

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

RICARDO TRONCO VASSOLER JUNIOR

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA DO USO DE GERADORES À DIESEL EM
HORÁRIO DE PONTA**

**Ilha Solteira
2024**

RICARDO TRONCO VASSOLER JUNIOR

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA DO USO DE GERADORES À DIESEL EM
HORÁRIO PONTA**

Trabalho de graduação apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
Unesp como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nome do orientador

Prof. Dr. Carlos Antonio Alves

Ilha Solteira
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

- V339a Vassoler Junior, Ricardo Tronco.
Avaliação técnica e financeira do uso de geradores à diesel em horário ponta para consumidores da classe comercial / Ricardo Tronco Vassoler Junior. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
78 f. : il.
- Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2024
- Orientador: Carlos Antonio Alves
- Inclui bibliografia
1. Estudo de Caso. 2. Geração distribuída. 3. Geração em ponta.

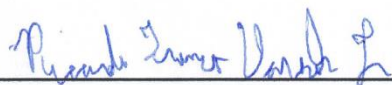
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos vinte e sete dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e quatro, o discente Ricardo Tronco Vassoler Junior, matriculado sob o nº 161050751, tendo como banca examinadora o seu orientador, o Prof. Dr. Carlos Antonio Alves, o Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro e o Prof. Dr. Fábio Bertequini Leão, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado **"AVALIAÇÃO TÉCNICA E FINANCEIRA DO USO DE GERADORES À DIESEL EM HORÁRIO PONTA PARA CONSUMIDORES DA CLASSE COMERCIAL"**, obtendo a nota **9,5** (nove virgula cinco) e conceito **APROVADO**.



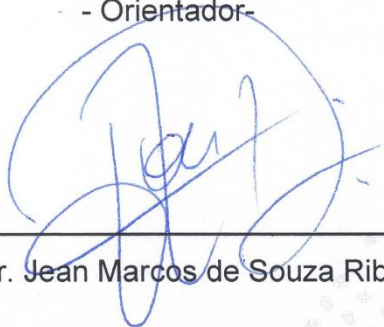
Prof. Dr. Carlos Antonio Alves

- Orientador -



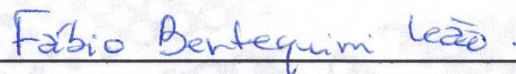
Ricardo Tronco Vassoler Junior

- Discente -



Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro

- Membro da Banca -



Prof. Dr. Fábio Bertequini Leão

- Membro da Banca -

RESUMO

O presente trabalho visa analisar a viabilidade técnica e financeira atual da implementação de um gerador à diesel em um supermercado da região de Salvador. O estudo de caso foi realizado baseando-se nas faturas de energia históricas do supermercado em um período de doze meses para levantamento do perfil de consumo do estabelecimento. Destacam-se neste estudo os custos de instalação, de manutenção, de operação do grupo gerador, entre outros, para obtenção de um preço do kWh que considere a implementação do projeto viável. Cálculos técnicos para determinar o grupo gerador mais adequado à instalação, normas estabelecidas pela concessionária local e sistemas de segurança e automação foram abordados no decorrer deste trabalho. Também foram realizadas simulações de faturas em diferentes enquadramentos tarifários com o intuito de determinar o ideal sistema de tarifação para o estabelecimento em sua condição de instalação atual e possível implementação do grupo gerador. Por fim, considerando o desenvolvimento de todas as etapas citadas anteriormente, foi possível concluir se a implementação do grupo gerador é viável tecnicamente e financeiramente.

Palavras-chave: estudo de caso; geração distribuída; geração em ponta.

ABSTRACT

The present study aims to analyze the current technical and financial feasibility of implementing a diesel generator in a supermarket in the Salvador region. The case study relies on the historical energy bills of the supermarket over a twelve-month period to assess the consumption profile. This study highlights installation costs, maintenance, operation of the generator group, among others, to determine a kWh price that considers the project's viability. Technical calculations to determine the most suitable generator group, compliance with local utility regulations, and safety and automation systems were addressed. Simulations of bills under different tariff frameworks were conducted to determine the optimal tariff system for the establishment in its current installation condition and potential generator group implementation. Finally, considering the development of all the aforementioned steps, it was possible to conclude whether the implementation of the generator group is technically and financially viable.

Keywords: case study; distributed generation; peak generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Gráfico de consumo mensal do Brasil de 2021 e 2023, em GWh.....	14
Figura 2	- Máquinas síncronas: Rotor de polos lisos.....	23
Figura 3	- Máquinas síncronas: Rotor de polos salientes.....	23
Figura 4	- Estator de uma máquina síncrona.....	24
Figura 5	- Excitatriz principal.....	25
Figura 6	- Circuito equivalente completo de um gerador síncrono trifásico de polos lisos.....	27
Figura 7	- Circuito equivalente do estator ligado em estrela de um gerador síncrono trifásico de polos lisos.....	28
Figura 8	- Circuito equivalente do estator ligado em delta de um gerador síncrono trifásico de polos lisos.....	28
Figura 9	- Circuito equivalente completo de um gerador síncrono trifásico de polos salientes.....	29
Figura 10	- Circuito equivalente do estator ligado em estrela de um gerador síncrono trifásico de polos salientes.....	29
Figura 11	- Circuito equivalente do estator ligado em delta de um gerador síncrono trifásico de polos salientes.....	30
Figura 12	- Grupo gerador a diesel.....	31
Figura 13	- Ciclo de funcionamento motor diesel quatro tempos.....	31
Figura 14	- Esquema de controle de um grupo gerador a diesel.....	33
Figura 15	- Diagrama unifilar para unidade consumidora individual.....	42
Figura 16	- Análise de consumo.....	48
Figura 17	- Análise de demanda.....	49
Figura 18	- Análise sistema horo sazonal verde sem gerador.....	52
Figura 19	- Análise sistema horo sazonal verde com gerador.....	54
Figura 20	- Análise sistema horo sazonal azul fora de ponta sem gerador.....	57
Figura 21	- Análise sistema horo sazonal azul fora de ponta com gerador.....	57
Figura 22	- Análise sistema horo sazonal azul em ponta com gerador.....	60
Figura 23	- Análise sistema horo sazonal azul em ponta com gerador.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Subgrupos do Grupo A.....	15
Tabela 2	- Subgrupos do Grupo B.....	16
Tabela 3	- Histórico de consumo do supermercado.....	39
Tabela 4	- Custos de instalação do grupo gerador.....	44
Tabela 5	- Custos de combustível na região.....	44
Tabela 6	- Custos de manutenção preventiva.....	45
Tabela 7	- Características do gerador e componentes de custo.....	46
Tabela 8	- Valores de tarifas sem impostos para o grupo A4.....	49
Tabela 9	- Preço médio geral tarifa horo-sazonal verde sem gerador.....	51
Tabela 10	- Reconstratação de demanda na tarifa horo-sazonal verde sem gerador.....	52
Tabela 11	- Preço médio geral tarifa horo-sazonal verde com gerador.....	53
Tabela 12	- Reconstratação de demanda na tarifa horo-sazonal verde com gerador.....	55
Tabela 13	- Preço médio geral tarifa horo-sazonal azul sem gerador.....	56
Tabela 14	- Reconstratação de demanda tarifa horo-sazonal azul sem gerador.....	58
Tabela 15	- Preço médio geral tarifa horo-sazonal azul com gerador.....	59
Tabela 16	- Reconstratação de demanda tarifa horo-sazonal azul com gerador.....	61
Tabela 17	- Resultados gerais sem uso de gerador.....	62
Tabela 18	- Resultados gerais com uso de gerador.....	63
Tabela 19	- Resultados gerais tarifa azul sem e com gerador.....	64
Tabela 20	- Resultados de simulação sem gerador.....	64
Tabela 21	- Resultados de simulação com gerador.....	64
Tabela 22	- Importe total mensal e anual com gerador.....	66
Tabela 23	- Comparativo de importe total com e sem a utilização de gerador...	67
Tabela 24	- Opções alternativas de investimento.....	68
Tabela 25	- Cálculos de valor presente líquido.....	69
Tabela 26	- Período de payback simples e descontado.....	70
Tabela 27	- Resultados de indicadores financeiros.....	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVO.....	10
1.1.1	Objetivos específicos.....	11
1.1.2	Delimitação do tema.....	11
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS.....	12
1.3	JUSTIFICATIVA.....	13
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	13
2	A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	14
2.1	MODALIDADES TARIFÁRIAS DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	14
2.2	EQUACIONAMENTO APLICADO À TARIFAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	18
3	SISTEMAS DE GERAÇÃO À DIESEL.....	21
3.1	FUNDAMENTOS DE FUNCIONAMENTO DE GERADORES.....	21
3.2	GERADOR SÍNCRONO.....	22
3.2.1	Rotor.....	22
3.2.2	Estator.....	23
3.2.3	Excitatriz principal.....	24
3.2.4	Enrolamentos de geradores síncronos.....	25
3.3	CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DE GERADORES SÍNCRONOS.....	25
3.3.1	Velocidade de rotação.....	26
3.3.2	Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono.....	26
3.3.2.1	<i>Circuito equivalente trifásico do gerado síncrono de polos lisos.....</i>	<i>27</i>
3.3.2.2	<i>Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono de polos salientes.....</i>	<i>28</i>
3.4	GRUPOS GERADORES A DIESEL.....	30
3.4.1	Motor diesel.....	31

3.4.2	Regulação de velocidade do grupo gerador.....	32
3.4.2.1	<i>Sensor magnético</i>	32
3.4.2.2	<i>Atuador</i>	32
3.4.3	Matriz de controle.....	33
3.5	PARALELISMO DE GERADORES.....	33
3.5.1	Paralelismo momentâneo.....	34
3.5.2	Paralelismo permanente.....	34
3.6	METODOLOGIA DE ANÁLISE FINANCEIRA.....	35
3.6.1	Valor presente líquido.....	35
3.6.2	Taxa interna de retorno.....	36
3.6.3	Período de <i>payback</i> e <i>payback</i> descontado.....	36
3.6.4	Custo de depreciação do equipamento.....	37
3.6.5	Manutenção.....	37
4	DIMENSIONAMENTO DO GRUPO GERADOR E CONDUTORES.....	38
4.1	DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DO GRUPO GERADOR.....	38
4.2	DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES.....	41
4.3	SISTEMA DE PROTEÇÃO.....	41
5	ANÁLISE TARIFÁRIA E FINANCEIRA.....	43
5.1	ANÁLISE FINANCEIRA.....	43
5.1.1	Custo de aquisição e instalação do grupo gerador.....	43
5.1.2	Custo do combustível.....	44
5.1.3	Custo de manutenção preventiva.....	45
5.1.4	Custo de operação.....	45
5.2	ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO DO SUPERMERCADO.....	47
5.3	SIMULAÇÃO DE FATURAMENTO EM DIFERENTES SISTEMAS TARIFÁRIOS.....	49
5.3.1	Valores de tarifas para simulações.....	49
5.4	ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DE FATURAMENTO SEM E COM GRUPO GERADOR.....	50
5.4.1	Análise da simulação de fatura no sistema horo-sazonal verde sem gerador.....	50

5.4.2	Análise da simulação de fatura no sistema horo-sazonal verde com gerador.....	53
5.4.3	Análise da simulação de fatura no sistema horo-sazonal azul sem gerador.....	55
5.4.4	Análise da simulação de fatura no sistema horo-sazonal azul com gerador.....	59
5.5	ANÁLISE COMPARATIVA DAS FATURAS SIMULADAS NOS DIFERENTES SISTEMAS TARIFÁRIOS.....	62
5.6	ANÁLISE DOS INDICADORES FINANCEIROS.....	65
5.6.1	Comparativo de custos anuais sem e com gerador.....	65
5.6.2	Indicadores financeiros.....	67
5.6.2.1	<i>Valor presente líquido.....</i>	68
5.6.2.2	<i>Taxa interna de retorno.....</i>	69
5.6.2.3	<i>Período de payback e payback descontado.....</i>	69
5.6.3	Análise dos indicadores financeiros.....	70
6	CONCLUSÃO.....	72
	REFERÊNCIAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a energia elétrica é de suma importância para o mundo moderno, sendo este um dos bens mais importantes da atualidade. Por isso, se faz necessário seu uso racional bem como o planejamento da distribuição de energia elétrica para atender toda a demanda de um país.

Tratando-se de algo tão importante quanto a energia elétrica, o controle de consumo e seu devido faturamento são essenciais para garantir uma distribuição adequada para todas as unidades consumidoras.

O constante aumento da demanda por energia elétrica, a necessidade de expansão dos sistemas de distribuição, a inflação e o aumento do preço dos insumos são fatores que resultam em tarifas de energia elétrica cada vez mais elevadas para o consumidor final, algo que para um ramo de atividade como o hospitalar ou de supermercados por exemplo pode ser prejudicial.

Uma alternativa comum para redução de gastos para o consumidor é a chamada geração distribuída, permitindo a geração de energia elétrica no local ou próximo ao ponto de consumo (PORTAL SOLAR, 2022). O mundo atual tem seus olhos voltados para matrizes energéticas sustentáveis como fonte para a geração distribuída como por exemplo, a geração fotovoltaica ou eólica, procurando reduzir os impactos causados pela geração de energia elétrica no meio ambiente, além de prover redução de gastos consideráveis em faturas de energia. Porém, sistemas de geração a óleo diesel ainda estão presentes em diversos ramos de atividade, não só como uma medida de proteção contra faltas de energia, mas também são utilizados como um meio de redução de gastos.

Entretanto, a instalação deste sistema gera novos custos para a unidade consumidora, sendo necessária a realização de estudos técnicos e financeiros a fim de definir a viabilidade do projeto a ser implementado.

O estudo técnico e financeiro para instalação do sistema de geração à óleo diesel aqui descrito foi realizado em uma unidade do setor supermercadista.

1.1 OBJETIVO

Realizar um estudo com dados reais de uma instalação comercial, buscando definir a viabilidade técnica e financeira da instalação de um sistema gerador à óleo

diesel para alimentar a instalação em horário de ponta. Para este estudo, o estabelecimento escolhido foi um supermercado da região de Salvador.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) realizar um levantamento histórico do perfil de consumo e geração de energia elétrica no Brasil, bem como o aumento de preços do kWh e kW;
- b) realizar um referencial teórico dos geradores à óleo diesel e suas características;
- c) realizar um referencial teórico do sistema tarifário vigente;
- d) realizar uma análise das normas reguladoras vigentes da concessionária de energia local COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) a respeito da Geração Distribuída;
- e) apresentar e avaliar o levantamento de dados de consumo dos últimos 12 meses do estabelecimento em questão;
- f) fazer uma análise do dimensionamento adequado do sistema gerador, visando atender as necessidades do estabelecimento;
- g) realizar uma análise financeira, incluindo custos de manutenção, operação e instalação do sistema gerador, bem como o *payback* do projeto.

1.1.2 Delimitação do tema

Consumidores de alta e média tensão, classificados como consumidores do Grupo A segundo a Agência Nacional Energia Elétrica - ANEEL, possuem valores variáveis de tarifas conforme o período do dia. Horários de menor demanda do sistema de distribuição apresentam um valor menor na tarifa de energia enquanto horários de maior demanda apresentam um valor consideravelmente maior. Estes períodos são definidos como Horário de Ponta, período contínuo de três horas em que a demanda do sistema é maior, e Horário Fora de Ponta (ANEEL, 2022b).

Durante o período de maior tarifação os consumidores do Grupo A procuram alternativas para diminuir os impactos causados na fatura de energia. Alternativas variam conforme o perfil de carga da unidade consumidora, abrangendo desde a

diminuição do consumo neste período, provindo do desligamento de equipamentos, até a instalação de sistemas de geração que operam durante o horário de ponta.

O estudo desenvolvido buscou conhecer a instalação e definir o perfil de carga do supermercado, estudar as configurações de um gerador de possível implementação na unidade, relacionando estes estudos com as normas regulamentadoras da geração distribuída e legislação de tarifação vigente da ANEEL. Para definir por fim, mediante a análise dos dados obtidos, a viabilidade técnica e financeira da implementação do gerador no supermercado.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Partindo da contextualização apresentada anteriormente, pode-se afirmar que o gerenciamento eficiente do consumo de energia oferece um considerável potencial de redução de custos para consumidores de todos os tipos, independentemente do tamanho da instalação.

Para o estabelecimento definido neste trabalho de graduação, levantaram-se alguns tópicos de importante consideração. Destacando-se que, por se tratar de um supermercado, o perfil de carga em horário de ponta possui pouca possibilidade de redução sem a instalação de um sistema gerador. Porém, deve-se considerar também que no caso de falha deste sistema o estabelecimento e consumidores podem ser prejudicados devido à falta de refrigeração dos alimentos e impossibilidade de atendimento.

Portanto, o sistema gerador a ser instalado no estabelecimento deve ter um elevado grau de confiabilidade, bem como o sistema que controlará a troca entre a alimentação convencional e o sistema gerador. Levando em conta estes fatores, além da alta demanda de carga do estabelecimento em horário de ponta, o dimensionamento do gerador a ser utilizado deve cobrir todos estes critérios.

Para realização deste estudo foi necessário analisar detalhadamente o perfil de carga do estabelecimento, especialmente em horário de ponta, para determinar os níveis de potência aproximados durante este período, além do estudo dos tipos de cargas instaladas.

1.3 JUSTIFICATIVA

A geração distribuída tem se tornado cada vez mais popular em todos os tipos de instalações do Brasil, desde residenciais até grandes empresas, impulsionada pelos altos preços da energia elétrica e pelo avanço de tecnologia de geração sustentável, como por exemplo a geração fotovoltaica. Porém, a geração a óleo diesel continua presente em uma grande parcela dos estabelecimentos como medida de segurança contra falhas no sistema de distribuição de energia convencional.

Este trabalho visa estudar a viabilidade da instalação de sistemas geradores a óleo diesel na atual situação econômica do país, avaliando questões técnicas e financeiras de sua implementação, buscando encontrar pontos de redução de custos de energia elétrica para o consumidor final durante o horário de ponta.

Neste contexto, pressupondo-se a realização dos objetivos propostos, este estudo oferecerá conhecimentos sobre a utilização de grupos geradores a óleo diesel não só como medida de segurança em caso de falhas do sistema de distribuição, mas como uma possibilidade de economia em faturas de energia.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

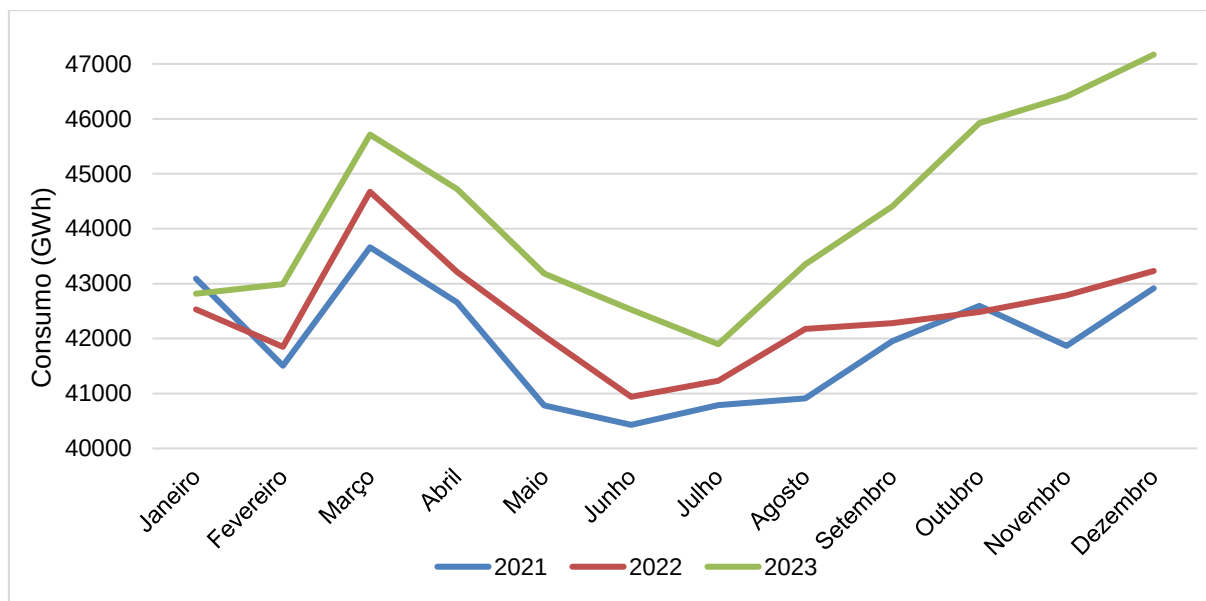
A primeira parte deste trabalho foi dedicada à fundamentação teórica de conceitos a respeito de geradores, normas e conceitos da geração distribuída e o sistema tarifário vigente definido pela ANEEL. Foram realizados estudos de normas, livros e artigos além da revisão de conceitos vistos durante o curso. Após a etapa, foi realizada a aquisição de dados históricos do supermercado.

Posteriormente, foram realizadas análises técnicas e dimensionamento do grupo gerador a ser implementado, levando em consideração as normas vigentes. Também foram realizadas análises envolvendo perfil de consumo do estabelecimento e análises comparativas do custo de energia e demanda, com e sem gerador, para diferentes enquadramentos tarifários, bem como uma análise financeira envolvendo os custos de instalação, manutenção e operação do grupo gerador. Destaca-se neste trabalho a fase de análise técnica e financeira, sendo esta a base que possibilitou a verificação da viabilidade de implementação do projeto.

2 A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

O consumo de energia elétrica no Brasil aumenta gradualmente a cada ano. Dados divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2024) mostram que nos últimos 3 anos o Brasil teve aumento de até 14% de consumo se comparado ao ano anterior. Na Figura 1 apresentam-se os dados de consumo de 2021 a 2023.

Figura 1 – Gráfico de consumo mensal no Brasil de 2021 a 2023, em GWh



Fonte: (EPE, 2024).

Para atender o constante crescimento da demanda por energia elétrica, é necessário ampliar constantemente a capacidade instalada do país, que atualmente está situada em torno de 190,76 GW, sendo 103,2 GW (53,58% do total) de usinas hidrelétricas de grande porte, 46,15 GW (24,70%) de termelétricas e 24,92 GW (13,12%) de usinas eólicas (ANEEL, 2023).

Em decorrência destes fatores, os valores das tarifas de energia tendem a crescer em ritmo similar, com reajustes de 10,85% em 2022, 12,96% em 2023 e expectativa de reajuste de 7,96% para 2024 (REUTERS, 2023), fazendo com que os consumidores busquem por opções como a geração distribuída para minimizar os gastos com o consumo de energia.

2.1 MODALIDADES TARIFÁRIAS DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Para determinar a viabilidade financeira da implementação de um gerador a diesel no supermercado a ser estudado, primeiramente é necessário conhecer o

sistema tarifário vigente na região de Salvador, bem como informações adicionais sobre a concessionária de energia local para a determinação da viabilidade técnica do projeto.

A fornecedora primária de energia para a unidade consumidora em questão é a COELBA, pertencente ao grupo NEOENERGIA, que possui modalidades tarifárias específicas definidas de acordo com a classe do consumidor, tensão de fornecimento e faixa de demanda da instalação.

As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência ativa. Elas são definidas de acordo com o Grupo Tarifário, segundo as opções de contratação definidas na Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021 e no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária (ANEEL, 2022a).

São definidos dois Grupos Tarifários com diversas subdivisões dentro deles. No Grupo A tem-se as unidades consumidoras da Alta e Média Tensões divididos em subgrupos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Subgrupos do Grupo A

SUBGRUPO	TENSÃO DE FORNECIMENTO	CLASSE DE CONSUMIDOR
A1	Igual ou superior a 230 kV	Industrial e comercial
A2	88 kV a 138 kV	Industrial e comercial
A3	69 kV	Industrial e comercial
A3a	30 kV a 44 kV	Industrial e comercial
A4	2,3 kV a 25 kV	Industrial e comercial
AS	Inferior a 2,3 kV com sistema de distribuição subterrâneo	Industrial e comercial

Fonte: Adaptado de SOLAR VIEW (2020).

Seguindo o enquadramento dentro dos subgrupos, os consumidores do Grupo A podem optar pelas seguintes tarifas (ANEEL, 2022a):

- a) tarifa horária verde: tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários), e de uma única tarifa de demanda de potência, independente das horas de utilização. Disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS;

- b) tarifa horária azul: aplicada da mesma maneira que a Tarifa Horária Verde, com o diferencial de que a tarifa de demanda de potência também é aplicada de acordo com as horas de utilização (postos tarifários). Disponível para todos os subgrupos do Grupo A.

No Grupo B tem-se as unidades consumidoras da Baixa Tensão, também divididos em subgrupos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Subgrupos do Grupo B

Subgrupo	Tensão de fornecimento	Classe de consumidor
B1	Menor do que 2,3 kV	Residencial
B2	Menor do que 2,3 kV	Rural
B3	Menor do que 2,3 kV	Demais classes (industrial, comercial etc.)
B4	Menor do que 2,3 kV	Iluminação

Fonte: Adaptado de SOLARVIEW (2020).

Seguindo o seu enquadramento dentro dos subgrupos, os consumidores do Grupo B podem optar pelas seguintes tarifas (ANEEL, 2022a):

- a) tarifa convencional monômnia: tarifa única de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;
- b) tarifa horária branca: tarifa diferenciada de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Esta tarifa não está disponível para o subgrupo B4 e para a subclasse Baixa Renda do subgrupo B1.

No desenvolvimento deste estudo, o foco será voltado ao Grupo A, pois o supermercado objeto de estudo deste trabalho se enquadra neste grupo.

Para a composição da fatura de energia elétrica no Brasil ainda se destaca a Tarifação do Uso dos Sistemas de Distribuição. Mais conhecido como “TUSD”, este é um valor monetário único definido pela ANEEL, definido em Reais por Megawatt-hora (R\$/MWh), responsável por cobrir custos com instalação, equipamentos, e componentes da rede de distribuição, para que a energia seja entregue com qualidade para o consumidor final.

Outro ponto a ser destacado na composição da fatura de energia elétrica no Brasil são as condições de geração de eletricidade no país. A ANEEL definiu em 2015

a implementação do sistema de Bandeiras Tarifárias, um sistema de tarifação baseado nas condições de geração de energia elétrica no país, repassando ao consumidor final um custo adicional na fatura de energia elétrica para incentivar seu uso racional. O sistema de Bandeiras Tarifárias é dividido nas seguintes modalidades (ANEEL, 2022c):

- a) bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- b) bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,01874 para cada kWh consumido;
- c) bandeira vermelha: patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,03971 para cada kWh consumido;
- d) bandeira vermelha: patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,09492 para cada kWh consumido.

Tendo em vista o foco deste trabalho é importante conhecer em detalhes como são compostos os Postos Tarifários. Estes são definidos como períodos do dia em horas em que o valor de tarifação da energia elétrica varia. Para o Grupo A são estabelecidos dois Postos Tarifários: Horário Ponta e Horário Fora Ponta; já para a tarifa branca são estabelecidos três Postos Tarifários: Horário Ponta, Horário Fora Ponta e Horário Intermediário; sendo estes definidos como (ANEEL, 2022b):

- a) Horário Ponta (HP): período de maior consumo de energia elétrica, ou seja, a demanda das cargas do sistema é maior e, portanto, o custo da energia em quilowatt-hora também é maior. Este período consiste em três horas consecutivas em um dia em que o custo da energia é mais elevado e ocorre geralmente no fim da tarde para início da noite. Este Posto Tarifário é vigente somente em dias úteis, passando a não existir em fins de semana e feriados nacionais. No caso da COELBA, este horário é estabelecido das 18:00 às 21:00;
- b) Horário Intermediário: período em horas aplicado imediatamente antes ou imediatamente após o Horário Ponta, podendo ter duração de uma hora ou uma hora e meia. Este Posto Tarifário é exclusivo para consumidores do Grupo B que optem pela Tarifa Branca;
- c) Horário Fora Ponta (HFP): período em horas que completa o restante das horas diárias em que a demanda energética é menor assim como o custo da energia por kWh.

Além dos Postos Tarifários também são definidos períodos de verificação do Fator de Potência das unidades consumidoras, sendo estes divididos em:

- a) Período Capacitivo: período em que a unidade consumidora deve manter o Fator de Potência maior que 0,92 capacitivo para evitar multas. No caso da COELBA, este período é estabelecido das 00:00 às 06:00;
- b) Período Indutivo: período em que a unidade consumidora deve manter o Fator de Potência maior que 0,92 Indutivo para evitar multas, estabelecido para as horas restantes do dia.

2.2 EQUACIONAMENTO APLICADO À TARIFICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Para possibilitar a simulação de valores de faturas utilizando diferentes sistemas tarifários é necessário conhecer as equações utilizadas para calcular os valores faturados em uma fatura de energia, desta maneira, são apresentadas as equações:

- a) consumo faturado: valor em reais referente ao faturamento do consumo de energia elétrica medido no período de leitura.

$$C_F = C_M \cdot T_{AC} \quad (1)$$

Sendo,

C_F = Consumo faturado, em R\$;

C_M = Consumo medido, em kWh;

T_{AC} = Tarifa de consumo, em R\$/kWh.

- b) demanda faturada: valor em reais referente ao faturamento da máxima demanda entre a medida e contratada no período de leitura.

Se a demanda medida for maior que a demanda contratada:

$$D_F = D_M \cdot T_{AD} \quad (2)$$

Sendo,

D_F = Demanda faturada, em R\$;

D_M = Demanda medida, em kW;

T_{AD} = Tarifa de demanda, em R\$/kW.

Se a demanda medida for menor que a demanda contratada:

$$D_F = D_C \cdot T_{AD} \quad (3)$$

Sendo,

D_C = Demanda contratada, em kW.

- c) demanda de ultrapassagem: valor em reais referente ao faturamento da diferença entre a demanda medida e a contratada quando a demanda medida é maior que 105% da demanda contratada.

$$D_U = (D_M - D_C) \cdot T_{AU} \quad (4)$$

Sendo,

D_U = Demanda de ultrapassagem, em R\$;

T_{AU} = Tarifa de demanda de ultrapassagem COELBA, em R\$/kW.

Se a demanda medida for menor que 105% da demanda contratada:

$$D_U = 0 \quad (5)$$

- d) importe mensal total: valor em reais referente ao total de custos mensais provenientes da fatura de energia.

$$I_M = C_F + D_F + D_U \quad (6)$$

Sendo,

I_M = Importe mensal total, em R\$.

- e) preço médio em R\$/kWh: custo unitário médio do consumo de energia elétrica mensal.

$$P_M = \frac{I_M}{C_M} \cdot 1000 \quad (7)$$

Sendo,

P_M = Preço médio, em R\$/kWh.

- f) importe total: valor em reais referente ao total de custos provenientes da fatura de energia.

$$I_T = \sum_{i=1}^n I_{Mi} \quad (8)$$

Sendo,

I_T = Importe total, em R\$.

- g) Preço médio geral: custo unitário médio do consumo de energia elétrica.

$$P_{MG} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Mi}}{n} \quad (9)$$

Sendo,

P_{MG} = Preço médio geral, em R\$/kWh.

As equações apresentadas que contêm valores de tarifas foram aplicadas para ambos os postos tarifários considerados nesta análise, tendo seu valor somado para o cálculo do preço médio e importe.

3 SISTEMAS DE GERAÇÃO DIESEL

Neste capítulo serão apresentados estudos sobre os fundamentos teóricos de funcionamento de máquinas síncronas e motores diesel, tópicos necessários para o correto dimensionamento do grupo gerador a ser implementado pelo projeto.

3.1 FUNDAMENTOS DE FUNCIONAMENTO DE GERADORES

Geradores podem ser definidos como máquinas elétricas que convertem um determinado tipo de energia em energia elétrica (FITZGERALD, 2006). A conversão de energia mecânica para energia elétrica em forma de força eletromotriz (f.e.m.) é a conversão eletromecânica. Fundamentada nas teorias do eletromagnetismo, decorre pela variação do fluxo magnético em função dos movimentos mecânicos, provocando o surgimento de uma f.e.m. induzida nos terminais do gerador.

A Equação 10 apresenta a Lei de Faraday, que fundamenta o fenômeno descrito.

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (10)$$

Sendo,

ε = força eletromotriz induzida, em V;

$\Delta\phi$ = variação do fluxo magnético, em Wb;

Δt = intervalo de tempo, em s.

Geradores elétricos podem ser classificados em categorias definidas pelo modelo construtivo e tipo de funcionamento. Neste trabalho serão abordados geradores de corrente alternada, tradicionalmente classificados entre duas categorias: geradores síncronos e assíncronos.

Em geradores assíncronos, as correntes são induzidas nos enrolamentos do rotor, geradas pela combinação de correntes no estator e a movimentação relativa do rotor. Estas máquinas CA funcionam em velocidade de rotação não proporcional a frequência da alimentação, a velocidade de rotação do rotor é menor do que a velocidade do campo girante, devido ao fenômeno de escorregamento.

Em geradores síncronos com excitação sem escovas (*brushless*) as correntes de excitação do enrolamento de campo são fornecidas por indução magnética de um

componente chamado excitatriz principal fixado no eixo do rotor que opera em sincronia com a frequência da tensão elétrica alternada produzida.

Para a realização deste trabalho, optou-se pela utilização de geradores síncronos, uma vez que oferecem mais vantagens para o tipo de aplicação pretendida pelo estudo.

3.2 GERADOR SÍNCRONO

Em um gerador síncrono, o termo síncrono refere-se ao fato de que a frequência elétrica desta máquina está sincronizada a velocidade de rotação do eixo mecânico (CHAPMAN, 2013), isso significa que frequência da tensão elétrica alternada gerada nos terminais da máquina está sincronizada a velocidade de rotação, portanto existe um sincronismo entre o campo do estator e do rotor.

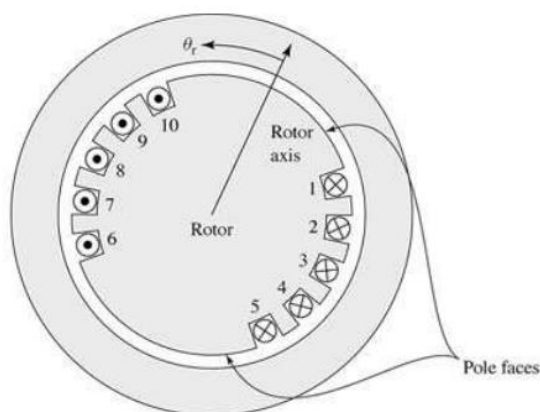
A seguir são detalhados os elementos constituintes de um gerador síncrono.

3.2.1 Rotor

O rotor é o componente giratório da máquina, normalmente construído por um pacote de lâminas de material ferromagnético envolto por um ou mais enrolamentos de cobre chamados enrolamentos de campo (IFG, 2019). O rotor é alimentado com uma tensão contínua por meio da excitatriz principal, gerando um campo magnético constante que excita os enrolamentos do estator. Do ponto de vista construtivo, existem dois tipos de rotores: polos lisos e polos salientes, que funcionam da mesma maneira, porém com aplicações práticas distintas.

No rotor de polos lisos, o entreferro é constante ao longo da periferia do núcleo de ferro (WEG, 2020), possuem alta velocidade de rotação e são comumente utilizados em máquinas de 2 ou 4 polos. Na Figura 2 é mostrado um exemplo de rotor de polos lisos.

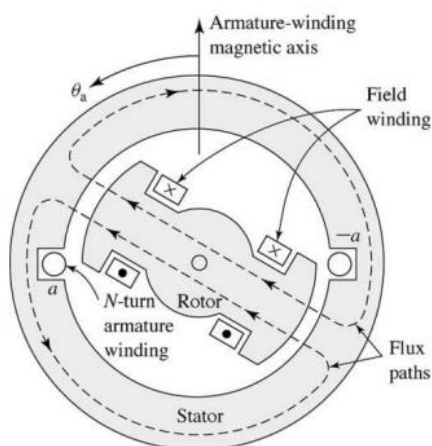
Figura 2 – Máquinas síncronas: Rotor de polos lisos



Fonte: (CHAPMAN, 2013).

Enquanto o rotor de polos salientes apresenta uma descontinuidade no entreferro ao longo da periferia do núcleo de ferro, gerando as chamadas regiões interpolares nas quais o entreferro é muito grande, possibilitando a visualização da saliência dos polos (WEG, 2020). Na Figura 3 é mostrado um exemplo de rotor de polos salientes.

Figura 3 – Máquinas síncronas: Rotor de polos salientes



Fonte: (CHAPMAN, 2013).

O rotor de polos salientes, conforme mostrado na Figura 3, é comumente utilizado em máquinas de quatro polos ou mais.

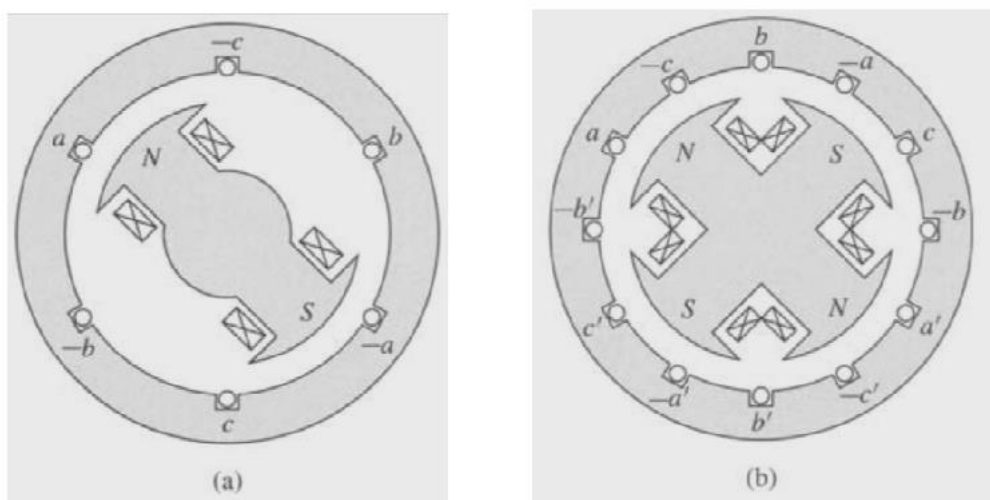
3.2.2 Estator

O estator, ou circuito de armadura, é o componente estacionário da máquina que também é normalmente construído por um pacote de lâminas de material ferromagnético envolto em um conjunto de enrolamentos distribuídos ao longo de seu

perímetro e posicionados em ranhuras. O estator é montado de modo a envolver o rotor sem que haja contato físico com ele, possibilitando que o rotor gire livremente em seu interior (IFG, 2019). Os enrolamentos do estator são dispostos de maneira que a defasagem entre eles seja de 120° , e quando excitados pelo campo magnético proveniente do rotor induzem um conjunto de tensões trifásicas alternadas de frequência sincronizada a velocidade de rotação da máquina (CHAPMAN, 2013).

Na Figura 4 são mostrados dois exemplos de estatores de máquinas síncronas.

Figura 4 – Estator de uma máquina síncrona



Fonte: (CHAPMAN, 2013).

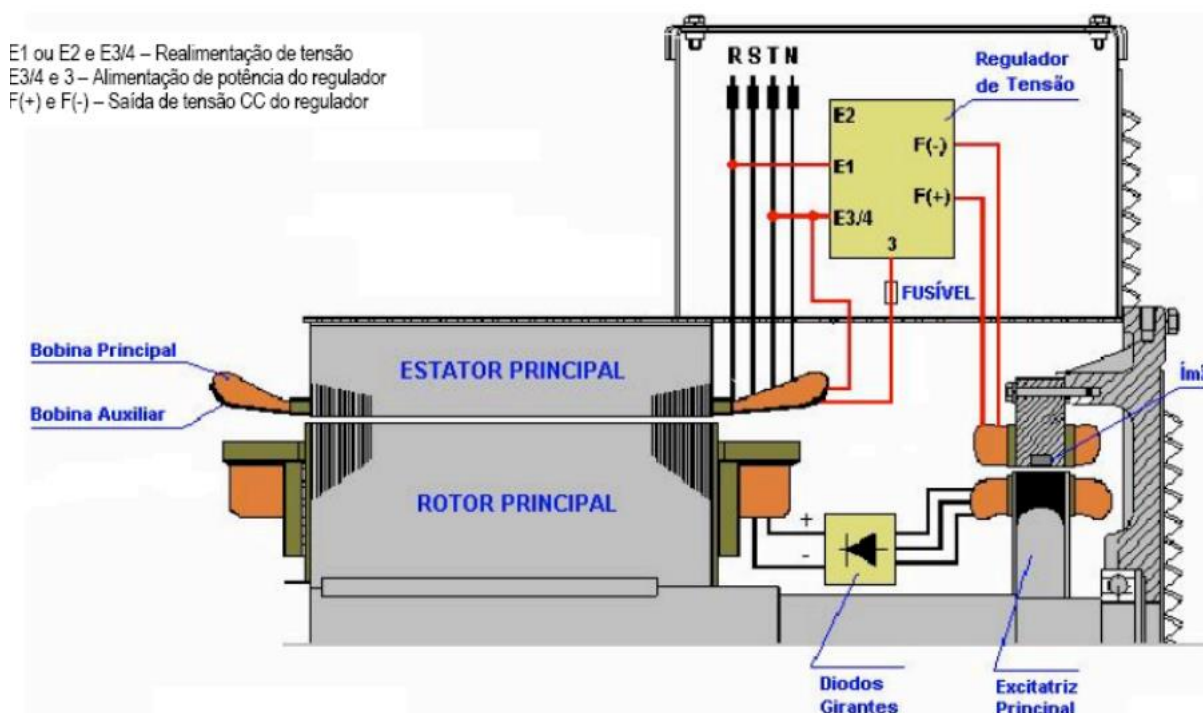
Na Figura 4 é possível observar a relação entre estatores e diferentes modelos de rotores de polos salientes.

3.2.3 Excitatriz principal

A excitatriz principal, com armadura rotativa e campo estacionário, é responsável por fornecer a corrente contínua para alimentação dos polos do rotor. Este componente possui um conjunto de diodos girantes, montado no eixo do rotor, que alimenta o campo principal em corrente contínua. O conjunto de diodos recebe a corrente alternada da armadura da excitatriz principal, também montada no eixo do rotor, corrente esta induzida pela estator da excitatriz principal (campo da excitatriz) que é alimentado em corrente contínua proveniente do regulador de tensão (SOUZA, 2009).

Estes componentes são ilustrados na Figura 5.

Figura 5 – Excitatriz principal



Fonte: (SOUZA, 2009).

Na Figura 5 é possível observar disposição dos componentes citados em uma máquina síncrona.

3.2.4 Enrolamentos de geradores síncronos

Segundo Chapman (2013), em geradores síncronos, existem dois tipos principais de enrolamento: enrolamento de armadura e enrolamento de campo.

O enrolamento de campo é aquele comumente localizado no componente giratório da máquina síncrona, o rotor, nele é injetada a corrente contínua por meio da excitatriz principal conforme citado anteriormente.

O enrolamento de armadura é aquele comumente localizado no componente estacionário da máquina síncrona, o estator, nele é gerada a tensão trifásica alternada.

3.3 CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DE GERADORES SÍNCRONOS

Neste capítulo serão abordadas as características e equações que descrevem o funcionamento dos geradores síncronos.

3.3.1 Velocidade de rotação

Conforme citado anteriormente, as máquinas síncronas são aquelas em que a velocidade de rotação do eixo mecânico é diretamente ligada a frequência elétrica do estator, relacionando-se também ao número de polos da máquina, expresso em (11):

$$f_{se} = \left(\frac{P}{2}\right) \cdot \frac{n_m}{60} \quad (11)$$

Sendo,

f_{se} = frequência elétrica, em Hz;

n_m = velocidade mecânica do campo magnético, em rpm;

P = número de polos;

No Brasil a frequência f_{se} é de 60 Hz de forma padronizada para toda a rede nacional interligada. Nas máquinas síncronas, a velocidade mecânica do campo magnético n_m é igual a velocidade de rotação do rotor.

3.3.2 Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono

A tensão E_A é a tensão interna gerada em uma fase do gerador síncrono, porém essa tensão não é aquela presente nos terminais do gerador. A tensão de saída V_ϕ não é igual a E_A devido às perdas construtivas decorrentes de uma série de fatores (CHAPMAN, 2013). Algumas das causas destas perdas são:

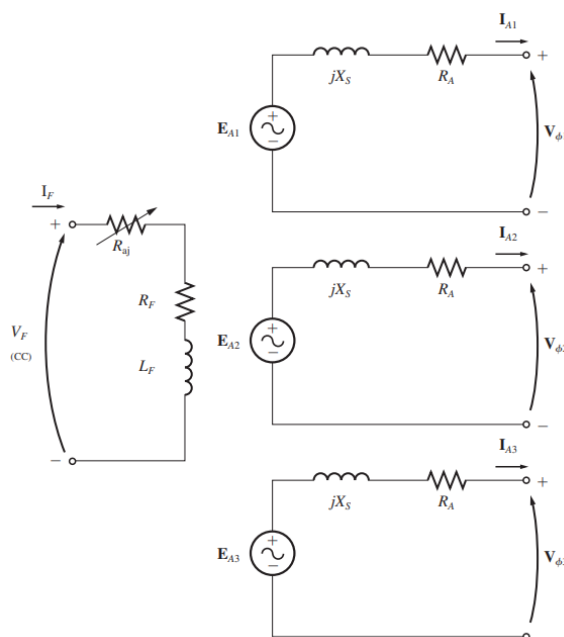
- a) A resistência das bobinas da armadura;
- b) A autoindutância das bobinas da armadura;
- c) A chamada reação de armadura, distorção de campo magnético no ferro causada pela corrente que flui no estator.

Em decorrência da aplicação prática almejada pelo trabalho, foi escolhida a utilização de um gerador síncrono de polos salientes para o desenvolvimento deste. A seguir serão expostos mais detalhes a respeito dos circuitos equivalentes do gerador síncrono de polos salientes.

3.3.2.1 Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono de polos lisos

Os fatores descritos permitem que sejam criados modelos equivalentes para geradores síncronos de polos lisos. Na Figura 6 mostra-se o circuito equivalente trifásico completo.

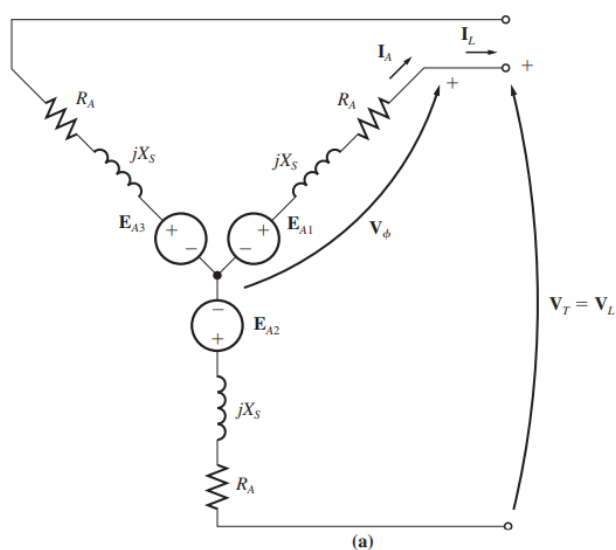
Figura 6 – Circuito equivalente completo de um gerador síncrono trifásico de polos lisos



Fonte: (CHAPMAN, 2013).

Na Figura 7 é mostrado o circuito equivalente para a ligação do estator em estrela.

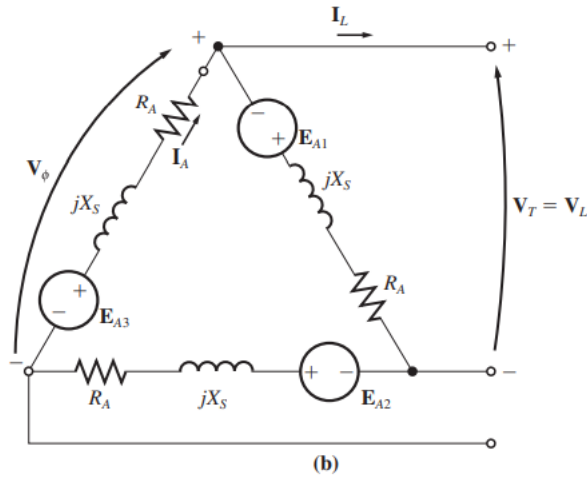
Figura 7 – Circuito equivalente do estator ligado em estrela de um gerador síncrono trifásico de polos lisos



Fonte: (CHAPMAN, 2013).

Na Figura 8 é mostrado o circuito equivalente da ligação do estator em delta.

Figura 8 – Circuito equivalente do estator ligado em delta de um gerador síncrono trifásico de polos lisos



Fonte: (CHAPMAN, 2013).

As Equações 12 e 13 representam os circuitos equivalentes expostos nas Figuras 6, 7 e 8.

$$V_{\phi} = E_A - jX_S I_A - R_A I_A \quad (12)$$

$$E_A = V_{\phi} + jX_S I_A + R_A I_A \quad (13)$$

Sendo,

E_A = Tensão interna gerada, em V;

V_{ϕ} = Tensão de saída de fase, em V;

R_A = Resistência da armadura, em Ω .

I_A = Corrente da armadura, em A;

X_S = Reatância síncrona, em Ω .

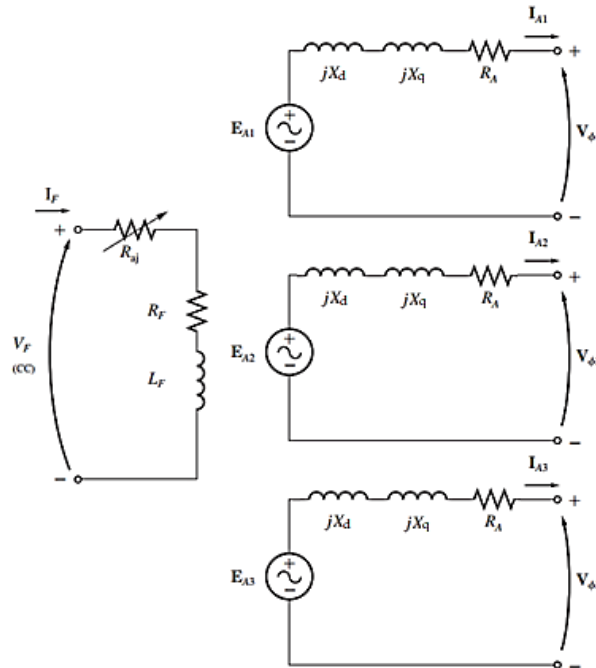
3.3.2.2 Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono de polos salientes

No gerador síncrono de polos salientes existem outros fatores de interferência que devem ser considerados, além dos fatores citados anteriormente. Devido a não uniformidade do entreferro, que pode ser observada comparando as Figuras 2 e 3, há pontos onde é preferencial a magnetização, conhecidos como eixos diretos ao rotor. Nesses, a intensidade da magnetização é significativamente maior ao existente ao

longo do eixo interpolar, conhecidos como eixos de quadraturas. Deste modo deve-se analisar o fluxo de quadratura Φ_q e fluxo de eixo direto Φ_d (FITZGERALD, 2006).

Deste modo é possível que sejam criados modelos equivalentes para o gerador síncrono de polos salientes. Na Figura 9 mostra-se o circuito equivalente completo.

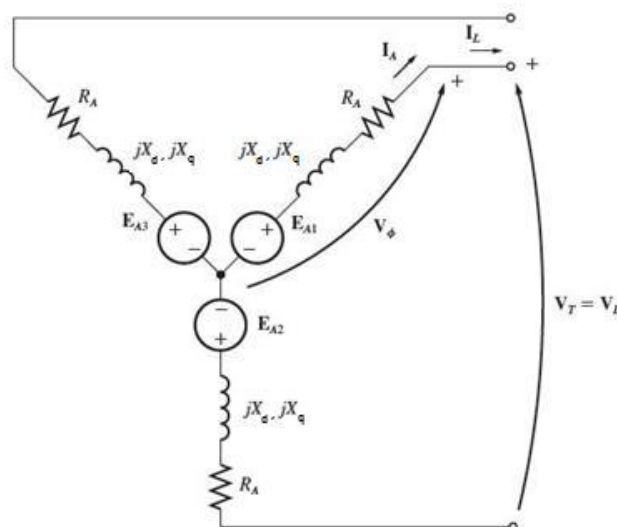
Figura 9 – Circuito equivalente completo de um gerador síncrono trifásico de polos salientes



Fonte: (CHAPMAN, 2013).

Na Figura 10 é mostrado o circuito equivalente para a ligação do estator em estrela.

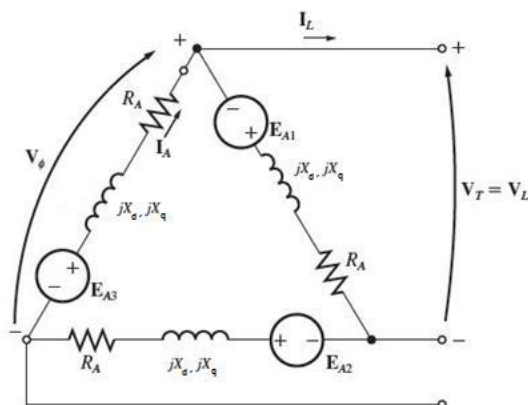
Figura 10 – Circuito equivalente do estator ligado em estrela de um gerador síncrono trifásico de polos salientes



Fonte: (CHAPMAN, 2013).

Na Figura 11 é mostrado o circuito equivalente da ligação do estator em delta.

Figura 11 – Circuito equivalente do estator ligado em delta de um gerador síncrono trifásico de polos salientes



Fonte: (CHAPMAN, 2013).

Modelos estes que podem ser representados pelas Equações 14 e 15:

$$V_{\phi} = E_A - jX_d I_d - jX_q I_q - R_A I_A \quad (14)$$

$$E_A = V_{\phi} + jX_d I_d + jX_q I_q + R_A I_A \quad (15)$$

Sendo,

V_{ϕ} = Tensão de saída de fase, em V;

E_A = Tensão interna gerada, em V;

X_d = Reatância síncrona do eixo direto, em Ω ;

I_d = Corrente do eixo direto da força eletromotriz, em A;

X_q = Reatância síncrona do eixo em quadratura, em Ω ;

I_q = Corrente do eixo em quadratura da força eletromotriz, em A;

R_A = Resistência da armadura, em Ω ;

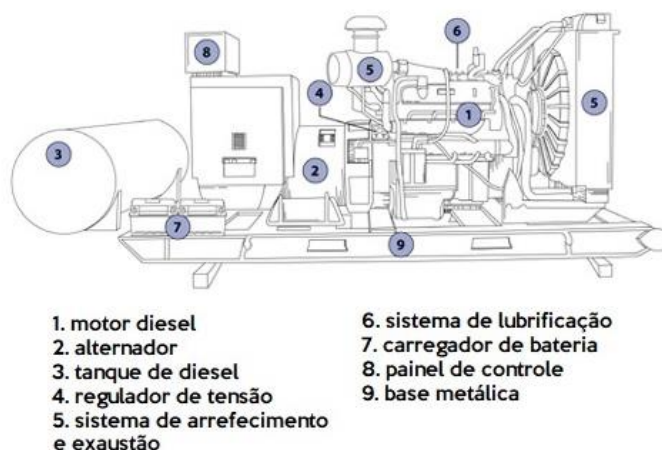
I_A = Corrente da armadura, em A.

3.4 GRUPOS GERADORES A DIESEL

Um grupo gerador a diesel é uma máquina térmica, pois transforma energia térmica em energia mecânica a partir do princípio de funcionamento de motores a combustão. Estas máquinas térmicas à pistão também são chamadas de motores a combustão interna, onde o trabalho é obtido por meio da liberação de energia química do combustível utilizado.

Na Figura 12 é mostrada a montagem de um grupo gerador a diesel e seus componentes.

Figura 12 – Grupo gerador a diesel



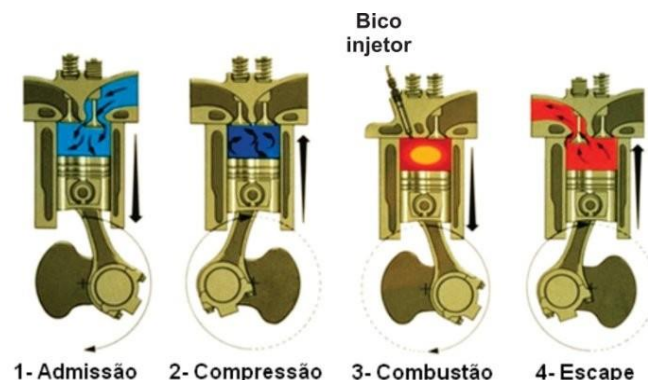
Fonte: (R7GERADORES, 2023).

Na Figura 12 observa-se que motor à diesel está acoplado a um alternador, máquina síncrona geradora.

3.4.1 Motor diesel

O motor diesel funciona em um ciclo de quatro tempos de maneira semelhante ao motor encontrado em automóveis comuns, a Figura 13 mostra os quatro tempos do funcionamento do motor diesel.

Figura 13 – Ciclo de funcionamento motor diesel quatro tempos



Fonte: (MARCOS C., 2016).

Conforme mostrado na Figura 13, inicialmente ocorre a **admissão** do ar no interior do cilindro, em seguida ocorre a **compressão** do ar e injeção do combustível, que em contato com o ar aquecido pela compressão, entra em **combustão** por autoignição e impulsiona o êmbolo, também conhecido como pistão, para baixo. Por

fim, com a abertura da válvula de escape, o produto da combustão é **expelido** do cilindro impulsionado pela subida do êmbolo.

3.4.2 Regulação de velocidade do grupo gerador

Em grupos geradores a diesel, o controle de velocidade é realizado pela injeção de combustível no motor diesel e pela carga ligada a ele. Uma vez que a frequência gerada pelo grupo gerador está diretamente ligada à velocidade mecânica do conjunto, o controle de velocidade é fundamental para que seja mantida constante uma frequência 60Hz.

Para este fim, existem duas opções de sistemas reguladores: regulador mecânico e regulador eletrônico. A utilização do regulador mecânico não é preferível pois, segundo Basler (1996), este não oferece precisão em caso de cargas súbitas gerando instabilidades no sistema gerador. Deste modo, visando minimizar as instabilidades do sistema, a utilização de reguladores eletrônicos é recomendada, este que é composto por quatro partes: regulador de velocidade, potenciômetro de ajuste fino de frequência, sensor magnético e atuador (AMBAC, 1999).

3.4.2.1 Sensor magnético

O sensor magnético é um dispositivo eletromagnético instalado na carcaça do volante, próximo à cremalheira, que tem como objetivo medir a velocidade do grupo gerador por meio da passagem dos dentes da cremalheira. Para cada dente uma corrente alternada é induzida numa frequência de 1 Hz, possibilitando assim o controle da velocidade do grupo gerador. O valor enviado pelo sensor varia de 0,5 V_{RMS} a 40 V_{RMS} (TUROTEST, 2004).

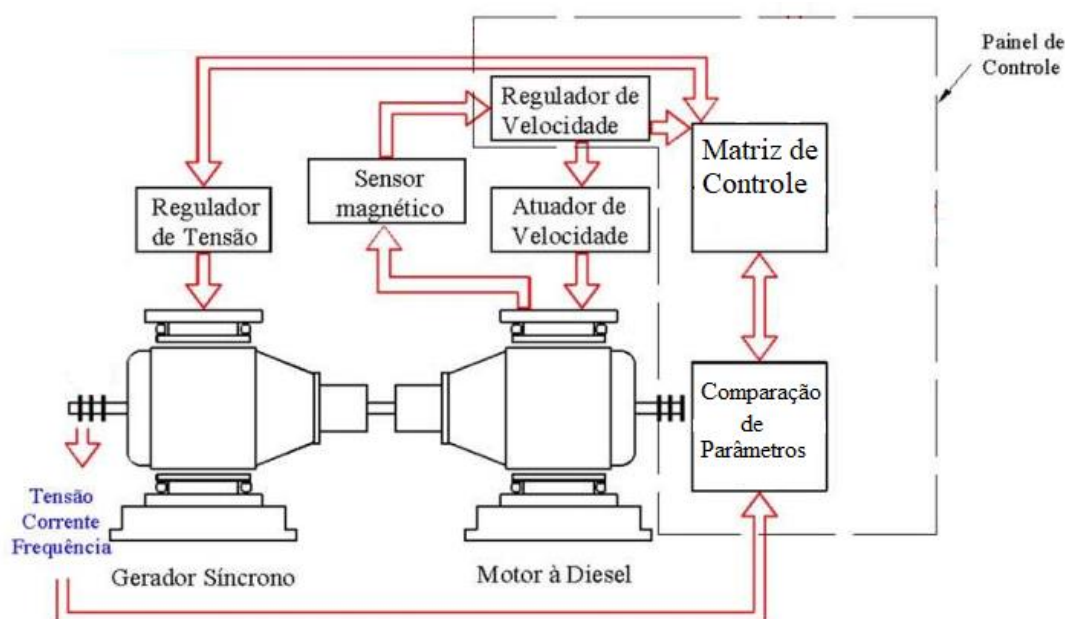
3.4.2.2 Atuador

O atuador, também chamado de governador, é um componente eletromagnético que tem como função realizar o controle do fluxo de combustível interno e externo da bomba injetora. Este componente realiza o controle pelo deslocamento de um êmbolo interno de acordo com a variação da corrente contínua oferecida pelo regulador eletrônico de velocidade (AMBAC, 1999).

3.4.3 Matriz de controle

Diante dos componentes de controle apresentados anteriormente, faz-se necessário a utilização de uma matriz de controle que, baseada nas informações de telemetria do sistema, exercerá o controle do grupo gerador, garantindo seu correto funcionamento e eficiência. Na Figura 14 mostra-se a relação entre os componentes citados e a matriz de controle:

Figura 14 – Esquema de controle de um grupo gerador a diesel



Fonte: (Adaptado de PAIVA, 2014).

A presença da matriz de controle ilustrada pela Figura 14 é obrigatória na implementação de um sistema de geração local.

3.5 PARALELISMO DE GERADORES

Para o desenvolvimento deste trabalho e a aplicação prática proposta por ele, uma das funções mais importantes a serem estudadas é a conexão em paralelo do grupo gerador com a rede pública de distribuição de energia. Isso permite que haja a transição do fornecimento de energia para o grupo gerador durante um intervalo de tempo determinado e retorne a rede pública de distribuição ao fim deste período.

No entanto, para que esta transição seja possível, é necessária a utilização de uma chave seletora que comute o fornecimento entre o grupo gerador e a rede pública de maneira instantânea e sem interrupções, chamada de Chave de Transferência

Automática, ou a utilização de um sistema de transferência gradual de carga, chamado de transferência de rampa. Características como o porte da instalação a ser transferida influenciam na definição do sistema de transferência a ser utilizado (INTERPOWER GERADORES, 2012).

Também, existem casos em que a ligação paralela é utilizada para o fornecimento simultâneo de energia de ambas as fontes em casos que o gerador irá alimentar apenas uma parte da carga total da instalação, por conta de fatores como o fator de potência, demanda de energia, entre outros.

3.5.1 Paralelismo momentâneo

O regime de paralelismo momentâneo é aquele em que o grupo gerador opera em paralelo a rede pública de distribuição apenas por um curto intervalo de tempo, intervalo este necessário para a transferência da carga instalada para o grupo gerador e devolvida a rede de distribuição ao fim da utilização do grupo gerador. Segundo a NEOENERGIA (2021), o tempo máximo permitido de permanência em paralelo ao sistema da distribuidora é de 30 segundos, sendo este somente o tempo necessário para que o grupo gerador assuma a carga da instalação ou seja aliviado desta.

Este regime é comumente utilizado em aplicações onde o objetivo da instalação do grupo gerador é a redução de gastos com a fatura de energia, sendo um exemplo a utilização de grupos geradores no horário de ponta. Neste tipo de conexão o sistema dispõe de dispositivos que realizam a sincronização e compatibilizam as grandezas elétricas do grupo gerador com a rede de distribuição, possibilitando o acoplamento de ambos os sistemas sem interrupções às cargas (ENERGISA, 2018).

3.5.2 Paralelismo permanente

O regime de paralelismo permanente é aquele em que o grupo gerador opera em paralelo com a rede de distribuição em regime permanente. O sistema possui dispositivos de sincronização e compatibilização das grandezas elétricas entre o grupo gerador e a rede de distribuição da mesma maneira que o sistema que opera em regime de paralelismo momentâneo, porém não há alívio automático de cargas do

grupo gerador após determinado intervalo de tempo, não existindo, portanto, limite de tempo estabelecido para o paralelismo entre os sistemas.

Um exemplo de utilização deste regime são as usinas termelétricas que permanecem interligadas a rede pública de distribuição para suprir a demanda de energia em momentos de baixo nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas (CUMMINS, 2022).

3.6 METODOLOGIA DE ANÁLISE FINANCEIRA

A implementação do grupo gerador a diesel exigirá o investimento monetário na aquisição, instalação, manutenção e operação dos equipamentos instalados para o projeto. Neste caso, o estudo da viabilidade financeira do projeto é de suma importância, pois permitirá a visualização de possíveis retornos financeiros gerados pela implementação do sistema gerador.

3.6.1 Valor presente líquido

O VPL é um indicador de análise financeira frequentemente utilizado para determinar a viabilidade de projetos, possibilitando o cálculo do valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros. A taxa de juros, ou taxa de desconto, utilizada no desenvolvimento deste trabalho foi a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), representada pela média de títulos de investimento do mercado (Ibovespa, Selic, Poupança, entre outros) mais a inflação esperada para o ano.

Na Equação 16 é apresentada a equação utilizada para o cálculo da VPL (GITMAN, 2010):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} - FC_0 \quad (16)$$

Sendo,

VPL = Valor presente líquido, em R\$;

FC_t = Valor presente das entradas de caixa, em R\$;

r = Taxa de juros;

FC_0 = Investimento inicial, em R\$.

O critério de análise do resultado obtido pelo cálculo VPL é fácil entendimento: para valores de VPL maiores que zero, o projeto é considerado viável, pois este resultado representa que o valor do retorno gerado pelo projeto é maior do que o valor do investimento inicial, já para valores de VPL menores ou iguais a zero, o projeto é considerável inviável pois o retorno não supera o valor do investimento inicial (GITMAN, 2010).

3.6.2 Taxa interna de retorno

A TIR consiste na taxa de desconto que faz com que o VPL do projeto analisado seja igual a zero, ou seja, o valor presente das entradas de caixa iguala-se ao valor do investimento inicial do projeto. As Equações 17 e 18 apresentam a aplicação destes conceitos dentro da Equação 16 onde o valor da taxa de juro é igual a TIR e VPL é igual a zero (GITMAN, 2010):

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - FC_0 \quad (17)$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = FC_0 \quad (18)$$

Utilizando o método de aproximações sucessivas para encontrar o valor de TIR, a análise dos resultados é feita da seguinte maneira: O projeto é considerado viável se o valor encontrado para TIR for maior que o valor da TMA; o projeto é considerável indiferente se o valor de TIR for igual ao valor da TMA; o projeto é considerável inviável se o valor de TIR for menor do que o valor da TMA.

3.6.3 Período de *payback* e *payback* descontado

Segundo Gitman (2010) o período de *payback* “é o tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial de um projeto, calculado a partir das entradas de caixa”. O cálculo utilizado para encontrar este período consiste na divisão do investimento inicial do projeto pela entrada de caixa anual, neste caso o período de *payback* é dado em anos.

No *payback* descontado, diferente do *payback* simples exige o cálculo do valor presente do fluxo de caixa para encontrar o período de *payback*, ou seja, leva em

consideração a taxa de juros aplicada ao fluxo de caixa ao longo dos anos. De maneira similar ao VPL o valor presente é calculado seguindo a Equação 19.

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} \quad (19)$$

3.6.4 Custo de depreciação do equipamento

Tratando-se de equipamentos a serem adquiridos e utilizados para o projeto proposto, os custos de operação não são os únicos envolvidos. A depreciação é a desvalorização de um bem ao decorrer do tempo devido a utilização e a perda de valor do ativo no mercado.

O custo de depreciação consiste na divisão do valor inicial do bem por sua vida útil, esta que pode variar de acordo com a utilização, manutenção e cuidados com o bem. No caso de geradores a diesel, objeto de estudo deste trabalho, a vida útil é de em média 15 mil horas de trabalho (MULTIDIESEL,2023) .

3.6.5 Manutenção

A manutenção de equipamentos é fundamental para estender sua vida útil e garantir seu bom funcionamento. O método mais eficaz para atingir estes objetivos é a implementação da manutenção preventiva, realizada periodicamente por técnicos especializados para verificar o estado de conservação do equipamento, nível de produção e rendimento do equipamento para reduzir ou impedir falhas do instrumento.

Porém, mesmo com a implementação da manutenção preventiva, a manutenção corretiva ou urgente frequentemente se faz necessária para retornar às condições normais de operação em cenários de falha.

Todos estes custos também devem ser levados em consideração para a análise financeira do projeto proposto.

4 DIMENSIONAMENTO DO GRUPO GERADOR E CONDUTORES

Para que a implementação do grupo gerador atinja as exigências de eficiência e rendimento, propostas por este trabalho para o supermercado objeto de estudo, o equipamento deve ser adequadamente dimensionado para a instalação. É necessário definir os condutores utilizados no circuito elétrico do gerador, uma vez que estes serão vistoriados pela concessionária de energia para avaliar a implementação do projeto.

O dimensionamento do grupo gerador deve ainda se adequar às normas de funcionamento e proteção definidas pela COELBA e pela ANEEL na Norma 956 (ANEEL, 2021b), destacando-se pontos como o gerenciamento do funcionamento do grupo gerador durante o paralelismo momentâneo com a rede de distribuição da concessionária e dimensionamento dos relés de sincronismo que fiscalizam o sistema de conexão e evitam perturbações no momento em que o paralelismo é fechado. Estes pontos serão abordados em mais detalhes adiante no trabalho. O grupo gerador será instalado na baixa tensão.

4.1 DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DO GRUPO GERADOR

Partindo do princípio de que o gerador irá alimentar a instalação do supermercado em sua totalidade e visando a maior vida útil e eficiência do grupo gerador instalado, o dimensionamento do grupo gerador foi feito com base em dados coletados no estabelecimento e dados fornecidos pela concessionária de energia local para um período de 12 meses, de abril de 2022 a março de 2023. Os dados coletados são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 – Histórico de consumo do supermercado

Data	Consumo Ponta (kWh)	Consumo Fora Ponta (kWh)	Demanda Ponta (kW)	Demanda Fora Ponta (kW)	Demanda Contratada (kW)
abr/22	329,94	103.302,00	67,68	230,40	350
mai/22	177,12	99.108,00	68,40	219,60	350
jun/22	2.396,16	89.154,00	183,60	198,72	350
jul/22	472,32	91.098,00	142,56	182,88	350
ago/22	85,86	90.558,00	1,44	187,92	350
set/22	238,14	86.112,00	119,52	194,40	350
out/22	2.474,46	100.962,00	191,52	217,44	350
nov/22	6.053,94	97.884,00	199,44	216,72	350
dez/22	11.247,66	108.540,00	205,92	223,20	350
jan/23	11.638,80	105.804,00	204,48	213,84	350
fev/23	10.465,92	102.582,00	223,20	228,96	350
mar/23	11.648,88	102.852,00	214,56	226,08	350
Média	4769,1	98.163,00	151,86	211,68	350

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Equação 20 é mostrado o cálculo para determinar a potência da carga a ser alimentada pelo gerador.

$$P_{CARGA} = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_S \cdot FP \quad (20)$$

Sendo,

V_L = Tensão de linha: valor padrão para a atenção de linha adotada pela concessionária COELBA quando em um sistema trifásico ligado em delta ou triângulo, em V. $V_L = 220$ V;

I_S = Corrente no secundário do transformador: valor eficaz da corrente circulante nos enrolamentos secundários do transformador ligado em estrela, em A;

FP = Fator de potência padrão de carga adotada pela COELBA. $FP = 0,92$.

Com base na demanda máxima registrada pela distribuidora durante o período de análise deste trabalho, disponível na Tabela 3, sendo $D_{MÁX} = 230,40$ kW, tem-se que $I_S = 656$ A.

Aplicando os valores conhecidos a Equação 20 tem-se,

$$P_{CARGA} = \sqrt{3} \cdot 220 \cdot 656 \cdot 0,92 = 229972,00 \text{ W} \cong 230 \text{ kW}$$

Conhecida a potência da carga, a potência do gerador pode ser encontrada utilizando (21).

$$P_{GERADOR} = \frac{P_{CARGA}}{T_U} \quad (21)$$

Sendo,

T_U = Taxa de utilização máxima do gerador definida pelo estabelecimento em porcentagem que deve ser suficiente para suprir a alimentação da instalação. $T_U = 80\%$.

Aplicando os valores conhecidos a (21) tem-se,

$$P_{GERADOR} = \frac{230 \cdot 10^3}{0,8} = 287,50 \text{ kW}$$

O valor encontrado representa a potência a ser gerada em caso de 100% de utilização do grupo gerador, porém deve-se considerar a possibilidade de futuras expansões na instalação do supermercado, desta maneira é importante dimensionar o gerador de acordo com a expectativa de crescimento do estabelecimento em longo prazo. Para considerar o fator de expansão no dimensionamento do grupo gerador tem-se (22).

$$P'_{GERADOR} = P_{GERADOR} \cdot T_E \quad (22)$$

T_E = Taxa de expansão da carga instalada determinada pelo estabelecimento: taxa de possíveis expansões futuras na carga instalada do estabelecimento.

O supermercado tem uma expectativa de crescimento de 30% da carga instalada considerando um futuro plano de expansão dos refrigeradores do estabelecimento, portanto $T_E = 130\%$.

Desta maneira, aplicando-se os valores a (22), tem-se:

$$P'_{GERADOR} = 287,50 \cdot 10^3 \cdot 1,3 = 373,75 \text{ kW}$$

Por fim, obtém-se a potência aparente gerada nos terminais de saída do grupo gerador por meio da Equação 23.

$$S_{GERADOR} = \frac{P'_{GERADOR}}{FP_{GERADOR}} \quad (23)$$

Sendo,

$FP_{GERADOR}$ = Fator de potência do grupo gerador. $FP_{GERADOR} = 0,8$.

Aplicando os valores conhecidos a (23) tem-se,

$$S_{GERADOR} = \frac{373,75 \cdot 10^3}{0,8} = 467,19 \text{ kVA}$$

O valor comercial de potência aparente nominal do grupo gerador mais próximo ao valor encontrado é de 500 kVA, que será adotado para este trabalho.

4.2 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

O correto dimensionamento dos condutores é de fundamental importância para o adequado funcionamento do grupo gerador. A norma NBR 5410 estabelece as condições mínimas necessárias de dimensionamento de condutores para o correto funcionamento de instalações elétricas, garantindo assim a segurança de pessoas e preservação de bens.

Seguindo a norma NBR 5410 e as condições de instalação de sistemas geradores particulares dispostas pela concessionária de energia COELBA, para o caso do gerador escolhido para este projeto, com potência nominal de 500 kVA, operando em baixa tensão, com tensão de linha de 220 V e método de referência B1, o condutor de fase recomendado para o projeto é o 4x150mm² HEPR-90° (alta isolamento de etileno propileno), neutro de 2x150mm² HEPR-90° e condutor de proteção de 1x95mm² cobre nu.

4.3 SISTEMA DE PROTEÇÃO

O sistema de proteção tem por objetivo garantir a segurança de implementação e utilização do grupo gerador, de forma a maximizar a vida útil do sistema gerador e da instalação como um todo.

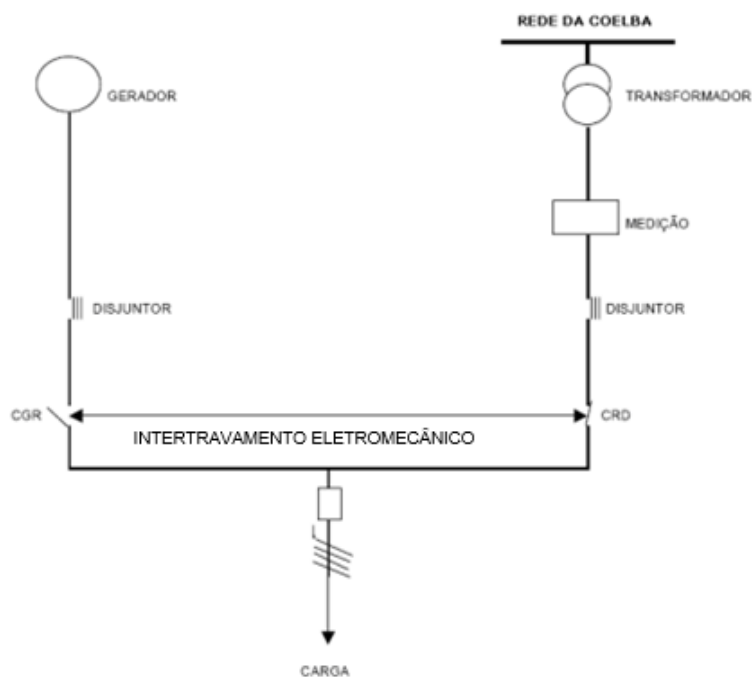
Os relés do sistema de proteção recebem alimentação dos transformadores de corrente (TC's) e transformadores de potencial (TP's), sendo programados a atuar em situações de anomalia do sistema.

O relé de sincronismo tem por objetivo comparar a magnitude, frequência e sequência de fases da tensão vinda do sistema de distribuição da concessionária com aquela gerada nos terminais do grupo gerador. Este relé permite a conexão do paralelismo e transferência de carga entre os sistemas de alimentação.

Outra parte integrante da matriz de controle e sistema de proteção do grupo gerador é a unidade de detecção de sobretensões e subtensões, que tem por objetivo garantir que a tensão gerada pelo grupo gerador esteja dentro de uma faixa de operação aceitável, atuando quando necessário para transferir toda a carga de volta ao sistema de distribuição da concessionária.

Para realizar a transferência de carga entre as redes de alimentação, é necessário um sistema de transferência, composto principalmente por duas chaves de comutação: a chave CRD e a chave CGR, apresentadas na Figura 15:

Figura 15 – Diagrama unifilar para unidade consumidora individual



Fonte: (COELBA, 2012).

A chave CGR é responsável por conectar o grupo gerador às cargas a serem alimentadas, enquanto a chave CRD é responsável por realizar o fechamento do paralelismo entre o grupo gerador e a rede de distribuição, bem como retornar a alimentação das cargas para rede de distribuição. Esta é constantemente verificada pelo relé de sincronismo, garantindo que o paralelismo não ocorra em situações fora de sincronismo.

5 ANÁLISE TARIFÁRIA E FINANCEIRA

A análise tarifária deste trabalho divide-se em três tópicos, inicialmente foi realizada uma análise financeira da implementação e utilização do gerador para calcular os custos de operação do sistema, em seguida foi realizada uma análise do perfil de consumo do supermercado para realizar simulações de diferentes sistemas tarifários para este, apontando assim o melhor sistema tarifário com e sem a utilização do grupo gerador. Por fim, foi realizada uma análise dos indicadores financeiros para determinar a viabilidade da implementação do grupo gerador.

5.1 ANÁLISE FINANCEIRA

Para a realização da análise da viabilidade financeira da utilização do grupo gerador no supermercado, devem ser considerados custos de implementação tais como custos de instalação, manutenção e operação do grupo gerador.

5.1.1 Custo de aquisição e instalação do grupo gerador

Com base no dimensionamento da potência do grupo gerador realizado anteriormente, foi escolhido o grupo gerador modelo MULTI-500LK da MULTIDIESEL Geradores. Este modelo possui potência de 505 kVA, motor da marca SCANIA modelo TAD1345GE, transferência em rampa e quadro de transferência automática (QTA) para 1000 A modelo DSE4520-MKII e tanque de combustível com capacidade de 700 l (MULTIDIESEL, 2023).

Após escolher o modelo de grupo gerador a ser implementado no estabelecimento, foi realizado o orçamento de todos os componentes necessários para realizar a instalação e mão de obra para realizar o serviço. Na Tabela 4 apresentam-se os custos relacionados a instalação do equipamento.

Tabela 4 – Custos de instalação do grupo gerador

Qtd	Material	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
1	Grupo gerador 500 kVA modelo MULTI-500LK	R\$ 304.780,00	R\$ 304.780,00
400	Cabo 150 mm2	R\$ 93,21	R\$ 37.284,00
-	Demais equipamentos	R\$ 9.640,00	R\$ 9.640,00
-	Mão de Obra	R\$ 30.450,00	R\$ 30.450,00
Total			R\$ 382.154,00

Fonte: Adaptada de MULTIDIESEL, 2023.

Considerando o custo do gerador, os materiais utilizados e a mão de obra necessária para instalação, o investimento inicial será de R\$ 382.154,00.

5.1.2 Custo do combustível

Para a operação do grupo gerador, é necessária a compra do óleo diesel para abastecer o motor. Devido à grande capacidade de armazenamento dos tanques de combustível de geradores à diesel, é comum que estabelecimentos que optem pela implementação do sistema gerador contratem empresas para realizar o abastecimento do grupo gerador. Neste trabalho, foram consultados três postos de combustível na região de Salvador para possibilitar o cálculo de uma média de preço do óleo diesel, possibilitando uma análise financeira de maior proximidade com a realidade.

Os valores coletados para o preço do óleo diesel são apresentados na Tabela 5, junto das respectivas bandeiras dos postos de combustível.

Tabela 5 – Custos de combustível na região

 Brasil	 Ipiranga	 Shell	Média
Posto Barbalho Ladeira do Arco, 05 Salvador - BA	Posto Independência Ladeira da Independencia, 173 Salvador - BA	Posto Casagrande Rua Frederico Costa, 07 Boa Vista de Brotas Salvador - BA	Salvador - BA
Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
R\$ 5,69	R\$ 5,79	R\$ 5,75	R\$ 5,74

Fonte: Adaptada de GASORADAR (2023).

O valor do combustível médio obtido para realização dos cálculos de custo do funcionamento do gerador foi de R\$ 5,74 por litro.

5.1.3 Custo de manutenção preventiva

Para que o grupo gerador continue funcionando com eficiência e evitar custos com reparos de manutenção emergencial ou até a perda do equipamento é necessário realizar a manutenção periódica do sistema. É recomendada a manutenção preventiva do grupo gerador a cada três meses ou a cada 200 horas de utilização para garantir a maior vida útil do equipamento. Na Tabela 6 apresentam-se os custos envolvidos com a manutenção preventiva.

Tabela 6 – Custos de manutenção preventiva

Qtd	Material	Preço Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
30	Óleo Lubrificante	R\$ 30,00	R\$ 900,00
2	Filtro de Combustível	R\$ 155,00	R\$ 310,00
1	Filtro de Óleo	R\$ 91,80	R\$ 91,80
1	Filtro de Ar	R\$ 456,00	R\$ 456,00
-	Garantia de Emergência	R\$ 500,00	R\$ 500,00
-	Mão de Obra	R\$ 2.600,00	R\$ 2.600,00
Total			R\$ 4.857,80

Fonte: Adaptada de MULTIDIESEL (2023).

O custo total obtido para a manutenção do sistema gerador foi de R\$ 4.857,80 com recorrência de três meses, isso representa um custo anual de manutenção de R\$ 19.431,20.

5.1.4 Custo de operação

Levando em consideração os custos descritos em itens anteriores e as características do grupo gerador escolhido, é possível calcular o custo de operação do gerador em R\$/kWh. Na Tabela 7 expõem-se as características de eficiência de funcionamento do grupo gerador e custos envolvidos com a operação.

Tabela 7 – Características do gerador e componentes de custo

Características do Gerador		Componentes de Custo	
Potência ativa do gerador (kW)	404	Preço do diesel (R\$/l)	R\$ 5,74
Consumo de combustível operando em 100% (l/h)	104	Custo do gerador e instalação	R\$ 382.154,00
Vida útil média do gerador (h)	15000	Manutenção preventiva por trimestre ou 200 horas	R\$ 4.857,80
		Horas em ponta por trimestre (h)	198

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Com base nos valores mostrados na Tabela 7, é possível calcular o custo de diesel por kWh utilizando (24).

$$CD = \frac{CL \cdot PD}{P} \quad (24)$$

Sendo,

CD = Custo do diesel por kWh, em R\$/kWh;

CL = Consumo de combustível para operação do gerador, em l/h;

PD = Preço do litro do diesel, em R\$/l;

P = Potência ativa do grupo gerador, em kW.

Aplicando os valores a (24) tem-se,

$$CD = \frac{104 \cdot 5,74}{404} = 1,48 \text{ R\$/kWh}$$

Também é possível calcular o custo de depreciação do gerador por kWh, utilizando a Equação 25.

$$CDG = \frac{\frac{CGI}{VU}}{P} \quad (25)$$

Sendo,

CGI = Custo do gerador e instalação, em R\$;

CDG = Custo de depreciação do gerador, em R\$/kWh;

VU = Vida útil média do gerado, em horas;

Aplicando-se os valores conhecidos na (25) tem-se,

$$CDG = \frac{\frac{382154}{15000}}{404} = 0,0631 \text{ R\$/kWh}$$

Em seguida é possível calcular o custo de manutenção do gerador por kWh utilizando a Equação 26.

$$CM = \frac{\frac{CMP}{HP}}{P} \quad (26)$$

Sendo,

CM = Custo de manutenção, em R\$/kWh;

CMP = Custo de manutenção preventiva, em R\$;

HP = Horas em posto por trimestre, em horas.

Calculando o custo de manutenção utilizando os valores da Tabela 7, tem-se,

$$CM = \frac{\frac{4857,80}{198}}{404} = 0,0607 \text{ R\$/kWh}$$

Portanto, para calcular o custo da energia gerada pelo grupo gerador, é utilizada a Equação 27, sendo esta a soma dos custos de utilização do gerador encontrados.

$$C = CD + CDG + CM \quad (27)$$

Aplicando-se os valores conhecidos, tem-se,

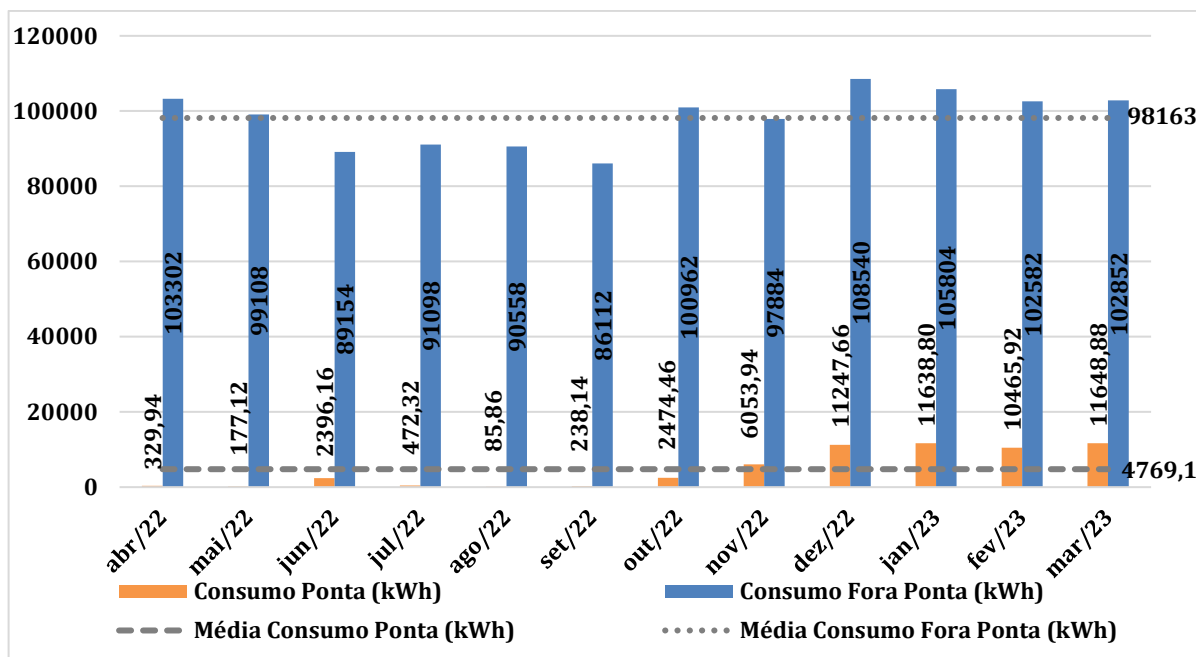
$$C = 1,48 + 0,0631 + 0,0607 = 1,6038 \text{ R\$/kWh}$$

5.2 ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO DO SUPERMERCADO

Considerando o um período de 12 meses, de abril de 2022 a março de 2023, a análise do perfil de consumo foi realizada tendo como base as seguintes grandezas: consumo em horário de ponta, consumo em horário fora de ponta, demanda em horário ponta e demanda em horário fora de ponta. Os dados para esta análise foram extraídos de faturas emitidas pela concessionária de energia COELBA, para a unidade consumidora atualmente faturada na Tarifa Verde (demanda única), estão disponíveis na Tabela 3.

A partir dos dados da Tabela 3, foi realizada a análise do perfil de consumo mensal do supermercado, na Figura 16 é mostrada a análise de consumo.

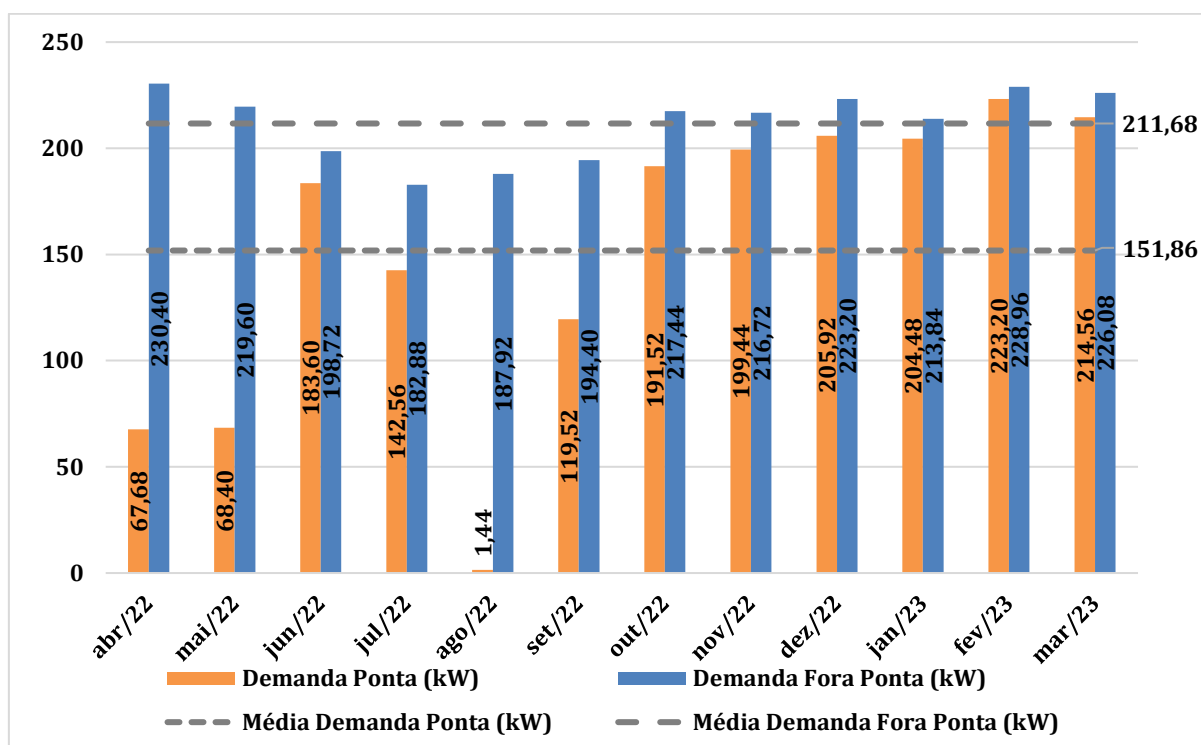
Figura 16 – Análise de consumo



Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 17 é mostrada a análise de demanda.

Figura 17 – Análise de demanda



Fonte: Autoria Própria.

A análise do perfil de consumo apresentado nas Figuras 16 e 17 mostra um aumento de consumo de energia elétrica em horário de ponta a partir do mês de outubro de 2022, onde as demandas registradas neste posto tarifário se assemelham

as registradas em horário fora de ponta. Este aumento é perceptível na análise de consumo apresentada na Figura 16, onde os meses entre dezembro de 2022 e março de 2023 mostram o consumo em horário de ponta maior que o dobro do perfil médio de consumo deste posto tarifário.

5.3 SIMULAÇÃO DE FATURAMENTO EM DIFERENTES SISTEMAS TARIFÁRIOS

Tendo como base os dados, é possível realizar a simulação de faturas para o período analisado utilizando diferentes sistemas tarifários. As simulações foram divididas em dois grupos principais: sem a utilização do grupo gerador e com a utilização do grupo gerador. Dentro destes grupos foram simuladas as faturas de energia para os sistemas horo-sazonal verde (atual sistema tarifário do supermercado) e horo-sazonal azul. Por fim, através da análise das simulações foi apontado o melhor sistema tarifário para o supermercado.

5.3.1 Valores de tarifas para simulações

Para realizar as simulações de faturas foram coletados os valores de tarifas disponibilizados pela concessionária COELBA para os anos de 2022 e 2023 para o subgrupo A4. Os valores das tarifas são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores de tarifas sem impostos para o grupo A4

Tarifa	Verde	Azul
Consumo Ativo na Ponta (R\$/kWh)	2,89329	0,49804
Consumo Ativo Fora Ponta (R\$/kWh)	0,33867	0,33867
Demanda Ativa na Ponta (R\$/kW)	-	98,67
Demanda Ativa Fora Ponta (R\$/kW)	37,72	37,72
Demanda de Ultrapassagem na Ponta (R\$/kW)	-	197,34
Demanda de Ultrapassagem Fora Ponta (R\$/kW)	75,44	75,44

Fonte: Adaptado de COELBA, 2022.

Destaca-se que neste trabalho as tarifas mostradas na Tabela 8 foram consideradas sem impostos e as tarifas de uso do sistema de distribuição (TUSD) energia (TE) foram somadas para o faturamento do consumo de energia do supermercado.

5.4 ANÁLISE DAS SIMULAÇÕES DE FATURAMENTO SEM E COM GRUPO GERADOR

Tendo como objetivo identificar o sistema tarifário mais adequado para o estabelecimento em suas condições de instalação atual e após a possível implementação do grupo gerador em horário de ponta, foram realizadas simulações para ambos os cenários nos sistemas tarifários horo sazonal verde e horo sazonal azul. Para realizar as simulações foi considerada uma faixa de variação da demanda contratada de 30 kW, mínimo valor contratual possível, até 350 kW, valor atual da demanda contratada do estabelecimento, em incrementos de 10 kW. Também foi considerado o funcionamento ideal do grupo gerador para a análise com gerador.

Os valores obtidos pelas simulações foram dispostos em tabelas apresentadas nos itens seguintes.

5.4.1 Análise da simulação de fatura no sistema horo-sazonal verde sem gerador

As primeiras simulações dos cenários sem e com a utilização do grupo gerador foram realizadas no sistema tarifário atual do supermercado, o sistema horo-sazonal verde. Para encontrar o menor preço médio geral da fatura (R\$/MWh) foram utilizados os dados de consumo e demanda mensal medidos da Tabela 3 e os dados de tarifas de energia da Tabela 8, realizando os cálculos de consumo faturado, demanda faturada, demanda de ultrapassagem, importe mensal total, importe total e preço médio geral para cada incremento da demanda contratada.

Os consumos faturados mensais em ponta e fora de ponta foram calculados utilizando a Equação 1, a demanda faturada mensal para casos em que houve ultrapassagem de demanda foi calculada utilizando a Equação 2 e demanda de ultrapassagem calculada pela Equação 4. Para os casos que não houve ultrapassagem de demanda foram utilizadas as Equações 3 e 5 respectivamente.

Com base nos resultados obtidos pelas Equações 1, 2, 3, 4 e 5, o importe mensal total foi calculado pela Equação 6 e seu resultado aplicado a Equação 7 para o cálculo do preço médio. Os resultados destas equações foram então aplicados as Equações 8 e 9 para o cálculo do importe total e do preço médio geral respectivamente.

Na Tabela 9 mostra-se o resultado de cálculo do preço médio geral obtido para a atual instalação e enquadramento tarifário do supermercado.

Tabela 9 – Preço médio geral tarifa horo-sazonal verde sem gerador

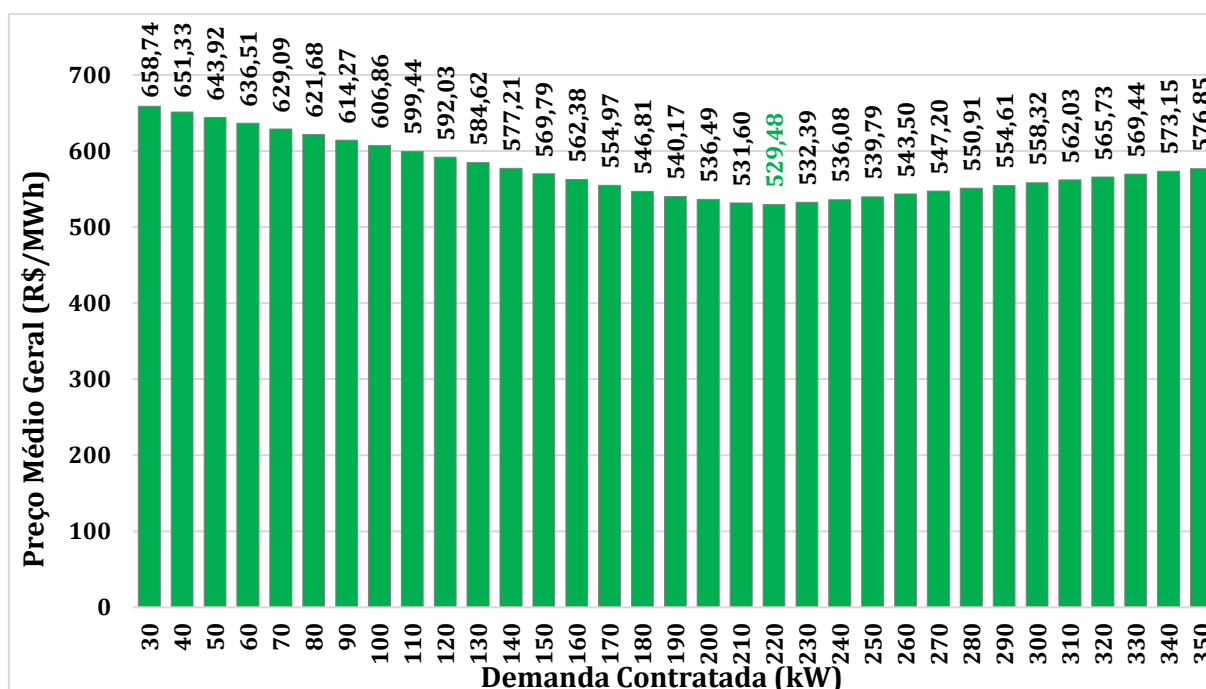
Data	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Fora Ponta (R\$)	Demanda Faturada (R\$)	Demanda de Ultrapassagem (R\$)	Importe Mensal (R\$)	Preço Médio (R\$/MWh)
abr/22	954,61	34.985,29	13.202,00	0	49.141,90	474,20
mai/22	512,45	33.564,91	13.202,00	0	47.279,36	476,20
jun/22	6.932,78	30.193,79	13.202,00	0	50.328,57	549,74
jul/22	1.366,55	30.852,16	13.202,00	0	45.420,72	496,02
ago/22	248,41	30.669,28	13.202,00	0	44.119,69	486,74
set/22	689,00	29.163,55	13.202,00	0	43.054,55	498,60
out/22	7.159,33	34.192,80	13.202,00	0	54.554,13	527,42
nov/22	17.515,80	33.150,37	13.202,00	0	63.868,18	614,48
dez/22	32.542,74	36.759,24	13.202,00	0	82.503,98	688,75
jan/23	33.674,42	35.832,64	13.202,00	0	82.709,06	704,25
fev/23	30.280,94	34.741,45	13.202,00	0	78.224,39	691,96
mar/23	33.703,59	34.832,89	13.202,00	0	81.738,47	713,87
Total	165.580,67	398.938,36	158.424,00	0	722.943,03	
Média						576,85

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Tendo como base o preço médio geral encontrado de 576,85 R\$/MWh, sem a instalação do grupo gerador, é possível reduzir o custo da tarifa de energia apenas com a reconstrução da demanda contratada.

Na Figura 18 apresenta-se os resultados obtidos pelas simulações, indicando qual o melhor valor de demanda contratada a ser utilizado pelo supermercado sem a utilização do sistema gerador.

Figura 18 – Análise sistema horo-sazonal verde sem gerador



Fonte: Autoria Própria.

Analisando os resultados obtidos, é possível notar que a mudança da demanda contratada para o valor de 220 kW apresenta um preço médio geral de 529,49 R\$/MWh. Utilizando a nova demanda contratada é possível calcular o impacto da recontração de demanda nas faturas de energia do período. Os resultados são mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 – Recontração de demanda na tarifa horo-sazonal verde sem gerador

Data	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Fora Ponta (R\$)	Demanda Faturada (R\$)	Demanda de Ultrapassagem (R\$)	Importe Mensal (R\$)	Preço Médio (R\$/MWh)
abr/22	954,61	34.985,29	8.690,69	0	44630,59	430,66
mai/22	512,45	33.564,91	8.298,40	0	42375,76	426,81
jun/22	6.932,78	30.193,79	8.298,40	0	45424,97	496,18
jul/22	1.366,55	30.852,16	8.298,40	0	40517,12	442,47
ago/22	248,41	30.669,28	8.298,40	0	39216,10	432,64
set/22	689,00	29.163,55	8.298,40	0	38150,96	441,82
out/22	7.159,33	34.192,80	8.298,40	0	49650,53	480,01
nov/22	17.515,80	33.150,37	8.298,40	0	58964,55	567,30
dez/22	32.542,74	36.759,24	8.419,10	0	77721,06	648,82
jan/23	33.674,42	35.832,64	8.298,40	0	77805,46	662,50
fev/23	30.280,94	34.741,45	8.636,37	0	73658,76	651,57
mar/23	33.703,59	34.832,89	8.527,74	0	77064,21	673,04
Total	165.580,67	398.938,36	100.661,10	0	665.180,13	
Média						529,48

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Considerando os resultados obtidos na Tabela 10, nota-se que a recontração de demanda apresenta uma economia de 7,99% em relação ao importe total quando comparado ao valor inicial em uma redução de 8,21% no preço médio da fatura de energia quando comparado com o valor original de 576,85 R\$/MWh.

5.4.2 Análise da simulação de fatura no sistema horo-sazonal verde com gerador

Utilizando os mesmos métodos de cálculo utilizados na análise anterior, foram realizadas simulações para encontrar o preço médio geral com a utilização do grupo gerador. Considerando o funcionamento ideal do gerador e demanda contratada de 350 kW, os resultados obtidos pela simulação de utilização do gerador são mostrados na Tabela 11.

Tabela 11 – Preço médio geral tarifa horo-sazonal verde com gerador

Data	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Fora Ponta (R\$)	Demanda Faturada (R\$)	Demanda de Ultrapassagem (R\$)	Importe Mensal (R\$)	Preço Médio (R\$/MWh)
abr/22	529,16	34.985,29	13.202,00	0	48.716,45	470,09
mai/22	284,06	33.564,91	13.202,00	0	47.050,97	473,90
jun/22	3842,96	30.193,79	13.202,00	0	47.238,75	515,99
jul/22	757,51	30.852,16	13.202,00	0	44.811,67	489,37
ago/22	137,70	30.669,28	13.202,00	0	44.008,98	485,52
set/22	381,93	29.163,55	13.202,00	0	42.747,48	495,05
out/22	3.968,54	34.192,80	13.202,00	0	51.363,34	496,57
nov/22	9.709,31	33.150,37	13.202,00	0	56.061,68	539,38
dez/22	18.038,99	36.759,24	13.202,00	0	68.000,24	567,67
jan/23	18.666,31	35.832,64	13.202,00	0	67.700,95	576,46
fev/23	16.785,24	34.741,45	13.202,00	0	64.728,69	572,58
mar/23	18.682,47	34.832,89	13.202,00	0	66.717,36	582,68
Total	91.784,19	398.938,36	15.8424,00	0	649.146,55	
Média						522,10

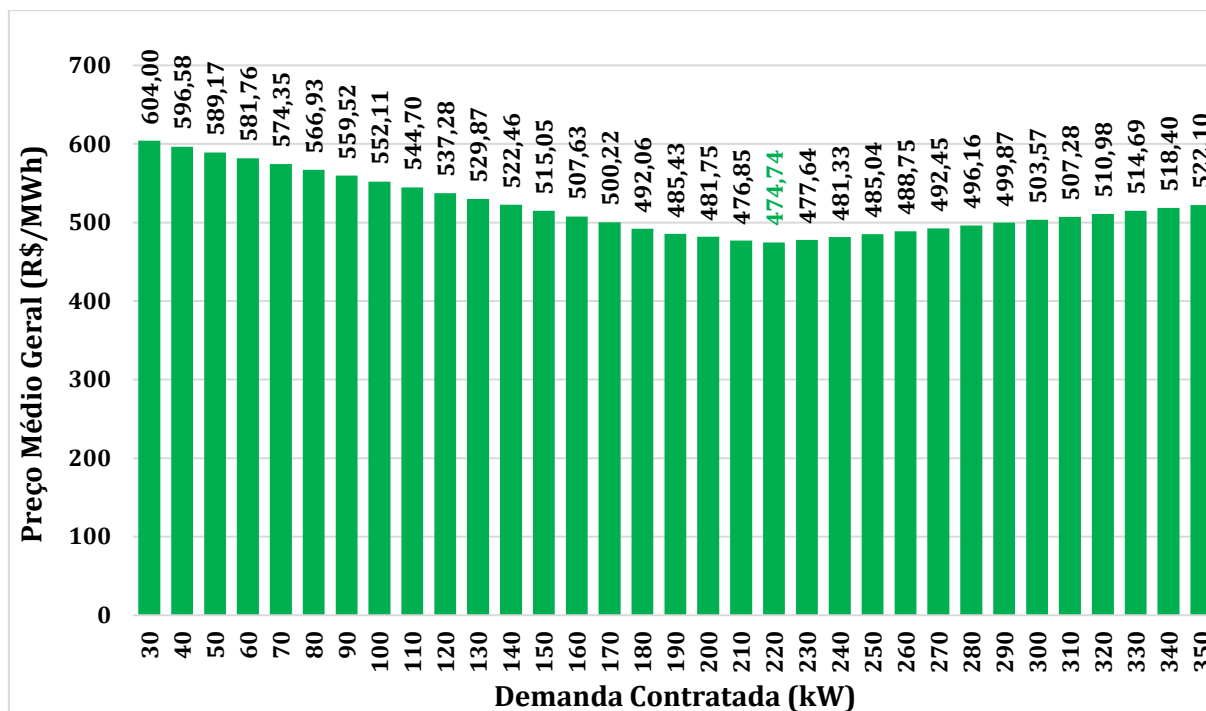
Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Com a instalação do sistema gerador, o preço médio geral passa a ser de 522,10 R\$/MWh, apresentando uma redução de 9,50% quando comparado com o preço médio geral original e uma redução de 1,39% em relação ao caso ideal sem gerador. Já o importe total do período apresenta uma economia de 10,20% quando

comparado com o importe total original e uma economia de 2,41% quando comparado com o cenário de recontração de demanda.

Sendo assim, é possível realizar simulações para diferentes valores de demanda contratada para encontrar o menor preço médio possível para o caso de utilização do gerador. Na Figura 19 são mostrados os resultados obtidos na simulação.

Figura 19 – Análise sistema horo-sazonal verde com gerador



Fonte: Autoria Própria.

Conforme é possível observar na Figura 19, o valor de demanda contratada que oferece o menor preço médio geral é de 220 kW, mesmo valor encontrado na simulação sem o uso do gerador. Isso se deve ao fato de que a demanda contratada no sistema horo-sazonal verde é única para ambos os postos tarifários. Utilizando a nova demanda contratada é possível calcular o impacto da recontração de demanda nas faturas de energia do período junto a utilização do sistema gerador. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 12.

Tabela 12 – Reconstratação de demanda na tarifa horo-sazonal verde com gerador

Data	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Fora Ponta (R\$)	Demanda Faturada (R\$)	Importe Mensal (R\$)	Preço Médio (R\$/MWh)
abr/22	529,16	34.985,29	8690,69	44.205,13	426,56
mai/22	284,06	33.564,91	8298,40	42.147,37	424,51
jun/22	3842,96	30.193,78	8298,40	42.335,15	462,42
jul/22	757,51	30.852,16	8298,40	39.908,07	435,82
ago/22	137,70	30.669,28	8298,40	39.105,38	431,42
set/22	381,93	29.163,55	8298,40	37.843,88	438,26
out/22	3.968,54	34.192,80	8298,40	46.459,74	449,16
nov/22	9.709,31	33.150,37	8298,40	51.158,08	492,20
dez/22	18.038,99	36.759,24	8419,10	63.217,34	527,74
jan/23	18.666,31	35.832,64	8298,40	62.797,35	534,70
fev/23	16.785,24	34.741,44	8636,37	60.163,06	532,19
mar/23	18.682,47	34.832,89	8527,74	62.043,10	541,86
Total	91.784,19	398.938,36	100661,10	591.383,65	
Média					474,74

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Analisando os resultados mostrado na Tabela 12 o preço médio geral obtido é de 474,74 R\$/MWh, apresenta uma redução de 9,07% do preço médio geral em relação a utilização do gerador sem a reconstratação de demanda, uma redução de 10,34% do preço médio geral em relação ao caso ideal sem a utilização do gerador e uma redução de 17,70% em relação ao valor original. O importe total do período apresenta uma economia de 8,89% em relação a utilização do gerador sem reconstratação de demanda, 11,09% em relação ao caso ideal sem gerador e 18,20% em relação ao valor de importe total original.

5.4.3 Análise da simulação de fatura no sistema horo-sazonal azul sem gerador

Com base nos mesmos procedimentos de cálculo de consumo faturado, demanda faturada, demanda de ultrapassagem, importe total mensal, preço médio, importe total e preço médio geral, foram realizadas simulações para a análise do sistema tarifário horo-sazonal azul nos cenários sem e com grupo gerador.

Uma vez que o sistema azul possibilita a contratação de valores distintos de demanda para os postos tarifários ponta e fora de ponta, houve a necessidade de realizar análises individuais para cada posto tarifário.

Na Tabela 13 são mostrados os resultados obtidos para a simulação do sistema horo-sazonal azul sem a utilização do gerador com demanda contratada de 350 kW em ambos os postos tarifários.

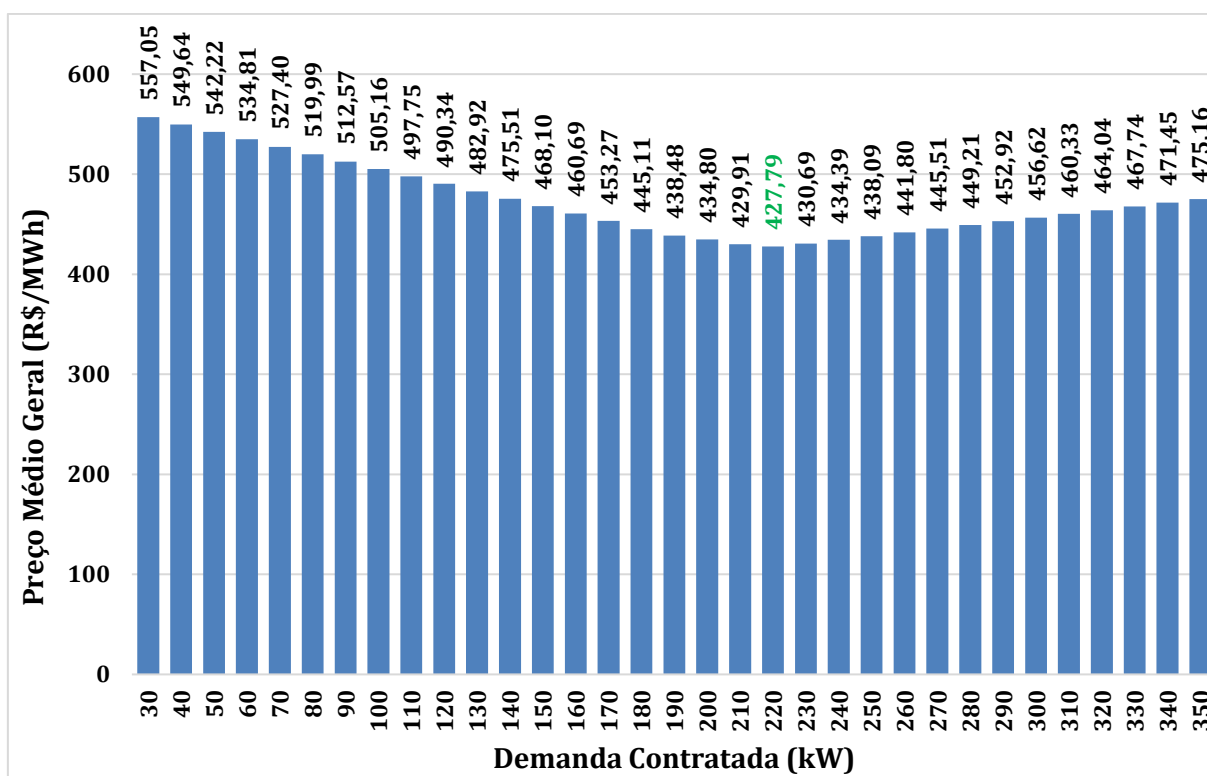
Tabela 13 – Preço médio geral tarifa horo-sazonal azul sem gerador

Data	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Fora Ponta (R\$)	Demanda Faturada Ponta (R\$)	Demanda Faturada Fora Ponta (R\$)	Importe Mensal (R\$)	Preço Médio (R\$/MWh)
abr/22	164,32	34.985,29	34.534,50	13.202,00	82.886,11	799,81
mai/22	88,21	33.564,91	34.534,50	13.202,00	81.389,62	819,76
jun/22	1.193,38	30.193,78	34.534,50	13.202,00	79.123,67	864,26
jul/22	235,23	30.852,16	34.534,50	13.202,00	78.823,89	860,80
ago/22	42,76	30.669,28	34.534,50	13.202,00	78.448,54	865,46
set/22	118,60	29.163,55	34.534,50	13.202,00	77.018,65	891,93
out/22	1.232,38	34.192,80	34.534,50	13.202,00	83.161,68	803,99
nov/22	3.015,10	33.150,37	34.534,50	13.202,00	83.901,98	807,23
dez/22	5.601,78	36.759,24	34.534,50	13.202,00	90.097,53	752,14
jan/23	5.796,58	35.832,64	34.534,50	13.202,00	89.365,73	760,93
fev/23	5.212,45	34.741,44	34.534,50	13.202,00	87.690,39	775,69
mar/23	5.801,61	34.832,89	34.534,50	13.202,00	88.371,00	771,79
Total	28.502,40	398.938,35	414.414,00	158.424,00	1.000.278,79	
Média						814,48

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Sendo o preço médio geral base de 814,48 R\$/MWh é possível realizar simulações para encontrar os valores de demanda contratada ideais na tarifa horo-sazonal azul sem a utilização do gerador. Na Figura 20 apresenta-se a análise realizada para o posto tarifário fora de ponta sem a utilização do grupo gerador.

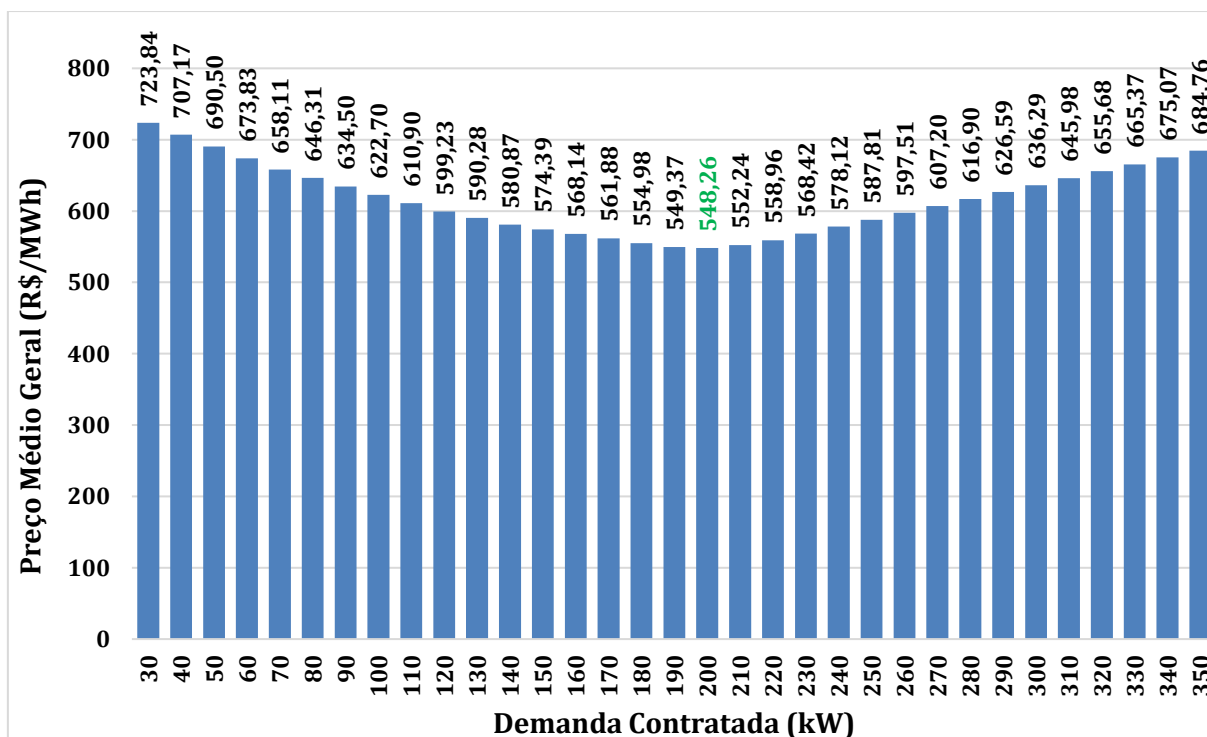
Figura 20 – Análise sistema horo-sazonal azul fora de ponta sem gerador



Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 21 é mostrada a análise realizada para o posto tarifário de ponta sem a utilização do grupo gerador.

Figura 21 – Análise sistema horo-sazonal azul em ponta sem gerador



Fonte: Autoria Própria.

Cruzando os resultados das análises para cada posto tarifário, é possível encontrar os valores ideais de demanda contratada para realizar o cálculo do preço médio geral deste sistema tarifário para o cenário de não utilização do gerador. A demanda contratada ideal para o posto tarifário fora de ponta é de 220 kW e para o horário de ponta é de 200 kW.

Utilizando estes novos valores de demanda contratada, é possível calcular os custos da tarifa de energia para o caso ideal, os resultados obtidos são mostrados na Tabela 14.

Tabela 14 – Reconstrução de demanda tarifa horo-sazonal azul sem gerador

Data	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Fora Ponta (R\$)	Demanda Faturada Ponta (R\$)	Demanda Faturada Fora Ponta (R\$)	Ultrapassagem Ponta (R\$)	Importe Mensal (R\$)	Preço Médio (R\$/MWh)
abr/22	164,32	34.985,29	19.734,00	8.690,69	0	63.574,30	613,46
mai/22	88,21	33.564,91	19.734,00	8.298,40	0	61.685,52	621,30
jun/22	1.193,38	30.193,79	19.734,00	8.298,40	0	59.419,57	649,04
jul/22	235,23	30.852,16	19.734,00	8.298,40	0	59.119,79	645,62
ago/22	42,76	30.669,28	19.734,00	8.298,40	0	58.744,44	648,08
set/22	118,60	29.163,55	19.734,00	8.298,40	0	57.314,55	663,74
out/22	1.232,38	34.192,80	19.734,00	8.298,40	0	63.457,58	613,49
nov/22	3.015,10	33.150,37	19.734,00	8.298,40	0	64.197,88	617,66
dez/22	5.601,78	36.759,24	20.318,12	8.419,10	0	71.098,26	593,54
jan/23	5.796,59	35.832,64	20.176,04	8.298,40	0	70.103,67	596,92
fev/23	5.212,45	34.741,44	22.023,14	8.636,37	4.578,29	75.191,70	665,13
mar/23	5.801,61	34.832,89	21.170,64	8.527,74	2.873,27	73.206,14	639,35
Total	28.502,40	398.938,35	158.424,00	414.414,00	7.451,56	777.113,40	
Média							630,61

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Conforme é mostrado na Tabela 14 preço médio obtido utilizando estes valores de demanda contratada é de 630,61 R\$/MWh, valor que representa uma redução de 22,58% em relação a troca de sistema tarifário sem a reconstrução de demanda, e uma economia de 22,31% em relação ao importe total do período

5.4.4 Análise da simulação de fatura no sistema horo-sazonal azul com gerador

Utilizando dos mesmos procedimentos de cálculo do item anterior, foram realizadas simulações para o sistema horo-sazonal azul com a utilização do gerador, a Tabela 15 apresenta os resultados obtidos na simulação utilizando o valor de demanda contratada de 350 kW para ambos os postos tarifários considerando o funcionamento ideal do gerador em horário de ponta.

Tabela 15 – Preço médio geral tarifa horo-sazonal azul com gerador

Data	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Fora Ponta (R\$)	Demanda Faturada Ponta (R\$)	Demanda Faturada Fora Ponta (R\$)	Importe Mensal (R\$)	Preço Médio (R\$/MWh)
abr/22	529,16	34.985,29	34.534,50	13.202,00	83.250,95	803,33
mai/22	284,06	33.564,91	34.534,50	13.202,00	81.585,47	821,73
jun/22	3.842,96	30.193,79	34.534,50	13.202,00	81.773,25	893,21
jul/22	757,51	30.852,16	34.534,50	13.202,00	79.346,17	866,50
ago/22	137,70	30.669,28	34.534,50	13.202,00	78.543,48	866,51
set/22	381,93	29.163,55	34.534,50	13.202,00	77.281,98	894,98
out/22	3.968,54	34.192,80	34.534,50	13.202,00	85.897,84	830,44
nov/22	9.709,31	33.150,37	34.534,50	13.202,00	90.596,18	871,64
dez/22	18.039,00	36.759,24	34.534,50	13.202,00	102.534,70	855,97
jan/23	18.666,31	35.832,64	34.534,50	13.202,00	102.235,40	870,51
fev/23	16.785,24	34.741,45	34.534,50	13.202,00	99.263,19	878,06
mar/23	18.682,47	34.832,89	34.534,50	13.202,00	101.251,90	884,29
Total	91.784,19	398.938,4	414.414,00	158.424,00	1.063.561,00	
Média						861,43

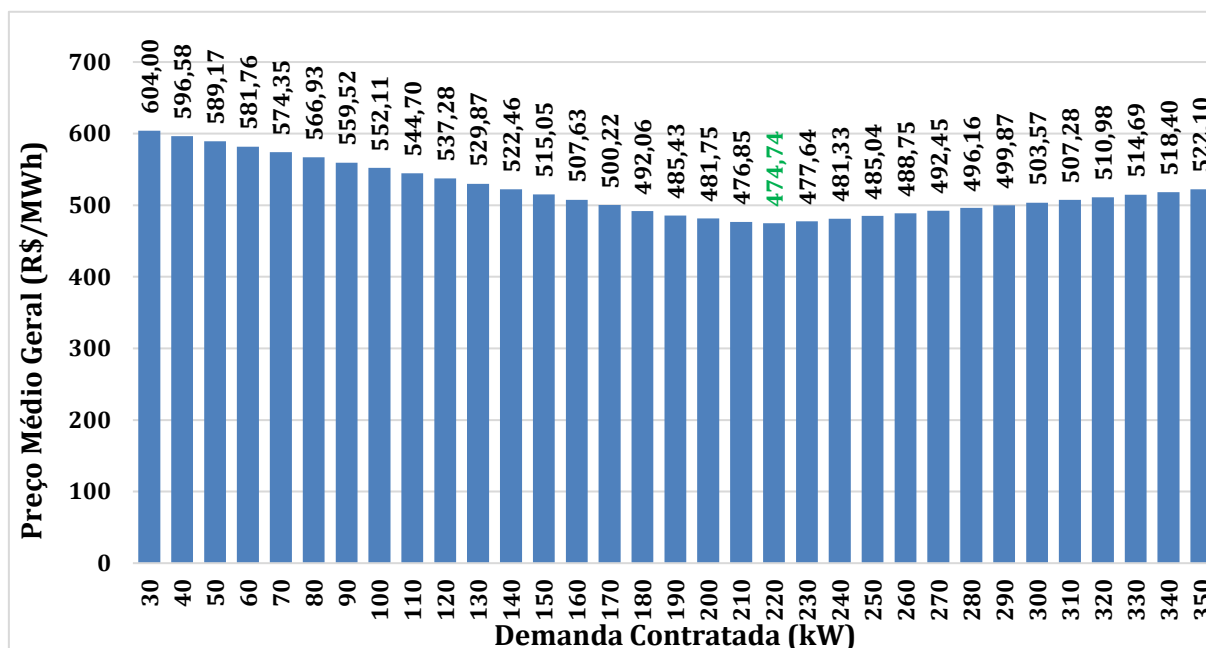
Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Analisando os resultados da Tabela 15 é possível observar um aumento no preço médio geral e do importe total do período quando comparado com a não utilização do gerador. Isso se deve ao fato de que o custo de operação do sistema gerador é maior do que o custo da tarifa de energia em horário de ponta da modalidade tarifária azul.

Neste cenário, existe um aumento de 36,60% no preço médio geral comparado ao cenário ideal de não utilização do gerador e 5,76% quando comparado ao cenário sem recontração de demanda, da mesma forma que existe um aumento de 36,86% e 6,33%, respectivamente, em relação ao importe total do período.

Assim, buscando o cenário ideal para a utilização do gerador no sistema horo-sazonal azul, foram realizadas as simulações para diferentes valores de demanda contratada em horário fora de ponta e horário de ponta. Na Figura 22 mostra-se a análise realizada para o período fora de ponta com a utilização do gerador.

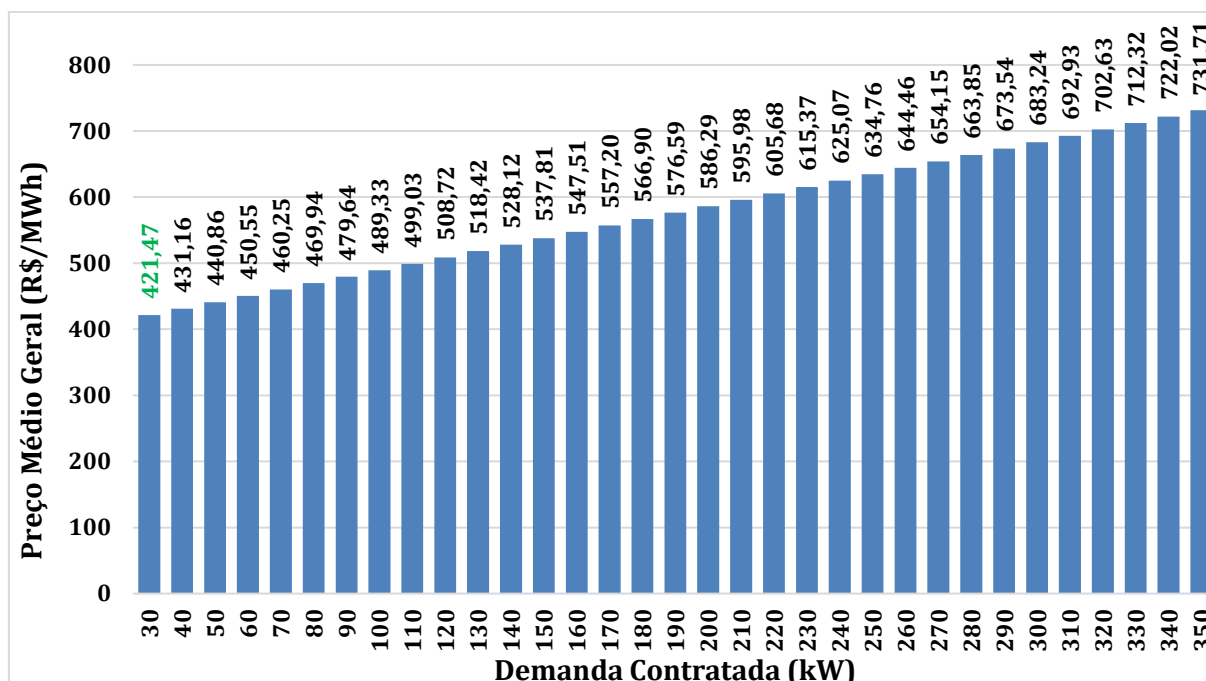
Figura 22 – Análise sistema horo-sazonal azul fora de ponta com gerador



Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 23 é mostrada a análise realizada para o período de ponta com a utilização do gerador.

Figura 23 – Análise sistema horo-sazonal azul em ponta com gerador



Fonte: Autoria Própria.

Cruzando os resultados das análises, tem-se que as demandas contratadas de 220 kW e 30 kW para fora ponta e ponta respectivamente são os valores ideais para a utilização do gerador. Utilizando estes valores é possível realizar o cálculo do preço médio geral e do importe total do período. Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 16.

Tabela 16 – Reconstratação de demanda tarifa horo-sazonal azul com gerador

Data	Consumo Ponta (R\$)	Consumo Fora Ponta (R\$)	Demanda Faturada Ponta (R\$)	Demanda Faturada Fora Ponta (R\$)	Importe Mensal (R\$)	Preço Médio (R\$/MWh)
abr/22	529,16	34.985,29	2.960,10	86.90,69	47.165,23	455,12
mai/22	284,06	33.564,91	2.960,10	82.98,40	45.107,47	454,32
jun/22	3.842,96	30.193,79	2.960,10	82.98,40	45.295,25	494,76
jul/22	757,51	30.852,16	2.960,10	82.98,40	42.868,17	468,14
ago/22	137,70	30.669,28	2.960,10	82.98,40	42.065,48	464,07
set/22	381,93	29.163,55	2.960,10	82.98,40	40.803,98	472,54
out/22	3.968,54	34.192,80	2.960,10	82.98,40	49.419,84	477,78
nov/22	9.709,31	33.150,37	2.960,10	82.98,40	54.118,18	520,68
dez/22	18.039,00	36.759,24	2.960,10	84.19,10	66.177,44	552,46
jan/23	18.666,31	35.832,64	2.960,10	82.98,40	65.757,45	559,91
fev/23	16.785,24	34.741,45	2.960,10	86.36,37	63.123,16	558,38
mar/23	18.682,47	34.832,89	2.960,10	85.27,74	65.003,20	567,71
Total	91.784,19	398.938,40	35.521,20	100.661,10	626.904,90	
Média						503,82

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Analisando os resultados mostrados na Tabela 16 tem-se que o preço médio geral do cenário de reconstratação de demanda com a utilização do gerador é igual a 405,83 R\$/MWh, que representa uma redução de 41,15% comparado a utilização do gerador sem a reconstratação de demanda, uma redução de 20,10% comparado ao caso ideal de não utilização do gerador e uma redução de 38,14% comparado com o cenário sem gerador e sem reconstratação de demanda, já o importe total do período apresenta uma economia de 41,10%, 19,33% e 37,23% respectivamente.

5.5 ANÁLISE COMPARATIVA DAS FATURAS SIMULADAS NOS DIFERENTES SISTEMAS TARIFÁRIOS

A análise comparativa entre as faturas simuladas tem por objetivo expor os resultados obtidos pelas simulações de faturas nas tarifas horo-sazonal verde e azul, de maneira a indicar qual a melhor opção para o supermercado nos cenários de utilização ou não do grupo gerador. Os dados são mostrados nas Tabelas 17 e 18.

Tabela 17 – Resultados gerais sem uso de gerador

Demanda Contratada	Análise Final Horo-Sazonal Verde	Análise Final Horo-Sazonal Azul	
		Fora de Ponta	Ponta
Demanda Contratada (kW)	Preço Médio Geral (R\$/MWh)	Preço Médio Geral (R\$/MWh)	Preço Médio Geral (R\$/MWh)
30	658,74	557,05	723,84
40	651,33	549,64	707,17
50	643,92	542,22	690,50
60	636,51	534,81	673,80
70	629,10	527,40	658,11
80	621,68	519,98	646,31
90	614,27	512,57	634,50
100	606,86	505,16	622,70
110	599,44	497,75	610,90
120	592,03	490,34	599,23
130	584,62	482,92	590,28
140	577,20	475,51	580,87
150	569,79	468,10	574,39
160	562,38	460,68	568,14
170	554,97	453,27	561,88
180	546,81	445,11	554,98
190	540,17	438,48	549,36
200	536,49	434,80	548,26
210	531,60	429,90	552,24
220	529,48	427,79	558,96
230	532,39	430,69	568,42
240	536,08	434,39	578,12
250	539,79	438,09	587,81
260	543,50	441,80	597,51
270	547,20	445,50	607,20
280	550,91	449,21	616,90
290	554,61	452,92	626,59
300	558,32	456,62	636,29
310	562,03	460,33	645,98
320	565,73	464,04	655,68
330	569,44	467,74	665,37
340	573,14	471,45	675,07
350	576,81	475,16	684,76
Melhor Valor	529,48	427,79	548,26

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Tabela 18 – Resultados gerais com uso de gerador

Demanda Contratada	Análise Final Horo-Sazonal Verde	Análise Final Horo-Sazonal Azul	
		Fora de Ponta	Ponta
Demanda Contratada (kW)	Preço Médio Geral (R\$/MWh)	Preço Médio Geral (R\$/MWh)	Preço Médio Geral (R\$/MWh)
30	604,00	604,00	421,47
40	596,58	596,58	431,16
50	589,17	589,17	440,86
60	581,76	581,76	450,55
70	574,34	574,34	460,25
80	566,93	566,93	469,94
90	559,52	559,52	479,64
100	552,11	552,11	489,33
110	544,70	544,70	499,03
120	537,28	537,28	508,72
130	529,87	529,87	518,42
140	522,46	522,46	528,11
150	515,04	515,04	537,81
160	507,63	507,63	547,50
170	500,22	500,22	557,20
180	492,06	492,06	566,90
190	485,42	485,42	576,59
200	481,74	481,74	586,28
210	476,85	476,85	595,98
220	474,74	474,74	605,68
230	477,64	477,64	615,37
240	481,33	481,33	625,06
250	485,04	485,04	634,76
260	488,75	488,75	644,46
270	492,45	492,45	654,15
280	496,16	496,16	663,85
290	499,86	499,86	673,54
300	503,57	503,57	683,24
310	507,28	507,28	692,93
320	510,98	510,98	702,63
330	514,69	514,69	712,32
340	518,40	518,40	722,02
350	522,10	522,10	731,71
Melhor Valor	474,74	474,74	421,47

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Na Tabela 19 são mostrados os resultados obtidos para os cenários de utilização e não utilização do gerador para o sistema horo-sazonal azul.

Tabela 19 – Resultados gerais tarifa azul sem e com gerador

Sem Gerador		Com Gerador	
Demanda Contratada em Ponta (kW)	200	Demanda Contratada em Ponta (kW)	30
Demanda Contratada Fora de Ponta (kW)	220	Demanda Contratada Fora de Ponta (kW)	220
Preço Médio Geral (R\$/MWh)	630,61	Preço Médio Geral (R\$/MWh)	503,82

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Tabela 20 – Resultados de simulação sem gerador

Análise Sem Gerador			
Sistema Tarifário	Melhor Cenário		Escolha
Horo-Sazonal Verde	Demanda Contratada (kW)	220	X
	Preço Médio (R\$/MWh)	529,48	
Horo-Sazonal Azul	Demanda Contratada Ponta (kW)	200	
	Demanda Contratada Fora Ponta (kW)	220	
	Preço Médio (R\$/MWh)	630,61	

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Conforme é possível observar pelos dados apresentados na Tabela 20, a melhor opção de sistema tarifário para o perfil atual da instalação do supermercado, sem a utilização de geradores, é o sistema horo-sazonal verde com demanda contratada de 220 kW. A escolha deste sistema tarifário representa uma economia de R\$ 111.933,27 no valor do importe total do período quando comparado com o outro sistema tarifário.

Tabela 21 – Resultados de simulação com gerador

Análise Com Gerador			
Sistema Tarifário	Melhor Cenário		Escolha
Horo-Sazonal Verde	Demanda Contratada (kW)	220	X
	Preço Médio (R\$/MWh)	474,74	
Horo-Sazonal Azul	Demanda Contratada Ponta (kW)	30	
	Demanda Contratada Fora Ponta (kW)	220	
	Preço Médio (R\$/MWh)	503,82	

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Para o caso da possível implementação do grupo gerador, a Tabela 21 mostra que a melhor escolha de sistema tarifário é também o sistema horo sazonal verde, com demanda contratada de 220 kW. A escolha do sistema verde além apresentar o menor custo, também proporciona mais vantagens para o estabelecimento uma vez que em casos de falha de funcionamento do gerador, serão aplicadas multas de ultrapassagem de demanda no sistema azul com demanda contratada na ponta de 30 kW. A escolha deste sistema tarifário representa uma economia de R\$ 35.521,25 no valor do importe total do período quando comparado com o outro sistema tarifário e R\$ 73.796,48 quando comparado com a não utilização do sistema gerador.

5.6 ANÁLISE DOS INDICADORES FINANCEIROS

Para a realização da análise dos indicadores financeiros da implementação do grupo gerador no supermercado, devem ser considerados custos de energia em cenários de utilização ou não do sistema gerador. Primeiramente foi realizado o levantamento destes dados e em seguida calculados os indicadores financeiros para analisar a viabilidade da implementação.

5.6.1 Comparativo de custos anuais sem e com o grupo gerador

Após calcular o custo de operação do grupo gerador, é possível simular e comparar diretamente os gastos anuais e mensais do supermercado com faturas de energia. A simulação realizada utiliza os mesmos parâmetros considerados para a realização das simulações de diferentes sistemas tarifários.

Para esta análise foram escolhidos os cenários mais adequados de sistema de tarifação encontrados anteriormente no trabalho para os casos de implementação e não implementação do grupo gerador. O período de análise de 12 meses permanece o mesmo das demais simulações. As Equações de 6 e 8 foram utilizadas para calcular os custos de operação mensal e anual do supermercado em ambos os cenários.

Na Tabela 22 apresentam-se os resultados da simulação de custos de operação utilizando o grupo gerador.

Tabela 22 – Importe total mensal e anual com gerador

Tarifa Verde - Demanda Contratada 220 kW - Com Gerador				
Data	Importe Mensal Consumo em Ponta	Importe Mensal Consumo Fora de Ponta	Importe Mensal Demanda	Importe Mensal Total
abr/22	R\$ 529,16	R\$ 34.985,29	R\$ 8690,69	R\$ 44.205,13
mai/22	R\$ 284,06	R\$ 33.564,91	R\$ 8298,40	R\$ 42.147,37
jun/22	R\$ 3.842,96	R\$ 30.193,79	R\$ 8298,40	R\$ 42.335,15
jul/22	R\$ 757,51	R\$ 30.852,16	R\$ 8298,40	R\$ 39.908,07
ago/22	R\$ 137,70	R\$ 30.669,28	R\$ 8298,40	R\$ 39.105,38
set/22	R\$ 381,93	R\$ 29.163,55	R\$ 8298,40	R\$ 37.843,88
out/22	R\$ 3.968,54	R\$ 34.192,80	R\$ 8298,40	R\$ 46.459,74
nov/22	R\$ 9.709,31	R\$ 33.150,37	R\$ 8298,40	R\$ 51.158,08
dez/22	R\$ 18.038,99	R\$ 36.759,24	R\$ 8419,10	R\$ 63.217,34
jan/23	R\$ 18.666,31	R\$ 35.832,64	R\$ 8298,40	R\$ 62.797,35
fev/23	R\$ 16.785,24	R\$ 34.741,45	R\$ 8636,37	R\$ 60.163,06
mar/23	R\$ 18.682,47	R\$ 34.832,89	R\$ 8527,74	R\$ 62.043,10
TOTAL	R\$ 91.784,19	R\$ 398.938,36	R\$ 100.661,10	R\$ 591.383,35

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Conforme é possível observar na Tabela 22, o valor do importe total anual utilizando o grupo gerador em ponta é de R\$ 591.383,35. Sabendo deste valor, foi realizada a comparação de importes mensais e anuais entre o atual sistema tarifário e demanda contratada, o melhor cenário encontrado para o caso de não implementação do grupo gerador e os resultados apresentados na Tabela 18.

Na Tabela 23 apresenta-se a análise comparativa entre as simulações.

Tabela 23 – Comparativo de importe total com e sem a utilização de gerador

Data	Tarifa Verde - Demanda Contratada 220 kW - Com Gerador	Tarifa Verde - Demanda Contratada 220 kW - Sem Gerador (Ideal)	Economia do Uso do Gerador		
	Importe Mensal Total	Importe Mensal Total	Importe Mensal Total	Economia do Uso do Gerador	Economia do Uso do Gerador
abr/22	R\$ 44.205,13	R\$ 44.630,59	R\$ 425,46	R\$ 49.141,90	R\$ 4.936,77
mai/22	R\$ 42.147,37	R\$ 42.375,76	R\$ 228,39	R\$ 47.279,37	R\$ 5.131,99
jun/22	R\$ 42.335,15	R\$ 45.424,97	R\$ 3.089,82	R\$ 50.328,57	R\$ 7.993,42
jul/22	R\$ 39.908,07	R\$ 40.517,12	R\$ 609,05	R\$ 45.420,72	R\$ 5.512,65
ago/22	R\$ 39.105,38	R\$ 39.216,10	R\$ 110,72	R\$ 44.119,70	R\$ 5.014,31
set/22	R\$ 37.843,88	R\$ 38.150,96	R\$ 307,08	R\$ 43.054,56	R\$ 5.210,67
out/22	R\$ 46.459,74	R\$ 49.650,53	R\$ 3.190,79	R\$ 54.554,13	R\$ 8.094,39
nov/22	R\$ 51.158,08	R\$ 58.964,55	R\$ 7.806,47	R\$ 63.868,18	R\$ 12.710,10
dez/22	R\$ 63.217,34	R\$ 77.721,06	R\$ 14.503,72	R\$ 82.503,98	R\$ 19.286,64
jan/23	R\$ 62.797,35	R\$ 77.805,46	R\$ 15.008,11	R\$ 82.709,06	R\$ 19.911,71
fev/23	R\$ 60.163,06	R\$ 73.658,76	R\$ 13.495,70	R\$ 78.224,39	R\$ 18.061,33
mar/23	R\$ 62.043,10	R\$ 77.064,21	R\$ 15.021,11	R\$ 81.738,47	R\$ 19.695,37
TOTAL	R\$ 591.383,35	R\$ 665.180,13	R\$ 73.796,42	R\$ 722.943,03	R\$ 131.559,38

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Analisando os resultados da Tabela 23 é possível notar que a utilização do gerador aliada a recontratação de demanda no sistema tarifário horo-sazonal verde apresenta uma economia de R\$ 131.559,38 em relação ao cenário atual de instalação e enquadramento tarifário e uma economia de R\$ 73,796,42 em relação ao cenário de recontratação de demanda sem a instalação do sistema gerador. Representando respectivamente economias de 18,20% e 11,09%.

5.6.2 Indicadores financeiros

Por fim, foi realizada a análise de indicadores financeiros para avaliar a rentabilidade da implementação do grupo gerador comparada a outros possíveis investimentos.

Inicialmente é necessário definir a TMA utilizando como base a porcentagem anual esperada de diferentes ativos. Na Tabela 24 são apresentadas estas porcentagens, bem como a média entre elas somada a inflação do ano de 2023.

Tabela 24 – Opções alternativas de investimento

Investimento	Taxa Anual
Selic	13,65%
Poupança	8,03%
CDI	13,04%
Ibovespa	20,98%
Média	13,93%

Fonte: (Banco Central do Brasil, 2023).

Com base nos dados apresentados na Tabela 24, a TMA escolhida para realização dos indicadores financeiros deste trabalho foi de 14,50% uma vez que a porcentagem média anual dos ativos é igual a 13,93%.

5.6.2.1 Valor presente líquido

A análise do fluxo de caixa anual do supermercado foi realizada para um período de dez anos, considerando este negativo e igual ao investimento inicial para o primeiro ano para facilitar a análise. Isso significa que mesmo que o gerador entre em funcionamento no primeiro ano, os lucros gerados por este, ou despesas decorridas não contempladas nesta análise, serão desconsiderados.

Assumindo que não haja variação no preço do combustível ou da tarifa de energia, o lucro anual fixo provindo do uso do gerador foi considerado igual a R\$ 131.559,38, valor simulado da economia proveniente do uso do grupo gerador comparado a atual instalação do supermercado. Utilizando a Equação 16, considerando a taxa de juro igual a 14,50% foram realizados os cálculos do valor presente líquido para o período determinado, o resultado pode ser observado na Tabela 25.

Tabela 25 – Cálculos de valor presente líquido

Ano	Fluxo de Caixa	Fluxo Descontado	Saldo
1	-R\$ 382.154,00	-R\$ 333.758,95	-R\$ 333.758,95
2	R\$ 131.599,38	R\$ 100.379,00	-R\$ 233.379,95
3	R\$ 131.599,38	R\$ 87.667,25	-R\$ 145.712,70
4	R\$ 131.599,38	R\$ 76.565,28	-R\$ 69.147,42
5	R\$ 131.599,38	R\$ 66.869,24	-R\$ 2.278,17
6	R\$ 131.599,38	R\$ 58.401,09	R\$ 56.122,91
7	R\$ 131.599,38	R\$ 51.005,32	R\$ 107.128,23
8	R\$ 131.599,38	R\$ 44.546,13	R\$ 151.674,35
9	R\$ 131.599,38	R\$ 38.904,91	R\$ 190.579,27
10	R\$ 131.599,38	R\$ 33.978,09	R\$ 224.557,36
VPL			R\$ 224.557,36

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

Os fluxos descontados foram calculados utilizando a Equação 19, assim é possível observar a evolução do retorno do investimento ao decorrer dos anos. Por fim tem-se o valor de VPL igual a R\$ 224.557,36, valor este que pelos critérios de avaliação do indicador presume a viabilidade do projeto

5.6.2.2 Taxa interna de retorno

O cálculo da taxa interna de retorno foi realizado utilizando a ferramenta Excel, que utiliza do método de aproximações sucessivas para encontrar o valor de TIR. Considerando o mesmo período e condições usadas para o cálculo do VPL, ao final dos dez anos o valor de TIR obtido foi de 31,51%, muito maior que a TMA. Pelos critérios de avaliação do indicador, o resultado obtido presume que o investimento seja viável. O valor de TIR supera a TMA a partir do ano 6, atingindo 21,35%.

5.5.6.3 Período de *payback* e *payback* descontado

Conforme descrito anteriormente, o período de *payback* trata-se do tempo necessário para recuperar o investimento inicial, ou seja, momento em que o fluxo de caixa acumulado (receitas – despesas) torna-se zero. O cálculo do período de *payback* simples não leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, neste caso seriam necessários 4 anos até a recuperação do investimento inicial considerando o lucro anual de R\$ 131.559,38. Já para o caso do *payback* descontado, a variação do

valor do dinheiro no tempo é considerada, sendo necessário o cálculo do valor presente dos fluxos de caixa para encontrar o período de retorno. Assim, seriam necessários 6 anos para recuperar o investimento inicial pelo método do *payback* descontado.

Na Tabela 26 apresentam-se os resultados obtidos pelo cálculo dos períodos de *payback* simples e descontado.

Tabela 26 – Período de *payback* simples e descontado

Ano	<i>Payback</i> Simples	<i>Payback</i> Descontado
1	-R\$ 382.154,00	-R\$ 333.758,95
2	-R\$ 250.554,62	-R\$ 233.379,95
3	-R\$ 118.955,24	-R\$ 145.712,70
4	R\$ 12.644,14	-R\$ 69.147,42
5	R\$ 144.243,52	-R\$ 2.278,17
6	R\$ 275.842,90	R\$ 56.122,91
Tempo necessário	4 Anos	6 Anos

Fonte: Elaborada pelo próprio autor.

A análise do período de *payback* é subjetiva ao empreendedor ou empresa que está fazendo o investimento, portanto, cabe ao supermercado definir se o período de *payback* está alinhado com as expectativas do empreendimento para determinar se o resultado obtido presume o projeto como viável ou não.

Levando em consideração a vida útil média de um grupo gerador e a decisão tomada pelo supermercado, no caso deste trabalho o período de *payback* é considerado como um indicador de viabilidade do projeto.

5.6.3 Análise dos indicadores financeiros

Na Tabela 27 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos pelo cálculo e análise dos indicadores financeiros.

Tabela 27 – Resultados de indicadores financeiros

Indicador Financeiro	Valor Obtido	Viabilidade de Projeto
Valor Presente Líquido	R\$ 224.557,36	Viável
Taxa Interna de Retorno	31,51%	Viável
Período de <i>Payback</i> Simples	4 Anos	Viável
Período de <i>Payback</i> Descontado	6 Anos	Viável

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Analisando os indicadores financeiros utilizados neste trabalho, pode-se afirmar que a implementação do grupo gerador em horário de ponta para corte de custos com a tarifa de energia é um projeto viável.

6 CONCLUSÃO

A análise técnica realizada para este trabalho teve por objetivo garantir a viabilidade técnica, segurança, eficiência e confiabilidade esperadas pelo cliente, deste modo, destaca-se a importância da aprovação do projeto de implementação do grupo gerador junto a concessionária de energia local, COELBA. Esta inclui estudos de segurança do fornecimento, do funcionamento, da instalação e do dimensionamento do grupo gerador, além de orientar boas práticas da utilização dos equipamentos para garantir o correto uso do sistema e, por consequência, estender a vida útil dos equipamentos.

Além das normas de segurança e dimensionamento, a aprovação do projeto pela COELBA ainda depende da presença de redundâncias suficientes no sistema gerador instalado para garantir que o fornecimento de energia elétrica para o supermercado não seja interrompido no caso de uma falha no grupo gerador. Este foi alcançado por meio do sistema de transferência automática acionado pela matriz de controle, que constantemente verifica a tensão gerada, destacando-se o funcionamento do relé de sincronismo que permite a transferência de carga de maneira instantânea e com o mínimo de perturbações.

Na análise do perfil de consumo do supermercado e das simulações tarifárias realizadas neste trabalho, verificou-se que o consumidor pode obter economias no custo da tarifa de energia apenas pela reconstrução de demanda, porém a instalação do grupo gerador se mostrou mais vantajosa ao consumidor.

A análise financeira foi realizada de maneira a garantir que todos os custos envolvidos no projeto fossem considerados para análise, visando maior confiabilidade dos resultados obtidos em relação a viabilidade financeira da implementação do grupo gerador. A precisão destas análises se faz importante, pois o custo de implementação, manutenção e operação do sistema gerador é elevado e este investimento poderia ser destinado a outras áreas do empreendimento.

Dados os resultados obtidos pela análise financeira do projeto, é possível afirmar que a implementação se mostrou viável mesmo considerando fatores como os altos preços de combustíveis fósseis e a não geração de lucro no primeiro ano da implementação do sistema gerador, fator este que se não fosse considerado para a análise resultaria em um período de *payback* ainda menor.

Destaca-se a oportunidade de análise em trabalhos futuros da variação do preço de manutenção e utilização do grupo gerador, para atestar a viabilidade de seu uso contínuo durante um maior período em comparação a outras alternativas de geração local como, por exemplo, a geração eólica. Também se destaca a oportunidade de estudo do uso do sistema gerador para fornecimento apenas de parte da potência da carga em horário de ponta.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL Nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021**. Brasília, DF, 2021a.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL Nº 956, de 7 de dezembro de 2021**. Brasília, DF, 2021b.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Modalidades Tarifárias**. Brasília, DF, 2022a. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/modalidades-tarifarias>>. Acesso em: 28 de maio de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Postos Tarifários**. Brasília, DF, 2022b. Disponível em <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/postos-tarifarios>>. Acesso em: 28 de maio de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Sobre Bandeiras Tarifárias**. Brasília, DF, 2022c. Disponível em <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 28 de maio de 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Brasil ultrapassa os 190 GW em capacidade de geração de energia elétrica**. Brasília, DF, 2023. Disponível em <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/brasil-ultrapassa-os-190-gw-em-capacidade-de-geracao-de-energia-eletrica#:~:text=Brasil%20ultrapassa%20os%20190%20GW%20em%20capacidade%20de%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20el%C3%A9trica,-Crescimento%20em%202023>>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

AMBAC, Advantage Series. **Installation Instructions for EC5000 Speed Control Unit**. Elgin, Illinois (USA). 1999.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxa de Juros**. 2023. Disponível em <<https://www.bcb.gov.br/estatisticas/txjuros>>. Acesso em: 25 de novembro de 2023.

BASLER, Electric. **Instruction Manual for Voltage Regulator**. Model AEC42-7. Highland, Illinois. 1996.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5. ed. Porto Alegre, RS: AMGH, 2013.

COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA – COELBA. **Instalação de Geradores Particulares em Baixa Tensão Enquadrados na Geração Distribuída**. 3 e.d. Salvador, BA, 2012

COMPANHIA DE ELETRICIDADE DO ESTADO DA BAHIA – COELBA. **Tabela de Tarifas de Energia Elétrica: Grupo A**. Salvador, BA, 2022

CUMMINS. **Paralelismo de Grupos Geradores**. 2022. Disponível em <<https://www.gruposgeradorescummins.com.br/noticias/paralelismo-de-grupos-geradores>>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Painel de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, RJ, 2024. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2024.

ENERGISA. **Exigências Mínimas para Interligação de Gerador de Consumidor Primário com a Rede de Distribuição da Energisa com Paralelismo Permanente**. Normas de Distribuição Unificada: NDU – 019. Junho 2018.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY Jr., C.; UMANS, S. D. **Máquinas Elétricas: Com introdução à eletrônica de potência**. Tradução de Anatólio Laschuk. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GASORADAR. **Preço do Diesel S10 nos Postos de Salvador**. 2023. Disponível em <<https://www.gasoradar.com.br/diesel/Salvador>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2023.

GITMAN, LAWRENCE J. **Princípios de Administração Financeira**. Tradução de Allan Vidigal Hastings. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS – IFG. **Máquinas Síncronas: Características e Princípios de Funcionamento**. Goiânia, GO, 2019. Disponível em: <<https://eventos.ifg.edu.br/secitecitumbiara/wp-content/uploads/sites/9/2020/02/RE-25-M%C3%A1quinas-s%C3%ADncronas-caracter%C3%ADsticas-e-princ%C3%ADpios-de-funcionamento.pdf>>. Acesso em: 20 de novembro de 2023.

INTERPOWER GERADORES. **Grupos Geradores Unitários e Grupos Geradores Conectados em Paralelo**. 2012. Disponível em: <<http://interpower-geradores.blogspot.com>>. Acesso em: 18 de novembro 2023.

MARCOS, C. **Funcionamento básico do Motor Diesel 4 Tempos**. Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em <https://br.linkedin.com/in/marcos-c-bb9b78b1?trk=article-ssr-frontend-pulse_publisher-author-card>. Acesso em: 18 de novembro de 2023.
MULTIDIESEL. **Grupo Gerador Silenciado 505 kVA Motor Volvo, Automático com QTA**. 2023. Disponível em <https://loja.multidiesel.com.br/grupos-geradores/grupo-gerador-500kva-motor-volvo-modelo-tad1345ge-automatgico-com-qta?variant_id=>>. Acesso em: 11 de dezembro de 2023.

NEOENERGIA. **Conexão de Geradores em Paralelo com o Sistema de Distribuição de Média Tensão**. Dezembro 2021.

PAIVA, P. F.F. **Dimensionamento de Grupos Diesel Geradores**. 2014. 44 f. Dissertação (Graduação em Curso de Aperfeiçoamento para Oficinas de Máquinas – APMA), Centro Instrução Almirante Graça Aranha – CIAGA, Marinha do Brasil, Rio de Janeiro, 2014.

PORTAL SOLAR. **Geração distribuída de energia (GD): o que é, regras, benefícios e como fazer parte.** São Paulo, SP, 2022. Disponível em <<https://www.portalsolar.com.br/geracao-distribuida-de-energia.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2023.

R7GERADORES. **Funcionamento e Dicas para o Grupo Motor Gerador a Diesel.** Serra, ES. Disponível em <<https://r7geradores.com.br/funcionamento-e-dicas-para-o-grupo-motor-gerador-a-diesel/>>. Acesso em: 17 de novembro de 2023.

SOLAR VIEW. **O que são grupos tarifários?**. 2020. Disponível em <<https://solarview.zendesk.com/hc/pt-br/articles/360052569752-O-que-s%C3%A3o-grupos-tarif%C3%A1rios->>. Acesso em: 29 de maio de 2022.

SOUZA, N.S. **Máquinas e Acionamentos Elétricos – Geradores de Corrente Alternada.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2009

TUROTEST. **Catálogo de Sensores Magnéticos.** 2004.

WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICAS S.A. **DT-5: Características e Especificações de Geradores.** Jaraguá do Sul, SC, 2020.