

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ANDRYAN DE BRUM BORDINHÃO

**GESTÃO DE ENERGIA NO SEGMENTO EMPRESARIAL: A GERAÇÃO DISTRI-
BUÍDA COMPARADA AS OPÇÕES CONTRATUAIS DE SUPRIMENTO**

Alegrete

2021

ANDRYAN DE BRUM BORDINHÃO

**GESTÃO DE ENERGIA NO SEGMENTO EMPRESARIAL: A GERAÇÃO DISTRI-
BUÍDA COMPARADA AS OPÇÕES CONTRATUAIS DE SUPRIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Chrystian Dalla Lana da Silva

Alegrete

2021

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

B577g Bordinhão, Andryan de Brum

GESTÃO DE ENERGIA NO SEGMENTO EMPRESARIAL: A GERAÇÃO
DISTRIBUÍDA COMPARADA AS OPÇÕES CONTRATUAIS DE SU-
PRIMENTO / Andryan de Brum Bordinhão. 84 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Univer-
sidade Federal do Pampa, ENGENHARIA ELÉTRICA, 2021.

"Orientação: Chrystian Dalla Lana da Silva Silva".

1. Geração Distribuída. 2. Mercado Livre de Energia.
3. Suprimento de Energia. 4. Viabilidade Econômica.. I.
Título.

SEI/UNIPAMPA - 0510157 - Folha de Aprovação



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal do Pampa

ANDRYAN DE BRUM BORDINHÃO

GESTÃO DE ENERGIA NO SEGMENTO EMPRESARIAL: A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA COMPARADA AS OPÇÕES CONTRATUAIS DE SUPRIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 29 de abril de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Chrystian Dalla Lana da Silva

Orientador

UNIPAMPA

Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos

UNIPAMPA

Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler

UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **CHRYSIAN DALLA LANA DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/04/2021, às 18:09, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FLADIMIR FERNANDES DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/04/2021, às 18:10, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JOSE WAGNER MACIEL KAEHLER, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 29/04/2021, às 18:10, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0510157** e o código CRC **2D7ED48D**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Alegrete
Av. Tiarajú, 810 – Bairro: Ibirapuitã – Alegrete – RS CEP: 97.546-550
Telefone: (55) 3422-8400

*Aos meus pais, José Luiz e Joseane,
Pelo amor, dedicação e incentivo, tor-
nando assim meu maior porto seguro.*

AGRADECIMENTO

Primeiramente gostaria de agradecer ao meus pais, José Luiz e Joseane, que tiveram nobreza de me guiar por esse caminho de conquista, tornado o porto seguro nas horas mais difíceis que passei na graduação. Por eles eu consegui chegar a esse momento tão importante na minha vida.

Aos meus irmãos Caruliny e Hedimar, que sempre me mandavam mensagens de apoio e que me deram minhas sobrinhas, Antonella e Maria Clara, que trazem grande amor e alegria.

A minha avó Vilma que me ajudo a adquirir meu computador de estudo e pelas palavras de incentivo quando tudo parecia desmoronar.

Agradeço também aos meus amigos e colegas Ana Paula, Alexandre, Anna Carolina, Jacqueline, Jean, Juliano, Micheli, Naiane e Rodrigo, que estiveram juntos comigo nos momentos que, mesmo longe da família, me fizeram sentir amado e seguro de afeto e carinho. Também me ajudaram nas horas de estudo, trabalhos e provas da faculdade.

Aos meus amigos do município de Santiago, Amanda, Caroline e Nathalia que, de certa forma, me incentivaram a seguir firme, com palavras e gestos de carinho

Ao meu orientador, o Prof. Dr. Chrystian Dalla Lana da Silva, um agradecimento especial, pois acreditou na minha capacidade e no meu trabalho, assim como me orientou com toda dedicação, mesmo que a distância.

O sucesso é ir de fracasso em fracasso
sem perder o entusiasmo.

Winston Churchill

Engenharia: onde os nobres semi-hábeis
trabalhadores executam a visão daqueles
que imaginam e sonham.

Sheldon Cooper

RESUMO

A energia elétrica é um insumo de grande impacto tanto no desenvolvimento quanto no orçamento das indústrias, dessa forma, tentar fugir das variações deliberadas das tarifas do mercado de energia elétrica nacional, empresas com alto consumo vem buscando alternativas para reduzir os custos energéticos. O presente trabalho busca mostrar duas alternativas para o suprimento de energia, na tentativa de minimizar as oscilações da fatura de energia que o Ambiente de Contratação Regulado (ACR) tem. Uma delas é por meio da migração para o Ambiente de Contratação Livre, onde preço, prazos e contratos são negociados diretamente com as comercializadoras e distribuidoras de energia, trazendo o poder de decisão e previsão orçamentária ao consumidor participante do Mercado Livre de Energia (MLE). Outra alternativa de suprimento é a inclusão de um sistema de Geração Distribuída (GD). No trabalho será abordado a fonte de energia fotovoltaica. Contando com um grande potencial a ser explorado, essa geração está em crescimento no país, tornando uma das fontes de energia renováveis mais procuradas para suprimento de carga residencial, comercial e industrial, o que remete a busca por inovações tecnológicas e regulatórias. Ao final, espera-se mostrar, através de estudos e análises de viabilidade econômica e retorno financeiro, qual das alternativas de suprimento abordadas é a melhor opção.

Palavras-Chave: Geração Distribuída (GD), Mercado Livre de Energia (MLE), Suprimento de Energia e Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

Electricity is a resource with large impact on development and of industries, so trying to avoid deliberate variations in tariffs of the national electricity market, companies with high consumption have been looking for alternatives to reduce energy costs. The present work aims to show two alternatives for energy supply in an attempt to minimize the oscillations of the energy bill that the Regulated Contracting Environment (ACR) has. One of them is through the migration to the Free Contracting Environment, where price, terms and contracts are negotiated directly with energy traders and distributors, bringing the power of decision and budget forecasting to consumers participating in the Free Market of Energy (MLE). Another supply alternative is the inclusion of a Distributed Generation (DG) system. In this work, the photovoltaic energy source will be considered. With great potential to be explored, this type of generation is growing a lot in the country, becoming one of the most sought after renewable energy sources for energy supply in residential, commercial and industrial loads, which leads to the search for technological and regulatory innovations. By the end, it is aimed to show, through studies and economic viability and financial return analysis which of the supply alternatives addressed is the best option.

Keywords: Distributed Generation (DG), Economic Viability, Energy Supply, Free Energy Market (MLE),

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico da Matriz Energética do Brasil em 2020	17
Figura 2 – Fluxograma da Estrutura do SEB.....	24
Figura 3 – Fluxograma do escoamento de energia elétrica no mercado cativo	28
Figura 4 – Fluxograma da comercialização no Mercado Livre de Energia	29
Figura 5 – Fluxograma da metodologia de formação de preço do PLD	32
Figura 6 – Composição tarifária	33
Figura 7 – Apresentação do Grupo A e seus Subgrupos	36
Figura 8 – Apresentação do Grupo B e seus Subgrupos	37
Figura 9 – Dados da Evolução Anual do Número de Agentes (2000-2019).....	43
Figura 10 – Escoamento de energia com a inserção de Geração Distribuída	49
Figura 11 – Gráfico da Geração Distribuída no Brasil por estados	54
Figura 12 – Gráfico de comparação da geração de energia por fontes renováveis ..	56
Figura 13 – Gráfico que demonstra a evolução da migração de carga por ramo de atividade.....	57
Figura 14 – Dados de irradiação para a cidade de Santiago-RS	63
Figura 15 – Gráfico da geração fotovoltaica x consumo de energia.....	72
Figura 16 – Gráfico da geração fotovoltaica x consumo de energia.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Geração Distribuída por fonte renovável	55
Tabela 2 – Dados de consumo da empresa em estudo	58
Tabela 3 – Dados da modalidade tarifária horário verde.....	59
Tabela 4 – Valores do PLD mensal para o período de estudo	59
Tabela 5 – Dados dos tributos governamentais	61
Tabela 6 – Dados de irradiação para a cidade de Santiago-RS, em kWh/m ² .dia	64
Tabela 7 – Resultados obtidos para o consumo anual da empresa em estudo	68
Tabela 8 – Resultados dos cálculos para determinar o valor da fatura de energia ...	69
Tabela 9 – Dados comparativo para analisar o preço da energia	70
Tabela 10 – Preço da energia no Mercado Cativo e Livre	71
Tabela 11 – Dados encontrados pela geração do sistema com 500 kWp.....	73
Tabela 12 – valores para comparar.....	74
Tabela 13 – Dados necessários para análise econômica	75

SUMÁRIO

AGRADECIMENTO	7
RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
SUMÁRIO	13
1 INTRODUÇÃO	16
1.1. Considerações gerais	16
1.2. Motivação	18
1.3. Objetivos	19
1.4. Estrutura	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1. Considerações gerais	21
2.2. Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro	21
2.3. Organização e Agentes do SEB	24
2.3.1. Geração	24
2.3.2. Transmissão	25
2.3.3. Distribuição	25
2.3.4. Comercializadores	26
2.3.5. Importadores e Exportadores de Energia	26
2.3.6. Consumidores Livres	26
2.3.7. Consumidores Cativos	27
2.3.8. Consumidor Especial	27
2.4. O mercado brasileiro de energia elétrica	27
2.4.1. Estrutura do mercado e ambiente de contratação	27
2.4.1.1. Ambiente de Contratação Regular (ACR)	28

2.4.1.2. Ambiente de Contratação Livre (ACL)	29
2.4.1.3. Preço de Liquidação das Diferenças (PLD).....	30
2.4.1.4. Metodologia de Preço	31
2.4.2. Aspectos Tarifários.....	32
2.4.2.1. Composição Tarifária.....	32
2.4.2.2. Bandeiras Tarifárias.....	34
2.4.2.3. Postos Tarifários	35
2.4.2.4. Grupos e Subgrupos tarifários	36
2.4.2.5. Modalidades tarifárias	37
2.4.3. Mercado livre de energia	38
2.4.3.1. Quem pode migrar para o mercado livre	38
2.4.3.2. Funcionamento do mercado livre.....	39
2.4.3.3. Requisitos para entrada no mercado livre	39
2.4.3.4. Papel dos comercializadores	40
2.4.3.5. Obrigações e direitos dos consumidores livres	41
2.4.3.6. Estratégia e cuidados no mercado livre de energia	42
2.4.3.7. Números do Mercado livre de energia	43
2.4.3.8. Vantagens do Mercado Livre de Energia.....	44
2.4.3.9. Desafios e desvantagens do Mercado Livre de Energia.....	46
2.4.4. Geração Distribuída	47
2.4.4.1. Considerações gerais da Geração Distribuída	48
2.4.4.2. Créditos de energia na GD	49
2.4.4.3. Condições para a adesão	50
2.4.4.4. Vantagens da Geração Distribuída.....	51
2.4.4.5. Desafios e desvantagens da Geração Distribuída.....	52
2.4.4.6. Mercado da Geração Distribuída	52
2.5. Considerações finais do segundo capítulo.....	55
3 TOPOLOGIA E ANÁLISE.....	56
3.1. Considerações gerais	56
3.2. Dados necessários para análise.....	57

3.3.	Metodologia de cálculo tarifário	60
3.4.	Geração distribuída por fonte solar	63
3.5.	Metodologia para análise da viabilidade econômica	65
3.5.1.	Valor presente Líquido (VPL)	65
3.5.2.	Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	65
3.5.3.	Taxa Interna de Retorno (TIR)	66
3.5.4.	Prazo de retorno do investimento (Payback)	66
3.6.	Considerações finais do terceiro capítulo.....	67
4	RESULTADOS DE SIMULAÇÃO	68
4.1.	Considerações gerais	68
4.2.	Suprimento pelo Mercado Livre de Energia	68
4.3.	Suprimento por Energia Fotovoltaica	72
4.4.	Análise econômica do investimento	75
4.5.	Considerações finais do quarto capítulo.....	77
5	CONCLUSÕES	78
5.1.	Considerações gerais	78
5.2.	Conclusões sobre as alternativas	78
5.3.	Sugestões para trabalhos futuros	79
	REFERÊNCIAS.....	80

1 INTRODUÇÃO

1.1. Considerações gerais

Sendo uma das mais complexas e importantes termômetros do setor econômico mundial e da vida dos seres humanos, a energia elétrica se tornou um dos principais indicadores de qualidade de vida e desenvolvimento econômico de um país, uma vez que ela impacta diretamente no crescimento tecnológico mundial, possibilita a automatização de processos que otimizam tempo e esforço, aumenta a produtividade e proporciona condições de vida melhores. Dessa forma, o Mercado de Energia Elétrica precisou se renovar e encontrar meios de atender à demanda dada pelo avanço tecnológico (LEAL, 2017).

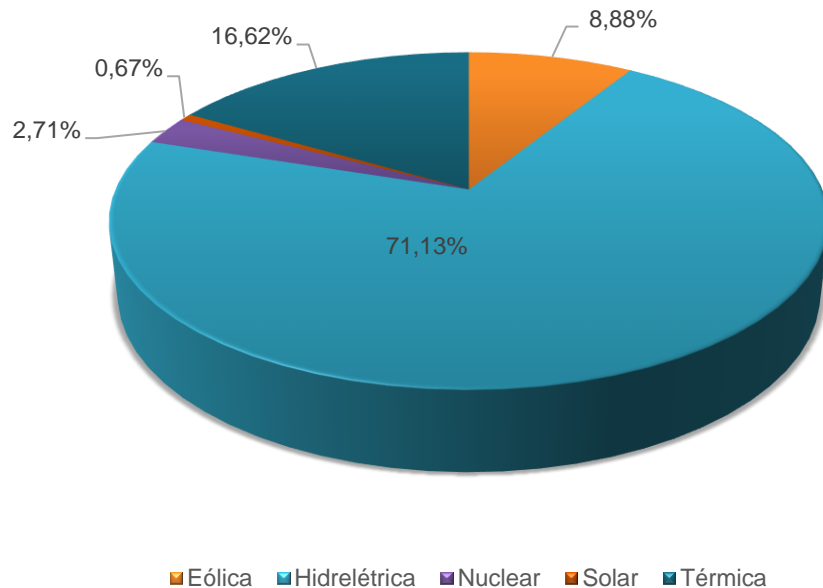
O Sistema Elétrico de Potência (SEP) é formado por quatro pilares essenciais: a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. A geração é a parte dedicada à produção de energia elétrica, geralmente produzida através da conversão de energia mecânica, cinética, solar, nuclear, eólica, entre outras, em eletricidade. A transmissão é responsável pelo transporte de energia produzida pelas usinas geradoras, por meio de cabos aéreos feitos de aço envoltos de materiais condutores (linhas de transmissão, LT's) suportados por estruturas metálicas. A distribuição é a etapa final da transmissão de energia onde a tensão é rebaixada a níveis aceitáveis para o consumidor final. No Brasil, é feita através de redes aéreas em postes e, em alguns centros comerciais, de forma subterrânea. A comercialização é o setor do SEP destinado a compra, venda e remanejamento dos recursos envolvendo todos os processos de geração e escoamento de energia elétrica (ZANETTA JUNIOR, 2006).

A matriz energética mundial possui uma vasta diversidade de fontes primárias, sendo que se destacam: petróleo, carvão mineral, gás natural, energia hidráulica, energia eólica, solar e energia proveniente da biomassa. Ainda assim, com toda a diversidade, o consumo de combustíveis fósseis (recursos esgotáveis, como petróleo e carvão mineral) prevalecem quando comparados aos demais.

Quando se trata da diversidade de recursos renováveis, o Brasil mostra ser o país com a maior matriz energética para a exploração de energia limpa através de hidroelétricas, solar e eólica. A geração de energia no Brasil é predominantemente hídrica, contando com 71,13% de geração hídrica e com um potencial enorme para

expansão na geração eólica e solar. A Figura 1 mostra o gráfico da influência de cada grupo de geração que compõe a matriz energética no Brasil (ONS, 2021).

Figura 1 – Gráfico da Matriz Energética do Brasil em 2020



Fonte: Elaboração própria. Adaptado do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS (2021)

Ao longo de sua história, o Modelo de Setor Elétrico Nacional ficou grande parte do tempo verticalizado e de controle estatal, tornando um ambiente de monopólio, mantendo as tarifas reguladas e contendo apenas consumidores cativos. Em 1996, foi implantado o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB), pois o anterior mostrou sinais de estagnação gerada pela falta de competitividade (MME, 2001).

Coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, e dispondo da visão lucrativa de técnicos brasileiros e a empresa Cooper e Lybrand, foram estabelecidos os direcionamentos pelos quais o setor elétrico brasileiro (SEB) deveria desenvolver, com o intuito de criar um ambiente mais organizado e competitivo a fim de atrair novos investimentos e a redução das tarifas para o consumidor final.

O SEB possui Geração Centralizada (GC) como predominância, contando com grandes blocos de energia interligados por linhas de transmissão até os grandes centros. Por outro lado, a geração distribuída (GD) caracteriza-se por centrais geradoras de pequeno porte, situadas nas redes de distribuição de energia elétrica. Estas auxiliam no suprimento de energia, tornando-se uma alternativa para diminuir os gastos com energia elétrica.

A GD vem oferecendo inúmeras vantagens para o setor elétrico; uma delas é a diminuição das perdas pelo transporte de energia, uma vez que a geração está próxima à carga. Além disso, proporciona uma vasta diversidade de produção, bastando analisar qual recurso energético que possui possível investimento a ser realizado e o tipo de carga a ser alimentada.

Para acompanhar o desenvolvimento e a alta crescente de demanda, o Mercado de Energia Elétrica brasileiro transformou sua ideia de um ambiente controlado e de tarifas impostas. No ano de 1995, com a Lei 9.074, criou-se o conceito de Consumidor Livre e Produtor independente de Energia. Dessa forma, surgem dois grupos de consumidores: os cativos e livres. No primeiro grupo, dos cativos, as tarifas são reguladas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), enquanto os consumidores livres podem negociar o preço pago pela energia. Atualmente, cerca de 32% do volume de energia consumida no Brasil está sendo comercializada por agentes do mercado livre de energia, segundo dados do boletim de fevereiro de 2021 da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (Abraceel) (ABRACEEL, 2021).

Para avaliar a melhor alternativa de suprimento de energia para consumidores de alta demanda, deve-se analisar todas as possibilidades que o mercado de energia oferece. No presente trabalho, consta uma análise de mercado, com o intuito de encontrar a melhor alternativa de abastecimento de energia elétrica.

1.2. Motivação

Como mencionado anteriormente, a energia elétrica possui papel fundamental e estratégico em qualquer empresa ou indústria, sendo capaz de corresponder mais de 40% dos custos fundamentais desse negócio. Antes do conceito de mercado livre e produtor independente, as tarifas reguladas pela ANEEL não permitiam que os consumidores escolhessem como seriam seu suprimento de energia (ITO, 2016).

Em 2015 no Brasil, o preço da energia apresentou um aumento superior a 20% na sua média, dados levantados na Revisão Tarifária Extraordinária (RTE) ocorrida nas distribuidoras de energia. Acompanhando esses dados, as empresas notaram que o orçamento estipulado para esse fim já não era suficiente, uma vez que as mesmas se submetem aos preços consolidados pela ANEEL no mercado cativo. Como resultado, houve um grande aumento na procura de recursos para reduzir os custos energéticos e assim, mantendo a saúde financeira dos negócios (ANEEL, 2016).

Para empreendimentos que apresentam os requisitos e características necessárias, a migração para o mercado livre de energia tem se tornado o principal escape das variações e valores de tarifas do setor energético, já que este promete uma redução entre 20% a 30% no custo médio com energia, assim crescendo cada vez mais a procura de agentes comercializadores para fazer a migração do mercado cativo para o ambiente livre (COMERC, 2021).

Segundos dados da Câmara Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), atualmente cerca de 30% da carga do Sistema Interligado Nacional (SIN) está sendo comercializada no Mercado Livre de Energia (CCEE, 2018).

1.3. Objetivos

Este trabalho tem por objetivo geral o estudo da viabilidade de implantação da Geração Distribuída frente às opções de suprimento no Mercado Livre de Energia. Ao fim do trabalho espera-se demonstrar, através de simulações e análises, a melhor alternativa para que energia não seja o motivo de estagnação na tecnologia e evolução de um negócio, por apresentar mais de um terço do seu custo.

Como objetivos específicos, citam-se:

- Estudo do Setor Elétrico Brasileiro
- Estudo do mercado de energia no Brasil.
- Análise das opções de fornecimento de energia do mercado nacional.
- Estudos e análises dos requisitos para migração ao Ambiente de Contratação Livre.
- As opções de entrada no Mercado Livre de Energia
- Estudos e análises dos requisitos para implantação de Geração Distribuída
- Análise da viabilidade econômica para a migração para o Mercado Livre de Energia frente as condições do Mercado Cativo.
- Análise da viabilidade das alternativas de suprimento.

1.4. Estrutura

O presente trabalho será dividido em cinco capítulos. No primeiro, já apresentado, contém a introdução ao assunto referido, conta com uma contextualização sucinta, abordando as considerações gerais ao tema, motivação, objetivo e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo são evidenciados os conceitos necessários para melhor entendimento, conhecimento e compreensão do Mercado de Energia no Brasil. Também são abordadas as diferentes formas de suprimento de energia elétrica.

O terceiro capítulo, por sua vez, traz a metodologia e os dados necessários para análise do perfil de consumo frente aos requisitos exigidos do mercado de energia.

No quarto capítulo, encontra-se as discussões dos resultados obtidos por meio da metodologia empregada, com o intuito de encontrar a alternativa que permita a melhor viabilidade de investimento e retorno financeiro.

Por fim, no último capítulo, tem-se a conclusão do trabalho e observações sobre ele.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Considerações gerais

A energia elétrica está diretamente relacionada ao desenvolvimento industrial. Tal importância, remete a qualidade do serviço prestado pelas geradoras e distribuidoras. Para isso os valores empregados nos serviços podem ocorrer variações, que são passados aos consumidores através das tarifas. O Mercado de Energia no Brasil é complexo e tem uma estrutura que permite ao consumidor analisar alternativas que minimize os gastos com energia. Para melhor compreender, serão apresentados todos os conceitos necessários que permitirão entender a estrutura, funcionamento e alternativas do mercado de energia.

2.2. Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro

O Brasil é um país com uma grande massa territorial e seu Sistema Interligado Nacional precisa ser livre de falhas. Por isso, para que a energia elétrica chegue ao consumidor final com qualidade, segurança e de modo financeiramente viável, o Setor Elétrico Brasileiro compõe-se por órgãos que fiscalizam, gestionam e operam o sistema para que não ocorram erros, falhas e interrupções, desde a geração até o consumidor (CCEE, 2017).

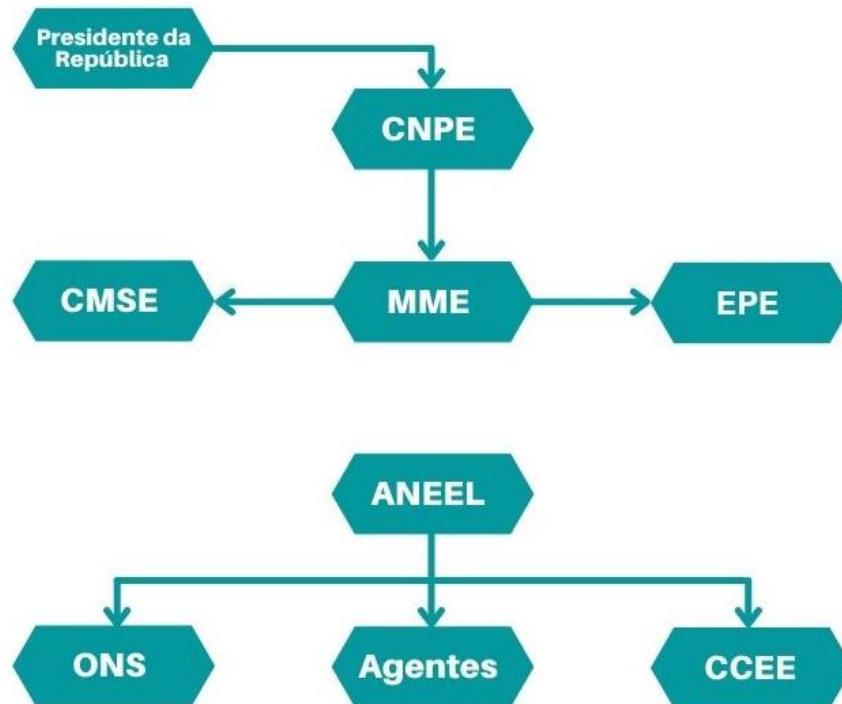
- CNPE – Conselho Nacional de Política Energética: órgão interministerial de assistência à Presidência da República, responsável por formular políticas e diretrizes para o setor energético, buscando sempre as melhores alternativas para assegurar o suprimento de energia nas áreas mais remotas ou com difícil acesso do país, juntamente de estudos regulares das matrizes energéticas inseridas em diferentes regiões.
- MME – Ministério de Minas e Energia: órgão do Governo Federal, o MME conduz as políticas energéticas do país, atuando na sua formulação e implementação de acordo com as diretrizes definidas pelo CNPE. O MME tem a responsabilidade planejar ações preventivas e de monitorar o setor energético nacional para garantir a segurança do suprimento, a fim de evitar que o SEB entre em desequilíbrio com relação a oferta e demanda de energia.

- EPE – Empresa de Pesquisa Energética: é uma empresa prestadora de serviço com vínculo no MME, cuja área de atuação inclui estudos e pesquisas direcionados aos subsidiários para o planejamento do setor energético, de acordo com a Lei nº 10.847/04 e criada pelo Decreto nº 5.184/04. A empresa vinculada terá capacidade de realizar estudos e projeções da matriz energética brasileira, assim como executar ações estratégicas para o planejamento integrado de recursos energéticos, expansão da geração e transmissão de energia elétrica de curto, médio e longo prazo. Também são atribuições da empresa a elaboração de estudos assegurando a viabilidade técnico-econômica e socioambiental na implantação de usinas, assim como conseguir licenças ambientais prévias para o aproveitamento hídrico na construção de hidrelétricas e de expansão da transmissão de energia elétrica (CCEE, 2019).
- CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico: órgão vinculado e sob coordenação direta do Ministério de Minas e Energia, o CMSE monitora e promove ações preventivas para garantir a segurança e a continuidade ao suprimento de energia em todo território nacional. Suas principais atribuições incluem: avaliar as condições de abastecimento e de atendimento, supervisionar o desenvolvimento das atividades de geração, distribuição, comercialização, exportação e importação de energia elétrica; consiste também em realizar análise integrada na segurança e dificuldades no abastecimento e atendimento elétrico, elaborando propostas, ações e ajustes preventivos na expansão do setor.
- ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica: regula e fiscaliza todo o processo de escoamento da energia elétrica, começando nas unidades geradoras, passando pelas linhas de transmissão, distribuição e comercialização, zelando pela universalização do atendimento, qualidade na prestação de serviço e pelo estabelecimento das tarifas que serão direcionadas ao consumidor final, mantendo sempre a viabilidade financeira e econômica das indústrias e dos Agentes. A ANEEL também é responsável pelas licitações na modalidade de leilões, designada em 2004 com o novo modelo vigente, permitindo a contratação de energia pelos Agentes de distribuição do SIN.

- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico: o ONS foi criado pela Lei nº 9.648/98, e regulamentado pelo Decreto nº 2.655/98, com as alterações do Decreto nº 5.081/04, para operar, controlar e supervisionar a coordenação das instalações de unidades geradoras e administrar a rede básica, pelo qual o Sistema Interligado Nacional (SIN) é formado, com propósito de satisfazer os requisitos carga, reduzir custos e assegurar a confiabilidade do sistema, determinando, ainda, os requisitos para o acesso à malha de transmissão em alta-tensão do país. Em 2004, foram feitas alterações para trazer maior independência para os cargos de comando da ONS, permitindo a estabilidade do mandato de sua diretoria, ainda que apresenta fiscalização pela ANEEL.
- CCEE – Câmara Comercialização de Energia Elétrica: a comercialização de energia elétrica exige infraestrutura que abrange aspectos operacionais, tecnológicos e regulatórios. Assim, foi criada pelo Decreto nº 5.177/04 e instituído pela Lei nº 10.848/04, a CCEE, assumindo em 2004 a Administradora de Serviços do Mercado Atacadista de Energia Elétrica – Asmae (1999) e o Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE (2000). Adquiriu a responsabilidade de contabilizar e fazer a liquidação financeira no mercado de curto prazo, sendo pilar da comercialização de energia com a ideia de contribuir para a evolução sustentável do mercado brasileiro de energia elétrica (CCEE, 2019). A CCEE reúne empresas de seguimentos do setor energético do Brasil, constituindo uma base diversificada de agentes, estimulando que seu trabalho preze pelo equilíbrio e agilidade, constituindo regras rígidas e equilibradas. Dessa forma, a CCEE está presente desde a medição de energia gerada e sucessivamente consumida. Sob controle e delegação da ANEEL, promove leilões de energia, conduzindo assim as exigências do mercado brasileiro de energia elétrica, garantindo que o fornecimento universal e as modicidades tarifárias e de preço sejam possíveis sem o papel desempenhado pela CCEE (CCEE, 2018).

A Figura 2 mostra o fluxograma da estrutura do SEB.

Figura 2 – Fluxograma da Estrutura do SEB



Fonte: Elaboração própria. Adaptado da CCEE

2.3. Organização e Agentes do SEB

O modelo atual vigente, introduzido em 2004, transformou a comercialização de energia elétrica em dois ambientes de negócio: o Ambiente de Contratação Regular (ACR), contando com agentes de geração e de distribuição de energia, e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), com geração, distribuição, comercializadores, importadores e exportadores, contando também com os consumidores livres e especiais. A seguir, são apresentados os principais agentes do mercado (CARDOSO; ROCHA, 2017).

2.3.1. Geração

A função de produzir energia elétrica fica a cargo dos agentes geradores, com permissão de fazer a venda. Eles podem vender tanto no ambiente Cativo quanto para Comercialização Livre, podendo ser dividido em (CCEE, 2016):

- Concessionária de Serviço Público de Geração: permissão e concessão federal titulada aos agentes para a prestação de serviço público na produção de energia elétrica.

- Produtor independente de energia elétrica (PIE): concessão, permissão ou autorização para a produção de energia elétrica a empresas unidas por consórcio ou pessoa jurídica, a fim de fazer a comercialização da energia produzida, assumindo todo e qualquer risco ocasionais de sua produção.
- Autoprodutores (AP): a produção de energia titular de concessão, permissão ou autorizada para seu consumo exclusivo, caso for permitido pela ANEEL, o excedente pode ser comercializado.

2.3.2. Transmissão

O escoamento de energia elétrica é de responsabilidade dos agentes de transmissão. Tendo responsabilidade de fazer o gerenciamento das redes de transmissão, que possuem suas vias de uso aberto, permitindo a utilização livre por qualquer agente do SEB. A cobrança pelo escoamento de energia é cobrada através da fatura de energia por uma tarifa pelo uso de transmissão (TUST) (CCEE, 2016).

A operação das linhas de transmissão é concedida à empresa que puder operar o sistema com o menor valor de mercado, para isso são feitos leilões visando baixos valores para o consumidor final.

Esse setor do SEB possui baixo retorno e grande investimento a quem é concedido sua operação, no entanto, a manutenção, expansão e administração das LT's fica a cargo das empresas proprietárias. Diferente da geração, o ambiente não é de livre contratação, ficando assim limitada e assim regulada por índices econômicos e técnicos.

2.3.3. Distribuição

Esse setor é responsável pelo escoamento da energia elétrica através de rede de distribuição, com níveis de tensão mais baixos. Os agentes de distribuição fazem a venda de energia elétrica aos consumidores com condições e tarifas regulados pela ANEEL, apenas a consumidores cativos. Com o surgimento do novo modelo de mercado de energia, os distribuidores são obrigados a participar do ambiente de contratação regulado (ACR), contando com contratos de energia a preços consequente de leilões (CCEE, 2016).

2.3.4. Comercializadores

Para se tornar uma agente de comercialização, empresas comprometem-se às regras, procedimentos e condições estabelecidas no Conselho de Comercialização de Energia Elétrica, a CCEE, instituído pela ANEEL em 2004 (ITO, 2016).

Respeitando as regras vigentes no mercado, as empresas participam de leilões promovidos pela CCEE, podendo vender energia aos distribuidores no ACR e aos consumidores livres no ACL ou comprar energia pelo meio de contratos bilaterais no Ambiente Livre.

2.3.5. Importadores e Exportadores de Energia

Agentes do setor elétrico que possuem autorização do Poder Concedente para efetuar importação e exportação de energia elétrica com o intuito de suprir a demanda do mercado nacional, importadores, e países vizinhos, exportadores. Realizando papel fundamental para o setor, esses agentes serão melhor detalhados nas próximas seções (CCEE, 2016).

2.3.6. Consumidores Livres

Consumidores com capacidade de escolher seu fornecedor de energia elétrica mediante a livre negociação com agentes de geração e comercializadores, de acordo com os requisitos da legislação vigente.

A partir de 1998, segundo o regulamento a lei 9.427/98, parágrafo 5º, art, 26, de 26 de dezembro de 1996, as empresas que dispõem de uma demanda contratada igual ou superior a 500 kW, por unidade consumidora ou somatório das mesmas com mesmo CNPJ, podem adquirir energia oriundas de fontes alternativas e renováveis, tais como termelétricas a biomassa, parques eólicos, hidroelétricas de pequeno porte (PCH), entre outros. É uma maneira incentivadora para que esses consumidores economizem na fatura e, ao mesmo tempo, incentiva o mercado de energias renováveis (CLÍMACO, 2010).

Com a Resolução normativa nº 247/06 da ANEEL (2006), essas empresas passam a se chamar Consumidores Especiais, sendo permitida o suprimento de sua carga através de diversas fontes, a fim de totalizar sua demanda, respeitando a obrigatoriedade da compra de energia exclusivamente de usinas com energia incentivadas.

Já consumidores empresariais que contam com uma demanda igual ou superior a 1,5MW possuem a livre escolha de quem será sua fonte de geração, incluindo modernas usinas térmicas e eólicas ou grandes centrais hidrelétricas.

De acordo com o inciso III do art. 2º do Decreto nº 5163/04, os consumidores especiais e livres precisam garantir que seu consumo será 100% suprido pelas fontes contratadas, sendo de geração própria ou através de contratos registrados na CCEE.

2.3.7. Consumidores Cativos

Consumidores participantes do Ambiente de Contratação Regulado (ACR), onde seu abastecimento de energia será disponibilizado pela concessionária localizada na região onde se encontra a sua instalação, ficando assim, submetido às tarifas e condições estabelecidas pela Agencia Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (CCEE, 2016).

2.3.8. Consumidor Especial

São consumidores que podem optar por migrar para o mercado livre de energia, porém poderão apenas adquirir energia de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) ou de fontes incentivadas especiais (eólica, biomassa ou solar), desde que sua demanda contratada esteja igual ou maior que 500 kW e menor que 1,5 MW e que sua área contígua ou de mesmo Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ), conforme subseção 2.2.6.

2.4. O mercado brasileiro de energia elétrica

O modelo vigente do mercado de energia tem como objetivo principal a segurança do suprimento de energia, prezando sempre pela modicidade tarifária e o acesso à energia para todos. Esses objetivos são conflitados com a divisão de orçamento para investimento no setor. Portanto, o mercado brasileiro de energia deve sempre buscar otimizar segmentos de oferta e demanda.

2.4.1. Estrutura do mercado e ambiente de contratação

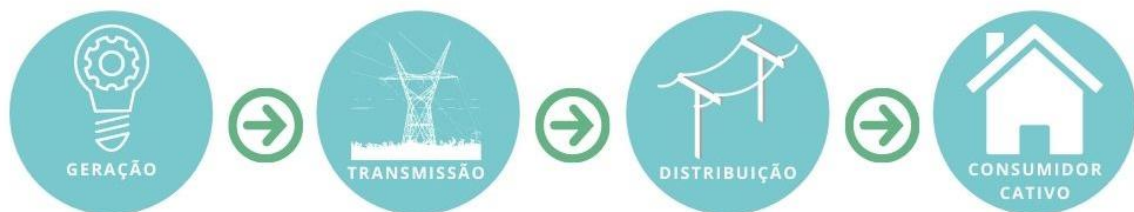
Atualmente existem dois ambientes para a contratação de energia no modelo de comercialização vigente: o ambiente de contratação regulado (ACR) e o ambiente de contratação livre (ACL). Independente da contratação, seja ela no ACR ou no ACL, todos os contratos devem ser registrados na CCEE, uma vez que os registros são

utilizados como base para a contabilização e liquidação das diferenças no mercado de curto prazo (CCEE, 2020).

2.4.1.1. Ambiente de Contratação Regular (ACR)

Estão presentes neste ambiente os agentes geradores, as distribuidoras e os consumidores cativos. Neste âmbito de contratação, o valor da energia é regulado e supervisionado pelas regras estabelecidas pela ANEEL, impedindo, assim, que as concessionárias de distribuição variem os preços, tornando-os abusivos aos consumidores que adquirem energia no mercado ACR. A estabilidade dos preços é um grande atrativo para os consumidores deste ambiente, uma vez que a ANEEL fixa os valores previamente e possibilita reajustes anuais. No mercado cativo, os consumidores não podem negociar o montante de energia elétrica a receber, ficando sujeito à sua concessionária de distribuição. Na Figura 3 é mostrado o fluxograma do escoamento de energia até o consumidor cativo (CCEE, 2020).

Figura 3 – Fluxograma do escoamento de energia elétrica no mercado cativo



Fonte: Elaboração própria. Adaptado de ANEEL (2017)

Para certificar que haja a expansão da oferta, o governo impõe que as distribuidoras contratem sua demanda de forma projetada e integral, através de contratos bilaterais entre agentes geradores e de distribuição. A contratação é realizada por leilões de energia, onde o vencedor é aquele que ofertar o menor preço de venda, em reais, do megawatt-hora (CARDOSO; ROCHA, 2017).

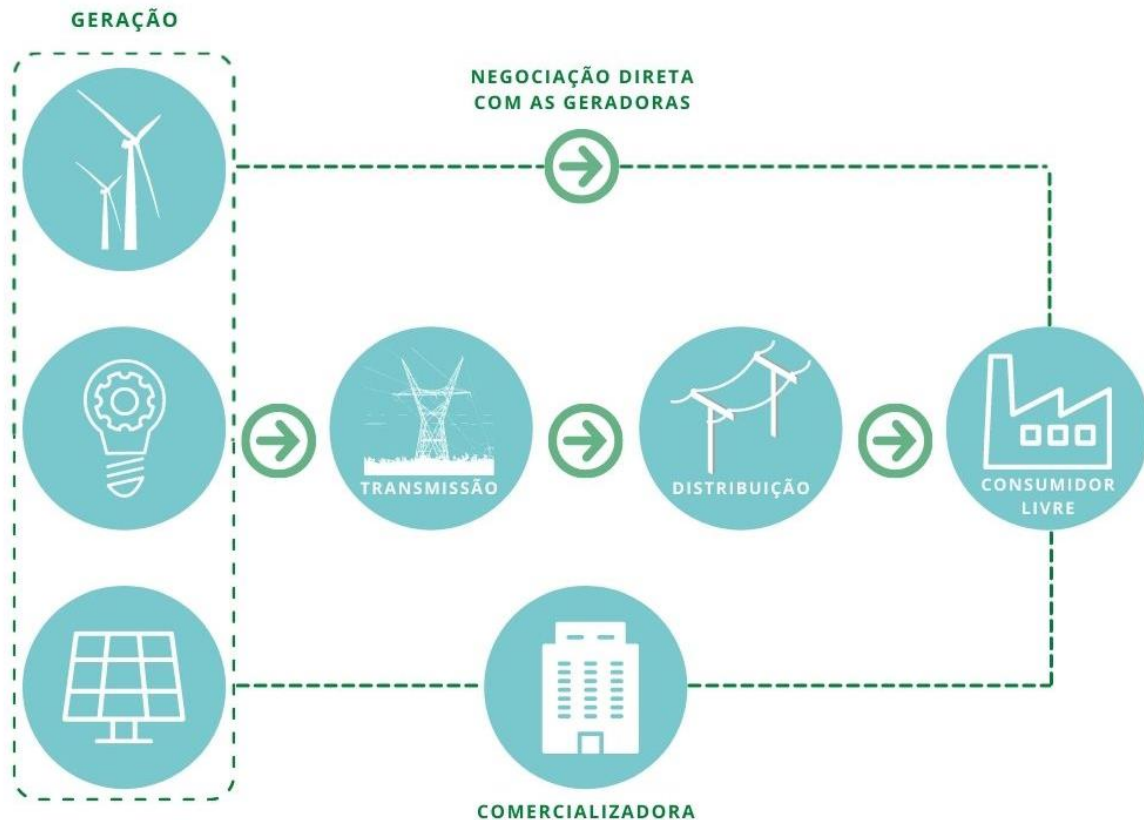
Para consumidores do ACR, o maior desafio é determinar sua demanda contratada de forma coerente e que abranja todo seu consumo, com o intuito de evitar multas por excesso de demanda.

Os consumidores cativos pagam uma taxa fixa de energia de acordo com seu padrão de entrada e bandeira tarifária, regulada pré-estabelecida pela ANEEL no início de cada ano, podendo variar de acordo com a distribuidora que faz o escoamento da energia.

2.4.1.2. Ambiente de Contratação Livre (ACL)

Esse ambiente de contratação possibilita que seus consumidores escolham seu fornecedor de energia. O ACL é direcionado para atender aos consumidores livres e especiais. Diferente do ambiente regulado, a energia adquirida pelo consumidor do ACL pode não ser necessariamente oriunda de leilões. Participam deste ambiente os agentes de geração, comercialização e consumidores livres e especiais. O grande atrativo deste ambiente de contratação é que os consumidores contam com a liberdade de negociar diretamente com os comercializadores de energia, flexibilizando contratos, preços e prazos de concessão. Na Figura 4 é representado o fluxo do Mercado Livre de Energia (CARDOSO; ROCHA, 2017).

Figura 4 – Fluxograma da comercialização no Mercado Livre de Energia



Fonte: Elaboração própria

As partes que envolvem as negociações não sofrem interferência do estado, apenas tendo a obrigatoriedade de contratos e transações registrados no CCEE.

Se o consumidor participante desse mercado pretende retornar ao ambiente regulado, tornando consumidor cativo, deve informar à concessionária de distribuição a qual é atendido, com prazo de cinco anos para consumidores livres e cento e oitenta

dias para consumidores especiais. Os referidos prazos podem ser discutidos ou flexibilizados dependendo da sua concessionária ou permissionária de distribuição, devido ao impacto que um consumidor de grande demanda acarreta no sistema (CCEE, 2020).

Uma particularidade desse ambiente de contratação é que os consumidores se expõem ao mercado livre de energia. Uma vez que o consumo for maior ou menor que o contratado, será necessário a compensação dessa diferença. Sendo esta, negativa ou positiva, conta com uma tarifa distintas das demais, chamada de Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), comercializada no Mercado de Curto Prazo, ou conhecido como Mercado Spot. A CCEE é responsável por contabilizar as diferenças dos resultados das medições e parametriza com os valores contratados, assim são obtidos os montantes de energia que deveram ser negociados no mercado de curto prazo (CCEE, 2021).

2.4.1.3. Preço de Liquidação das Diferenças (PLD)

O PLD é calculado semanalmente pela CCEE, para cada nível de carga do sistema e para cada submercado, através de modelagens matemáticas desenvolvidas pelo Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), também utilizado pelo ONS. Tendo como base nos valores de Custo Marginal de Operação (CMO), que levam em consideração variações como condições hidrológicas, preço dos combustíveis, custo de déficit, demanda de energia, entrada de novos projetos e na disponibilidade de equipamento de geração e transmissão. O objetivo do cálculo do PLD e consequentemente do CMO é encontrar a solução ótima com o uso ou do armazenamento da água nas usinas hidroelétricas ou da utilização dos combustíveis nas usinas termoeletricas (CCEE, 2021).

A ANEEL no início de cada ano divulga um piso e um teto (valor mínimo e máximo, respectivamente) para o PLD. Sabendo que a diferença entre eles é grande e que a metrologia de cálculo é extremamente sensível à variação climática, planejar detalhadamente o perfil de consumo de cada cliente faz-se primordial, uma vez que os contratos celebrados do ACL podem ser diretamente impactados com possíveis variações de tarifa.

2.4.1.4. Metodologia de Preço

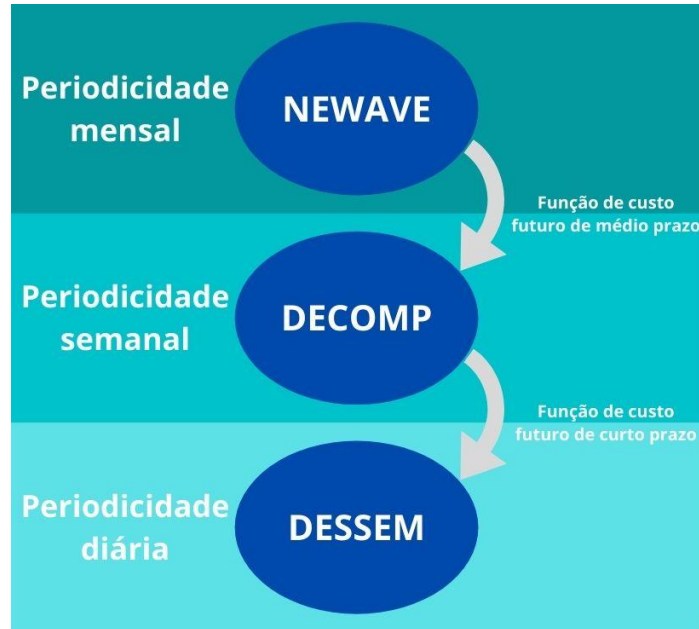
A metodologia para a determinação do PLD é operacionalizada pelos modelos computacionais Newave (longo prazo), Decomp (curto prazo) e Dessem (curtíssimo prazo) (CCEE, 2021).

- Newave: empregado no planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de longo prazo (até 5 anos) e discretização, o modelo computacional de otimização Newave tem como objetivo a determinação da estratégia de geração hidráulica e térmica para cada estágio, com a finalidade de minimizar os valores esperados do custo de operação para os limites de planejamento visados. Como principal resultado, esse modelo permite a aquisição de funções de custo futuro, permitindo a transição de dados para o modelo de curto prazo, e a verificação dos impactos da utilização da água armazenada nos reservatórios.
- Decomp: também empregado no planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos, porém de curto prazo (oficialmente de 2 meses), e discretização semanal referente ao primeiro mês, o modelo computacional de otimização Decomp é utilizado para estabelecer o despacho de geração das usinas termelétricas e hidroelétricas, afim de minimizar o custo de operação ao longo do período de planejamento, utilizando o conjunto de dados disponíveis, como limites de transmissão entre submercados, disponibilidades, previsões de cargas, vazões, função de custo futuro disponibilizado pelo modelo Newave, etc.

Dessem: outro modelo computacional que é utilizado no planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos, contudo, trabalha com dados de curtíssimo prazo utilizando cenário oficial de até 7 dias. Semelhante aos objetivos do modelo Decomp, o Dessem passa a utilizar dados daquele para deixar sua função capaz de minimizar ainda mais os custos de operação, custo marginal de operação e por submercado, por apresentar uma base mais detalhada das informações, como previsões de carga, vazões, geração eólica, disponibilidades, limites de transmissão entre subsistemas, função de custo futuro do Decomp, etc. Em 1º de janeiro de 2021, os valores para cálculo do PLD, oficiais, são baseados nos resultados da execução do modelo DESSEM.

A Figura 5 mostra um fluxograma da metodologia de formação do preço do PLD.

Figura 5 – Fluxograma da metodologia de formação de preço do PLD



Fonte: Elaboração própria. Adaptado de CCEE (2021)

2.4.2. Aspectos Tarifários

O objetivo da aplicação de tarifa é assegurar que os prestadores do serviço de abastecimento de energia tenham o cobrimento de seus custos operacionais eficientes e remunerar investimentos necessários para expandir a capacidade e garantir o atendimento do serviço de forma segura, confiável e com qualidade. Os custos para a composição da tarifa são calculados por metodologias desenvolvidas pela ANEEL, que são compostas por cada segmento do setor elétrico, considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado (ANEEL, 2017).

2.4.2.1. Composição Tarifária

A composição tarifária no território nacional é desmembrada em três custos distintos, como pode ser visualizado na Figura 6 (ANEEL, 2017).

Figura 6 – Composição tarifária



Fonte: Elaboração própria. Adaptado de ANEEL (2017)

Uma das divisões da tarifa, chamada parcela A, engloba os custos decorrentes das atividades que as distribuidoras executam como geração e transmissão de energia elétrica. Conta também de encargos setoriais previamente previstos por legislação específica. Dessa forma, na parcela A os custos são de aquisição de energia, transporte e encargos setoriais.

Já com a segunda parte da tarifa está a parcela B, onde são representados os custos gerenciados diretamente pela distribuidora de energia. Esses custos são provenientes das atividades que a distribuidora executa para escoar a energia até o consumidor, podendo oscilar dependendo da gerência adotada pela empresa de distribuição. Para cálculo tarifário, a parcela B é fracionada em cinco partes: os custos operacionais, receitas irrecuperáveis (porção estimada de inadimplência), recuperação de capital, cota de depreciação e outras receitas, como a conexão ao serviço público. Para que a tarifa seja coerente em seus valores, são feitas revisões a cada quatro anos, dependendo do contrato de concessão e permissão, nominado revisão tarifária. Para os períodos entre revisões, são feitas atualizações anuais (reajuste tarifário) na parcela B pelo índice de correção monetário perante contrato de concessão ou permissão, retirado de um fator de eficiência nominado de fator X (ANEEL, 2016).

Para neutralizar e repassar os ganhos extras das concessionárias, o fator X ajusta os valores cobrados, pois com o crescimento do mercado e o aumento consumo dos clientes já existentes, passam a arrecadar um valor maior.

A última parcela é direcionada aos encargos setoriais, que são apresentados como custos não gerenciáveis, instituídos por Lei, admitidos pelas concessionárias de distribuição e assim repassados aos consumidores. Esses encargos setoriais são divididos em (ANEEL, 2017):

- CDE – Conta de Desenvolvimento Energético;

- PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica;
- CFURH – Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos;
- ESS – Encargos de Serviços do Sistema;
- EER – Energia de Reserva;
- TFSEE – Taxa de Fiscalização dos Serviços de Energia Elétrica;
- P&D – Pesquisa e Desenvolvimento;
- Programa de Eficiência Energética – PEE;
- ONS – Contribuição ao Operador Nacional do Sistema.

Além da tarifa, são cobrados na fatura de energia o PIS/CONFINS, o ICMS e a taxa de iluminação pública pelo governo federal, estadual e municipal, respectivamente.

2.4.2.2. Bandeiras Tarifárias

A implementação do sistema de bandeiras tarifárias, ocorrido em 2015, é uma forma de indicar os meses onde às condições hídricas são desfavoráveis e assim reajustar as contribuições pagas pelos consumidores. Esta é uma forma de trazer as despesas para o momento onde o custo sazonal da geração se encontra, podendo ser variado a cada mês do ano, devido às condições hidrológicas, volume de chuvas e outros tipos de variáveis. O intuito desse mecanismo é implementar um dinamismo gerenciáveis nas tarifas, por parte da demanda, afim de proporcionar uma melhora na sincronização de preços e custos de energia, alertando aos consumidores uma alteração na produção de energia, auxiliando para que não haja riscos futuros no abastecimento (ANEEL, 2019).

O sistema de bandeiras tarifárias apresenta três cores de modalidades tarifárias, que alertam o consumidor o estado que se encontram os reservatórios ou qualquer outra reação adversa a qual possa vir a causar uma baixa produção de energia, que possuem as seguintes características:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,01343 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;

- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,04169 para cada quilowatt-hora kWh consumido.
- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,06243 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Todos os consumidores cativos das distribuidoras serão faturados pelo Sistema de Bandeiras Tarifárias, com exceção daqueles localizados em sistemas isolados.

2.4.2.3. Postos Tarifários

Para fazer o faturamento da energia e distinguir a demanda de potência necessária ao longo do dia, levando em conta as variadas modalidades tarifárias ofertadas, os postos tarifários foram o meio que as distribuidoras encontraram para evitar um colapso ou um apagão, devido ao alto consumo em um mesmo horário. Assim, foram regulamentados três tipos de postos tarifários: o horário de ponta, horário intermediário e o horário fora ponta (ANEEL, 2020).

- Horário de ponta: remete ao período diário composto por três horas contínuas. A concessionária define este intervalo através da curva de carga do seu sistema elétrico, que deve ter aprovação da ANEEL para toda a área de concessão. Porém, em feriados nacionais, sábados e domingos, esse período é descartado.
- Horário intermediário: remete ao período diário que antecede e sucede o horário estipulado na ponta, podendo variar de uma a duas horas, porém aplicado apenas nas unidades consumidoras que escolhem ser tarifados pela tarifa branca, que será discutida na subseção 2.3.2.5. [13]
- Horário fora de ponta: remete ao período diário compostos pelas horas consecutivas e complementares os horários de ponta e intermediários. [13]

Em certas regiões onde consumidores da subclasse rural que trabalham com irrigação ou aquicultura, é ofertado um horário especial, conhecido como período reserva. São destinadas 8h e 30 min de duração, com a finalidade de abranger toda a madrugada, a carga destinada para esse fim recebe um desconto na tarifa, mediante a região tarifaria pertencente. A REN nº 414/2010 (ANEEL, 2010), nos arts. 53-J, 53-L, regulamenta esse desconto.

Os postos são delimitados pelas áreas de concessão ou permissão de cada distribuidora, porém a algumas exceções, que se encontram na resolução que homologa a revisão tarifárias da mesma.

2.4.2.4. Grupos e Subgrupos tarifários

Para auxiliar na análise de custos e taxar tarifas compatíveis, o Decreto nº 62.724 de 1968 fez a divisão dos consumidores em dois grupos e dez subgrupos de acordo com classe de consumo. No grupo A, estão consumidores atendidos com tensão superior a 2,3 kV ou sistemas subterrâneos com distribuição em tensão secundária. Na Figura 7 é apresentado o grupo A e seus subgrupos, divididos por classes de tensão (ANEEL, 2021).

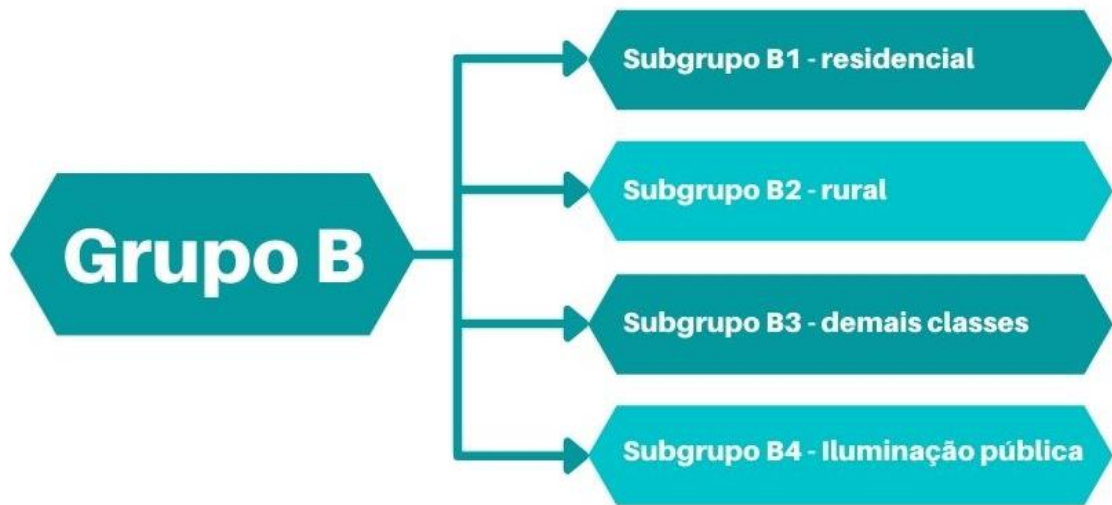
Figura 7 – Apresentação do Grupo A e seus Subgrupos



Fonte: Elaboração própria. Adaptado de ANEEL (2010)

Já no grupo B, engloba as unidades consumidoras atendidas por tensão inferior a 2,3 kV, os mesmos são caracterizados pela tarifa monômio. Esse grupo é dividido por quatro subgrupos, como é apresentado na figura seguinte (ANEEL, 2010).

Figura 8 – Apresentação do Grupo B e seus Subgrupos



Fonte: Elaboração própria. Adaptado de ANEEL (2010)

2.4.2.5. Modalidades tarifárias

Atualmente, pela regulamentação vigente, ha quatro modalidades tarifárias no Brasil, esse conjunto de tarifas são aplicados as componentes de consumo de energia elétrica e da demanda de potência ativa, são elas:

- Azul: modalidade caracterizada por disponibilizar diferentes tarifas, dependendo do horário de utilização de consumo de energia elétrica e da demanda de potência, aplicada apenas em consumidores participantes do grupo A, sendo de caráter obrigatório para os subgrupos A1, A2 e A3 e opcional para os subgrupos A3a, A4 e AS (ANEEL, 2012).
- Verde: modalidade caracterizada por disponibilizar diferentes tarifas, dependendo do horário de utilização de consumo de energia elétrica e apenas uma única tarifa para a demanda de potência. Aplicada apenas em consumidores participantes do grupo A, restrita as unidades consumidoras dos subgrupos A3a, A4 e AS, fazendo com que as consumidoras participantes destes subgrupos possam escolher entre a modalidade convencional binômia, horo sazonal verde e horo sazonal azul, dependendo do seu contrato de demanda (ANEEL, 2012).
- Convencional: modalidade tarifária caracterizada por implantar sua tarifa independente do horário de utilização. É subdividida em duas, a convencional binômia, aplicada as unidades consumidoras do grupo A restrita aos

subgrupos A3a, A4 e AS, e a convencional monômio destinada aos consumidores pertencentes ao grupo B. Esse modelo tarifário na modalidade binômica aplica uma variante que relaciona a energia consumida e outra a demanda de potência contratada, já para os consumidores do grupo B é cobrado apenas a energia consumida, independente do horário (ANEEL, 2012).

- Branca: modalidade tarifária designada aos consumidores do grupo B, com restrição ao subgrupo B4 e para consumidores de baixa renda, comprovada, do subgrupo B1. A modalidade tarifária branca possui distinção de horário para consumo com tarifas diferentes para os postos tarifários de ponta, fora ponta e intermediário. O objetivo dessa modalidade é deslocar a curva de consumo acentuado nos horários de ponta (MENEZES, 2014).

2.4.3. Mercado livre de energia

O mercado livre de energia é um ambiente de comercialização em que os agentes do setor conseguem agenciar livremente contratos de compra e venda de energia, onde os consumidores têm o direito de escolher seu fornecedor de energia, podendo negociar livremente um conjunto de variáveis como serviços associados à comercialização, período, prazo contratual e preço, de forma livre, diferente do mercado cativo, onde preços e prazo, por exemplo, não são negociáveis. Nesta seção o tema será abordado de forma mais aprofundada.

2.4.3.1. Quem pode migrar para o mercado livre

Dentro ambiente de contratação livre do mercado livre de energia existem dois tipos de consumidores: os consumidores livres convencionais e os consumidores especiais.

São consumidores especiais, empresas com demanda contratada igual ou superior a 500kW e menor que 1,5MW, ou somatório de demandas das unidades consumidoras reunidos por comunhão de interesses de direito ou de fato, pertencentes ao mesmo submercado no sistema interligado nacional (SIN), e com mesmo CNPJ, independentemente do nível de tensão de seu fornecimento. Estas empresas podem negociar a compra de energia por fontes renováveis ou incentivadas como termelétricas a biomassa, hidrelétricas de pequeno porte (PCH), fontes eólicas, usinas fotovoltaicas, entre outras (COMERC, 2021).

Os consumidores livres convencionais são aqueles cuja demanda contratada seja maior ou igual a 1,5MW. Eles não possuem distinção da proveniência de sua energia contratada, logo, podem adquirir energia de qualquer fonte de geração, incluindo as grandes hidrelétricas do país.

2.4.3.2. Funcionamento do mercado livre

No ambiente de contratação regulado, os consumidores pagam a fatura de energia em dois produtos de maneira distinta. A primeira parcela é o valor repassado ao consumidor pela geração de energia TE, a segunda parcela é destinada aos custos pelo transporte de energia.

A primeira parcela não é de controle das distribuidoras, apenas são repassados aos consumidores os custos da energia, junto dos custos de transmissão e os encargos, isso no mercado regulado. Porém se, a unidade consumidora for participante do ambiente de contratação livre, essa parcela pode ser negociada com diversos agentes representante do mercado livre ou, se preferir, negociar direto com as unidades geradoras, caso apresente os requisitos mencionados na seção anterior.

A segunda parcela é destinada à infraestrutura de distribuição e serviços associados, que permite a continuidade no fornecimento de energia, como manutenção e operação do sistema. Esse valor é destinado diretamente para as concessionárias, onde é feita sua remuneração. Quando um consumidor está fazendo a transição para o mercado livre, essa parcela não é negociável, permanecendo a mesma, devido ao fato de que as distribuidoras serão responsáveis por manter o abastecimento de energia. Em resumo, os consumidores que migram para o ambiente de contratação livre não poderão fugir dos custos dos encargos e da transmissão, que são regulados, em contrapartida poderão negociar os custos da energia elétrica, o TE da fatura, diretamente com os fornecedores.

2.4.3.3. Requisitos para entrada no mercado livre

Para que seja feita a migração ao mercado livre de energia, o consumidor deve estar ciente que haverá alguns requisitos básicos, que deverão ser cumpridos antes de sua migração, citados a seguir (CARDOSO; ROCHA, 2017).

- Medidor específico: o consumidor deve adquirir, caso não possua, um medidor inteligente, que supra as exigências e padrões impostos pela CCEE.

O referente medidor dispõe de um sistema de telemetria para que a aquisição de dados (medição) possa ser feita remotamente. Esse custo é de responsabilidade do consumidor que fará a migração ao mercado.

- Previsão de consumo: é de dever do consumidor ou da comercializadora contratada fazer o cálculo de previsão de consumo adequado, para que não tenha uma sub ou sobre contratação, podendo ficar exposto aos preços do mercado a curto prazo ou mercado spot.
- Garantias de pagamentos: o consumidor livre deve fornecer garantia financeira para CCEE, como títulos do tesouro nacional, carta de fiança bancária ou contrato de constituição de garantia, que podem vir a ser usados como garantia de pagamento.
- Participação na CCEE: todo consumidor que tem sua migração para o mercado livre tem por dever ser um agente da CCEE ou ser representado por uma comercializadora varejista de energia cadastrada na mesma.

2.4.3.4. Papel dos comercializadores

Para que o mercado livre funcione com êxito, os agentes comercializadores desenvolvem um papel fundamental no setor. Muitas vezes os compradores e vendedores de energia não entram em consenso quanto aos preços, prazos e contratos. Assim, cabe aos comercializadores desempenhar como mediadores, com a finalidade de reduzir os custos de transações, eficiente entre geradores e consumidores, proporcionando as melhores condições para seus clientes, solucionando problemas antigos de contratação de energia elétrica (CARDOSO; ROCHA, 2017).

As empresas comercializadoras adquirem energia através de contratos bilaterais no ambiente de contratação livre, assim, pode revende-la para os consumidores livres e, também, para outras comercializadoras e distribuidoras.

Em todo e qualquer mercado há a parte vendedora e a compradora, que vão debater e negociar para entrar em um acordo, e no mercado elétrico não é diferente. Os produtores de energia querem vender a um maior preço e prazos mais longos, já os compradores querem preços mais acessíveis e volume de energia ajustado à sua demanda. Em resumo, os produtores precisam de receita para financiar e ajustar suas obras de capital incentivado, já os consumidores buscam a garantia de melhores preços e uma flexibilidade no volume contratado de energia (FLOREZI, 2009).

Devido às incertezas do mercado, os consumidores livres passam por uma dificuldade ao celebrar contratos de longo prazo, devido às mudanças nos seus produtos e serviços, impactadas diretamente na demanda. Além disso, os consumidores que optarem por prazos mais curtos, estarão sujeitos a uma volatilidade dos preços.

Os agentes comercializadores são responsáveis por solucionar os problemas contratuais de seus clientes, encontrando a melhor alternativa que supra as necessidades energéticas das empresas. Outro papel fundamental é diversificar suas fontes energéticas, possibilitando uma maior competitividade no setor.

2.4.3.5. Obrigações e direitos dos consumidores livres

Como em qualquer contrato de compra e venda de serviço, ambas as partes têm obrigações e direitos a serem cumpridos. Consumidores que optam pela migração ao mercado livre de energia devem conhecer seus direitos que os protegem e os deveres que devem cumprir, quais sejam (ITO, 2016):

- Direito de retorno ao mercado cativo de energia: o consumidor participante do ambiente de contratação livre tem seu direito assegurado caso queira retornar ao ambiente de contratação regulado, desde que informe à distribuidora local com uma antecedência de no mínimo cinco anos, porém esse período pode ser reduzido através de negociação entre as partes envolvidas. Direito amparado pela Lei nº 9.074/1995, incluído pela Lei nº 10.848.
- Direito ao livre acesso aos sistemas de distribuição e transmissão: os consumidores livres são assegurados pela Lei nº 9.074/1995, que permite o livre acesso aos sistemas de distribuição e transmissão, fornecidos pelas concessionárias ou permissionárias. Contudo, esse uso deve ser ressarcido devido aos custos pelo transporte.
- Direito de garantia do fornecimento de energia: com os contratos de compra e venda assinados e registrados junto a CCEE, os consumidores livres têm o direito do fornecimento de energia, independente se o produtor ou vendedor não fornecer a energia ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Para situações de não fornecimento, por parte do vendedor, existe uma operação conhecida como liquidação das diferenças (PLD), tal operação é absolvida ao cliente cativo. Caso seja necessário o fornecimento acima do contratado em registro, o consumidor livre ficará sujeito a penalidade e precisará fazer o acerto da diferença definido pela CCEE através do PLD.

- Contratar a totalidade de energia: os consumidores que compram energia no mercado livre, são obrigados a dispor de contratos que somados garantam a totalidade de sua carga, ou seja contratar cem por cento do seu consumo. Essa garantia é uma maneira de incentivar os contratos de longo prazo, para que possa ser feito grandes investimentos no setor de geração de energia elétrica, esses contratos de longo prazo ajudam na sua amortização.

2.4.3.6. Estratégia e cuidados no mercado livre de energia

No ambiente de contratação livre os consumidores participantes têm o poder de definir suas estratégias na hora da contratação de energia e tomar suas próprias decisões de compra. É de suma importância que entre suas decisões estejam as estratégias de longo prazo, uma vez que estas contratações protegem o consumidor das variações de preço, que no setor elétrico brasileiro são muito voláteis. Essas oscilações no mercado se dão pelo grande parque hídrico, que é predominante na matriz energética brasileira, deixando-a dependente do regime de chuvas nas regiões onde se encontram (CARDOSO; ROCHA, 2017).

Quando se trata de contratação de energia, não existe uma estratégia que se encaixa para qualquer cliente livre. Toda estratégia é única para cada caso e deve ser definida pelo perfil da empresa a ser empregada, com base nas características de consumo e no quanto seus dirigentes estão dispostos a correr risco no mercado livre. São abordados a seguir alguns dos perfis de estratégias adotados de acordo com a peculiaridade de algumas empresas.

- Perfil conservador: esse perfil é direcionado e recomendado que os clientes livres celebrem contrato de longo prazo, dando uma alta previsibilidade a empresa. Esse perfil é indicado para empresas que prezam por custos previamente negociados e de conhecimento para todo período de contrato.
- Perfil arrojado: esse perfil é direcionado e recomendado para os clientes livres que estão de acordo com as variantes do mercado de curto prazo, uma vez que clientes desse perfil costumam contratar um volume inferior de seu consumo no mercado de longo prazo, e complementa seu montante com contratos de curto prazo. Apesar dos riscos pela exposição, esse tipo de arranjo contratual pode trazer economia para a empresa.

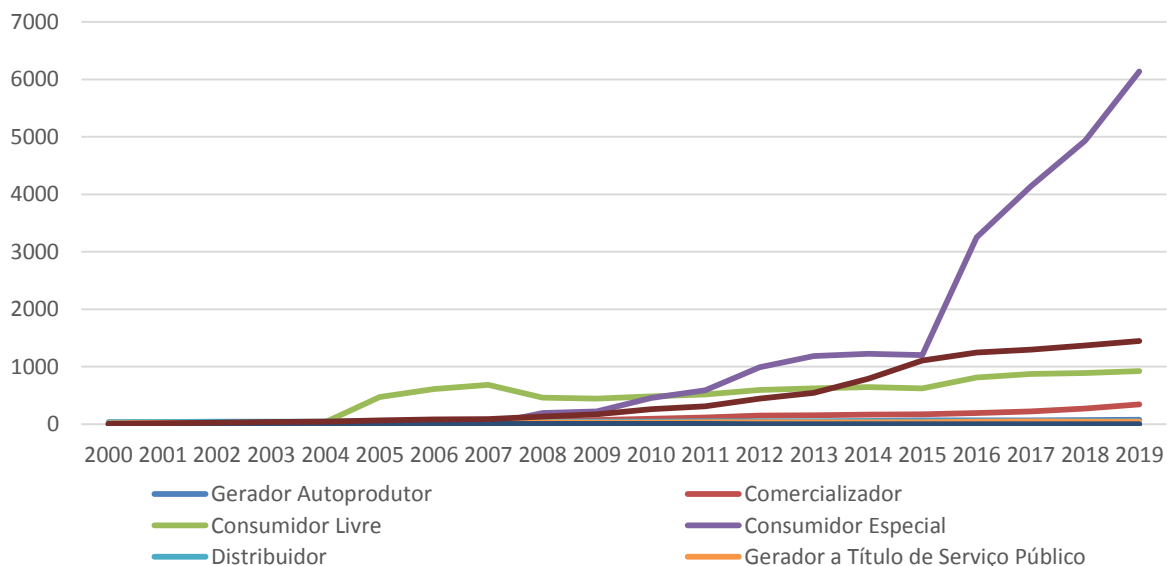
- Consumo flexível: esse é um perfil indicado para clientes livres que optam por uma flexibilidade no contrato devido ao seu consumo flexível, assim podem contratar energia acima ou abaixo do seu consumo, podendo reduzir riscos de déficits ou de sobra do volume contratado.

Existem outros perfis e estratégias na hora de contratar energia no mercado livre, basta a empresa ou comercializadoras traçar o perfil que melhor se encaixe com as exigências do cliente e analisar a situação do mercado de energia.

2.4.3.7. Números do Mercado livre de energia

Devido a liberdade e atratividade que o mercado proporciona, os números do mercado livre vêm avançando junto de novos empreendimentos nos leilões do mercado regulado, resultando um aumento no número de agentes da CCEE em 2019, quando comparado ao período do ano de 2018. O número de agentes entre os meses de dezembro de 2018 e 2019, teve um salto de 7.619 para 9.010, totalizando em um crescimento de 18,3%, superior ao de 2018 que foi 11%. Na Figura 9 são apresentados dados da Evolução Anual do Número de Agentes (2000-2019), mostrando as classes do mercado juntamente da evolução dos agentes da CCEE (CCEE, 2020).

Figura 9 – Dados da Evolução Anual do Número de Agentes (2000-2019)



Fonte: Elaboração própria. Dados CCEE (2020)

Como pode ser visualizado no gráfico da Figura 9, os consumidores especiais também tiveram um aumento no número de adesão em 2019, chegando a representar 68.1% e somando um total de 6.135 dos agentes, um crescimento de 24% comparado

com o ano de 2018. A classe de comercializadores também aparece e ocupando um espaço maior entre os agentes com um salto de 26% e totalizando 341 aderidos (CCEE, 2020).

Segundo o boletim da Abraceel, de fevereiro de 2021, o número de consumidores participantes do Mercado Livre de Energia cresceu 22%, quando comparado com o mesmo período do ano anterior, totalizando 8.579 entre consumidores especiais e livres. Com esse crescimento no número de migrações, o mercado livre representa 32% de toda a energia consumida no país. Números que representam um aumento de 14,5% do consumo em relação ao mesmo mês do ano anterior (ABRACEEL, 2021).

Outros dados que representam uma imagem extremamente importante a ser ressaltada, é a respeito do incentivo a energia renováveis, que 41% da geração de energia renováveis incentivada é realizada para atender o Mercado Livre. Números que só vem aumentando nos últimos anos e em 2021 teve um acréscimo de 6% (ABRACEEL, 2021).

Os comercializadores possuem papel fundamental para o funcionamento do Mercado livre, em média eles transacionam 63.902 MWmed, representando 66% da energia comercializada no Mercado livre e 39% da energia do país. Os consumidores livres e especiais compram 53% e 54%, respectivamente, da sua energia de comercializadores. Hoje no Brasil, existem 397 comercializadores no mercado, que facilitam os consumidores que não pretendem se envolver diretamente no Mercado Livre (ABRACEEL, 2021).

Cerca de 85% do consumo de energia das indústrias do país, provem do Mercado Livre. Com a atratividade que o mercado possui, este número só tende a aumentar, tendo em vista que o preço da energia elétrica comercializada nesse ambiente pode resultar na redução de 42% na fatura (ABRACEEL, 2021).

2.4.3.8. Vantagens do Mercado Livre de Energia

A atratividade na contratação de energia elétrica no Mercado Livre de Energia possibilita ao consumidor grandes vantagens competitivas, uma vez que a migração para o Ambiente de Contratação Livre (ACL) proporciona melhores condições contratuais, podendo trazer uma redução de custos operacionais. Devido a negociação direta com geradores ou comercializadores, esses benefícios podem impactar na migração do ambiente de contratação regulado (ACR) para o ACL.

Contudo, a oportunidade de reduzir os custos com energia elétrica não deve ser encarada como o único motivo relevante na decisão de migração, alguns fatores como a compatibilidade do perfil de consumo frente as tarifas do mercado cativo, a importância da energia no seu processo produtiva, entre outros (CARDOSO; ROCHA, 2017).

A seguir, são apresentados algumas das vantagens do Mercado Livre de Energia, juntamente de alguns fatores importantes que devem ser observados para tirar o melhor proveito dessa migração.

Dentre as vantagens observadas pela contratação livre destacam-se:

- Liberdade de escolha do fornecedor: Os consumidores livres ou especiais participantes do Mercado Livre de Energia, tem como direito escolher seu fornecedor de energia elétrica, tendo assim a oportunidade de identificar o melhor fornecedor, sendo diretamente com a geradora ou comercializadora, que atenderá sua demanda, negociando melhores condições de preço, prazo, formas de pagamento e volume de contratação. Diferente do ACR, onde os consumidores cativos só podem adquirir energia elétrica da concessionária ou permissionária responsável pela distribuição na sua região (CARDOSO; ROCHA, 2017).
- Contratação de carga sob medida: Como mencionado anteriormente, a aquisição de energia elétrica no ACL pode ser direta com a geradora ou comercializadora, assim a empresa adquire uma flexibilidade para adequar um plano que melhor irá subir suas necessidades. Além desses fatores. a comercializadora pode adequar o fornecimento para períodos onde o consumo de energia elétrica para sua produção sofre alterações. Essa é uma das principais vantagens do ACL em relação ao ACR, afinal, só o consumidor livre especial apresenta flexibilidade no perfil de consumo (CARDOSO; ROCHA, 2017).
- Redução significativa nos custos com energia elétrica: Para empresas que buscam uma redução significativa nos gastos com energia elétrica, algumas comercializadoras prometem uma redução de até 35% do valor da fatura de energia. Isso se tem, devido a inúmeras alternativas de negócios e a grande competitividade que o Mercado Livre de Energia possui, mas para que se torne efetivamente viável, é de suma importância que a empresa ou

comercializadora monitore e analise as variáveis que identificam o melhor momento de adesão (CARDOSO; ROCHA, 2017).

- Previsibilidade orçamentária: Quando o consumidor contrata energia elétrica no Mercado livre, os valores negociados em contrato serão os mesmos durante a sua vigência. Assim, não ficará sujeito a alterações influenciadas pelas bandeiras tarifárias ou períodos desfavoráveis de geração, como períodos com menor volumes de chuva. Essa previsibilidade orçamentária não é adquirida pelo consumidor cativo, que recebe todos os impactos sofridos no setor elétrico (COMERC, 2021).
- Amplo poder na tomada de decisões: o mercado livre de energia proporciona aos seus membros uma ampla liberdade de escolha, deixando nas mãos das empresas quais critérios serão levados em questão, como a relação de custo benefício contratuais. Com essa possibilidade de montar suas estratégias de compra de energia elétrica, os consumidores livres e especiais passam a ter vantagens competitivas sobre os concorrentes que estão no ACR, reféns dos valores do Mercado Cativo que é determinado pela ANEEL (COMERC, 2021).
- Sustentabilidade: Com o poder de escolha de seu fornecedor de energia elétrica, os consumidores membros do Mercado Livre podem escolher serem abastecidos por fontes renováveis. Essa decisão pode fornecer às empresas uma posição positiva ao seu público consumidor, com a campanha de sustentabilidade, além de estar diminuindo com os impactos negativos no meio ambiente (FARIA, 2008).

2.4.3.9. Desafios e desvantagens do Mercado Livre de Energia

Apesar de serem inúmeras as vantagens do Mercado Livre de Energia, é importante ficar atento aos riscos que essa migração pode ocasionar ao consumidor. A seguir, são apresentados alguns pontos que devem ser analisados ou desvantagens para o consumidor que pretender entrar no ACL.

- Exposição a variações de preço: Embora os consumidores livres e especiais tenham uma negociação direta com a geradora ou comercializadora, o ACL apresenta variações de preço que devem ser consideradas na migração. Como em qualquer outro negócio, de um mês ou de um ano para outro os valores da produção podem sofrer ajustes. Então, antes de qualquer

decisão deve se montar uma estratégia que monitora o mercado livre e suas tendências de oscilações orçamentárias para que a migração seja favorável ao consumidor (CARDOSO; ROCHA, 2017).

- Volume de energia inadequados para o consumo: Os consumidores que pretendem fazer a migração do ambiente regulado para o mercado livre, devem analisar seu perfil de consumo e analisar corretamente a sua demanda. Os contratos negociados com a geradora ou comercializadora deverá conter o montante de energia que será consumida durante a vigência do mesmo. No caso de um sobre dimensionamento ou sub dimensionamento, o consumidor deverá contratar ou vender o excedente de energia no mercado de curto prazo, para fazer o acerto dessa diferença, sendo submetido a preços estabelecidos pela ANEEL. O consumidor não ficará sem seu abastecimento de energia elétrica, contudo, deverá liquidar a diferença em aberto. Essa diferença, como já mencionado, é conhecida como PLD (Preço de Liquidação da Diferença), sendo feita em um período específico onde o consumidor ou a comercializadora contratada fará o acerto (CARDOSO; ROCHA, 2017).

O Mercado livre de energia é uma excelente opção para consumidores que desejam ter voz na hora de contratar energia elétrica, uma vez que no ACR os preços e prazos são estabelecidos pela ANEEL. No entanto, a migração para ACL deve ser bem planejada, para que o consumidor consiga desfrutar de todos os benefícios que o mercado livre proporciona. Esse planejamento deve conter uma análise minuciosa no perfil de consumo, demanda a ser contratada, análise do mercado de geração, questões burocráticas que envolve a migração, entre outros fatores que irão auxiliar na tomada de decisão.

Assim, é de suma importância que o consumidor, ao decidir ser agente do Mercado Livre de Energia, disponha de informações adequadas e suficientes para que não fique nem um questionamento ou dúvidas de contratação, tanto em matéria de preços como em disponibilidade de fornecimento.

2.4.4. Geração Distribuída

Em 17 de abril de 2012, entrou em vigor no Brasil a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, onde a foi permitido que o consumidor brasileiro pudesse gerar sua própria energia elétrica, através de fontes renováveis ou cogeração qualificada e

permite também que o excedente de sua produção injetado na rede local de distribuição. Refere-se a micro e mini geração distribuída de energia elétrica, inovação na qual permite adquirir uma grande aliada à economia financeira, consciência socioambiental e sustentabilidade (ANEEL, 2012).

2.4.4.1. Considerações gerais da Geração Distribuída

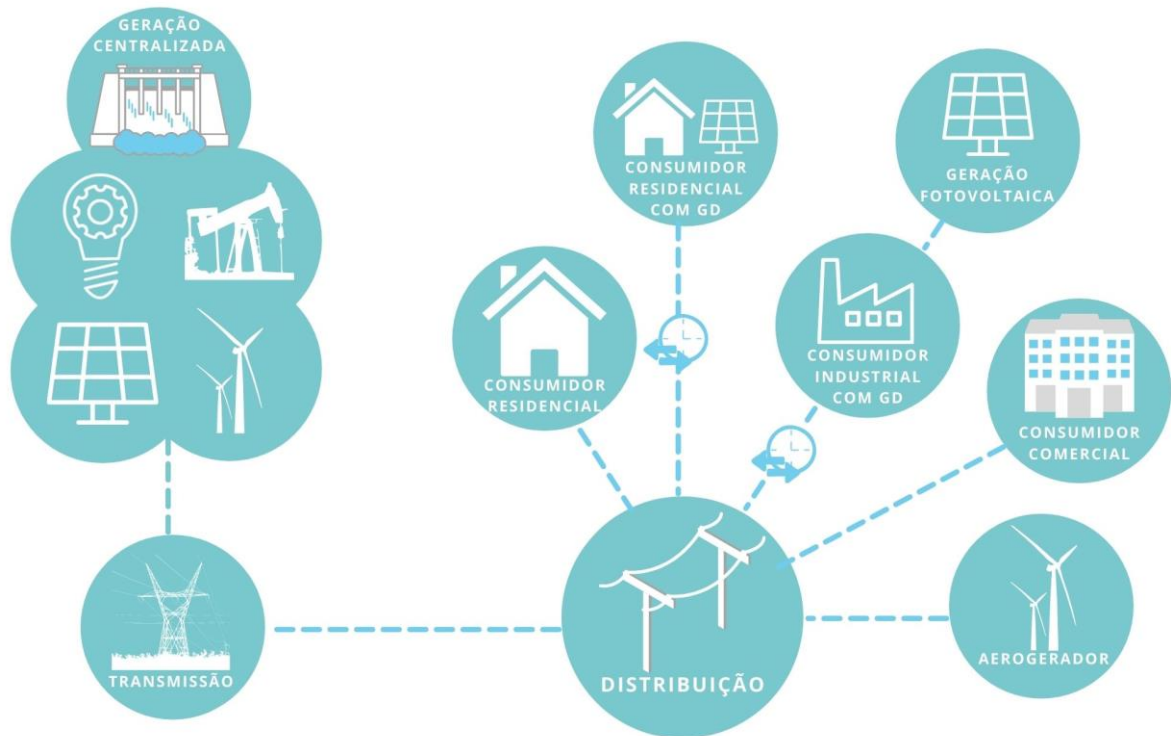
Geração distribuída (GD) é uma designação dada a geração de energia elétrica localizada junto ou próxima a unidade consumidora, sendo isenta da distinção de sua tecnologia, como energia fotovoltaica e eólica, ou tamanho de sua produção. Por ser localizada próxima as cargas de consumo, esse tipo de geração não necessita de linhas de transmissão em alto níveis de tensão, o transporte é direcionado por linhas de distribuição ou consumido no local (INEE, 2018).

A GD pode ser conectada em paralelo com a rede de distribuição, denominada sistemas on-grid, onde o excedente de sua energia que não for consumida no local de instalação irá passar para a rede de distribuição gerando créditos ao produtor, ou de forma sem vínculo com a rede de distribuição, sendo sua produção consumida ou armazenada no próprio local de produção de energia, chamada sistemas off-grid.

São grandes os estímulos para que a geração distribuída seja cada vez mais adequada aos consumidores, uma vez que a modalidade pode proporcionar inúmeros benefícios ao sistema elétrico. Dentre eles, estão o baixo impacto ambiental, a minimização das perdas devido ao transporte, adiantamento de investimentos para a expansão dos sistemas de distribuição e transmissão, redução do carregamento das redes e o aumento da diversificação da matriz energética do sistema elétrico brasileiro. Além dos benefícios citados, deve-se ressaltar o esforço para que as fontes sejam predominantemente renováveis (INEE, 2018).

Para implantação dos sistemas de geração distribuída ou cogeração, deve ser estudado a variabilidade do consumidor ser gerador de sua própria energia. Na Figura 10 é demonstrado um sistema de geração distribuída, de forma explicativa.

Figura 10 – Escoamento de energia com a inserção de Geração Distribuída



Fonte: Elaboração própria

2.4.4.2. Créditos de energia na GD

Quando um sistema de geração distribuída é implantado, a maior parte da energia gerada é consumida no local onde é instalado o sistema, e toda produção extra será injetada na rede, no caso de sistema on-grid. Essa porção de energia voltará para o cliente através de crédito de energia, uma vez que essa produção extra não poderá ser revertida em dinheiro, contudo esse valor em crédito poderá ser utilizado para abater contas futuras ou ser destinada para outras residências ou empresas vinculadas à mesma titularidade da unidade gerador de energia, desde que as unidades consumidoras estejam na mesma área de concessão. Esse tipo de utilização dos créditos é denominado autoconsumo remoto. O prazo para a utilização desse crédito é de 60 meses (ANEEL, 2018).

Um bom exemplo quando se fala de crédito de energia, é a microgeração por fonte solar fotovoltaica, onde a produção de energia se dá durante o dia, e a sobra de energia gerada, que não é consumida, é direcionada para a rede local de distribuição.

Como à noite não há produção de energia devido à ausência do sol, a rede de distribuição abastece a unidade consumidora e os créditos gerados pelo excedente serão debitados.

2.4.4.3. Condições para a adesão

A ANEEL passou a permitir o uso de qualquer fonte renovável para a geração de energia, além da cogeração qualificada, em 1º de março de 2016, segundo as novas regras vigentes. São denominadas micro geração distribuída as centrais geradoras de potência instalada até 75 kW e mini geração distribuída são unidades geradoras com potência instalada maior que 75 kW menor que 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio da instalação de uma unidade consumidora (ANEEL, 2018).

A ANEEL não é responsável pelos custos dos geradores da GD e também não se envolve quanto ao financiamento para os mesmos, então cabe ao consumidor a inicialização do processo de adesão de uma micro ou de minigeração. Com isso, o consumidor, ao demonstrar interesse em gerar sua própria energia, deve analisar a relação custo/benefícios de implementação, baseando-se em fatores relevantes que impactam na decisão como a tecnologia dos equipamentos, fonte de energia (turbinas eólicas, painéis solares, geradores a biomassa, etc.), relação entre consumo e geração na unidade de instalação, localização (urbana ou rural), preço da tarifa à qual a unidade consumidora está submetida, forma de pagamento do sistema gerador e a possibilidade de ter outras unidades que possam usufruir dos créditos do sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2018).

Outro ponto a ser ressaltado, é que mesmo quando a geração das unidades em baixa tensão (grupo B), seja superior ou igual ao consumo, o consumidor deverá pagar uma taxa referente ao custo de disponibilidade do sistema ou consumo mínimo da unidade, valor no qual varia de acordo com o padrão de entrada como monofásico (30kWh), bifásico (50kWh) e trifásico (100kWh). Para consumidores conectados em alta tensão (grupo A), podem ter sua parcela de energia da fatura zerada, se o sistema gerador possuir quantidade suficiente para cobrir o valor de energia consumida, porém fica limitado à demanda contratada, isto é, não pode possuir um gerador de potência maior que a demanda contratada. Já a parcela da fatura correspondente à demanda contratada terá seu faturamento normal (ANEEL, 2018).

Uma inovação no meio da geração distribuída, criada pela ANEEL, é a geração compartilhada, que possibilita que diversos clientes interessados na GD se unam em

um consórcio ou cooperativa, fazendo a instalação de uma micro ou minigeração distribuída, utilizando para reduzir gastos com a fatura de energia elétrica dos consorciados ou cooperados (ANEEL, 2018).

Essa estratégia para economizar, pode ser utilizada em prédios comerciais ou condomínios. Porém, nessa configuração, os consumidores podem definir a porcentagem de energia gerada que será repartida entre os próprios consumidores.

2.4.4.4. Vantagens da Geração Distribuída

A utilização de fontes renováveis vem reforçando a ideologias para os preocupados com o meio ambiente, motivando assim para o uso responsável e consciente dos recursos energéticos, como, a implantação de sistemas de captação solar por painéis fotovoltaicos. Outro ponto relevante para a utilização da GD é a eficiência na distribuição de energia, por estar próximo à carga de consumo a geração local, possibilita uma diminuição das perdas por transporte da energia, feita através das redes de transmissão e distribuição oriundas das grandes centrais geradoras.

Nesse âmbito, a GD vem como uma opção viável de fonte de energia para consumidores mais longínquos ou aqueles que ainda não contam com o uso de energia elétrica. Dessa forma, será possível levar energia elétrica ao alcance daqueles que não fazem seu uso. Essa questão não se manifesta apenas de meios tecnológicos e ambientais, mas também no sentido social, acarretando para uma diminuição da desassistência à população menos favorecida, gerando um grande impacto social entorno do desenvolvimento humano. A seguir será melhor pontuado as vantagens da geração distribuída (COSTA, 2017).

- **Abatimento no valor da fatura de energia elétrica:** A tarifa de energia cobrada no Brasil, pode ser considerada uma das mais caras do mundo, mesmo com todo potencial hídrico e ricas fontes renováveis que nosso país proporciona. Dessa forma, a crescente procura por GD tem sido a alternativa abordada para economizar na fatura de energia elétrica (COSTA, 2017).
- **Crédito de energia:** Se a quantidade de energia gerada em um mês for maior que a energia consumida naquele período, o consumidor acumula créditos, que pode ser usado para abater o valor da conta de energia da mesma unidade consumidora, em que um certo mês a geração é inferior à

do consumo, ou poderá utilizá-los para abater de outra unidade consumidora remotamente (ANEEL, 2018).

- Redução de perdas na distribuição e transmissão de energia: Essa questão está direcionada ao aumento da eficiência de geração energia com o intuito de minimizar o desperdício na hora da transmissão e distribuição.
- Redução de impactos ambientais: com a Geração Distribuída os impactos ambientais são reduzidos, uma vez que a mesma estimula a geração de energia por meio de fontes renováveis, fazendo assim a substituição da geração de energia através de combustíveis fósseis, como, por exemplo, usinas movidas a gás natural e carvão (BECCHI, 2018).

2.4.4.5. Desafios e desvantagens da Geração Distribuída

O fluxo de energia antes da implantação da Geração Distribuída era feito de forma unidirecional, somente em um sentido, com origem das distribuidoras e destino ao consumidor. Com a Geração Distribuída, o fluxo passa a ser bidirecional, ou seja, o consumidor que era destino, pode acrescentar mais um fluxo, só que no sentido contrário. Isso quer dizer que a rede de distribuição, além de mandar energia ao consumidor, pode receber o excedente de sua produção de energia. Dessa forma, as empresas de distribuição precisam fazer melhorias na rede de distribuição, para que esse novo fluxo não seja um problema (COSTA, 2017).

Além disso, as concessionárias de distribuição deveram analisar a projeção de demanda de energia, negociadas diretamente com a geradoras, que sofreram importantes alterações devido à geração local. Será necessário levar em consideração, na modelagem de projeções, a estimativa do novo fluxo contrário de energia e da demanda que será alterada (BECCHI, 2018).

Também pode ser apontado as violações nos níveis de tensão, sobrecarga nos transformadores de distribuição e aumento das perdas nas linhas. Algumas ramificações das redes de distribuição podem não estar preparadas para receber o novo fluxo, que pode ser mais elevado dependendo da capacidade de geração e sendo necessária uma troca de seção de condutores (BECCHI, 2018).

2.4.4.6. Mercado da Geração Distribuída

A primeira instalação com Geração Distribuída registrada na ANEEL foi em junho de 2007, contando com uma instalação de capacidade de 0,5 kW, que utilizou de

fonte solar fotovoltaica na cidade de Campinas em São Paulo. A partir da primeira instalação e a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, que determinou os requisitos gerais de acesso, apenas 14 unidades geradoras entraram para a GD com total de 452 kW. Tendo uma média de 90,4 kW por ano, números que mostrou um baixo crescimento anual do mercado (EPOWERBAY, 2020).

No ano de 2015 foi publicado a revisão da Resolução Normativa ANEEL nº 482 para a Resolução Normativa ANEEL nº 687, com o intuito de minimizar os custos e o tempo de conexão, ampliar o público alvo, compatibilizar o sistema de compensação de crédito de energia e melhorar as informações contidas na fatura de energia. No período de 2012 a 2015, o número de consumidores que aderiram a GD aumentou para 1592 ligações que totalizaram uma potência de 15,4 MW. Ao longo deste período de 3 anos a expansão foi de 7,8 MW por ano (EPOWERBAY, 2020).

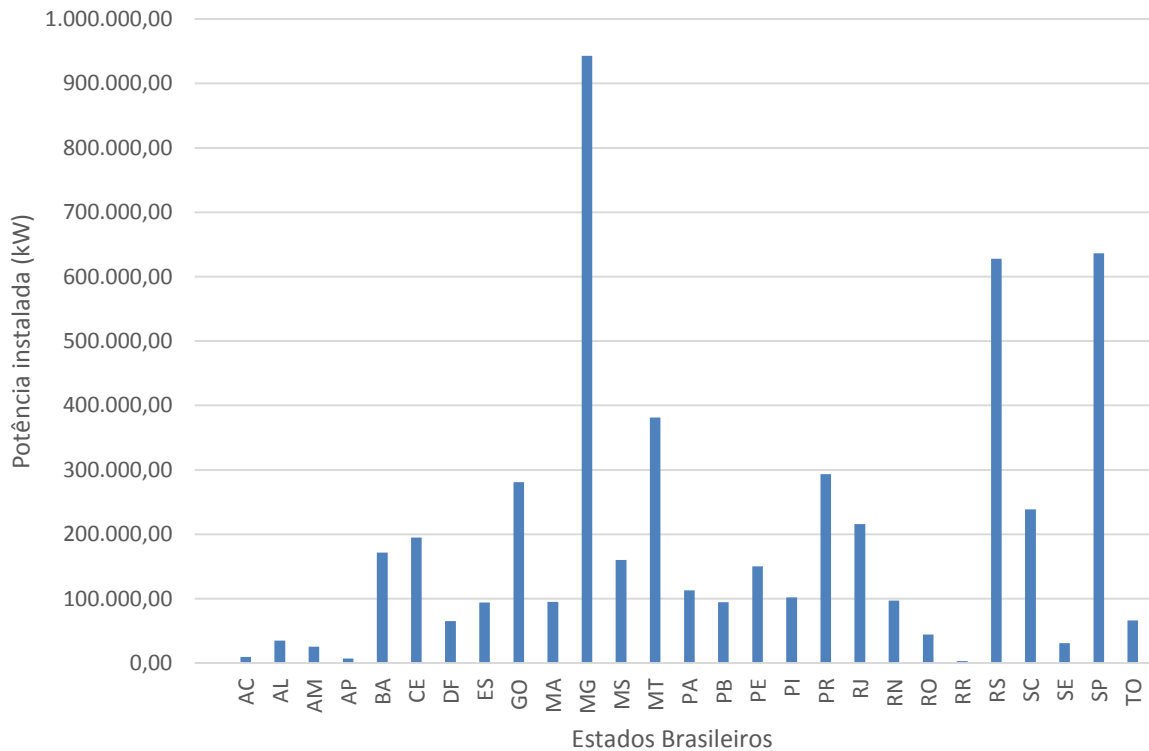
Com a publicação da Resolução Normativa nº 687, ocorreu um grande crescimento no número de instalações que chegou a 56.963 unidades geradoras, no período de novembro de 2015 e dezembro de 2018, inserindo uma potência de 695,9 MW e aumento anual de 232 MW. Assim, o ano de 2018 finalizou apontando excelentes resultados para o mercado de GD com uma capacidade instalada de 710,7 MW (EPOWERBAY, 2020).

Já no ano de 2019, o mercado de GD acelerou os processos de adesão para introduzir novos clientes, devido ao fato de haver redução de custos de aquisição e novas alterações regulatórias iminente. Dessa forma, foram instaladas 112.000 novas unidades consumidoras geradoras, acrescentando 1.430 MW. Com isso o potencial instalado dobrou seus números e registrou uma capacidade instalada de 2.140 MW (EPOWERBAY, 2020).

Os dados atuais lançados pela ANEEL, mostram que mesmo com as alterações da resolução, ainda assim o mercado de geração distribuída vem ocupando um posto que contribui para a matriz energética nacional. Até junho de 2020 o total de unidades geradoras chegou a 425.883 e um total de 542.046 unidades consumidoras que receberam créditos de energia, contribuindo para chegar a marca de potência instalada de 5.177 MW. Esses números são extremamente importantes para o setor e estimula o crescimento (EPOWERBAY, 2020).

Os estados que mais estão presentes na GD e que mais contribuem para o crescimento da mesma são Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul, respectivamente. A seguir é apresentado na Figura 11 a potência instalada de cada estado do Brasil (ANEEL, 2020).

Figura 11 – Gráfico da Geração Distribuída no Brasil por estados



Fonte: Elaboração própria. Baseado em dados da ANEEL (2020)

O Brasil tem grande potencial de crescimento quando se trata de fontes geradoras a partir de recursos renováveis, sendo que a matriz energética do mercado de Geração Distribuída permite entender que esse empreendimento tende a chegar em patamares elevadíssimos. Destaca-se as Centrais Geradoras Solar Fotovoltaica (UFV), que desde o surgimento da GD vem tomando notório espaço, contribuindo assiduamente para a composição da geração descentralizada. Da mesma forma, as Centrais Geradoras Eólica, Termoelétrica e Hidrelétricas (de pequeno porte), também contribuem para a o desenvolvimento do setor. Na Tabela 1 pode ser melhor observado os números que essas centrais geradoras contribuem para a matriz energética (ANEEL, 2020).

Tabela 1 – Geração Distribuída por fonte renovável

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA		
Tipo	Quantidade	Potência Instalada (kW)
PCH – Pequena Central Hidrelétrica	32	23.914,64
EOL - Central Geradora Eólica	76	15.223,93
UFV - Central Geradora Solar Fotovoltaica	425.478	5.042.937,66
UTE - Central Geradora Termoelétrica	297	95.329,32

Fonte: Elaboração própria. Baseado em dados da ANEEL (2020)

2.5. Considerações finais do segundo capítulo

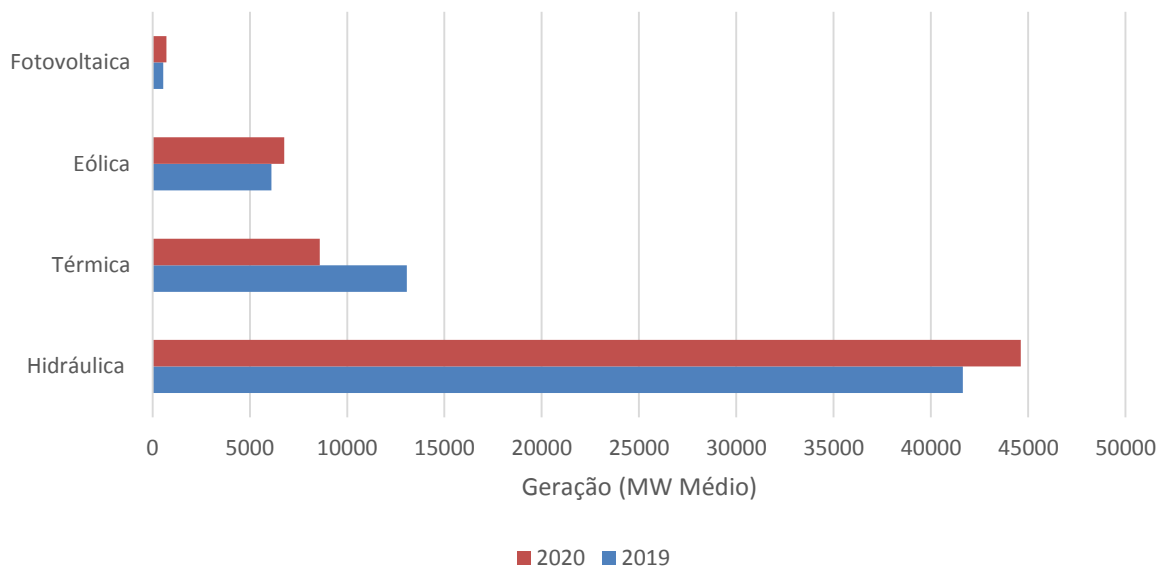
Neste capítulo foi apresentado a composição do mercado de energia no Brasil e suas divisões, abordando as alternativas de suprimento energético por sistema de GD fotovoltaica e a contratual MLE. Todos os elementos apresentados são base para o desenvolvimento e análise para os próximos capítulos.

3 TOPOLOGIA E ANÁLISE

3.1. Considerações gerais

Segundo boletim da CCEE, as fontes de energia renováveis registraram, até junho de 2020, um crescimento significativo, quando comparado ao mesmo período do ano anterior. Foram notados um aumento na geração de energia pelas fontes Hidráulicas de 7,2%, eólicas de 10,7% e fotovoltaicas de 30,9%. Já a geração das termelétricas observou uma queda de 34,2%, porém, em seu grupo, as usinas a biomassa verificaram alta de 6,8%. Esses números estimulam o uso de fontes renováveis para a geração de energia, trazendo assim uma globalização da Geração Distribuída no Brasil. Na Figura 12 pode ser observado o desempenho da geração por fontes renováveis de 2019 e 2020 (CCEE, 2021).

Figura 12 – Gráfico de comparação da geração de energia por fontes renováveis

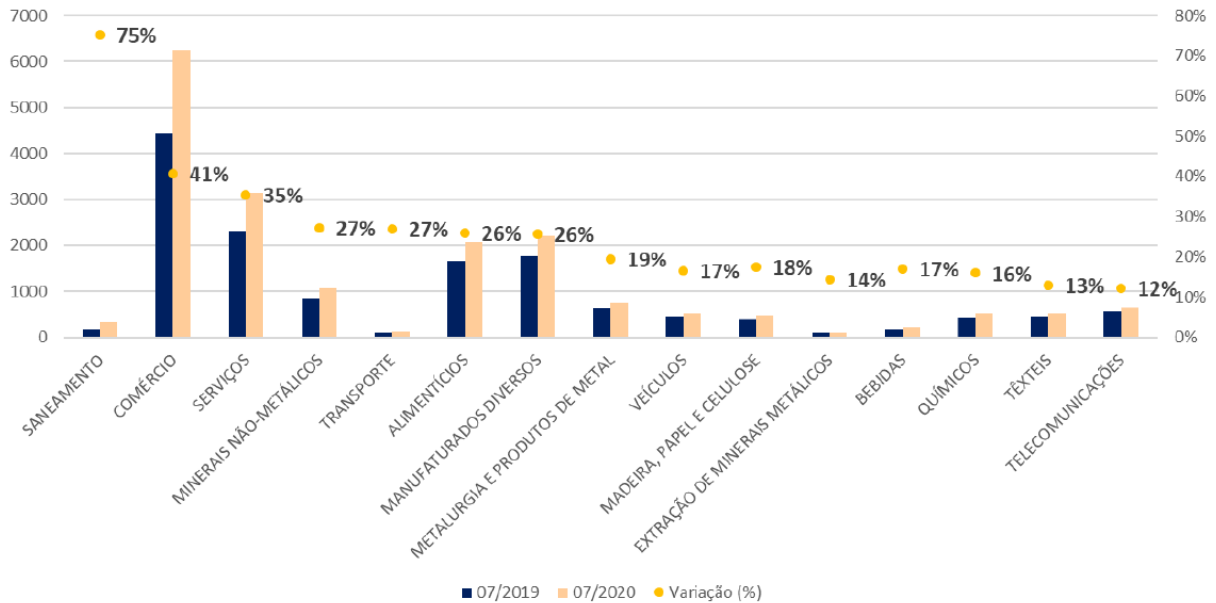


Fonte: Elaboração própria. Baseado em dados da CCEE (2021)

Da mesma forma, o Mercado Livre de Energia registra grande movimentação na migração dos consumidores do ACR para o ACL. Segundo informações disponibilizadas pela CCEE, as empresas de saneamento foram as que mais movimentaram esses índices, contanto com 75% a mais em junho de 2020 quando comparado ao mesmo período de 2019. Outro destaque está no setor de comércio, com aumento de 41% de junho de 2019 para 2020, é marcado como o ramo de atividade que mais possui cargas no mercado livre, com a marca de 6.246. A seguir, na Figura 13, pode-

se observar no gráfico o ranking de migrações para o ACL por ramo de atividade (CCEE, 2021).

Figura 13 – Gráfico que demonstra a evolução da migração de carga por ramo de atividade



Fonte: Elaboração própria. Baseado em dados InfoMercado CCEE. (2021)

Tendo em vista os números e tendência para o mercado de energia, nesse capítulo será abordado a metodologia e dados necessários para obter os resultados.

3.2. Dados necessários para análise

Na prática, para qualquer processo tanto de migração do ACR para o ACL ou investir na geração distribuída, se inicia uma análise no consumo e demanda que o consumidor possui, para verificar se é possível tal processo, se tem viabilidade econômica para tal e se o momento é oportuno.

Neste caso, para iniciar o processo são requisitados dados relevantes e necessário para a análise como

- Classe de tensão a qual é atendido
- Padrão de entrada na unidade consumidora
- Distribuidora a qual é atendido
- Modalidade tarifária atual
- Demanda contratada e medida em horários de ponta e fora ponta.
- Histórico de consumo mensal médio em horário de ponta e fora ponta;
- Data do vencimento do contrato com a concessionária local e tempo de renúncia;

Os dados apresentados a seguir, foram fornecidos por uma empresa que deseja fazer o estudo das alternativas para o suprimento de energia, onde será abordado a possível migração do mercado ACR para o ACL ou a implantação de GD com fonte de geração fotovoltaica, onde está localizada a empresa. A empresa em questão solicitou anonimato, portanto ela não será identificada.

Tabela 2 – Dados de consumo da empresa em estudo

Mês/Ano	Consumo F. Ponta (kWh)	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Total (kWh)	Demanda (kW)
mar/20	212.671	21.093	233.764	540
abr/20	216.994	21.521	238.515	551
mai/20	179.320	17.785	197.105	456
jun/20	169.995	16.860	186.855	432
jul/20	162.383	16.105	178.488	413
ago/20	157.881	15.658	173.539	401
set/20	161.862	16.053	177.915	411
out/20	167.122	16.575	183.697	425
nov/20	194.306	19.271	213.577	494
dez/20	191.804	19.023	210.827	487
jan/21	212.414	21.067	233.481	540
fev/21	227.115	22.525	249.640	577
Média	185.562	18.404	203.966	471

Fonte: Elaboração própria. Dados da fatura de energia

A empresa pertence ao grupo A, subgrupo A4, demanda contratada de 500 kW e possui modalidade tarifária horo sazonal verde. Para que a mesma possa implantar um sistema de geração fotovoltaica, é limitada pela demanda, ou seja, só poderá instalar um sistema de geração com potência instalada menor ou igual a demanda contratada ou para que ela possa entrar no ACL poderá ser denominada consumidor especial, contratando energia apenas de fontes incentivadas.

A seguir, na Tabela 3, estão apresentados os valores das tarifas da modalidade pertencente, onde não é incluso as bandeiras tarifárias, por não serem utilizadas em estudo.

Tabela 3 – Dados da modalidade tarifária horário verde

Grupo	Demanda (R\$ kW)	TUSD		TE		Demanda Ultrapassagem (R\$ kW)
		Ponta (R\$ MWh)	Fora Ponta (R\$ MWh)	Ponta (R\$ MWh)	Fora Ponta (R\$ MWh)	
A4 (2,3 a 25 kV)	22,87	907,62	85,77	435,59	259,96	45,74

Fonte: Elaboração própria, com dados da CPFL (2020)

Já no ambiente de contratação livre, o valor da tarifa de energia (TE) é negociado diretamente com a empresa que fará o fornecimento para o Sistema Interligado Nacional (SIN). Para isso, a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) calcula o Preço Líquido da Diferença horária, semanal e mensal. Como os preços são negociados diretamente com o consumidor livre ou especial, neste trabalho será analisado o preço mensal do PLD e será utilizado a média do mesmo para o período do Histórico de consumo da Tabela 2. Na Tabela 4 é apresentado o PLD mensal para cada mês que consta no histórico de consumo (CCEE, 2020).

Tabela 4 – Valores do PLD mensal para o período de estudo

Mês/Ano	PLD (R\$/MWh)
mar/20	150,18
abr/20	39,68
mai/20	71,95
jun/20	114,79
jul/20	89,04
ago/20	85,15
set/20	100,84
out/20	288,64
nov/20	502,70
dez/20	267,49
jan/21	240,37
fev/21	164,40
Média	176,27

Fonte: Elaboração própria. Dados da CCEE (2020)

O período de estudo será de 25 anos, segundo NASCIMENTO (2013), os módulos fotovoltaicos podem apresentar uma variação de 20 a 30 anos de vida útil e os

módulos de inversores de 10 a 15 anos, então para incluir ambos os equipamentos vamos considerar 25 anos sem necessidade de substituição.

Neste trabalho, não será considerado a degradação dos equipamentos do sistema fotovoltaico, ou seja, a substituição de sua composição e a desvalorização do retorno financeiro anual.

3.3. Metodologia de cálculo tarifário

Inicialmente é necessário calcular o valor da fatura no mercado cativo, como base de cálculo, para isso, deve-se levar em consideração o consumo em kWh. A empresa pertence ao grupo A, então, é preciso considerar a demanda contratada em kW. A Equação 1 é a expressão geral para calcular os valores, em reais, de um certo consumo e demanda (MELLO, 2016).

$$P_{parcial} = P_{consumo} + P_{demanda} + P_{ultrapassagem} \quad (1)$$

Sendo:

$P_{parcial}$, valor da energia sem os encargos governamentais, em reais (R\$).

$P_{consumo}$, valor destinado ao consumo de energia na ponta e fora ponta, em reais (R\$).

$P_{demanda}$, valor da demanda contratada, em reais (R\$).

$P_{ultrapassagem}$, valor de demanda ultrapassada, em reais (R\$).

Para determinar o valor pago pelo consumo de energia, dado por $P_{consumo}$, é necessário a Equação 2, onde os valores das tarifas foram apresentados pela Tabela 3 (MELLO, 2016).

$$P_{consumo} = C_{ponta} * T_{ponta} + C_{fora\ ponta} * T_{fora\ ponta} \quad (2)$$

Sendo:

C_{ponta} , consumo no horário de ponta, dado em kWh.

T_{ponta} , tarifa de energia no horário de ponta, dado em reais por kWh.

$C_{fora\ ponta}$, consumo no horário de fora ponta, dado em kWh.

$T_{fora\ ponta}$, tarifa de energia no horário de fora ponta, dado em reais por kWh.

Já para determinar o valor da parcela destinada a demanda contratada, dado por $P_{demanda}$, utiliza-se a Equação 3 (MELLO, 2016).

$$P_{demanda} = T_{demanda} * D_{contratada} \quad (3)$$

Sendo:

$T_{demanda}$, tarifa de demanda contratada, dado em reais por kW.

$D_{contratada}$, valor de demanda contratada, dado em kW.

Caso tenha ultrapassagem na demanda contratada, utiliza-se a Equação 4 para determinar o valor da mesma, com auxílio da Tabela 3.

$$P_{ultrapassagem} = T_{ultrapassagem} * (D_{medida} - D_{contratada}) \quad (4)$$

Sendo:

$T_{ultrapassagem}$, tarifa de demanda ultrapassada, dado em reais por kW.

D_{medida} , valor de demanda medida, dado em kW.

A Equação 1 determina o valor da parcela da tarifa de energia sem impostos incluso, como os tributos governamentais CONFIN, PIS/PASEP e ICMS.

Os tributos federais (PIS/PASEP e COFINS) possuem alíquota média que varia de acordo com o montante de créditos computados mensalmente pelas distribuidoras, esses valores são repassados ao consumidor sobre os custos e despesas referentes ao mesmo período, a concessionária divulga os mesmos todo mensalmente. Por outro lado, o tributo estadual (ICMS) varia de acordo com a classe de consumo e o estado onde o consumidor se localiza. Na Tabela 5 são apresentados os valores dos tributos governamentais variados durante o período de estudo para o Rio Grande do Sul.

Tabela 5 – Dados dos tributos governamentais

Mês/Ano	PIS/PASEP (%)	COFINS (%)	ICMS (%)
mar/20	1	4,86	26,1
abr/20	1,14	5,28	26,1
mai/20	0,91	4,19	26,1
jun/20	0,92	4,25	26,1
jul/20	0,98	4,52	26,1
ago/20	0,95	4,38	26,1
set/20	0,98	4,53	26,1
out/20	0,98	4,49	26,1
nov/20	1,04	4,79	26,1
dez/20	0,95	4,42	26,1
jan/21	0,9	4,15	26,1

fev/21	0,96	4,42	26,1
--------	------	------	------

Fonte: Elaboração própria. Dados da ANEEL e CPFL (ANEEL, 2021; CPFL,2020)

De posse dos valores dos tributos governamentais, pode-se calcular o valor da fatura de energia com os impostos, sem a parcela TUSD, pela equação 5 (MELLO, 2016).

$$P_{final} = \frac{P_{parcial}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (5)$$

Sendo:

P_{final} , valor final gasto com energia para um determinado consumo e com impostos incluso, dado em reais.

De posse do valor total da fatura de energia (TE+TUSD), encontrado pela Equação 5, é necessário calcular o valor referente à parcela TUSD. Para isso, deve-se utilizar a Equação 6, semelhante à Equação 1, porém, com dados da tarifa referente a parcela TUSD (MELLO, 2016).

$$P_{parcial\ TUSD} = C_{ponta} * T_{TUSD\ ponta} + C_{fora\ ponta} * T_{TUSD\ fora\ ponta} \quad (6)$$

Sendo:

$P_{parcial\ TUSD}$, valor parcial da TUSD sem os encargos governamentais, em reais (R\$).

$T_{TUSD\ ponta}$, tarifa TUSD no horário de ponta, dado em reais por kWh.

$T_{TUSD\ fora\ ponta}$, tarifa TUSD no horário de fora ponta, dado em reais por kWh.

A equação anterior serve para calcular o valor da parcela TUSD da fatura de energia sem os tributos governamentais, para inclui-los utiliza-se a Equação 7: (MELLO, 2016)

$$P_{final\ TUSD} = \frac{P_{parcial\ TUSD}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (7)$$

Sendo:

$P_{final\ TUSD}$, valor final da TUSD com os encargos governamentais, em reais (R\$).

Já que os valores da fatura total (TE+TUSD) e da parcela destinada ao uso do sistema de distribuição (TUSD) são conhecidos, pode-se encontrar o valor destinado apenas à tarifa de energia (TE) pela Equação 8. Tal conhecimento servirá para comparar com os valores do mercado livre (MELLO, 2016).

$$P_{TE} = P_{final} - P_{final\ TUSD} \quad (8)$$

Sendo:

P_{TE} , valor gasto com a parcela de energia sem TUSD, em reais (R\$).

3.4. Geração distribuída por fonte solar

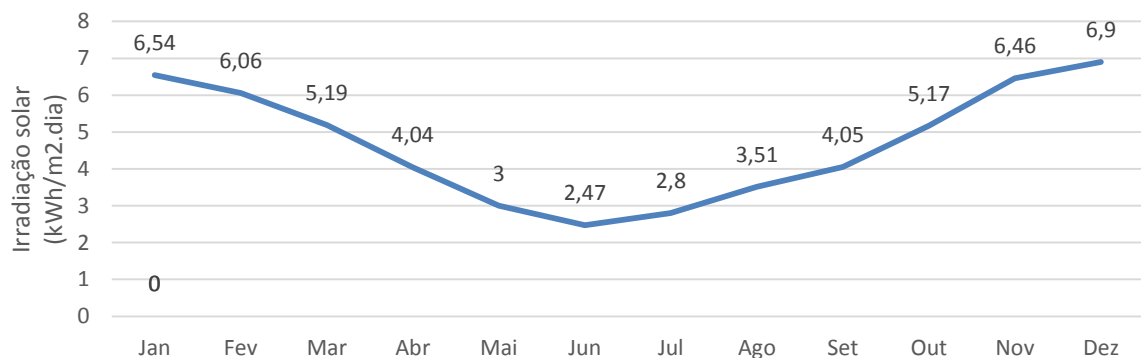
No presente trabalho, será utilizado a fonte de energia solar como alternativa de suprimento de energia, com implantação de geração distribuída. Portanto, é preciso conhecer algumas informações sobre tal geração.

A geração de energia solar é obtida através do efeito fotovoltaico, onde ocorre a conversão direta da luz em eletricidade. Tal efeito proporciona o aparecimento de uma diferença de potencial ocorrido nas extremidades do material semicondutor a qual é constituído, obtido através da absorção da luz (CRESESB, 2018).

A radiação solar fornece uma inesgotável fonte energética, sabendo disso, é preciso explorar esse enorme potencial de utilização através de captação e conversão de energia, tanto na forma térmica ou elétrica. Uma das formas é por meio das células fotovoltaicas, que transformam diretamente a radiação solar em eletricidade (CRESESB, 2018).

Nosso planeta possui uma inclinação de aproximadamente $23,5^\circ$ em relação ao eixo equatorial, quando ocorre o movimento de translação na forma elíptica em torno do sol, há uma interferência no nível de radiação solar horizontal na terra. Tal variação pode também variar o nível da mesma dependendo da sua localidade. Isso quer dizer que a geração de energia pode mudar de acordo com a localização onde o sistema de geração está instalado. Para o presente trabalho, foram utilizados dados de irradiação médio anual da localidade de Santiago-RS, como pode ser observado na Tabela 6 e na Figura 14 (CRESESB, 2018).

Figura 14 – Dados de irradiação para a cidade de Santiago-RS



Fonte: Elaboração própria, dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB). CRESESB (2018)

Tabela 6 – Dados de irradiação para a cidade de Santiago-RS, em kWh/m².dia

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mé- dia
Santiago- RS	6,5	6,06	5,19	4	3	2,5	2,8	3,51	4,1	5,17	6,46	6,9	4,68

Fonte: Elaboração própria, dados do CRESESB (2018)

Como o presente trabalho é uma análise de mercado de suprimento de energia, não será necessário detalhar por completo o dimensionamento de um sistema de energia solar. Porém, será necessário calcular quanto de energia será gerado pelo sistema do presente estudo.

Para calcular a potência fotovoltaica necessária para suprir determinado consumo mensal, utiliza-se a Equação 9 (WEG, 2019):

$$P_{fv} = \frac{E * G_{STC}}{H_{TOT} * TD} \quad (9)$$

Onde:

E é a energia desejada em kWh/mês.

G_{STC} é a constante unitária em kW/m².

TD é a taxa de desempenho do módulo fotovoltaico.

H_{TOT} é a irradiação para o determinado mês dado em kWh/mês/dia x 30 dias.

De posse da potência necessária para o determinado consumo, pode-se calcular a quantidade de módulos necessários para esse fim, tem-se a Equação 10 (WEG, 2019).

$$n_{mód} = \frac{P_{fv}}{P_{mod}} \quad (10)$$

Onde:

$n_{mód}$ é o número de módulos necessário.

P_{fv} é a potência fotovoltaica dada em kWp.

P_{mod} é a potência do módulo utilizado no estudo, dado em kWp.

Para saber a quantidade de energia gerada pelos resultados obtidos nas equações anteriores, utiliza-se a Equação 11:

$$E = \frac{P_{fv} * H_{TOT}}{G_{STC}} * TD = \frac{kWh}{mês} \quad (11)$$

As equações descritas anteriormente serão necessárias para calcular a geração que o sistema de energia solar proposto irá proporcionar no consumo da empresa em estudo.

3.5. Metodologia para análise da viabilidade econômica

Para encontrar a estratégia que mais irá proporcionar economia para a empresa, deve-se analisar a viabilidade de implantação do sistema fotovoltaico e a economia gerada pela migração ao mercado livre. Para isso, será utilizado estratégias de análise de engenharia econômica como método do Valor Presente Líquido (VPL), considerando a Taxa Interna de Retorno (TIR) e a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), juntamente do prazo de retorno do investimento (Payback) (ASSAF NETO, 2014).

3.5.1. Valor presente Líquido (VPL)

Metodologia utilizada para calcular o fluxo de caixa de projetos, que consiste em subtrair o valor inicial de investimento, onde pode ser analisado se há benefícios para o mesmo. Para esse método, é necessária a utilização de uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), na qual é encarregada de descontar os fluxos de caixa, trazendo valor para o presente. Para que o valor investido seja satisfatório, o projeto deve conter valor presente líquido maior ou igual a zero, isso quer dizer que o investimento, dado como base a TMA, foi menor que o retorno do mesmo (ASSAF NETO, 2014).

O cálculo do Valor Presente Líquido é dado pela Equação 12:

$$VPL = \sum_{n=1}^j \frac{FC_n}{(1+i)^n} - FC_0 \quad (12)$$

Onde:

VPL valor Presente Líquido, em reais.

FC_0 investimento inicial do projeto, em reais.

i taxa de desconto, em porcentagem.

n período em questão, em unidade de tempo.

FC_n fluxo de caixa no período n , em reais.

3.5.2. Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A Taxa Mínima de Atratividade é um conceito utilizado na análise de investimento e corresponde a uma taxa de juros que representa o valor mínimo de retorno para a aplicação do recurso financeiro, ou o máximo investimento que a entidade propõe a pagar pelo financiamento (ASSAF NETO, 2014).

O investimento se tornará atrativo se o seu rendimento for no mínimo a percentual estabelecido pela TMA. O valor da mesma, para os cálculos, será de acordo com

o Sistema Especial de Liquidação e de Custódia - SELIC, que corresponde à taxa média de ajuste dos financiamentos de títulos públicos federais. O Comitê de Política Monetária – COPOM, do banco central, estabeleceu no mês de janeiro de 2021 a taxa SELIC para 2% e para inclusão anual será utilizado 15% de TMA (BCB, 2021).

3.5.3. Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa interna de Retorno (TIR) representa uma taxa hipotética que, quando aplicada ao fluxo de caixa, faz com que os valores de investimento, já em valor presente, tenham o mesmo valor que o esperado para o retorno dos investimentos, que também são trazidos ao valor presente. Pode-se dizer que é o percentual do valor investido em um determinado período de tempo. Dessa forma, o método pode determinar o valor que zera o valor presente dos fluxos de caixa dos investimentos. A TIR pode ser calculada pela Equação 13 (ASSAF NETO, 2014).

$$FC_0 = \sum_{n=1}^t \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (13)$$

Se o valor encontrado na equação da TIR for superior ao da TMA desejado pelo investidor, então pode-se dizer que o projeto é economicamente viável, devido ao retorno positivo do seu investimento esperado.

3.5.4. Prazo de retorno do investimento (Payback)

O Payback é uma técnica muito utilizada para estipular o tempo necessário para que o projeto proposto tenha seu capital inicial recuperado e que gere um fluxo de caixa satisfatório, que se iguale ou supere a TMA. Tal técnica serve para medir o risco do investidor, por retornar o tempo em que o investimento retornará para o mesmo (ASSAF NETO, 2014).

Existem duas análises de sensibilidade a qual o método do Payback pode ser realizado. A primeira forma é manter uma taxa de desconto maior que zero ($i > 0\%$), denominado Payback Desconto. A segunda maneira é manter a taxa de desconto igual a zero ($i = 0\%$), chamada de Payback Simples. A Equação 14 determina o período de Payback Simples (ASSAF NETO, 2014).

$$Payback = \frac{FC_0}{R_t} \quad (14)$$

Onde:

Payback é o tempo de retorno do investimento, em unidade de tempo.

R_t fluxo de caixa líquido no período considerado, em reais/(unidade de tempo).

3.6. Considerações finais do terceiro capítulo

Neste capítulo foram abordados recursos matemáticos para calcular a fatura de energia, o dimensionamento de um sistema de energia solar fotovoltaica e da viabilidade econômica para a empresa estudada. A metodologia é a partição do trabalho onde os dados e recursos para que possa ser desenvolvido os resultados no próximo capítulo.

4 RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

4.1. Considerações gerais

Nesse capítulo constam os resultados constituídos a partir da metodologia já apresentada. Os resultados são referentes à aquisição de dados para que possamos analisar o melhor tipo de suprimento de energia e que possua o melhor retorno econômico de investimento.

4.2. Suprimento pelo Mercado Livre de Energia

Inicialmente foi calculado o valor gasto com energia no mercado cativo, para o consumo da empresa em estudo. Foram utilizados os dados de consumo no período de um ano, que se encontra na Tabela 2, juntamente dos valores da tarifa horo sazonal verde à qual a empresa pertence, dispostas na Tabela 3.

Esses dados foram inseridos na Equação 1, dado por $P_{parcial}$, que é dividida em três parcelas. A primeira, calcula o valor destinado ao consumo de ponta e fora ponta, dados por $P_{consumo}$ pela Equação 2. A segunda parcela retorna o valor que é gasto com a demanda contrata, dada pela Equação 3. A terceira parcela é calculada no caso se há uma ultrapassagem na demanda contratada, dado pela Equação 4. As equações citadas quando somadas irão resultar no valor gasto com energia pela empresa sem incluir os impostos governamentais (PIS/PASEP, COFINS e ICMS). Para inseri-los basta utilizar o valor encontrado na equação de $P_{parcial}$ e inserir na Equação 5 de P_{final} . Os valores dos mesmos são encontrados na Tabela 5. Os valores encontrados pelas equações citadas são encontrados na Tabela 7, onde resultam nos gastos com energia elétrica durante o período de estudo.

Tabela 7 – Resultados obtidos para o consumo anual da empresa em estudo

Mês/Ano	$P_{consumo}$ (R\$)	$P_{demanda}$ (R\$)	$P_{ultrapassagem}$ (R\$)	$P_{consumo}$ (R\$)	P_{final} (R\$)
mar/20	64.473,77	11.435,00	1.843,57	77.752,33	114.274,45
abr/20	65.784,13	11.435,00	2.345,84	79.564,97	117.908,97
mai/20	54.362,96	11.435,00	0	65.797,96	95.636,56
jun/20	51.535,93	11.435,00	0	62.970,93	91.620,74
jul/20	49.228,25	11.435,00	0	60.663,25	88.688,97
ago/20	47.863,29	11.435,00	0	59.298,29	86.478,47
set/20	49.070,22	11.435,00	0	60.505,22	88.470,85

out/20	50.664,93	11.435,00	0	62.099,93	90.749,57
nov/20	58.906,05	11.435,00	0	70.341,05	103.336,34
dez/20	58.147,58	11.435,00	0	69.582,58	101.535,94
jan/21	64.395,71	11.435,00	1.813,65	77.644,36	112.773,22
fev/21	68.852,48	11.435,00	3.521,98	83.809,46	122.313,86
Média	56.940,44	11435,00	793,75	69.169,19	101.149,00

Fonte: Elaboração própria

No mercado livre de energia, os valores que são negociados com as comercializadoras ou com as geradoras, sendo a parcela destinada a pagar pelo consumo energia ou tarifa de energia (TE). Para isso, deve-se encontrar a parcela da fatura destinada à tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD), uma vez que os valores encontrados na fatura e o calculado é a soma das duas parcelas. A parcela TUSD foi inicialmente calculada pela Equação 6, com os valores de tarifa dados pela Tabela 3, onde resulta no valor de TUSD sem impostos governamentais. Para inclui-los, utilizou-se a Equação 8 e os valores de impostos dispostos na Tabela 5. A Tabela 8 mostra os valores encontrados para a parcela TUSD.

Tabela 8 – Resultados dos cálculos para determinar o valor da fatura de energia

Mês/Ano	P_{final} (R\$)	$P_{parcial\ TUSD}$ (R\$)	$P_{final\ TUSD}$	Porcentagem da TUSD (%)
mar/20	114.274,45	37.384,82	54.945,35	51,92
abr/20	117.908,97	38.144,62	56.527,30	52,06
mai/20	95.636,56	31.522,11	45.817,02	52,09
jun/20	91.620,74	29.882,87	43.478,65	52,54
jul/20	88.688,97	28.544,78	41.732,13	52,95
ago/20	86.478,47	27.753,31	40.474,41	53,20
set/20	88.470,85	28.453,14	41.604,24	52,97
out/20	90.749,57	29.377,83	42.931,21	52,69
nov/20	103.336,34	34.156,40	50.178,35	51,44
dez/20	101.535,94	33.716,61	49.199,78	51,54
jan/21	112.773,22	37.339,56	54.233,20	51,91
fev/21	122.313,86	39.923,79	58.265,90	52,36
Média	101.149,00	33.016,65	48.282,30	52,31

Fonte: Elaboração própria

Os valores encontrados para TUSD permitem compreender que, na fatura de energia, os valores destinados a essa parcela compreendem uma média de 52,31%

do valor, então, quando se faz a migração para o mercado livre de energia, tais valores ainda deverão ser pagos pelo consumidor.

Uma das alternativas de suprimento é a entrada no mercado livre de energia. Para isso, deve-se compreender que a parcela que será negociada no ambiente de contratação livre é a TE. A fim de desmembrar a mesma, foi subtraído do valor final da fatura, dado por P_{final} , a parcela TUSD, dado por $P_{final\ TUSD}$, calculado pela Equação 8. Quando é retirada do valor final da fatura, é possível analisar melhor o preço dado pelo mercado cativo e comparar com os valores encontrados no mercado livre. Pode-se analisar, também, pegando o valor gasto total, P_{final} , e dividindo pelo consumo total em cada mês, que esse valor representa o gasto com energia por MWh. Com esse fim, a Tabela 9 mostra os valores que foram encontrados de cada parcela da fatura.

Tabela 9 – Dados comparativo para analisar o preço da energia

Mês/Ano	P_{TE} (R\$)	Preço da energia (R\$/MWh)	Preço da TUSD (R\$/MWh)
mar/20	59.329,10	488,85	235,05
abr/20	61.381,66	494,35	237,00
mai/20	49.819,54	485,21	232,45
jun/20	48.142,09	490,33	232,69
jul/20	46.956,84	496,89	233,81
ago/20	46.004,05	498,32	233,23
set/20	46.866,61	497,26	233,84
out/20	47.818,36	494,02	233,71
nov/20	53.158,00	483,84	234,94
dez/20	52.336,16	481,61	233,37
jan/21	58.540,02	483,01	232,28
fev/21	64.047,97	489,96	233,40
Média	52.866,70	490,30	233,81

Fonte: Elaboração própria

Quando subtraído o preço médio da energia pago em MWh, pelo preço médio da TUSD, dados na Tabela 9, encontra-se o valor mínimo aceitável para negociação no mercado livre, dado por $V_{mín\ MLE}$. Ou seja, para que a migração tenha algum significado na alteração econômica da empresa, o preço pago pelo MWh deve ser inferior ao encontrado por esse cálculo, apresentado a seguir.

$$V_{mín\ MLE} = \text{Preço médio da energia} - \text{Preço médio da TUSD}$$

$$V_{\min MLE} = 490,30 - 233,81 = 256,49 \left(\frac{R\$}{MWh} \right)$$

Então, qualquer valor inferior a 256,49 (R\$/MWh) resulta em economia para a empresa, logo, a migração deve satisfazer o estudo migratório. Como a negociação de energia no mercado livre é subjetiva de cada geradora ou comercializadora, foi utilizado em estudo o valor médio do PLD mensal, dado na Tabela 4. Esse valor foi utilizado como base de preço da energia consumida pela empresa.

Tabela 10 – Preço da energia no Mercado Cativo e Livre

Mês/Ano	Parcela de energia no Mercado Cativo (R\$)	Parcela de energia no Mercado Livre (R\$)	Preço final da energia no Mercado Livre (R\$)
mar/20	59.329,10	42.235,53	97.180,88
abr/20	61.381,66	43.093,92	99.621,22
mai/20	49.819,54	35.612,13	81.429,15
jun/20	48.142,09	33.760,20	77.238,85
jul/20	46.956,84	32.248,49	73.980,62
ago/20	46.004,05	31.354,32	71.828,73
set/20	46.866,61	32.144,96	73.749,20
out/20	47.818,36	33.189,63	76.120,84
nov/20	53.158,00	38.588,22	88.766,57
dez/20	52.336,16	38.091,36	87.291,14
jan/21	58.540,02	42.184,40	96.417,60
fev/21	64.047,97	45.103,94	103.369,84
Média	52.866,70	37.300,59	85.582,89

Fonte: Elaboração própria

Quando comparamos o valor da energia entre os dois mercados já é possível notar uma redução nos valores encontrados. A ideia foi parametrizar os valores de consumo que a empresa já apresentava, mantendo assim o padrão de consumo. Essa metodologia é, de certa forma, conservadora, pelo fato de analisar o consumo já existente como parâmetro de escolha para migração. Com essa análise, notou-se que, se optar pela entrada no ACL, a empresa terá uma redução média de 15,45% do valor original da fatura. Quando somado no período de um ano, resulta em uma economia de R\$ 186.793,31.

Como a demanda contratada é de 500 kW, a empresa se encaixa em consumidor especial, ou seja, só pode escolher fontes de energia incentivadas. Isso pode trazer ainda mais economia na hora da migração, devido ao fato de que algumas fontes incentivam o consumidor, ao escolhê-las, ganha-se um desconto de 50% ou 100% na

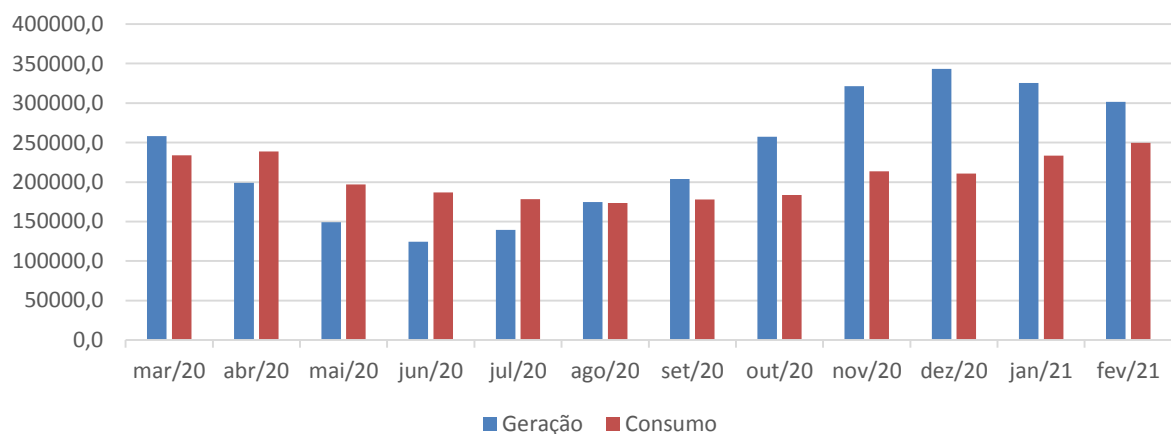
parcela TUSD. Esse desconto depende da fonte geradora. No presente trabalho não foi considerado esse desconto, pelo fato de que essas fontes possuem valores de energia diferentes e, como foi utilizado o valor da média do PLD, não será usual.

O valor de comparação entre o mercado cativo e o livre pode ser ainda mais vantajoso, pois, devido ao fato de ser usado como base o PLD, é possível conseguir uma base melhor de valor por MWh, se for celebrado contrato de longo prazo.

4.3. Suprimento por Energia Fotovoltaica

Outra alternativa para o suprimento de energia é a energia fotovoltaica. Quando bem dimensionada, o seu investimento pode trazer economia significativa para quem escolhe esse tipo de sistema. A evolução dessa tecnologia trouxe aos equipamentos que a compõem uma vida útil de até 25 anos. Isso impacta na hora da decisão por esse tipo de suprimento, uma vez que o retorno do investimento pode ser inferior ao da vida útil do sistema, ou seja, depois de pago o sistema ainda estará gerando energia. Para o perfil de consumo da empresa em estudo seriam necessários 4423 módulos de 500 Wp, para atender a 100% de sua demanda de energia, totalizando uma potência instalada de 2211,5 kWp. Utilizando os dados de irradiação da Tabela 6 e a Equação 11, pode-se observar, na Tabela 11, a energia gerada por esse sistema.

Figura 15 – Gráfico da geração fotovoltaica x consumo de energia



Fonte: Elaboração própria

É possível observar que em alguns períodos a geração ultrapassa o valor de consumo e, também, o oposto é encontrado. Isso acontece, pois, quando se faz o dimensionamento de um sistema fotovoltaico, é preciso utilizar a média do consumo anual, onde a geração irá cobrir grande parte do mesmo. Em outras palavras, quando a geração não é suficiente, o consumidor utiliza a energia da rede e quando a geração

é maior que o consumo, esse valor é enviado à rede de distribuição gerando créditos de energia e podendo ser abatido do valor consumido.

Quando se trata de energia solar, o limite de potência instalada em módulos e inversores é limitada pela demanda contratada que está registrada na concessionária de energia, como a mencionado na seção 3.4. No caso da empresa em estudo, esse valor é de 500 kW, ou seja, a potência do sistema projetado terá 500 kWp.

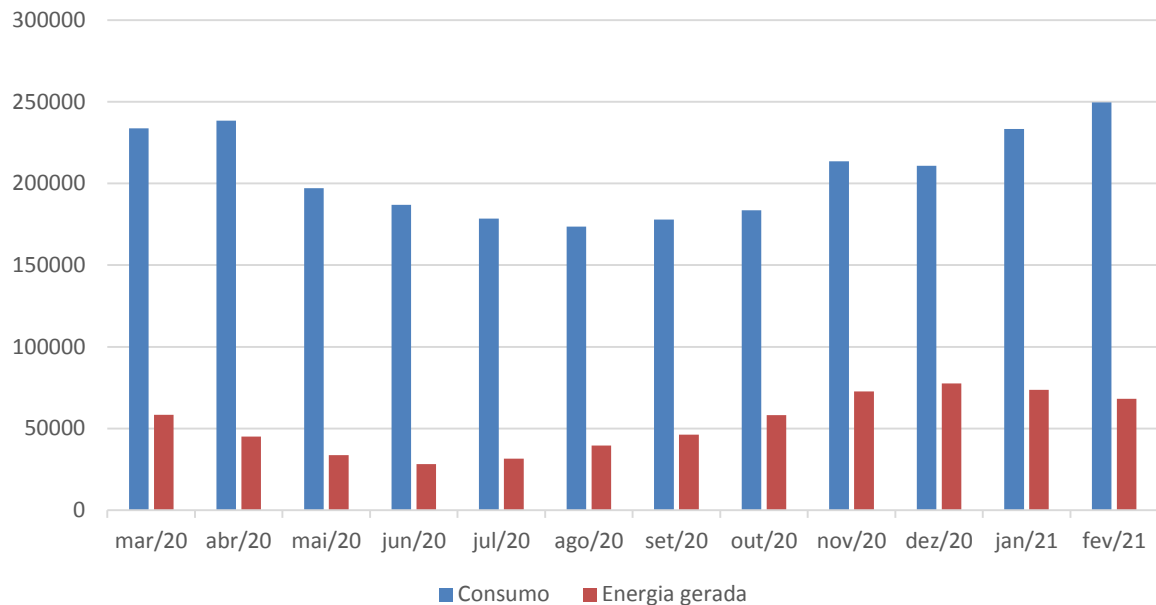
Tabela 11 – Dados encontrados pela geração do sistema com 500 kWp

Mês/Ano	Consumo Total (kWh)	Energia gerada (kWh/mês)	Percentual do consumo atendido (%)
mar/20	233.764,00	58.387,50	24,98
abr/20	238.515,00	45.000,00	18,87
mai/20	197.105,00	33.750,00	17,12
jun/20	186.855,00	28.125,00	15,05
jul/20	178.488,00	31.500,00	17,65
ago/20	173.539,00	39.487,50	22,75
set/20	177.915,00	46.125,00	25,93
out/20	183.697,00	58.162,50	31,66
nov/20	213.577,00	72.675,00	34,03
dez/20	210.827,00	77.625,00	36,82
jan/21	233.481,00	73.575,00	31,51
fev/21	249.640,00	68.175,00	27,31
Média	206.450,25	52.715,63	25,31

Fonte: Elaboração própria

Com isso, pode-se observar, na Tabela 11, que a energia produzida pelo sistema fotovoltaico não consegue suprir a demanda de consumo da empresa, para isso, ela ainda deverá consumir em média mais de 74,69% da distribuidora e pagará pelo preço da energia do mercado cativo. O gráfico da figura 16, também permite observar que a geração não suporta o perfil de consumo, vale salientar que quando se dimensiona um sistema fotovoltaico utiliza-se a média anual, ou seja, em alguns períodos do ano a geração não será suficiente para o consumo, mas em outros meses a geração será maior que o consumo e assim gerar créditos para serem abatidos do valor da fatura.

Figura 16 – Gráfico da geração fotovoltaica x consumo de energia



Fonte: Elaboração própria

Quando analisado os resultados obtidos por esse sistema, pode-se ver que ainda será necessário consumir energia proveniente da distribuidora, impactando diretamente como um ponto negativo para essa alternativa de suprimento, uma vez que ele possui um grande investimento para a empresa. O montante de energia que ainda resta a ser suprido será influenciado pela oscilação de preço que o mercado cativo tem.

Para analisar em termos de valores, foi feita a Tabela 12, onde mostra o consumo, a geração do sistema fotovoltaico, juntamente do percentual de consumo atendido e a energia que ainda falta a ser suprida. Para essa energia restante foi multiplicada pelo preço de R\$490,30 que foi a média encontrada pela energia por MWh no mercado cativo.

Tabela 12 – valores para comparar

Mês/Ano	Consumo Total (kWh)	Energia gerada (kWh/mês)	Percentual do consumo atendido (%)	Energia que falta (kWh)	Valor a ser pago (R\$)
mar/20	233.764,00	58.387,50	24,98	175.376,50	85.987,10
abr/20	238.515,00	45.000,00	18,87	193.515,00	94.880,40
mai/20	197.105,00	33.750,00	17,12	163.355,00	80.092,96
jun/20	186.855,00	28.125,00	15,05	158.730,00	77.825,32
jul/20	178.488,00	31.500,00	17,65	146.988,00	72.068,22
ago/20	173.539,00	39.487,50	22,75	134.051,50	65.725,45
set/20	177.915,00	46.125,00	25,93	131.790,00	64.616,64

out/20	183.697,00	58.162,50	31,66	125.534,50	61.549,57
nov/20	213.577,00	72.675,00	34,03	140.902,00	69.084,25
dez/20	210.827,00	77.625,00	36,82	133.202,00	65.308,94
jan/21	233.481,00	73.575,00	31,51	159.906,00	78.401,91
fev/21	249.640,00	68.175,00	27,31	181.465,00	88.972,29
Média	206.450,25	52.715,63	25,31	153.734,63	75.376,09

Fonte: Elaboração própria

O mercado de energia solar, apesar de que os projetos são singulares para cada cliente, possui uma média de preço por kWp instalado. No caso do sistema proposto esse valor ficou entre 1,8 a 2,25 milhões de reais, segundo a empresa Demape (2020). Para que essa alternativa seja a escolha economicamente viável, o retorno do valor investido deve ser menor que a vida útil do sistema fotovoltaico.

4.4. Análise econômica do investimento

A comparação entre as alternativas apresentadas, anteriormente, serve para que a empresa em estudo tenha o melhor retorno econômico com a sua escolha de suprimento de energia. Como já citado, foi analisado o período de 25 anos, devido à vida útil dos equipamentos do sistema fotovoltaico.

Ambas as opções de suprimento possuem um investimento inicial a ser considerado. Ao escolher por migrar para o Mercado Livre de Energia, o investimento será com a aquisição do medidor inteligente no valor de R\$ 50.000,00. Em compensação, o investimento no sistema fotovoltaico é maior e levará 7 anos para ter qualquer retorno. Quando comparado as duas alternativas, o sistema de energia solar ultrapassa a economia adquirida depois de 17 anos de instalação do sistema. Porém, esses fatores não possuem embasamento para a tomada de decisão. A Tabela 13 mostra os valores de fluxo de caixa de ambos os projetos e foi fundamental para o cálculo do VPL e TIR dos projetos.

Tabela 13 – Dados necessários para análise econômica

Ano	Receitas		Fluxo de caixa do Mercado Livre		Fluxo de caixa do Sistema Fotovoltaico	
	Diferença mercado cativo x livre (R\$)	Diferença mercado cativo x Energia solar (R\$)	Desconto (R\$)	Acumulado (R\$)	Desconto (R\$)	Acumulado (R\$)
0	-	-	- 50.000,00	- 50.000,00	- 1.800.000,00	- 1.800.000,00
1	186.793,31	309.274,90	183.130,70	133.130,70	303.210,69	- 1.496.789,31

2	186.793,31	309.274,90	179.539,90	312.670,60	297.265,38	- 1.199.523,93
3	186.793,31	309.274,90	176.019,51	488.690,11	291.436,65	- 908.087,28
4	186.793,31	309.274,90	172.568,15	661.258,26	285.722,21	- 622.365,07
5	186.793,31	309.274,90	169.184,46	830.442,71	280.119,81	- 342.245,26
6	186.793,31	309.274,90	165.867,12	996.309,83	274.627,26	- 67.617,99
7	186.793,31	309.274,90	162.614,82	1.158.924,65	269.242,42	201.624,42
8	186.793,31	309.274,90	159.426,29	1.318.350,94	263.963,15	465.587,58
9	186.793,31	309.274,90	156.300,29	1.474.651,23	258.787,41	724.374,98
10	186.793,31	309.274,90	153.235,58	1.627.886,81	253.713,14	978.088,12
11	186.793,31	309.274,90	150.230,96	1.778.117,76	248.738,37	1.226.826,50
12	186.793,31	309.274,90	147.285,25	1.925.403,02	243.861,15	1.470.687,65
13	186.793,31	309.274,90	144.397,31	2.069.800,32	239.079,56	1.709.767,21
14	186.793,31	309.274,90	141.565,99	2.211.366,31	234.391,73	1.944.158,94
15	186.793,31	309.274,90	138.790,18	2.350.156,49	229.795,81	2.173.954,75
16	186.793,31	309.274,90	136.068,81	2.486.225,30	225.290,01	2.399.244,76
17	186.793,31	309.274,90	133.400,79	2.619.626,09	220.872,56	2.620.117,32
18	186.793,31	309.274,90	130.785,09	2.750.411,18	216.541,72	2.836.659,04
19	186.793,31	309.274,90	128.220,68	2.878.631,85	212.295,81	3.048.954,85
20	186.793,31	309.274,90	125.706,54	3.004.338,40	208.133,15	3.257.087,99
21	186.793,31	309.274,90	123.241,71	3.127.580,11	204.052,10	3.461.140,10
22	186.793,31	309.274,90	120.825,21	3.248.405,31	200.051,08	3.661.191,18
23	186.793,31	309.274,90	118.456,08	3.366.861,40	196.128,51	3.857.319,69
24	186.793,31	309.274,90	116.133,42	3.482.994,81	192.282,85	4.049.602,54
25	186.793,31	309.274,90	113.856,29	3.596.851,11	188.512,60	4.238.115,14

Fonte: Elaboração própria

O valor de desconto, ou seja, a TMA para ambos os fluxos de caixa foi de 2%, segundo a taxa SELIC. Quando calculado o VPL do mercado livre, ao longo dos 25 anos mostra-se um retorno de R\$ 1.009.737,73 positivo, ou seja, o investimento possui viabilidade econômica e permite um retorno financeiro bem lucrativo. Esse valor, contou com uma Taxa Mínima de Atratividade de 15% e totalizou uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de 364%.

Foi calculado o valor de VPL para o sistema de energia solar, no mesmo período, e o retorno é negativo, no valor de R\$ 45.385,33, em outras palavras, esse investimento não é viável economicamente. Outro ponto que leva a esse resultado é o valor da TIR de 13%, que permite concluir que o retorno é menor que a TMA.

Pode-se afirmar que, para esse estudo, o sistema que mais se adequa aos requisitos da empresa será investir na migração para o Mercado livre de Energia, embora, no acumulado final o valor do sistema de energia solar ser maior, economicamente falando, não vale o investimento empregado.

Como o estudo foi analisado para o período de 25 anos, o valor negociado no mercado livre, certamente, teria melhores condições por celebrar contratos de longo prazo. Embora o sistema fotovoltaico permite olhar um lado de sustentabilidade com energia renovável, o mercado livre também permite esse embasamento por escolher sua geradora de energia.

4.5. Considerações finais do quarto capítulo

Neste capítulo, apresentou-se os resultados obtidos por meio da metodologia proposta, onde são abordadas as comparações entre os investimentos frente ao retorno econômico do sistema de energia solar e a migração para o mercado livre. Esses resultados mostraram que a análise de mercado é uma excelente alternativa para economizar com energia.

5 CONCLUSÕES

5.1. Considerações gerais

Quando o consumidor industrial faz um planejamento estratégico energético, com análise do perfil de consumo, modalidade tarifária, eficiência energética e opções de suprimento energéticos os resultados econômicos podem ser altamente vantajosos. Nesse trabalho foram abordadas duas alternativas de suprimento de energia, a migração para o Ambiente de Contratação Livre (ACL) e a implantação de um sistema de Geração Distribuída (GD), com objetivo de trazer economia para a empresa em estudo.

5.2. Conclusões sobre as alternativas

O Mercado Livre de Energia surge para trazer ao consumidor oportunidade de tomar as decisões quanto a preço, prazo e contratação de seu abastecimento de energético, assim, não fica sujeito a sazonalidade das tarifas de energia. As vantagens dessa opção ganham grande peso nas decisões para a migração para o ACL. Os números encontrados nesse trabalho, permitem dizer que, quando uma empresa exige que seus resultados econômicos sejam rápidos, essa alternativa consegue trazer retorno financeiro desde os primeiros meses. Apesar da burocracia envolvendo a migração de mercado, ainda é vantajoso fazê-la. Para evitar isso, pode-se contratar uma comercializadora que ficará responsável por essa parte, porém, ela deve exigir um preço mensal para esse fim.

O uso de recursos energéticos renováveis é uma opção sustentável e que traz grande retorno financeiro. O bom investimento em Geração Distribuída traz economia e ainda pode ser uma fonte de lucro para o investidor. A energia solar fotovoltaica é considerada o recurso energético que tem o maior potencial de exploração, contando com grande investimento na tecnologia que a compõe. Para o estudo, essa tecnologia não trouxe grande impacto econômico. Isso se deve ao grande capital a ser investido e o sistema não conseguir suprir a carga instalada. Outra questão relevante, que fez o resultado não fossem promissores, é a norma vigente, que não permite a instalação de potência fotovoltaica maior que a demanda contratada.

Apesar de ser uma abordagem mais simplificada de análise de mercado, o trabalho mostrou-se bastante eficiente. Com a metodologia abordada notou-se que é possível economizar com energia fazendo uma análise de mercado de suprimento

energético. As alternativas mostradas são de suma importância ao mercado de energia tornando as principais opções na economia da fatura de energia e para o estudo.

5.3. Sugestões para trabalhos futuros

O estudo de alternativas para suprimento energético, vai além das opções abordadas, como trabalhos futuros sugere-se o seguinte:

- Analisar o perfil de consumo e as alternativas de modalidades tarifárias frente as opções de GD.
- Implantação de uma central geradora externa, na qual, supra o consumo e possa ser uma fonte de lucro.
- Analisar os fatores que influenciam os valores do mercado de energia.
- Alterar a demanda contratada para que o sistema a ser instalado cubra 100% do consumo.

REFERÊNCIAS

ABRACEEL, **Da Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia**. Boletim Abraceel de Energia Livre. 2021. Disponível em: <<https://abraceel.com.br/wp-content/uploads/post/2021/03/Boletim03-Mar%C3%A7o.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

ANEEL. **Entendendo a tarifa**. 2017. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

ANEEL. **Geração Distribuída**. 2018. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>>. Acesso em: 31 maio 2020.

ANEEL. **Grupo A**. 2021. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/home>>. Acesso em: 10 abr. 2021.

ANEEL. **Incidência de ICMS nas Tarifas de Energia Elétrica**. 2021. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view> >. Acesso em: 16 mar. 2021.

ANEEL. **Postos Tarifários**. 2020. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/postos-tarifarios>>. Acesso em: 06 abr. 2020.

ANEEL. **Relatório Evolução das Tarifas Residenciais**. 2016. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/relatorio-evolucao-tarifas-residenciais>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 247**. 2006. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/ren2006247.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2020.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 479**. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2020.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482**. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2020.

ANEEL. **Tarifas**. 2016. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/tarifas>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

ANEEL. **Unidades consumidoras com Geração Distribuída**. 2020. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp>. Acesso em: 02 mar. 2021.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

BCB. **Taxas de juros básicas – Histórico**. 2021. Disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>>. Acesso em: 02 abr. 2021.

BECCHI, Natan Gabriel. **Simulação de Monte Carlo para o estudo do limite de inserção de geração distribuída em redes de distribuição de energia**. 2018. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Univates, Lajeado, 2018.

CARDOSO, Marcos Vinícius Bragança; ROCHA, Jefferson Franco. **Estudo de viabilidade na migração para o mercado livre de energia**. (2017). Revista Uningá Review, Jandaia do Sul, v. 29, n. 1, p. 37-46, jan. 2017.

CCEE. **Ambiente livre e ambiente regulado**. 2020. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/como-participar/ambiente-livre-ambiente-regulado>. Acesso em: 03 mai 2019.

CCEE. **Consumo de Energia no SIN**. 2018. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/infomercado>. Acesso em: 10 abr. 2020.

CCEE. **InfoMercado Quinzenal - 246 - 2ª Edição - Janeiro/2021**. 2021. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/infomercado>. Acesso em: 28 mar. 2021.

CCEE. **Instituições do SEB.** 2017. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/com_quem_se_relaciona>. Acesso em: 10 dez. 2019.

CCEE. **Mercado livre tem alta de 23% no número de consumidores no último ano.** 2021. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opiniao/noticias/noticialeitura>. Acesso em: 04 jun. 2020.

CCEE. **Metodologia: Metodologia de Preços.** 2021. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/metodologia_de_precos>. Acesso em: 02 fev 2021.

CCEE. **Portal de Aprendizado:** Curso Visão Geral CCEE. 2019. Disponível em: <<http://ccee.micropower.com.br/Performa/Web/Portal/Main/Home.aspx>>. Acesso em: 19 maio 2019.

CCEE. **Preço de Liquidação das Diferenças (PLD):** média mensal. Média Mensal. 2020. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios>. Acesso em: 20 mar. 2021.

CCEE. **Setor Elétrico.** 2018. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/setor_eletrico>. Acesso em: 15 jul. 2019.

CCEE. **Visão Geral das Operações na CCEE.** 2016. Disponível em: <https://www.grancursospresencial.com.br/novo/upload/VISAO_GERAL_OPERACAO_14_05_2010_20100514154651.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019

CLÍMACO, Fernando Gomes. **Gestão de Consumidores Livres de Energia Elétrica.** 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Usp, São Paulo, 2010.

COMERC. **O Mercado Livre de Energia: Mercado Livre de Energia no Brasil.** 2021. Disponível em: <https://www.comerc.com.br/comerc/o_mercado_livre_de_energia.asp>. Acesso em: 13 jan. 2021

COSTA, Maria Amália Volpato Longo Olegário da. **|Análise da interferência da geração distribuída no mercado de comercialização de energia.** 2017. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Energias Renováveis Com Ênfase em Sustentabilidade, Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

CPFL. **Tarifas - RGE.** 2020. Disponível em: <<https://www.cpflempresas.com.br/institucional/tarifas.aspx?emp=D008>>. Acesso em: 09 mar. 2021.

CRESESB. **Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica.** 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=291>. Acesso em: 11 mar. 2018.

DEMAPE. **Quanto custa para instalar um sistema de energia solar fotovoltaica.** 2020. Disponível em: <<https://demaperenovaveis.com.br/quanto-custa-para-instalar-um-sistema-de-energia-solar-fotovoltaica>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

EPOWERBAY. **Geração Distribuída: conceitos e história do mercado.** Conceitos e História do Mercado. 2020. Disponível em: <<https://www.epowerbay.com/single-post/geracao-distribuida-conceitos-e-historia-do-mercado>>. Acesso em: 25 fev. 2021.

FARIA, Samuel Travalão. **Redução de custos com mercado livre de energia.** 2008. 9 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

FLOREZI, Guilherme. **Consumidores livres de energia elétrica: uma visão prática.** 2009. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

INEE. **O que é geração distribuída.** 2018. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: 22 fev. 2021.

ITO, Lauro Cezar Kyoshi. **Um estudo sobre o mercado livre de energia elétrica no Brasil.** 2016. 60 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Usp -

Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. Disponível em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-09012017-165611/publico/Ito_Lauro_Cezar_Kyoshi_tcc.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2019.

LEAL, M. **Avaliação da Aplicação da Modalidade Tarifária Horária Branca: Estudo de Caso Para Consumidores Residenciais**. 2014. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

MELLO, Ana Paula Carboni de. **Distribuição de Energia Elétrica**: estrutura tarifária brasileira. Alegrete: Unipampa, 2016. Color.

MME. **Projeto Reseb-com sumario**. 2001. São Paulo: 2001. 248p

NASCIMENTO. **A avaliação de longo prazo de um sistema fotovoltaico integrado à edificação urbana e conectado à rede elétrica pública**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013

NEEL. **Bandeiras Tarifárias**. 2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 14 maio 2020.

ONS. **histórico da operação**: geração de energia. 2021. Disponível em: <http://ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx>. Acesso em: 20 mar. 2021.

WEG, Levi Santos Cidral Junior. **Treinamento em Energia Solar Fotovoltaica**: Aplicação Residencial/Comercial. 2019

ZANETTA JUNIOR, Luiz Cera. **Fundamentos de Sistemas Elétricos De Potência**. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2006. 312 p.