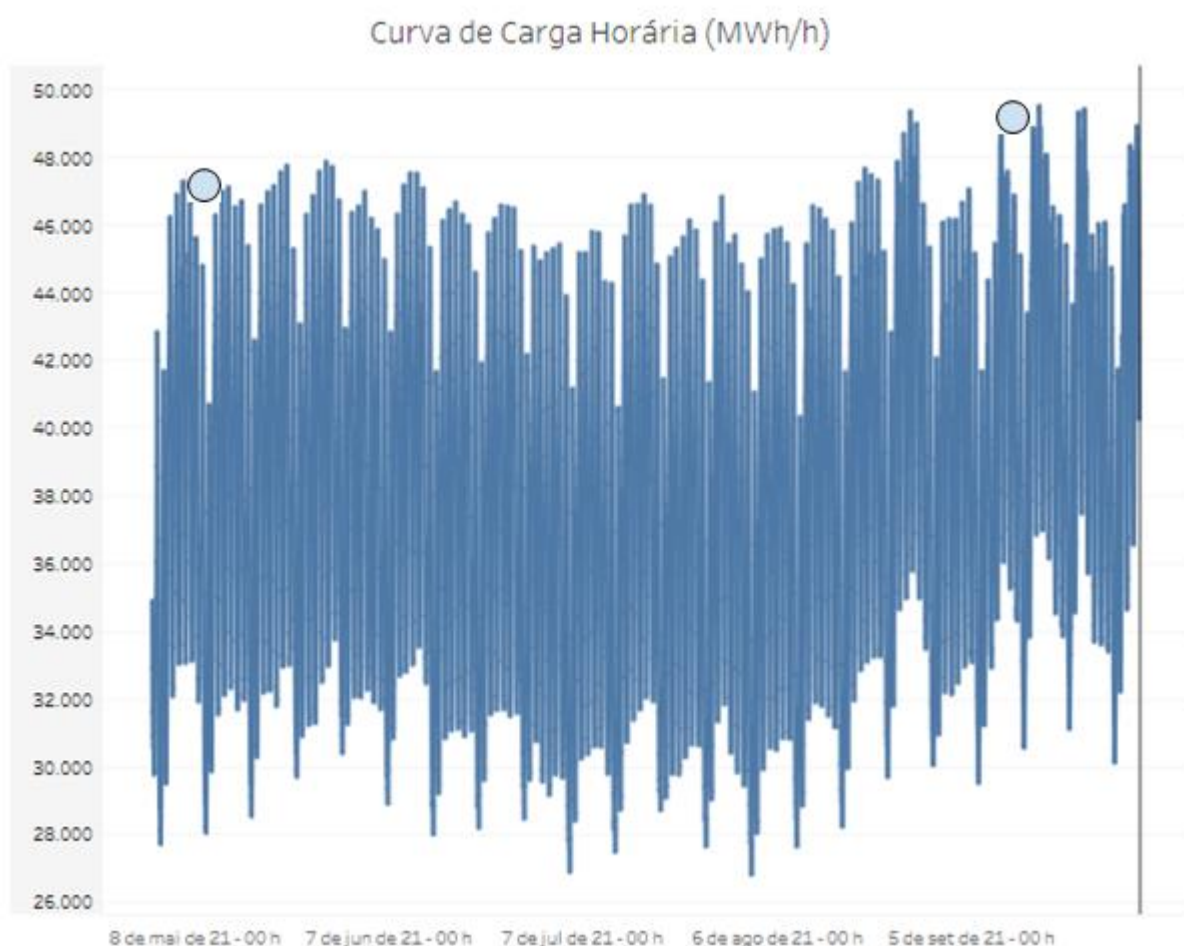


Fonte: Autoria própria com base nos filtros da ONS, 2021



Os momentos em que o ONS detecta maior crescimento de energia demandada são entre os horários centrais do dia, mostrando que a energia solar fotovoltaica produzida nessa janela de oportunidade pode ser aproveitada para alocar mais energia e aliviar a curva de carga do sistema nacional. Aumentando a análise para um período macro, ao longo de maio a setembro de 2021, essa curva de carga é apresentada a seguir, na Figura 16:

Figura 16 - Curva de carga horária



Fonte: Autoria própria com base nos filtros da ONS, 2021

O comportamento do gráfico da Figura 16 mostra que o perfil de demanda começa no ponto mínimo às 6h da manhã e vai crescendo conforme o dia vai passando, até atingir o pico máximo de consumo. Esse valor máximo pode ocorrer entre 12h e 18h, os resultados mostram que a janela de tempo ocorre com maior frequência entre 14h e 18h, dependendo do dia e mês.

Esse comportamento é cíclico e se repete todos os dias considerados. Abaixo, na Figura 17, temos os horários de pico das cristas demonstrados gráfico da Figura 16 para dois dias:

Tabela 2 - Dados para dois períodos selecionados

Dados	Período 1	Período 2
Data	06/05/2021	21/08/2021
Hora de pico	18h	14h
Demanda de pico (MW)	47.550 MW	49.364 MW

Fonte: ONS, 2021

## 4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado na empresa Azuri Energia, uma *startup* localizada na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. O principal motor de engajamento no nascimento da ideia do modelo de negócio da Azuri é a lacuna de conhecimento dos consumidores sobre a gestão da própria energia elétrica de seus estabelecimentos.

O modelo de negócio funciona assim:

- i) As fazendas de geração solar produzem energia elétrica e injetam na rede da CEMIG;
- ii) Essa geração é transformada em créditos de energia que são distribuídos para os clientes da base da Azuri Energia.
- iii) Após contratar o serviço, os clientes - denominados unidades consumidoras - passam a receber os créditos de energia nas suas respectivas contas da CEMIG, sem a necessidade de realizar nenhum investimento, nenhuma obra ou instalação.
- iv) Ao invés de pagar apenas a conta da CEMIG, o cliente passa a pagar a taxa mínima da CEMIG e o boleto da conta Azuri.
- v) A soma dos dois boletos já estará com a economia global final contratada de 15 % de desconto em relação ao que o cliente pagaria à CEMIG.

A economia financeira para o cliente ocorre porque a conta de luz global final fica mais barata, isto é, o custo para produzir um kWh a partir da tecnologia de usinas fotovoltaicas é menor do que a gerada pelas fontes tradicionais como hidroelétricas e termoelétricas. A adesão de novos clientes é 100% digital e gratuita. O conceito por trás do propósito da Azuri é energia livre e liberdade de escolha, logo os clientes são livres para cancelar o serviço sem taxas ou multas, considera-se apenas um período de um mês para o processo de desligamento.

As principais vantagens desse modelo para o cliente são:

- i) Economia mensal de 15 % na conta de luz;
- ii) Sem investimentos nem obras;
- iii) Contrato digital sem burocracias;
- iv) Contribuir para o ecossistema de energia limpa e renovável;

Para a adesão de uma determinada unidade consumidora, o time comercial da Azuri Energia faz uma média do consumo mensal considerando um histórico dos últimos 12 meses através das contas antigas da CEMIG do cliente em questão. Esse cálculo é usado pelo time de especialistas em projeções energéticas para embasar o entendimento de qual perfil de consumo, identificar o nicho de atuação e projetar as possibilidades de demanda contratada.

A partir desse momento, faz-se necessário explicar algumas nomenclaturas usadas. É factível observar que a maioria dos potenciais clientes não tem conhecimento algum sobre as definições técnicas, muito menos as possibilidades de economia nesse mercado de geração compartilhada. O cliente continua recebendo a conta de luz da CEMIG, mas nela será faturada a taxa mínima de consumo ou a diferença entre a energia consumida e a contratada gerada pelas usinas. Ademais, também vai receber a fatura da Azuri já com o percentual de desconto contratado referente a energia entregue pelas usinas.

Se o consumo do cliente for maior do que a energia alocada para sua unidade consumidora, ele será cobrado normalmente pela CEMIG pelos kWh excedentes. Caso o consumo seja menor que a energia alocada, a diferença é transformada em créditos na sua respectiva conta de luz, podendo ser utilizada pela sua unidade consumidora para abater consumos futuros nos próximos 60 meses. A relação custo benefício (RCB) nesse caso de modelo de negócio não se aplica, porque o investimento do cliente é zero. Matematicamente, o RCB seria infinito, já que a divisão teria um denominador zero. O *payback* é imediato, logo no primeiro mês já é gerado um fluxo de caixa positivo (maior que o investimento inicial que é zero).

Visando educar os clientes e o mercado de geração distribuída, os conceitos das principais nomenclaturas utilizadas nas faturas são:

- i) Energia contratada: é o volume de energia acordado no contrato de adesão baseada no histórico de consumo dos últimos 12 meses da unidade consumidora;
- ii) Energia alocada: é o volume de energia entregue de fato pelas usinas à unidade consumidora, no mês de referência;
- iii) Energia consumida: é o volume de energia consumida pela unidade consumidora, no mês de referência;
- iv) Energia compensada: parcela da energia alocada e/ou dos créditos acumulados que foi utilizada realmente para compensar o consumo para fins de cálculo da conta.
- v) Créditos acumulados: é a diferença entre a energia alocada pelas usinas e a energia

consumida pela unidade consumidora, no mês de referência, que podem ser utilizados em até 60 meses.

- vi) Total de créditos acumulados: é a soma dos créditos acumulados no período anterior e os créditos acumulados no mês de referência.

Através das informações cedidas pela empresa Azuri, foi possível analisar o estudo para três clientes de diferentes nichos de mercado e níveis de cobranças de contas segmentadas. A título de objeto de estudo acadêmico, chamaremos de unidades consumidoras: A, B e C.

A primeira unidade consumidora em questão é um grande produtor e comercializador de alimentos alocado no ramo industrial do sul de Minas Gerais, com sede na cidade de Carangola. A seguir as características do cliente A, no Quadro 1:

Quadro 1 - Dados unidade consumidora A

<b>UNIDADE CONSUMIDORA A</b>	
<b>Nicho de mercado</b>	Industria & Comercio de Alimentos
<b>Modalidade tarifária</b>	Convencional B3
<b>Energia contratada</b>	6.442 kWh/mês
<b>Cidade</b>	Carangola - MG
<b>Classe</b>	Industrial Trifásico

Fonte: Aatoria própria com base nos dados da Azuri Energia S.A

Dentro do cálculo de compensação da Azuri, a energia compensada é:

$$\text{Energia compensada} = (\text{energia consumida} - \text{fator de corte})$$

O Fator de corte é definido em três grupos de acordo com a classe:

- i) Monofásico = 30;
- ii) Bifásico = 50;
- iii) Trifásico = 100;

Abaixo uma parte de como aparece as informações gerais da conta da Azuri do cliente em questão de um referido mês, demonstrada na Figura 18:

Figura 17 - Parte da conta de luz do cliente A



Fonte: Azuri Energia

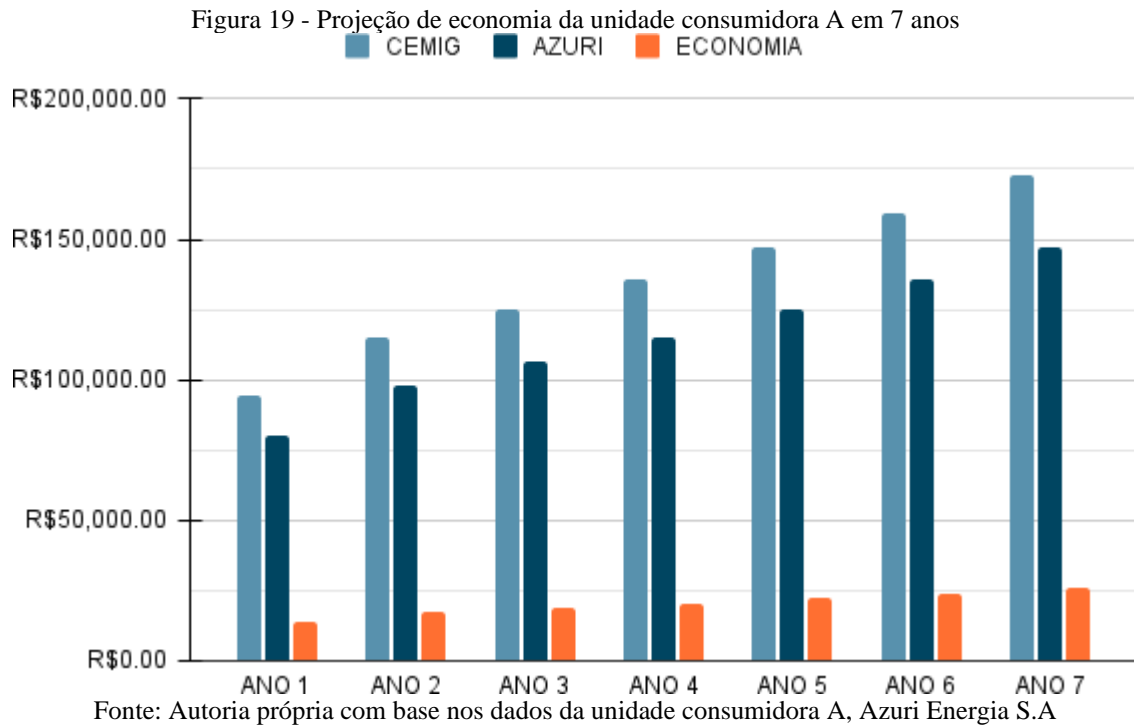
A fatura do mês acima mostra de fato quanto o cliente pagaria se estivesse sendo cobrado pela distribuidora CEMIG e, após computação do desconto de 15%, aparece o valor final de R\$ 7.198,39. Em seguida, o cliente recebe o boleto com esse referido valor por e-mail para ser pago. Como a Azuri preza pela transparência e desburocratização de informações, é interessante perceber que dentro da fatura também é calculado o valor de economia que o cliente teve no mês, no caso R\$ 1.270,30. Através da calculadora de economia do time de especialistas da Azuri, podemos expandir a análise para uma simulação de economia para os próximos sete anos, considerando os parâmetros de consumo médio da unidade consumidora A, exemplificado na Figura 19:

Figura 18 - Projeção da diferença de cobrança entre Azuri e CEMIG em 7 anos

	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7
CEMIG	R\$94,550.35	R\$115,168.13	R\$124,957.42	R\$135,578.80	R\$147,103.00	R\$159,606.75	R\$173,173.33
AZURI	R\$80,367.80	R\$97,892.91	R\$106,213.81	R\$115,241.98	R\$125,037.55	R\$135,665.74	R\$147,197.33
<b>ECONOMIA</b>	<b>R\$14,182.55</b>	<b>R\$17,275.22</b>	<b>R\$18,743.61</b>	<b>R\$20,336.82</b>	<b>R\$22,065.45</b>	<b>R\$23,941.01</b>	<b>R\$25,976.00</b>

Fonte: Autoria própria com base nos dados da unidade consumidora A, Azuri Energia S.A

Como se trata de uma unidade com alto consumo mensal de energia, a economia ao final de um ano de análise é bastante significativa: R\$ 14.182,55. Por conseguinte, em 7 anos de contrato com a Azuri, a unidade consumidora A vai economizar um total de aproximadamente R\$ 142.520,67 através de energia solar distribuída. A Figura 20 abaixo mostra os números apresentados na Figura 19 acima:



A segunda unidade consumidora é um supermercado de médio porte localizado na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais. A seguir as características do cliente B, no Quadro 2:

Quadro 2 - Dados unidade consumidora B

UNIDADE CONSUMIDORA B	
Nicho de mercado	Supermercado
Modalidade tarifária	Convencional B3
Energia contratada	5.591 kWh/mês
Cidade	Ouro Preto - MG
Classe	Comercial Trifásico

Fonte: Autoria própria com base nos dados da Azuri Energia S.A

Abaixo, na Figura 21, uma parte das informações gerais da conta da Azuri do cliente B de um referido mês:

Figura 20 - Parte da conta de luz do cliente B



Fonte: Azuri Energia

A fatura acima mostra que a unidade consumidora B pagaria no mês de análise o valor de R\$ 6.229,09, mas com a Azuri Energia o valor cai para R\$5.123,74, resultando numa economia de R\$ 904,19. Alongando a análise para os próximos anos, é possível projetar a economia a seguir, como demonstrado na Figura 22:

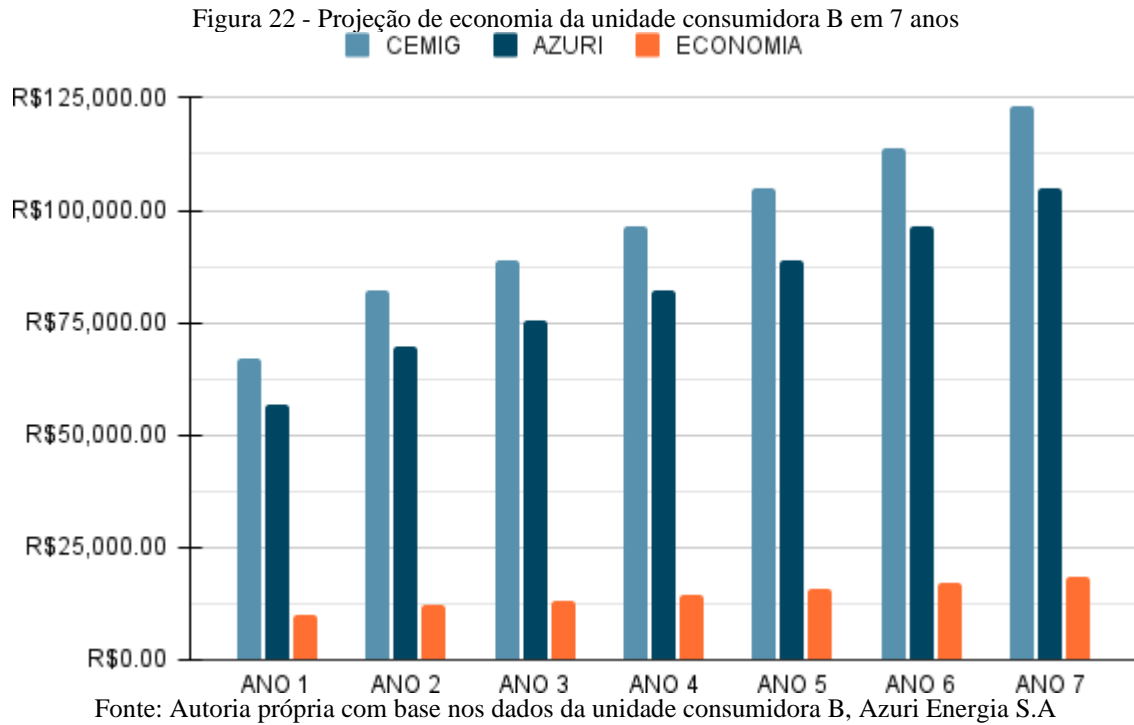
Figura 21 - Projeção da diferença de cobrança entre Azuri e CEMIG em 7 anos

	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7
CEMIG	R\$66.926.26	R\$81.976.12	R\$88.944.09	R\$96.504.34	R\$104.707.21	R\$113.607.32	R\$123.263.94
AZURI	R\$56.887.32	R\$69.679.70	R\$75.602.48	R\$82.028.69	R\$89.001.13	R\$96.566.22	R\$104.774.35
<b>ECONOMIA</b>	<b>R\$10.038.94</b>	<b>R\$12.296.42</b>	<b>R\$13.341.61</b>	<b>R\$14.475.65</b>	<b>R\$15.706.08</b>	<b>R\$17.041.10</b>	<b>R\$18.489.59</b>

Fonte: Aatoria própria com base nos dados da unidade consumidora B, Azuri Energia S.A



Em sete anos de contrato com a Azuri, a unidade consumidora B vai economizar um total de aproximadamente R\$ 101.389,39. Os valores podem ser dimensionados no gráfico da Figura 23:



A terceira unidade consumidora é uma residência familiar localizada na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. A seguir, no Quadro 3, são demonstradas as características do cliente C:

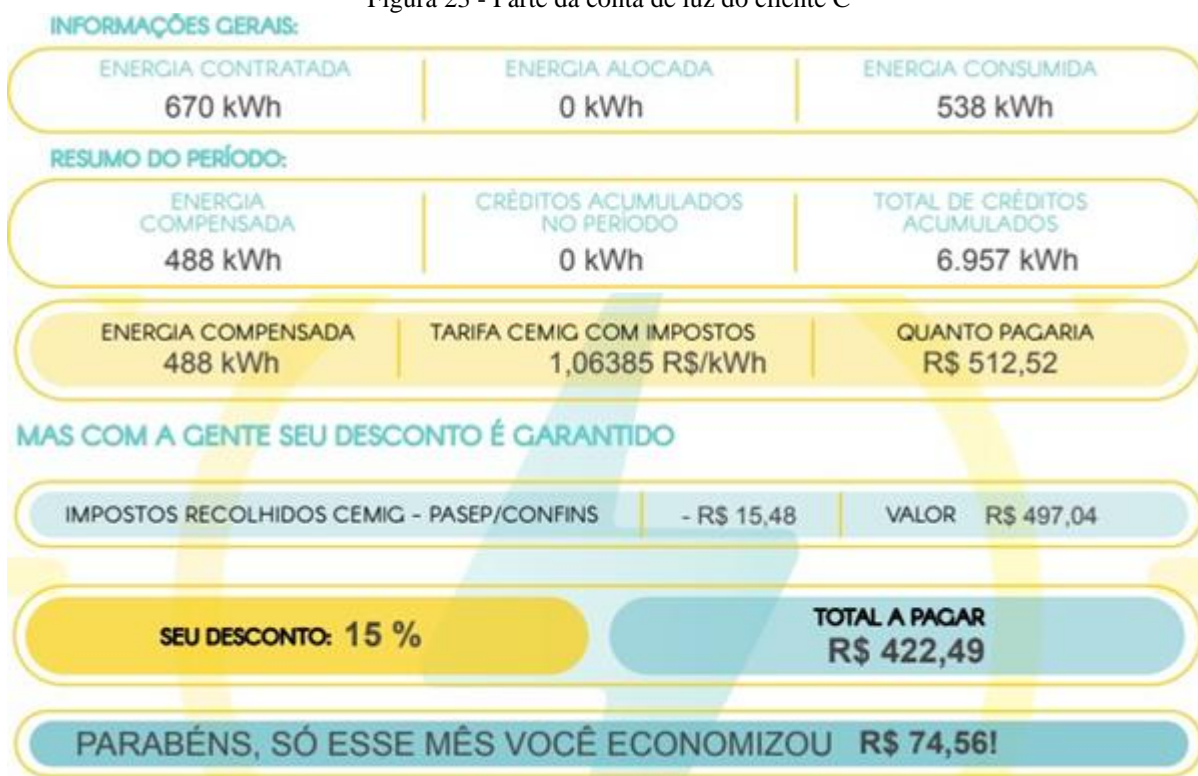
Quadro 3 - Dados unidade consumidora C

UNIDADE CONSUMIDORA C	
Nicho de mercado	Residencial
Modalidade tarifária	Convencional B1
Energia contratada	670 kWh/mês
Cidade	Belo Horizonte - MG
Classe	Residencial Bifásico

Fonte: Autoria própria com base nos dados da Azuri Energia S.A

Abaixo, na Figura 23, uma parte das informações gerais da conta da Azuri do cliente C de um referido mês:

Figura 23 - Parte da conta de luz do cliente C



Fonte: Azuri Energia

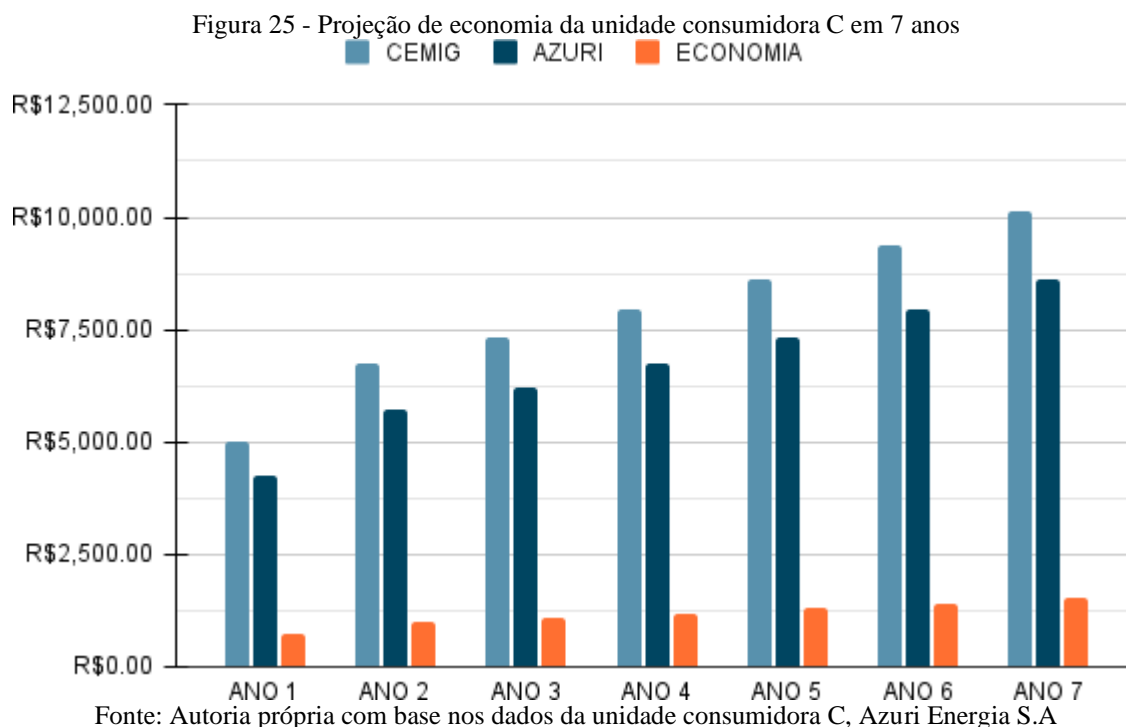
Analisando a fatura da unidade consumidora C, podemos inferir que o consumo é baixo em relação aos demais clientes, já que se trata de uma residência de uma família de quatro pessoas sem equipamentos que consomem grandes quantidades de energia. Com a CEMIG, a família pagaria no mês de análise o valor de R\$ 497,04, mas com a Azuri Energia o valor cai para R\$ 422,49, representando uma economia de 15%, o que representa uma economia satisfatória no mês para a renda familiar. Alongando a análise para os próximos anos, é possível projetar a economia a seguir, conforme Figura 24:

Figura 24 - Projeção da diferença de cobrança entre Azuri e CEMIG em 7 anos

	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7
CEMIG	R\$5,028.42	R\$6,754.05	R\$7,328.14	R\$7,951.03	R\$8,626.87	R\$9,360.15	R\$10,155.77
AZURI	R\$4,274.15	R\$5,740.94	R\$6,228.92	R\$6,758.38	R\$7,332.84	R\$7,956.13	R\$8,632.40
ECONOMIA	R\$754.26	R\$1,013.11	R\$1,099.22	R\$1,192.65	R\$1,294.03	R\$1,404.02	R\$1,523.37

Fonte: Autoria própria com base nos dados da unidade consumidora C, Azuri Energia S.A

Ao final de sete anos, a unidade consumidora C vai economizar um total de aproximadamente R\$ 8.280,66. A Figura 25 mostra a diferença entre as projeções:



Apesar da unidade consumidora C apresentar o menor valor de economia na escala temporal, é evidente que esse cliente ratifica a aplicação do modelo de negócio para outras múltiplas residências familiares nas diversas cidades mineiras.

Por outro lado, em estruturas de unidades consumidoras com negócios mais agressivos em termos de alto poder de consumo de energia, tais como grandes empresas produtoras industriais, observa-se um potencial de contratos que seguem o modelo de negócio da Azuri mais interessantes economicamente, pois mostram ganhos de economia financeira com margens mais expressivas tanto mensalmente quanto ao longo dos anos futuros.

Através da análise das contas das unidades consumidoras em questão, foi possível construir o quadro a seguir:

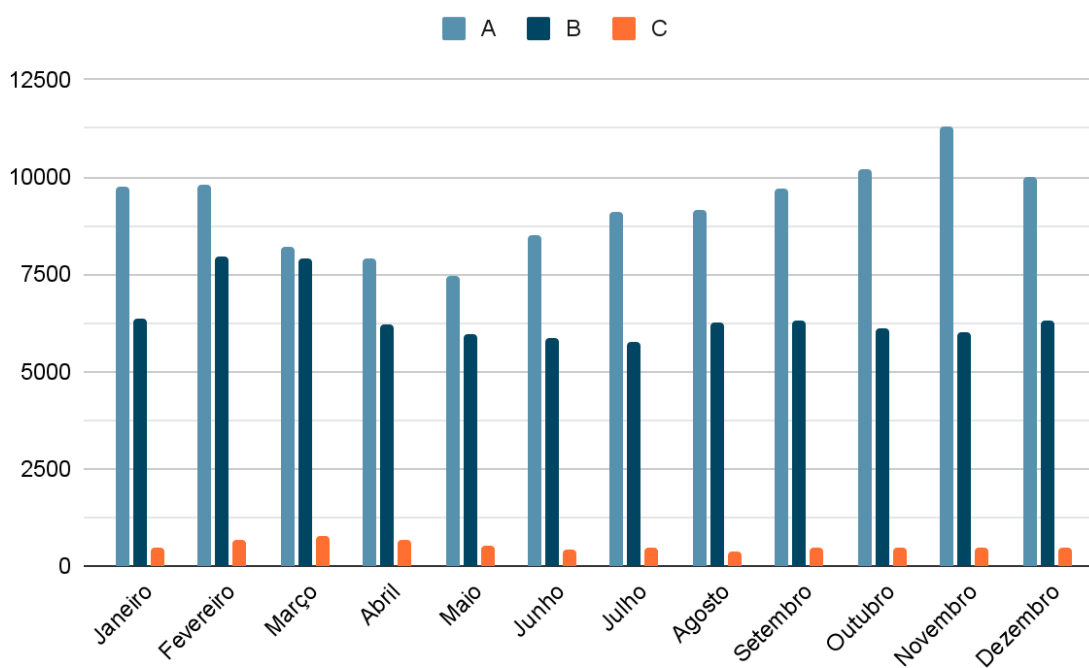
Quadro 4 - Consumo das unidades consumidoras ao longo de 2021

CONSUMO - UNIDADES CONSUMIDORAS (kWh)			
MESES	U.C A	U.C B	U.C C
Janeiro	9.740 kWh	6.341 kWh	488 kWh
Fevereiro	9.790 kWh	7.978 kWh	662 kWh
Março	8.210 kWh	7.888 kWh	770 kWh
Abril	7.912 kWh	6.210 kWh	698 kWh
Maió	7.452 kWh	5.988 kWh	517 kWh
Junho	8.512 kWh	5.871 kWh	423 kWh
Julho	9.087 kWh	5.778 kWh	456 kWh
Agosto	9.159 kWh	6.247 kWh	398 kWh
Setembro	9.723 kWh	6.314 kWh	487 kWh
Outubro	10.223 kWh	6.122 kWh	497 kWh
Novembro	11.278 kWh	6.023 kWh	467 kWh
Dezembro	9.983 kWh	6.297 kWh	501 kWh

Fonte: Autoria própria com base nos dados da Azuri Energia S.A

Compilando esses dados em um gráfico, podemos visualizar o consumo de energia elétrica ao longo dos meses, a seguir:

Figura 26 - Consumo em kWh das unidades consumidoras ao longo dos meses de 2021



Fonte: Autoria própria com base nos dados da Azuri Energia S.A

Analisando o comportamento de consumo ao longo dos meses, foi possível calcular a economia de 15% por mês para cada unidade consumidora e realizar o somatório desses valores para entender de fato qual foi a economia real através do contrato com a Azuri, a seguir:

Quadro 5 - Comparação entre economia real e projetada das unidades consumidoras ao longo de 2021

Economia por Unidade Consumidora (R\$)			
Ano 2021	A	B	C
Economia projetada	R\$ 14.182,55	R\$ 10.038,94	R\$ 724,26
Economia real	R\$ 13.470,12	R\$ 10.168,28	R\$ 824,82

Fonte: Autoria própria com base nos dados da Azuri Energia S.A

A unidade consumidora C possui um comportamento de consumo mais regular em baixo consumo por se tratar de uma residência familiar, apresentando baixa variação de consumo entre os meses em questão. Já a unidade consumidora B apresenta um comportamento de consumo mais elevado nos meses de verão, por ser um supermercado que usa muitos equipamentos de refrigeração.

Por fim, a unidade consumidora A apresenta o maior uso intensivo de energia. Por se tratar de uma indústria de alimentos, possui maior demanda instalada através de um consumo de energia sazonal e variável concentrando altas demandas de produção nos meses finais de ano em decorrência da alta demanda de consumo da população nas festas de fim de ano. Portanto, quanto maior a capacidade instalada, maior a margem de economia gerada em valores absolutos, isto é, os contratos que apresentam as maiores demandas contratadas na Azuri tendem a mostrar grandes economias de escala ao longo do tempo.

## 5 CONCLUSÃO

No decorrer do presente trabalho foi analisado o histórico de desenvolvimento da geração distribuída na legislação e mercado brasileiro desde sua origem, bem como um estudo de caso para diferentes clientes da empresa Azuri Energia, afunilando o foco na geração solar fotovoltaica compartilhada.

Devido a normativa favorável que se estendeu ao longo dos últimos 10 anos no país, beneficiou-se o surgimento de empresas com modelos de negócios como a Azuri, pois os dados de crescimento mostram evolução revolucionária de tal modalidade refletida em um novo comportamento de consumo e investimentos, desde as primeiras 8 instalações de geração distribuída solar feitas em 2013, chegando a um total de mais de 58 mil em 2021 só no estado de Minas Gerais.

Em 2012, a versão original da REN nº 482/2012 tinha muitas limitações para o mercado de geração distribuída. Já em 2015, a REN nº 687/2015 trouxe uma maior flexibilização das regras, favorecendo o fomento da atração de investimentos e de novos modelos de empreendedorismo. De fato, nos anos seguintes, observou-se um crescimento exponencial do mercado da geração descentralizada, embasada pela construção de grandes parques fotovoltaicos e escaláveis investimentos aportados. Embora esse ecossistema ainda esteja no começo de sua construção, compreendeu-se que a GD tem um potencial enorme para colaborar para a diversificação da matriz energética brasileira trazendo maior segurança energética para o país no longo prazo, ainda mais em um cenário de escassez hídrica e bandeiras tarifárias da ANEEL com instáveis oscilações de cobrança.

No estudo foi compreendido que energia gerada pela modalidade solar em horários centrais do dia favorece o alívio de carga do Operador Nacional do Sistema Elétrico. Além disso, observa-se aumento muito significativo na geração e manutenção de empregos em diversos segmentos. Um dos modelos de geração distribuída é a geração remota. A análise desse modelo de negócio no estado de Minas Gerais mostrou viabilidade econômica para a Azuri e excelentes economias para clientes diversos. Os três perfis de clientes da análise refletem os principais comportamentos de consumo que a empresa busca atrair dentro da estratégia de clientes na base do mercado de baixa tensão: desde residências familiares com contas de luz a partir de R\$300 mensais, até grandes empresas industriais com contas no limite superior de R\$15 mil mensais - estes perfis apresentaram maiores economias de escala.

Os últimos anos foram marcados por uma sensação de instabilidade no mercado em virtude da possibilidade da criação de novas legislações, embora as regulações da ANEEL tenham evoluído visando construir mais embasamento teórico que respalde a implantação legal do modelo de geração distribuída em consonância a modelos que já eram realidade na América do Norte e Europa Ocidental. Agora com o novo marco legal sancionado pelo Governo Federal em 2022, o playbook de regras de negócio parece estar mais estável, carregando consigo a segurança jurídica para os consumidores que já estavam dentro do sistema e deixando claro as novas regras para os futuros entrantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. 2022. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 05 abr. 2022.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **FAQ**. [2022]. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/FAQ+-V3\\_20170524/ab9ec474-7dfd-c98c-6753-267852784d86](https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/FAQ+-V3_20170524/ab9ec474-7dfd-c98c-6753-267852784d86)>. Acesso em: 08 jun. 2022.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **FAQ Tire suas dúvidas sobre Bandeira de Escassez Hídrica**. [2022]. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset\\_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/faq-tire-suas-duvidas-a-sobre-bandeira-escassez-hidrica/656877?inheritRedirect=false&redirect=https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_zXQREz8EVIZ6%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_pos%3D1%26p\\_p\\_col\\_count%3D3](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/faq-tire-suas-duvidas-a-sobre-bandeira-escassez-hidrica/656877?inheritRedirect=false&redirect=https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_zXQREz8EVIZ6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D3)>. Acesso em: 08 jun. 2022.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração Distribuída**. Tipo de Fonte. Jun/2020. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Fonte.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp)>. Acesso em: 22 set. 2021.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração Distribuída**. Unidade Consumidora. Jun/2020. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Estadual.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp)>. Acesso em: 22 set. 2021.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sobre Bandeiras Tarifárias**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

Diário do Comércio, 2020. **Mineira Metha Energia cresce 100% em 2020**. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/negocios/mineira-metha-energia-cresce-100-em-2020/#:~:text=Na%20gera%C3%A7%C3%A3o%20distribu%C3%ADa%2C%20o%20Pa%C3%ADs,espalhados%20pelas%20cinco%20regi%C3%B5es%20nacionais>>. Acesso em: 03 jul. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: <<https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**: eficiência energética. v.11. Brasília: MME/EPE. 2007.



CARDOSO, Débora Freire; RIBEIRO, Luiz Carlos de Santana. **Índice relativo de qualidade de vida para os municípios de Minas Gerais**. Planejamento e Políticas Públicas PPP, n. 45, jul./dez. 2015. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6532/13/PPP\\_n45\\_Indice.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6532/13/PPP_n45_Indice.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Como Participar**: Ambiente Livre Ambiente Regulado. [2022]. Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/como-participar/ambiente-livre-ambiente-regulado?\\_adf.ctrl-state=w6xjr8ijr\\_14&\\_afLoop=90060508335892#!%40%40%3F\\_afLoop%3D90060508335892%26\\_adf.ctrl-state%3Dw6xjr8ijr\\_18](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/como-participar/ambiente-livre-ambiente-regulado?_adf.ctrl-state=w6xjr8ijr_14&_afLoop=90060508335892#!%40%40%3F_afLoop%3D90060508335892%26_adf.ctrl-state%3Dw6xjr8ijr_18)>. Acesso em: 15 jun. 2022.

COMISSÃO OAB MG. **A Cobrança do ICMS na TUSD em Geração Distribuída é possível?** abr/2021. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=sFVF5Lvi55I>>. Acesso em: 31 ago. 2021.

CROUCHER, M. Potential problems and limitations of energy conservation and energy efficiency. **Energy Policy**, v. 39, p. 5795, 2011.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Setor de energia solar avança e deve gerar 147 mil novos empregos em 2021**. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-vai-gerar-mais-de-147-mil-empregos-no-brasil-em-2021-projeta-absolar/#:~:text=Energia%20solar%20vai%20gerar%20mais,Brasil%20em%202021%2C%20projeta%20ABSOLAR&text=Proje%C3%A7%C3%B5es%20da%20Associa%C3%A7%C3%A3o%20Brasil%20de,todas%20as%20regi%C3%B5es%20do%20Pa%C3%ADs.>>>

INEE – INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O Que É Geração Distribuída**. [2022]. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/forum\\_ger\\_distrib.asp](http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp)>. Acesso em: 02 mar. 2022.

MEDEIROS, Valdemar. **Início das obras da usina de energia solar fotovoltaica na cidade de Araxá – MG gera 1.300 vagas de emprego na região**. Mai/2021. Disponível em: <<https://clickpetroleoegas.com.br/inicio-das-obras-da-usina-de-energia-solar-fotovoltaica-na-cidade-de-araxa-mg-est6e-ano-devem-gerar-1-300-vagas-de-emprego-diretas-e-indiretas-na-regiao/>>. Acesso em: 18 set. 2021.

METHA ENERGIA. Portal. [2022]. Disponível em: <<https://www.methaenergia.com.br/>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa. **Decreto 46296, de 14/08/2013**. Dispõe sobre o Programa Mineiro De Energia Renovável - Energias De Minas - e de medidas para incentivo à produção e uso de energia renovável. 2013. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&num=46296&comp=&ano=2013>>. Acesso em: 23 fev. 2022.

NEVES, Livia. **Órigo Energia projeta investimentos de R\$ 4 bilhões em geração compartilhada até 2024**. 2022. Publicação em rede social LinkedIn – Perfil: Órigo Energia. Disponível em: <[https://www.linkedin.com/posts/origo-energia\\_%C3%B3rigo-energia-projeta-investimentos-de-r-activity-6963580009735163904-ry9U/?utm\\_source=share&utm\\_medium=member\\_desktop](https://www.linkedin.com/posts/origo-energia_%C3%B3rigo-energia-projeta-investimentos-de-r-activity-6963580009735163904-ry9U/?utm_source=share&utm_medium=member_desktop)>. Acesso em: 09 jul. 2022.

ORIGO ENERGIA. Portal. [2022]. Disponível em: <<https://origoenergia.com.br/>>. Acesso em: 18 jul. 2022.

PAMPLONA, Nicola; VERPA, Danilo. **Obras de usinas solares aquecem economia da mineira Janaúba**. Dez/2021. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2021/12/obras-de-usinas-solares-aquecem-economia-da-mineira-janauba.shtml>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <<http://doi.org/10.34024/978851700089>>. Acesso em: 21 set. 2022.

SIQUEIRA, Juliana. **Cemig SIM terá investimento de R\$ 1 bilhão em fazendas solares**. Diário do Comércio. 2021. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/cemig-sim-tera-investimento-de-r-1-bilhao-em-fazendas-solares/>>. Acesso em: 22 jul. 2022.

UNDP – UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME. **Sobre o PNUD**. [2022]. Disponível em: <<https://www.undp.org/pt/brazil/sobre-o-pnud>>. Acesso em: 29 abr. 2022.

WEC - WORLD ENERGY COUNCIL. **Energy efficiency: a recipe for success**. London. 2015.

WU, Y. Scientific Management – The First Step of Building Energy Efficiency. In: 2009 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. **Anais...** IEEE, 2009.