

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**ESTUDO TÉCNICO AVALIATIVO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS  
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA CÂMARA FRIGORÍFICA EM UM  
SUPERMERCADO DE MÉDIO PORTE NO MUNICÍPIO DE CATUJI/MG**

**TEÓFILO OTONI  
2017**

**BRENO AMARAL SOUZA  
LUIZ GUSTAVO COELHO DA CUNHA  
RICARDO SANTOS ROCHA**

**FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**ESTUDO TÉCNICO AVALIATIVO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS  
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA CÂMARA FRIGORÍFICA EM UM  
SUPERMERCADO DE MÉDIO PORTE NO MUNICÍPIO DE CATUJI/MG**

**Projeto de Pesquisa apresentado ao  
Curso de Engenharia Elétrica das  
Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni,  
como requisito para aprovação na  
disciplina TCC I, orientado pelo Prof.  
Lúcio Onofri.**

**Área de Concentração: Energia e  
Eficiência Energética.**

**Orientador: Professor Felipe Lagoas.**

**TEÓFILO OTONI**

**2017**



## **FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

### **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ESTUDO TÉCNICO AVALIATIVO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DA CÂMARA FRIGORÍFICA EM UM SUPERMERCADO DE MÉDIO PORTE NO MUNICÍPIO DE CATUJI/MG, elaborado pelos alunos BRENO AMARAL SOUZA, LUIZ GUSTAVO COELHO DA CUNHA e RICARDO SANTOS ROCHA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Unificadas Teófilo Otoni, como requisito parcial da obtenção do título de**

**BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.**

**Teófilo Otoni, 11 de dezembro de 2017**

---

**Prof. Orientador**

---

**Prof. Examinador 1**

---

**Prof. Examinador 2**

Dedicamos este estudo às nossas famílias, sendo sustentação como alicerce e equilíbrio como asas para nossos sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos primeiramente a Deus por nos proporcionar tais experiências, nos enchendo de força e coragem para enfrentar todos os obstáculos.

Agradecemos às nossas famílias pelo apoio nos momentos de angústias.

Agradecemos à Coordenadora do Curso de Engenharia Elétrica, Keytiane Iolanda Moura, pela disponibilidade e ajuda sempre que solicitada.

Agradecemos ao Orientador Professor Felipe Lagoas pelos ensinamentos, discussões e incentivos durante o processo de orientação. Obrigado por compartilhar um pouco do seu vasto conhecimento na área.

*Onde as necessidades do  
mundo e os seus talentos se  
cruzam, aí está a sua vocação.*

Aristóteles

## **ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Conservação de Energia

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACEEE – Conselho Americano para uma Economia Eficiente de Energia

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN – Balanço Energético Nacional

BIRD – Banco Mundial

CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética

CONPET – Programa Nacional de racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FP – Fator de potência

GEFAE – Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de energia

ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PEE – Programa de Eficiência Energética

PGE – Programa de Gestão Energética

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

QDC – Quadro de Comando

QGF – Quadro Geral de Força

SEP – Sistema Elétrico de Potência

SIN – Sistema Interligado Nacional

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Selo PROCEL .....	27
Figura 2 - Selo CONPET .....	27
Figura 3 - Alicates amperímetro digital.....	34
Figura 4 - Ponto comercial .....	39
Figura 5 - Quadro Geral de Distribuição.....	40
Figura 6 - Quadro de comando da câmara frigorífica aberto.....	41
Figura 7 - Quadro de comando da câmara frigorífica fechado .....	41
Figura 8 - Unidade condensadora .....	43
Figura 9 - Evaporador frigorífico de ar forçado TRSD-411PEN.....	44
Figura 10- Instalação do quadro geral de distribuição.....	54
Figura 11 - Instalação de eletrodutos .....	54
Figura 12 - Conexão dos condutores .....	55
Figura 13 - Esquema de aterramento tipo TN-S.....	57
Figura 14 - Esquema de conexão do DPS .....	72



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Matriz Energética Brasileira.....	20
Gráfico 2 - Geração de Energia Elétrica (GWh) .....	21
Gráfico 3 - Perfil de Consumo dos Supermercados .....	30
Gráfico 4 - Corrente por fase.....	47
Gráfico 5 - Tensão fase-neutro.....	48
Gráfico 6 - Tensão fase-fase .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração de Energia Elétrica (GWh).....	21
Tabela 2 - Capacidade frigorífica, características técnicas e dimensões da unidade condensadora UCB 5300 .....	42
Tabela 3 - Especificações do Evaporador frigorífico de ar forçado TRSD-411PEN..	44
Tabela 4 - Medição de corrente por fase.....	47
Tabela 5 - Medição de tensão Fase/Fase e Fase/Neutro .....	48
Tabela 6 - Potência dos equipamentos .....	57
Tabela 7 - Características das fontes de suprimento .....	58
Tabela 8 - Tabelas de influências externas .....	59
Tabela 9 - Características do circuito .....	64
Tabela 10 - Tipos de linhas elétricas.....	65
Tabela 11 - Temperatura característica dos condutores .....	66
Tabela 12 - Capacidade de condução de corrente.....	66
Tabela 13 - Seção mínima dos condutores .....	67
Tabela 14 - Seção reduzida do condutor neutro .....	68
Tabela 15 - Seção mínima do condutor de proteção.....	68
Tabela 16 - Especificação do disjuntor.....	69
Tabela 17 - Suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação.....	70
Tabela 18 - Valor mínimo de $U_c$ exigível do DPS, em função do esquema de aterramento .....	71
Tabela 19 - Comparação da instalação.....	78

## RESUMO

Notoriamente, a importância de um planejamento estratégico para a utilização da energia nas empresas ainda não foi implantada no consciente dos brasileiros. Os profissionais e consumidores ainda são negligentes em relação às normas técnicas, gerando grandes perdas de energia à instalação e baixo fator de potência ao equipamento, ou seja, instalações e equipamentos pouco eficientes. Diante disto, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência energética da instalação de uma câmara frigorífica e mostra como o dimensionamento adequado beneficia o consumidor. O método utilizado resume a etapas de desde o levantamento dos dados gerais da empresa até a elaboração de recomendações e conclusões. Os resultados foram conforme esperados: instalação ineficiente com grandes perdas de energia e dimensionamento conforme norma diferente ao atual. Portanto, o estudo demonstra a importância do dimensionamento adequado da instalação e que a instalação estudada não trabalha com conceitos de eficiência energética, gerando gastos excessivos por sofrer com grandes quantidades de perdas.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Perdas de Energia. Instalações Elétricas. Câmaras Frigoríficas.

## ABSTRACT

Importantly, the importance of strategic planning for the use of energy in companies has not yet been implemented in the consciousness of Brazilians. The professionals and consumers are still negligent in relation to the technical standards, generating large losses of energy to the installation and low factor of power to the equipment, that is to say, installations and equipment little efficient. Therefore, the objective of this study was to evaluate the energy efficiency of the installation of a cold room and shows how the proper dimensioning benefits the consumer. The method used sums up the steps from the survey of the general data of the company to the preparation of recommendations and conclusions. The results were as expected inefficient installation with large losses of energy and sizing according to standard different from the current one. Therefore, the study demonstrates the importance of the proper design of the installation and that the studied installation does not work with concepts of energy efficiency, generating excessive expenses for suffering with large amounts of losses.

**Keywords:** Energy Efficiency. Loss of energy. Electrical Installations. Refrigerating chambers.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	18
2.1	A crise energética no Brasil	18
2.2	Geração, Transmissão e Distribuição de Energia no Brasil e Energias Renováveis	19
2.3	Balço Energético Nacional (BEN)	20
2.4	Eficiência Energética	22
2.4.1	Programa de Eficiência Energética	22
2.4.2	Gestão Energética	23
2.4.2.1	Programa de Gestão Energética (PGE)	24
2.5	Leis e Decretos	25
2.6	Normas Regulamentadoras	25
2.7	Selos Certificadores	26
2.8	Órgãos Reguladores	28
2.9	Conceitos de Energia Elétrica	29
2.10	Eficiência Energética nas Instalações Comerciais	29
2.10.1	Eficiência Energética em Câmaras Frigoríficas	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA</b>	32
3.1	Classificação da Pesquisa Quanto aos Fins	32
3.2	Classificação da Pesquisa Quanto aos Meios	32
3.2.1	Descrição e caracterização da área de estudo	32
3.2.1.1	A edificação	33
3.2.2	Procedimento de Coleta de Dados	33
3.2.2.1	Equipamentos	34
3.3	Tratamento dos Dados	34
3.3.1	Fórmulas	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	38
4.1	Levantamento de dados gerais da empresa;	38
4.1.1	Levantamento dos componentes da instalação	39
4.2	Estudo do fluxo de carga	44
4.2.1	Medições	45
4.3	Caracterização do consumo energético	46
4.3.1	Consumo energético da câmara frigorífica	49

<b>4.4</b>	<b>Avaliação das perdas de energia</b> .....	50
4.4.1	Queda de tensão .....	51
4.4.2	Desequilíbrio de fases .....	51
4.4.3	Baixo fator de potência.....	52
4.4.4	Dimensionamento inadequado de condutores e disjuntores .....	53
4.4.5	Corrente de fuga .....	53
4.4.5	Perdas por efeito Joule .....	55
4.4.6	Curto-circuito .....	55
<b>4.5</b>	<b>Desenvolvimento dos estudos técnicos e econômicos das alternativas de redução das perdas</b> .....	56
4.5.1	Seleção e instalação dos componentes .....	63
4.5.1.1	<i>Condutores</i> .....	64
4.5.1.2	<i>Eletrodutos</i> .....	68
4.5.2	Dispositivos de proteção, seccionamento e comando.....	69
4.5.2.1	<i>Disjuntor</i> .....	69
4.5.2.2	<i>DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos de Tensão)</i> .....	69
4.5.2.1.1	Esquema de ligação .....	72
4.5.2.1	<i>IDR (Interruptor Diferencial Residual)</i> .....	72
4.5.3	Queda de tensão no sistema .....	73
4.5.4	Corrente de curto-circuito .....	75
<b>4.6</b>	<b>Elaboração das recomendações e conclusões</b> .....	77
4.6.1	Recomendações da instalação elétrica.....	77
4.6.2	Recomendações da câmara frigorífica.....	77
4.6.3	Conclusões .....	78
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	80



## 1 INTRODUÇÃO

O aumento crescente da demanda (e do consumo) de energia, proporcionado pelo desenvolvimento das atividades humanas, o uso intensivo de tecnologia, o aumento dos serviços prestados por organizações públicas e privadas e os avanços da ciência é um fato notório. Esse quadro indica uma perspectiva de desequilíbrio entre a oferta e demanda energética com forte impacto sobre a utilização dos recursos públicos e o meio ambiente (ROCHA, 2012).

Uma das questões de extrema importância a ser tratada por países desenvolvidos e em desenvolvimento é o fato que de acordo com aumento da renda *per capita* cresce, o consumo de energia também cresce paralelamente com a demanda da matriz energética. Esse processo afeta em maior teor o setor industrial, onde as cargas de utilização são maiores do que o setor residencial e comercial (KONIGAMI, 2011).

De acordo com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) (BRASIL, 2016), o setor industrial brasileiro consome cerca de 40% da energia elétrica do país e dois terços dessa energia são utilizados por sistemas motrizes. Já no setor comercial, o consumo de energia é, comparativamente, bem menor. Contudo, ações de eficiência energética nesse segmento significam redução de custos de produção, melhores margens de lucro e preços mais competitivos no mercado.

Segundo pesquisa da Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Conservação de Energia (ABESCO) o Brasil desperdiçou cerca de R\$ 15 bilhões até o ano de 2011 em energia e conclui também que, segundo o Banco Mundial (BIRD) se a população aprendesse a eficientizar a utilização da energia no Brasil, haveria uma economia anual de cerca de R\$ 4 bilhões. De 2011 até agora, a matriz energética brasileira seguida de sua demanda certamente aumentou, aumentando também esses números citados acima (EPE, 2012).

Apesar do Brasil ter uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo (GOVERNO DO BRASIL, 2016), o país peca seriamente em desperdício. Em pesquisa do Conselho Americano para uma Economia Eficiente de Energia (ACEEE, 2017) o Brasil pela segunda vez consecutiva fica em penúltimo lugar no ranking de eficiência energética em relação às 21 maiores potências mundiais em energia. Segundo a ABESCO (2017) os investimentos do Brasil nas últimas décadas se



voltaram para a geração e distribuição de energia, assim centralizando os estudos em uma área, defasando outras, como áreas de eficiência energética e conservação de energia.

Diante dessa série de problemas em investimentos para conservação, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (BRASIL, 2017), por proclamação da Lei 9.991, de 2000 que determina que cerca de 1% da receita operacional líquida de todas as empresas de energia do país seja aplicado em estudos de eficiência energética, o Brasil vai investir nos próximos 12 meses cerca de R\$ 450 milhões em eficiência energética e R\$ 400 milhões em pesquisa e desenvolvimento.

Segundo Braga (2007), consumir energia de maneira racional, com eficiência, significa buscar o máximo desempenho de uma instalação, com o mínimo consumo. Como consequência, o consumo consciente e inteligente de energia reduz os gastos com este insumo; maximiza os investimentos já efetuados no sistema, ampliando, ao longo do tempo, os recursos renováveis e não renováveis ainda disponíveis; induz à modernização das empresas e reflete-se no aumento da produtividade e da competitividade de produtos fabricados.

Notoriamente, a importância de um planejamento estratégico para a utilização da energia nas empresas ainda não foi implantada no consciente dos brasileiros. A falsa impressão de economia nas instalações físicas do recinto (normalmente sem a presença de um engenheiro ou projetos executivos, é, na maioria das vezes, executadas por técnicos sem conhecimento básico de gestão, planejamento e economia) leva ao empregador a acreditar que não é necessário o estudo técnico para a realização das instalações elétricas.

Por Catuji, localizada no nordeste de Minas Gerais, ser uma cidade pouco estruturada, normalmente os empresários não vêem o projeto elétrico como uma peça fundamental na construção e manutenção da sua instalação. Portanto, o estudo da eficiência energética será pioneiro nesse ramo de atividade no município, podendo ser estendido para outras áreas como instalações públicas, indústrias e residências. Além de nova fonte de renda gerada pela economia no valor das faturas de energia, o processo corrigirá a instalação de forma a trazer segurança, conforto e economia para a empresa.

O objetivo do projeto é a avaliação técnica das instalações elétricas da câmara frigorífica do Supermercado Ribeiro no município de Catuji/MG e tem como objetivos específicos analisar o dimensionamento dos componentes da instalação elétrica da

câmara frigorífica; identificar os pontos de perdas de energia nos condutores, nos disjuntores e nos pontos de conexões; dimensionar a instalação da câmara frigorífica de acordo com as normas técnicas da ABNT e desenvolver estudos técnicos e econômicos para alternativas de redução das perdas de energia.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A crise energética no Brasil

No ano de 2000, Maurício Tolmasquim, coordenador do Programa de Planejamento Energético da COOPE/UFRJ e presidente da SBPE, publicou o artigo “As Origens da Crise Energética Brasileira”, e disse:

O ano de 2001 certamente vai ficar marcado na memória dos brasileiros não apenas pelo impacto econômico que o racionamento de energia causará, tais como a redução do crescimento econômico, aumento do desemprego, aumento do déficit da balança comercial, perda de arrecadação de impostos e efeito inflacionário, mas também, pelos grandes incômodos que a privação de energia causará à população.

No ano de 2001, o Brasil se deparou com uma crise energética no país e foi obrigado a implantar sistemas para o racionamento de energia. Este cenário afetou a economia do país, principalmente ao setor industrial, que teve condições impostas maiores que a dos outros setores. Diante disto, com todos os problemas em evidência, o país foi imposto a uma reforma energética. Mas, mesmo com o aumento da capacidade instalada de geração e transmissão, a demanda não parou de aumentar, aumentando também os custos de utilização, que vai contra aos princípios do governo (VIANNA, 2014).

Muitos anos se passaram e o país ainda se encontra em um estado incomodo em relação à energia, embora o país seja um dos líderes em produção: “O Brasil passa pela pior crise energética da história” (PIRES, 2015). Segundo Adriano, o governo nega que a crise é existente, embora a ONS peça para as distribuidoras reduzir o fornecimento de energia.

O grande incentivo ao consumo gerando crescimento da demanda e a administração do governo em relação à renovação das concessões, foram os problemas mais graves gerados pela crise, segundo Adriano. Ele ressalta que a crise energética no Brasil é decorrente de três fatores: enquanto o custo crescia, o governo abaixou as tarifas; atraso de obras de geração e transmissão; falta de chuva.

Diante disto, desde 2001, o governo vem tentando ampliar a capacidade instalada de geração e transmissão, adotando políticas de incentivo a eficiência

energética e a ampliação do parque energético com participação das energias renováveis no Sistema Interligado Nacional (VIANNA, 2014).

## **2.2 Geração, Transmissão e Distribuição de Energia no Brasil e Energias Renováveis**

O Sistema Elétrico de Potência (SEP) do Brasil é caracterizado tanto por sua alta voltagem quanto por sua versatilidade que abrange a geração, a transmissão e a distribuição (AMARAL, 2015).

No final da década de 90, o Brasil tinha nada menos que 90% de sua matriz energética gerada por usinas hidrelétricas, em vista do grande potencial hídrico do país. Com base nos custos atrativos para geração de energia, o parque gerador hídrico nacional se viu em crescimento com a construção de PCH's e microusinas, como com dificuldades como a inclusão da transmissão e a priorização dos aspectos ambientais nos projetos de construção. As grandes usinas hidrelétricas abrem espaço para as termelétricas, que ganharam espaço graças aos projetos aprovados em decorrência da crise energética de 2001. Composta por centrais nucleares, gás e a vapor, são utilizados o gás natural, carvão mineral e o óleo combustível para a geração.

Encontrado em grande quantidade no Brasil, o gás natural é o combustível com maiores perspectivas de utilização, assim como o diesel, em sistema isolados, no Norte do país e o carvão mineral, no Sul. A energia termelétrica também abrange a biomassa, que é uma fonte de energia renovável. Para aplicação no Brasil, as energias renováveis mais propícias (conhecidas também como novas tecnologias renováveis) são solares e eólicas. A solar, em predominância em sistemas isolados, ainda apresenta alto custo, apesar do decréscimo dos preços das placas e instalação. A energia eólica, apresentada em grandes parques, vem apresentando grande crescimento por ser de baixo custo e possuir pequeno impacto ambiental (REIS, 2013).

Normalmente, a geração de energia (de todas as formas, exceto os sistemas isolados) é feita distante dos grandes centros urbanos. Diante disto, são utilizadas as linhas de transmissão para levar a energia produzida até as subestações, onde a tensão é aumentada ou diminuída e distribuída (ELETROBRÁS, BRASIL). Segundo a ANEEL, o Sistema Interligado Nacional abrange cerca de 90 mil quilômetros de linhas

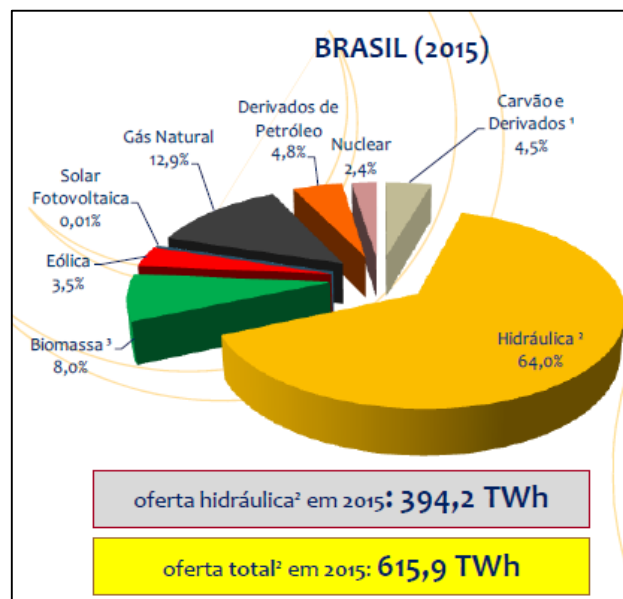
de transmissão e seus vários componentes como torres, para-raios, isoladores e condutores.

O sistema distribuição é aquele que é interligado ao sistema de transmissão, por meio das subestações. É a conexão do sistema de abastecimento ao consumidor final, seja de grande, médio ou pequeno porte. É composta por redes de alta, média e baixa tensão (primárias e secundárias), caracterizando em redes subterrâneas ou postes de sustentação em junção aos seus componentes como transformadores, religadores, chaves fusíveis, entre outros. No Brasil, há cerca de 77 milhões de unidades consumidoras atendidas por redes de distribuição, segundo balanço feito pela ANEEL em 2015. É o setor com maior fiscalização por se tratar de relação direta com o consumidor. (ABRADEE, BRASIL).

### 2.3 Balanço Energético Nacional (BEN)

Anualmente, a Empresa de Pesquisa Energética elabora e publica o Balanço Energético Nacional (BEN), que foi criado pelo Ministério de Minas e Energia para contabilizar e apresentar os dados de utilização e geração da energia no Brasil, incluindo as atividades de extração dos recursos e emissão de poluentes (EPE, 2016). É uma elaboração bastante complexa e requer colaboração dos envolvidos (governo, empresas e agentes informantes) (MANSOR, VICHI, 2009).

Gráfico 01 - Matriz Energética Brasileira



Fonte: EPE – BEN 2015

O Gráfico 01 mostra Matriz Energética Brasileira, ou seja, de quais fontes provém a energia elétrica no país, seja ela renovável ou não. Mostra também a quantidade de energia que os recursos hídricos do país podem gerar, assim como um total de todos os recursos também.

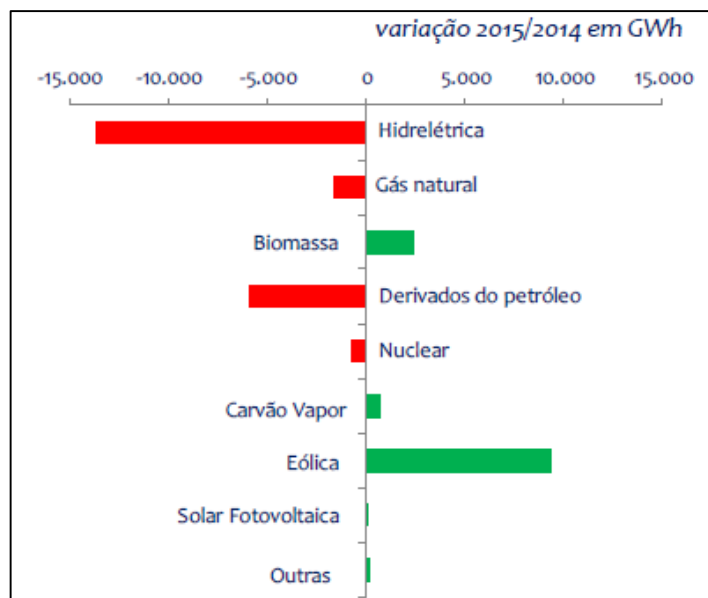
Tabela 1 - Geração de Energia Elétrica (GWh)

Fonte	2015	2014
Hidrelétrica	359.743	373.439
Gás Natural	79.490	81.073
Biomassa <sup>1</sup>	47.394	44.987
Derivados do Petróleo <sup>2</sup>	25.662	31.529
Nuclear	14.734	15.378
Carvão Vapor	19.096	18.385
Eólica	21.625	12.210
Solar Fotovoltaica	59	16
Outras <sup>3</sup>	13.682	13.524
<b>Geração Total</b>	<b>581.486</b>	<b>590.542</b>

<sup>1</sup> Inclui geração distribuída  
<sup>2</sup> Inclui lenha, bagaço de cana e lixívia  
<sup>3</sup> Inclui óleo diesel e óleo combustível  
<sup>4</sup> Inclui outras fontes primárias, gás de coqueria e outras secundárias

Fonte: EPE – BEN 2015

Gráfico 2 - Geração de Energia Elétrica (GWh)



Fonte: EPE – BEN 2015

A Tabela 01 mostra a quantidade de GWh que cada fonte de energia gerou no ano de 2015 e o gráfico 02 mostra a variação da quantidade de geração do ano de 2015 para o ano de 2014.

## **2.4 Eficiência Energética**

A energia elétrica se tornou um bem essencial na vida do ser humano, como qualquer outra necessidade, seja para realizar suas tarefas domésticas ou para setores como comércio e indústrias (VARGAS, MESTRIA; 2015). Com o crescimento da demanda por eletricidade devido diversos fatores, foi necessário a implantação de metodologias de utilização da energia, pois a produção cresce abaixo dos valores de consumo (BORNE, 2010).

Uma dessas metodologias pode ser chamada de eficiência energética que tem como definição a otimização da utilização da energia, gerando economias operacionais, utilitárias e tarifárias deste consumo (BORNE, 2010).

O setor energético é visado tanto por suas contribuições na degradação ambiental, quanto por seu desperdício e ineficiência na utilização da população e demais setores (MENKES, 2004). Segundo Borne (2010), pode-se dizer que o governo está adotando medidas para aumentar a matriz energética nacional, dentro dos limites ambientais e econômicos, mas a maior parte desse processo é conscientizar a população, haja vista que ainda não é um assunto comum entre as classes consumidoras.

Diante disso, foram criadas políticas públicas, metodologias, normas, leis, decretos, resoluções e selos de certificação para a implementação dos conceitos em instalações, equipamentos e sistemas.

### **2.4.1 Programa de Eficiência Energética**

Em 2000 foi criado o PEE (Programa de Eficiência Energética), que de acordo com a ANEEL, tem por objetivo a utilização racional da energia, por meio de projetos que demonstrem a importância e a economia na aplicação de metodologias em equipamentos e instalações. O Programa abrange:



- Lei nº 13.280, de 3 de maio de 2016 - Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética.
- Lei nº 13.203, de 08 de dezembro de 2015 - Dispõe sobre a repactuação do risco hidrológico de geração de energia elétrica; institui a bonificação pela outorga; e altera as Leis nos 12.783, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre as concessões de energia elétrica, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, que disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica, 9.478, de 6 de agosto de 1997, que institui o Conselho Nacional de Política Energética, 9.991, de 24 de julho de 2000, que dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, e 11.488, de 15 de junho de 2007, que equipara a autoprodutor o consumidor que atenda a requisitos que especifica.
- Lei nº 12.212, de 20 de janeiro de 2010 - Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica; altera as Leis nos 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.925, de 23 de julho de 2004, e 10.438, de 26 de abril de 2002; e dá outras providências.
- Lei nº 11.465, de 28 de março de 2007 - Altera os incisos I e III do caput do art. 1º da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, prorrogando, até 31 de dezembro de 2010, a obrigação de as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica aplicarem, no mínimo, 0,50% de sua receita operacional líquida em programas de eficiência energética no uso final.
- Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000 - Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências.

#### 2.4.2 Gestão Energética

Na administração empresarial, a racionalização de energia faz parte do plano de ações, destacando-se pela redução das perdas e uso indevido, e pela economia

gerada pelo uso consciente. A gestão energética visa promover o uso da energia de forma racionalizada aplicando os conceitos de engenharia, administração e economia. O uso ineficiente da energia afeta a competitividade das empresas no mercado. (YAN-FU; YE, 2006; WU, 2009 apud BATISTA, 2012).

Segundo o Guia de Gestão Energética elaborado pelo PROCEL e Eletrobrás, a gestão energética compreende alguns fatores, como:

- Conhecer as informações sobre fluxos de energia, regras, contratos e ações que afetam esses fluxos; os processos e atividades que usam energia, gerando um produto ou serviço mensurável; e as possibilidades de economia de energia.
- Acompanhar os índices de controle, como: consumo de energia (absoluto e específico), custos específicos, preços médios, valores contratados, registrados e faturados, e fatores de utilização dos equipamentos e/ou da instalação.
- Atuar no sentido de medir os itens de controle, indicar correções, propor alterações, auxiliar na contratação de melhorias, implementar ou acompanhar as melhorias, motivar os usuários da instalação a usar racionalmente a energia, divulgar ações e resultados, buscar capacitação adequada para todos e prestar esclarecimentos sobre as ações e seus resultados.

As dificuldades enfrentadas pelas empresas na inserção no mercado com competitividade, a crescente demanda de energia, os aspectos ambientais em relação a construção de novas fontes geradoras, implicam na implementação dessa metodologia nos sistemas de utilização de energia.

#### 2.4.2.1 *Programa de Gestão Energética (PGE)*

O PGE é um programa de administração de energia feito para as empresas utilizarem a energia de forma rentável. O PGE tem como objetivo otimizar a utilização da energia de forma consciente e com alto rendimento, empregando conceitos de orientação e direcionamento, sem redução na qualidade dos produtos fabricados ou serviços prestados pela empresa. O PGE não está ligado ao racionamento de energia, mas sim ao uso eficiente. (PROCEL; ELETROBRÁS, 2005).

## 2.5 Leis e Decretos

A busca pela melhoria da eficiência energética levou o país a instituir a Lei 10.295/01, que dispõe sobre a política nacional de conservação e uso consciente de energia. Nesta Lei estão estabelecidos os níveis mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia, fabricados ou comercializados no país, bem como de edificações construídas (PROCELINFO, 2014).

“Lei 10.295/01 - Art. 1º - A Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia visa a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente [...]”

O Decreto 4059/01 regulamenta a Lei 10.295/01 e institui Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE, composto por representantes dos seguintes órgãos e entidades:

- Ministério de Minas e Energia, que o presidirá
- Ministério da Ciência e Tecnologia
- Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
- Agência Nacional de Energia Elétrica;
- Agência Nacional do Petróleo; e
- Um representante de universidade brasileira e um cidadão brasileiro, ambos especialistas em matéria de energia, a serem designados pelo Ministro de Estado de Minas e Energia, para mandatos de dois anos, podendo ser renovados por mais um período.

“Tanto a Lei 10.295/01 quanto o Decreto 4059/01, estabelecem a obrigatoriedade de realização de audiências públicas para aprovação das regulamentações específicas.” (PROCELINFO, 2014).

## 2.6 Normas Regulamentadoras

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece as seguintes normas para determinação da eficiência energética em aparelhos e sistemas:

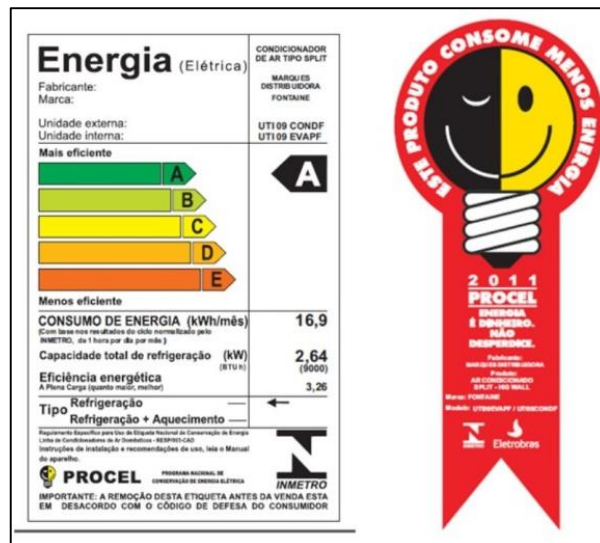
- ABNT NBR 15001:2003 - Aparelho eletrodoméstico fixo de aquecimento instantâneo de água - Determinação da eficiência energética;
- ABNT NBR ISO 50001:2011 - Sistemas de gestão da energia — Requisitos com orientações para uso;
- ABNT NBR ISO 50003:2016 - Sistemas de gestão de energia - Requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia;
- ABNT NBR ISO 50004:2016 - Sistemas de gestão da energia — Guia para implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão da energia;
- ABNT NBR ISO 50006:2016 - Sistemas de gestão de energia — Medição do desempenho energético utilizando linhas de base energética (LBE) e indicadores de desempenho energético (IDE) — Princípios gerais e orientações.

## **2.7 Selos Certificadores**

O PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), foi criado em 1985, é um programa governamental, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobrás.

Selo PROCEL que orienta o consumidor, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, quando da compra. Também objetiva estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais (INMETRO, BRASIL).

FIGURA 1 - Selo PROCEL



Fonte: PROCEL INFO

O selo CONPET tem como objetivo incentivar a indústria fabricante e importadores de equipamentos domésticos de consumo de gás, a comercializar produtos mais eficientes. O selo ajuda o consumidor na escolha, pois o informa quais equipamentos domésticos consomem menos combustível, ou seja, informa a sua eficiência energética.

FIGURA 2 - Selo CONPET



Fonte: IMETRO

O processo de definição dos parâmetros necessários para a regulamentação dos equipamentos se fundamenta em metodologias e regulamentos específicos, estudos de impacto e priorização, critérios de avaliação de conformidade, e conta com laboratórios credenciados para ensaios e testes do PBE, do Selo PROCEL Eletrobrás e do Selo CONPET (PROCELINFO, 2014).

## **2.8 Órgãos Reguladores**

Os Programas de Eficiência Energética brasileiros: PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica); CONPET (Programa Nacional de racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural) e o PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem), são reconhecidos internacionalmente, há pelo menos duas décadas, mas antes destes programas o GEFAE (Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de energia) em 1975, juntamente com o MME (Ministério de Minas e Energia) organizaram um seminário sobre conservação de energia, uma iniciativa pioneira no país, para a época (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, BRASIL)

A regulamentação e a fiscalização para geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, são atribuições da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, criada pela Lei nº 9.427 de 1996.

A missão da Aneel é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade. Anualmente a ANEEL tem por obrigação aplicar o montante de, no mínimo, 0,5% de sua receita operacional líquida em ações que tenham por objetivo o combate ao desperdício de energia elétrica, o Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição – PEE (ANEEL, BRASIL).

Cabe a ANP (Agência Nacional de Petróleo) fiscalizar as empresas reguladas para que estas cumpram os contratos de exploração e produção de óleo e gás e apliquem os procedimentos e técnicas eficazes para a segurança das operações, a eficiência energética, a proteção do meio ambiente e à saúde humana. A ANP atua de forma a assegurar a qualidade dos combustíveis e o cumprimento das normas vigentes, pelos agentes do mercado de abastecimento nacional (ANP, BRASIL).

## 2.9 Conceitos de Energia Elétrica

Segundo o Guia de Gestão Energética elaborada pela PROCEL e pela Eletrobrás, temos os seguintes conceitos:

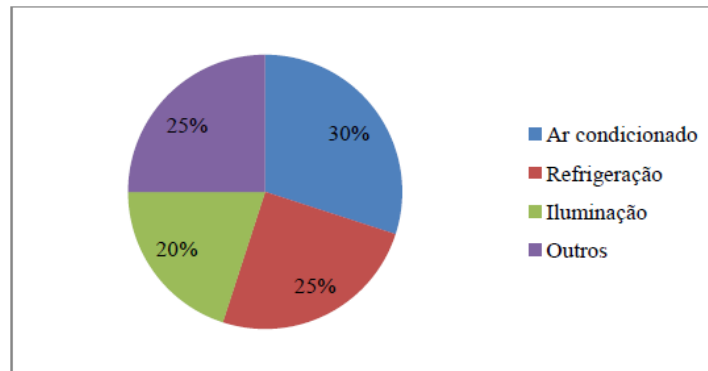
- Potência – É a quantidade de energia solicitada na unidade de tempo. A unidade usada é o quilowatt (kW).
- Demanda – É a potência média, medida por aparelho integrador, apurada durante qualquer intervalo de 15 (quinze) minutos.
- Demanda contratada – Demanda a ser obrigatória e continuamente colocada à disposição do cliente, por parte da concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixado em contrato.
- Carga instalada – Soma da potência de todos os aparelhos instalados nas dependências da unidade consumidora que, em qualquer momento, podem utilizar energia elétrica da concessionária.
- Fator de carga – Relação entre a demanda média e a demanda máxima ocorrida no período de tempo definido.

## 2.10 Eficiência Energética nas Instalações Comerciais

As edificações públicas ou privadas adotam como metodologia de redução de tarifas a utilização de equipamentos eficientes, alteração de características arquitetônicas, conscientização dos usuários e aproveitamento dos recursos naturais, por meio de programas de gestão energética (PANESI, 2008).

Por apresentar uma pequena margem de lucro, as empresas vêm como papel fundamental o uso racional da energia. A maior parte do consumo de energia em pontos comerciais, como supermercados (local de estudo) são os refrigeradores e câmaras frias, que abrangem cerca de 70% da energia consumida no local. Dado esse cenário, esses equipamentos devem possuir uma atenção especial, sendo supervisionados de forma periódica, a fim de reduzir ao máximo a energia desperdiçada (PANESI, 2008). Segundo ele, é possível reduzir o consumo apenas com a manutenção preventiva dos equipamentos e inspeção regular da instalação.

Gráfico 3 - Perfil de Consumo dos Supermercados



Fonte: BRANCO, 2010; apud PANESI, 2008

Panesi (2008) também afirma que a energia consumida em um supermercado não é constante em todo o período de utilização. É variável de acordo o horário que é consumida.

De acordo com Branco (2010) a eficiência energética pode ser empregada em duas etapas: quando o projeto ainda está em fase de construção e/ou quando já está em operação. Na primeira etapa, podem-se dimensionar os equipamentos para atender a demanda com maior eficiência e também a arquitetura do projeto. Na segunda etapa, quando o projeto já estiver finalizado, pode ser adotada uma gestão energética de seus componentes e aproveitar os recursos naturais disponíveis para o edifício, como por exemplo, a luz natural. O custo é menor no primeiro caso.

Antes de aplicar qualquer estudo de eficiência energética em alguma instalação, é necessário fazer o levantamento dos equipamentos e pontos de consumo. Depois de obtidos os resultados, é necessário realizar as medições das grandezas como fator de potências, demanda ativa e reativa, corrente, tensão, etc (MAMEDE, 2013).

#### 2.10.1 Eficiência Energética em Câmaras Frigoríficas

O setor industrial e comercial é o setor que demanda maior quantidade de energia do sistema elétrico nacional. Dentro deste setor, os motores correspondem com cerca de 55% deste consumo. Uma das características dos motores é que o custo de operação é maior que o custo de aquisição. Isso depende de vários fatores, como



seu funcionamento, a potência, o rendimento e as tarifações de energia (SCHNEIDER; PROCOBRE, 2003).

Já em câmaras frigorífica, a metodologia é diferente. A sua característica é manter a temperatura em seu interior menos que a temperatura ambiente. Diante disto, existem limites de utilização e construção para melhor adequação e uso racional da energia, especificando e dimensionando os equipamentos de acordo as características sempre visando a economia (CHAGAS, 2017).

Segundo a Eficiência Energética em Sistemas De Refrigeração Industrial e Comercial, manual confeccionado pela PROCEL e Eletrobrás, em 2005, os sistemas de refrigeração são associados à degradação ambiental:

A utilização dos sistemas de refrigeração é indispensável. Como consequência, também é indispensável o uso da energia elétrica para o acionamento dos motores e outros equipamentos associados a esses sistemas. Assim, se não é possível evitar a degradação ambiental pela exploração irracional dos recursos naturais, uma importante contribuição nesse contexto consiste em reduzir ao máximo o uso irracional da energia. Se não pela consciência ambiental da necessidade de deixar para as futuras gerações um planeta em melhores condições de habitabilidade, ao menos para reduzir os custos dos serviços, que, em última análise, serão sempre pagos pela sociedade (PROCEL; ELETROBRÁS; 2005).

Então, as características construtivas ou dimensionamento de um refrigerador ou câmara fria deve adotar alguns fatores como eficiência de isolamento térmico e infiltração de ar (CHAGAS, 2017).

Dentre esse contexto de motores e refrigeração, o fator de potência desses equipamentos é um dos aspectos mais importantes. O FP tem importância devido a potência reativa, que além de não produzir trabalho, gera uma série de fatores que pode levar a degradação do equipamento. Dimensionar os equipamentos que contém um alto fator de potência é de mutua importância, pois o rendimento dos equipamentos será maior e conseqüentemente, a eficiência energética (BOURNE, 2010).

### **3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA**

#### **3.1 Classificação da Pesquisa Quanto aos Fins**

O estudo avaliativo do Supermercado Ribeiro no município de Catuji/MG é um estudo quantitativo e descritivo que consistiu em analisar as instalações elétricas comerciais da câmara frigorífica do supermercado, aplicando os conceitos das normas técnicas específicas para a instalação visando a eficiência do fluxo de energia e a minimização de perdas, demonstrando a economia, viabilidade e segurança de uma instalação dimensionada corretamente.

#### **3.2 Classificação da Pesquisa Quanto aos Meios**

##### **3.2.1 Descrição e caracterização da área de estudo**

O estudo técnico avaliativo da eficiência energética das instalações elétricas da câmara frigorífica no supermercado é um estudo do tipo pesquisa de campo que engloba análises de viabilidade técnica e aplicação de conceitos para redução de perdas de energia.

A área de estudo é classificada como um supermercado (estabelecimento de varejo de gêneros alimentícios, limpeza e higiene pessoal, artigos para casa, etc.) que está localizado na cidade de Catuji, nordeste de Minas Gerais, na rua Juvelino Maciel, número 22.

A construção com cerca de 7 anos conta com três pavimentos, onde um destes é utilizado para o comércio pela empresa (consequentemente o que foi estudado). As instalações elétricas desta construção não tiveram acompanhamento por profissional capacitado e tampouco projeto executivo e estudo de viabilidade, sendo desta forma defasada em vários aspectos como segurança, economia e principalmente eficiência. É possível enxergar nitidamente as instalações mal dimensionadas e inacabadas no interior da construção, gerando certo desconforto e insegurança aos clientes.

### 3.2.1.1 A edificação

Localizado em Catuji – MG, cidade com cerca de 7.000 habitantes e maioria de baixa renda (IBGE, 2010), o supermercado compõe uma pequena rede de comércios varejistas de pequeno porte da cidade. Aproximadamente, atende cerca de 20% da população urbana e rural do município, gerando lucro basicamente na revenda de produtos do gênero alimentício e limpeza.

A edificação foi construída em conformidade com o projeto aprovado seguindo as especificações de cota e nível, rigorosamente de acordo com a planta cuja conta foi respeitada de maneira a permitir que as paredes construídas reproduzissem planimetricamente o paralelismo e o verticalismo de acordo com o apresentado na planta.

O projeto refere-se ao Supermercado Ribeiro, localizado em Catuji-MG situado à Rua Juvelino Maciel, número 22, Centro. Construção feita em alvenaria com estruturas e fundações aprovadas por um profissional da área. A área total do terreno é de 475,83 m<sup>2</sup> onde está sendo totalmente utilizada pela construção do supermercado, tendo assim um acréscimo apresentando no subsolo com área total construída de 296,35 m<sup>2</sup> utilizada como depósito de mercadorias tendo acesso pela Rua dos Esportes, totalizando uma área de 772,18 m<sup>2</sup> construídos atualmente no Supermercado Ribeiro.

A fonte de energia elétrica é exclusivamente proveniente da concessionária CEMIG, de acordo com contrato de utilização com classe comercial trifásico e subclasse comercial, com tipo de medição kWh, sem medição de energia reativa. Basicamente a instalação consome uma média de 3.000 kWh/mês e 100 kWh/dia. Há poucas entradas de iluminação natural (apenas no portão principal de acesso e janelas ao fundo) o que aumenta a recorrência de utilização de iluminação artificial para atender as necessidades do local

### 3.2.2 Procedimento de Coleta de Dados

Os procedimentos de coleta de dados foram feitos de duas formas:

- Coleta de dados no campo de estudo – o levantamento dos dados foi feito pelos discentes no local do estudo (supermercado) para que sejam feitos o tratamento

dos dados de acordo com as metodologias que serão aplicadas baseadas nas literaturas escolhidas para o tratamento dos dados.

- Coleta de dados em livros, artigos, normas e estudos – as metodologias aplicadas para o tratamento dos dados serão retiradas de livros, normas, artigos e estudos que abrangem o tema proposto.

### 3.2.2.1 Equipamentos

Basicamente, a coleta de dados foi feita por um multímetro com alicate amperímetro digital. O multímetro com alicate amperímetro é um equipamento que mede as grandezas elétricas como corrente alternada e contínua, tensão e resistência dos componentes da instalação.

Figura 3 - Alicate amperímetro digital



Fonte: Minipa.com

## 3.3 Tratamento dos Dados

- Levantamento de dados gerais da empresa – levantamento dos dados da empresa como CNPJ e localização e das características da instalação elétrica como tensão de fornecimento e área total, por exemplo.

- Estudo dos fluxos de cargas – avaliação, caracterização e quantificação dos equipamentos; descrição da alimentação dos quadros de distribuição; medições das grandezas para tratamento dos dados e análise.
- Caracterização do consumo energético – tratamento dos dados demonstrando-os em tabelas e gráficos para análise das perdas de energia.
- Avaliação das perdas de energia – análise de dados caracterizados pelas medições e levantamentos no estudo dos fluxos e na caracterização do consumo.
- Desenvolvimento dos estudos técnicos e econômicos das alternativas de redução das perdas – dimensionamento da instalação com aplicações de normas técnicas e estudos para demonstrar os pontos de perdas de energia.
- Elaboração das recomendações e conclusões– descrição de recomendações para garantir a eficiência energética das instalações da câmara frigorífica.

### 3.3.1 Fórmulas

- Consumo energético

$$C = \frac{P_{total} * T * D_{mês}}{1000} \quad (1)$$

Onde

C – Consumo

$P_{total}$  – Potência Total do equipamento (W)

T – Tempo (horas)

$D_{mês}$  – Dias por mês (média de 30 dias)

- Fator de potência

$$FP = \frac{Potencia Ativa}{Potencia Aparente} \quad (2)$$

Onde

FP – Fator de potência

- Potência elétrica

$$P = I_L * V_l * \sqrt{3} * FP \quad (3)$$

Onde

$P$  – Potência aparente

$I_L$  – Corrente de linha (A)

$V_l$  – Tensão de linha (V)

- Resistência dos condutores

$$R = \frac{\rho * (L * \sqrt{3})}{S} \quad (4)$$

Onde

$R$  – Resistência ( $\Omega$ )

$\rho$  - Resistividade (0,017 para o cobre)

$L$  – Distância do condutor (m)

$S$  – Seção do condutor ( $\text{mm}^2$ )

- Queda de tensão

$$V_{queda} = R_{condutor} * I_{carga} \quad (5)$$

Onde

$V_{queda}$  – Queda de Tensão no condutor (V)

$R_{condutor}$  – Resistência do condutor ( $\Omega$ )

$I_{carga}$  – Corrente solicitada pela carga (A)

- Tensão na carga

$$V_{carga} = V_{total} - V_{queda} \quad (6)$$

$V_{carga}$  – Tensão resultante na carga (V)

$V_{total}$  – Tensão da rede (V)

- Corrente de curto-circuito

$$I_{cc} = \frac{I_n}{Z_{\%T}} \quad (7)$$

Onde

$I_{cc}$  - Corrente de curto-circuito

$I_n$  – Corrente nominal do transformador

$Z_{\%T}$  – Impedância percentual do transformador

- Corrente nominal do transformador

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V_{ff}} \quad (8)$$

Onde

S – Potência nominal do transformador

$V_{ff}$  – Tensão entre fase e fase (220V)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Levantamento de dados gerais da empresa;

A primeira etapa consiste em levantar os dados gerais da empresa, especificando desde o nome da empresa até a tensão de fornecimento da concessionária. Os dados da empresa estão relacionados no Quadro 01.

Quadro 1 - Características gerais da empresa

<b>DADOS DA EMPRESA</b>	
Nome da empresa	Supermercado Ribeiro LTDA - ME
Objeto	Comercio varejista de alimentos e bebidas, materiais de limpeza e itens domésticos
CNPJ	11.423.202/0001-62
Local da sede	Rua Juvelino Maciel, nº 22 CO NR CS
Cidade	Catuji
Estado	Minas Gerais
CEP	39816-000
Área	1502,90 m <sup>2</sup>
Quantidade de Funcionários:	15
Horário de Funcionamento	Das 07:00 às 19:00/07:00 às 12:00
Dias de Funcionamento	De Segunda a Sábado/Domingo
<b>DADOS DO FORNECIMENTO DE ENERGIA</b>	
Concessionária	CEMIG Distribuição S.A.
Classe	Comercial trifásico
Subclasse	Comercial
Tipo de medição	Energia KWh
Média de consumo energético	3.000 KWh/mês
Tensão de fornecimento	127/220 V

Fonte: Acervo da pesquisa



Figura 4 – Vista frontal do local de estudo



Fonte: Acervo da pesquisa

#### 4.1.1 Levantamento dos componentes da instalação

- Quadro geral de distribuição - QGD

O quadro geral de distribuição é o equipamento que recebe a alimentação da rede e secciona a energia através de um ou mais circuitos. Os componentes do QGD além de regular a quantidade de energia que passa pelo circuito, protege os componentes da instalação de possíveis surtos de energia. O QGD da instalação estudada é composto pelos seguintes equipamentos:

- ✓ 10 Disjuntores Termomagnéticos Monofásicos de 30 A

Figura 5 - Quadro geral de distribuição atual



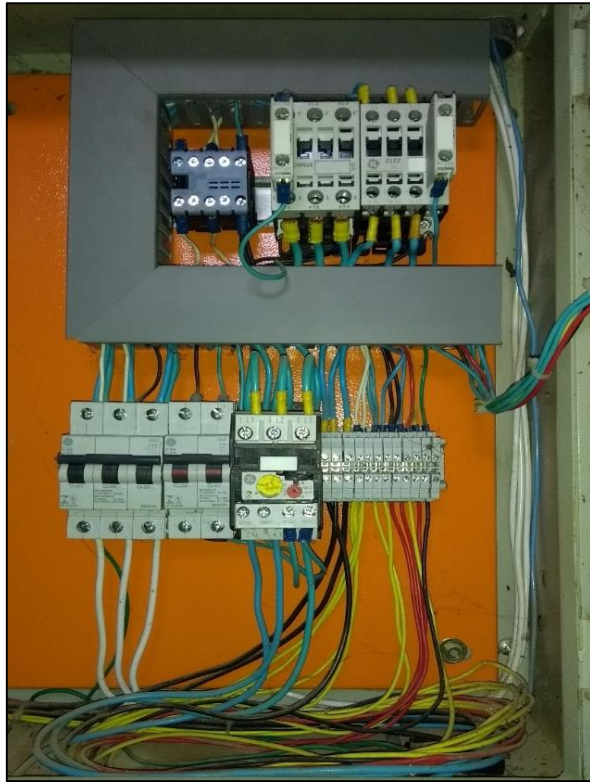
Fonte: Acervo da pesquisa

- Quadro de comando - QDC

O quadro de comando de um equipamento tem como função controlar a energia que irá alimentar o equipamento. O QDC também é utilizado para proteger o equipamento de possíveis surtos de energia. O QDC do equipamento é composto pelos seguintes equipamentos:

- ✓ 01 Disjuntor Termomagnético Trifásico 32A
- ✓ 01 Disjuntor Termomagnético Bifásico 4A
- ✓ 01 Contator Auxiliar WEG CW07 220V
- ✓ 01 Contator Tripolar WEG CWM25-00-30d23 25A
- ✓ 01 Contator Auxiliar GE CL02 10E
- ✓ 01 Relé de Sobrecarga
- ✓ Controlador Digital para Refrigeração e Degelo Full Gauge TC-900Ri

Figura 6 - Quadro de comando da câmara frigorífica aberto



Fonte: Acervo da pesquisa

Figura 7 - Quadro de comando da câmara frigorífica fechado



Fonte: Acervo da pesquisa

- Unidade condensadora UCB 5300

A unidade condensadora é uma composição de equipamentos que tem por finalidade comprimir e resfriar o fluido refrigerante. É responsável por fazer a troca de calor (quente para frio em refrigeradores) para resfriar a unidade. A Tabela 02 especifica as características da unidade condensadora estudada.

Tabela 2 - Capacidade frigorífica, características técnicas e dimensões da unidade condensadora UCB 5300

Capacidade Frigorífica – 60Hz												
Modelo/Unidade	HP	Temperatura Ambiente (°C)	Capacidade Frigorífica (Kcal/h)				Motor Ventilador					
			Temperatura Evaporação				Qntd	Corrente (A)	Consumo (W)			
			-30	-25	-20	-15						
UCB 5 300	3	32	2400	3050	3699	4490	1	2,00	400			
		35	2264	2877	3490	4236						
		43	1902	2417	2932	3558						
Características Técnicas – 60Hz												
Modelo/Unidade	Modelo Compressor	HP	Tensão	Nº de Fases	Compressor				Unid. Condensadora			
					Desloc. (cc/ver)	Carga de Óleo	LRA (A)	MCC (A)	Corrente (A)	Consumo (W)		
UCB 5 300	FH2511ZB TFH2511ZB TFH2511ZB	3	E-200	1	74,25	1,7	102,0	28,0	15,0	2820		
			T-220	3			52,0	13,4	7,3			
			J-380/460	3			32,0	5,2	3,3			
Dimensões, Peso, Conexões												
Modelo/Unidade	Modelo Compressor	Dimensões			Conexões		Capacidade Tanque (l)	Peso		Motor Ventilador (1/3 HP)		
		A (mm)	B (mm)	C (mm)	Sucção (pol)	Líquido (pol)		Comp. (Kg)	Unid. (Kg)	Qtd	Diâm. Hélice (mm)	Vazão de Ar (m³/h)
UCB 5 300	TFH2511ZBT	544	660	870	S-5/8"	V-3/8"	4,0	32,0	98	1	450	5900

Fonte: Catálogo Elgin – Unidades Condensadoras 60Hz

Figura 8 - Unidade condensadora



Fonte: Acervo da pesquisa

- Evaporador frigorífico de ar forçado TRSD-411PEN

O evaporador remove o calor do ar que passa pelo evaporador e o líquido evapora e mantém a pressão constante. Os ventiladores aspiram o ar e distribui para refrigerar o ambiente. A Tabela 03 especifica as características do evaporador estudado.



Tabela 3 - Especificações do Evaporador frigorífico de ar forçado TRSD-411PEN

Modelo	Motoventiladores					Resistências			
	Vazão Ar m <sup>3</sup> /h	Qtde. Hélice 300mm	Pot. (W)	Corr. (A) 200V- 1F	Alcance do Ar (m)	Qtde. Serpentina	Qtde. Bandeja	Pot. (W)	Corr. (A) 200V- 1F
TRS-411	5520	4	480	3,48	11	2	1	300	13,6
TRS	D	4	1	1	P	E	N		
Linha	Degelo	Espaçamento entre aletas	Quantidade de motores	Sequencial	Circuitação	Motor	Acabamento		
TRS	A = degelo a ar D = elétrico G = gás quente Na serpentina e elétrico na bandeja	4 = 4 aletas por polegada 6 = 6 aletas por polegada	PODEM SER: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	PODEM SER: 1, 2, 3	P = Padrão E = Especial D = Dupla com 2 coletores e 2 distribuidores W = Glicol sem conexões K = Glicol com conexões	C = convencional E = eletrônico S = Protetor térmico e anti spark	N = sem pintura P = Pintura no gabinete U = Pintura na serpentina T = Pintura no gabinete e na serpentina		
<b>Características</b>									
<p>Sistema de degelo composto por 2 pares de resistências traseiras e um par de resistências de bandeja. Bandeja removível para acesso à resistência de bandeja e manutenção. Motoventiladores monofásicos de 120 W com hélices de 300 mm e grau de proteção IP 54 com graxa anticongelante e proteção térmica. Ligações elétricas para os motores e resistências interna ao gabinete.</p>									

Fonte: Catálogo Trineva – Evaporadores

Figura 9 - Evaporador frigorífico de ar forçado TRSD-411PEN

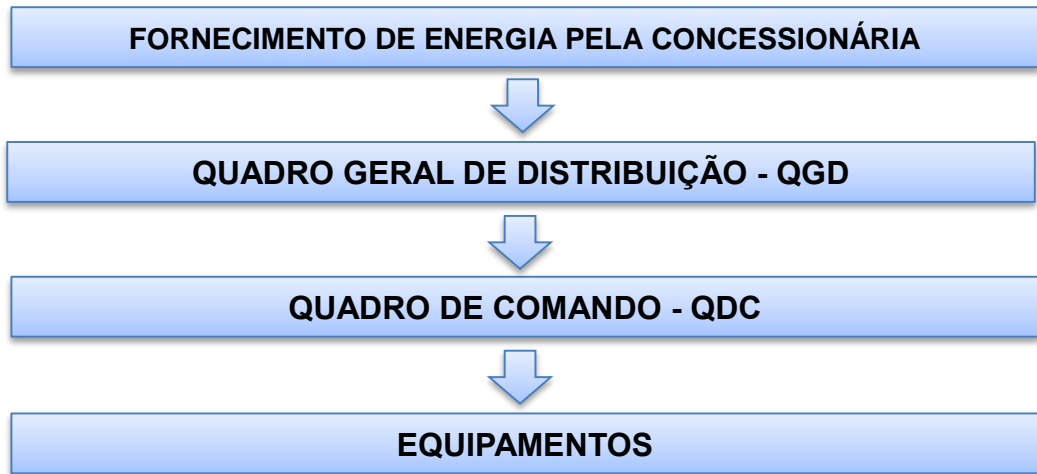


Fonte: Acervo da pesquisa

## 4.2 Estudo do fluxo de carga

Ao especificar e quantificar a instalação elétrica da câmara frigorífica, foram feitas medições nos pontos especificados para conhecermos as características do

consumo energético, ou seja, como a energia é distribuída durante a instalação e a quantidade que chega em cada ponto.



#### 4.2.1 Medições

- Medições de tensão e corrente na energia que é fornecida pela concessionária de energia (CEMIG)
- Medição de tensão e corrente na entrada e na saída dos disjuntores do quadro geral de força (QGF) da instalação, especificando os valores das grandezas de acordo as condições do equipamento
- Medição de tensão e corrente na caixa de passagem que distribui os condutores para o QDC do equipamento, especificando os valores das grandezas de acordo as condições do equipamento.
- Medição de tensão e corrente na entrada e na saída dos disjuntores do quadro geral de força (QDC) da instalação, especificando os valores das grandezas de acordo as condições do equipamento.
- Medição de tensão e corrente nos terminais dos equipamentos que compõe a instalação da câmara frigorífica (unidade condensadora e evaporador), especificando os valores das grandezas de acordo as condições do equipamento.

### 4.3 Caracterização do consumo energético

Para a caracterização do consumo energético da instalação foram feitas medições nos equipamentos e materiais que compõem o circuito de alimentação da câmara frigorífica. As medições foram necessárias para obter os dados para serem tratados em gráficos e tabelas, podendo assim determinar os pontos para a avaliação das perdas e a viabilidade técnica do material ou equipamento. Os dados adquiridos nos ensaios foram basicamente tensão e corrente, que são as grandezas que sofrem perdas em circuitos sem dimensionamento adequado. Além das grandezas de energia, também foi relatado fatores climáticos e físicos do local de acordo com o Quadro 02.

Quadro 2 - Característica do ambiente do equipamento

<b>DADOS</b>	
Temperatura Média Ambiente	27 °C
Temperatura Média do Equipamento	- 4,5 °C
Horário	Das 09:00h às 11:00h
Mês	Outubro de 2017
Umidade	Relativamente alta
Equipamento	Alicate Amperímetro Minipa EP – 3200
Horário de Funcionamento da Câmara Frigorífica	Durante a noite (das 19:00 às 07:00)
Dias de funcionamento da Câmara Frigorífica	Todos os dias

Fonte: Acervo da pesquisa

Após caracterizar o local onde o equipamento foi instalado, foram feitas medições de corrente em todas as fases do ponto de entrega de energia pela rede de distribuição até a alimentação dos equipamentos.



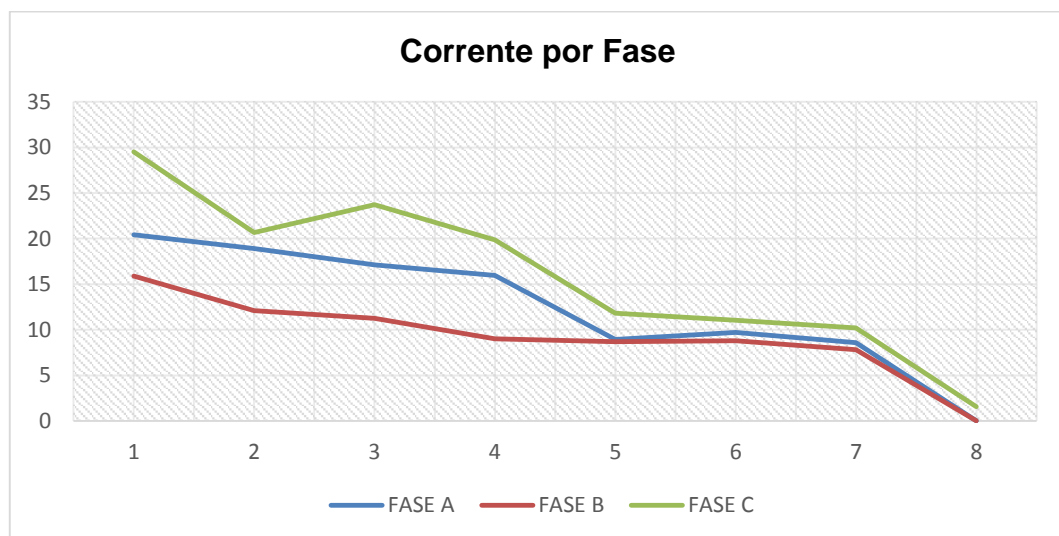
Tabela 4 - Medição de corrente por fase

ITEM	LOCAL DE MEDIÇÃO	FASE A	FASE B	FASE C
1	Rede de Energia	20,4	15,9	29,5
2	Quadro Geral - Entrada	18,9	12,1	20,65
3	Quadro Geral - Saída	17,1	11,25	23,7
4	Caixa de Passagem	15,95	9,0	19,85
5	Quadro do Equipamento - Entrada	8,95	8,7	11,8
6	Quadro do Equipamento - Saída	9,7	8,8	11,05
7	Equipamento 1 - Condensador	8,6	7,8	10,2
8	Equipamento 2 - Refrigerador	0	0	1,55

Fonte: Acervo da pesquisa

Os dados foram tratados em gráficos para facilitar a visualização das medições. Podemos observar claramente o desequilíbrio das fases nos pontos 1, 3 e 4, onde a porcentagem de desequilíbrio em relação a fase de maior valor é de 25% a 50%.

Gráfico 4 - Corrente por fase



Fonte: Acervo da pesquisa

Podemos observar que o desbalanceamento entre as fases C e B é grande, sendo a fase C sobrecarregada em relação as outras.

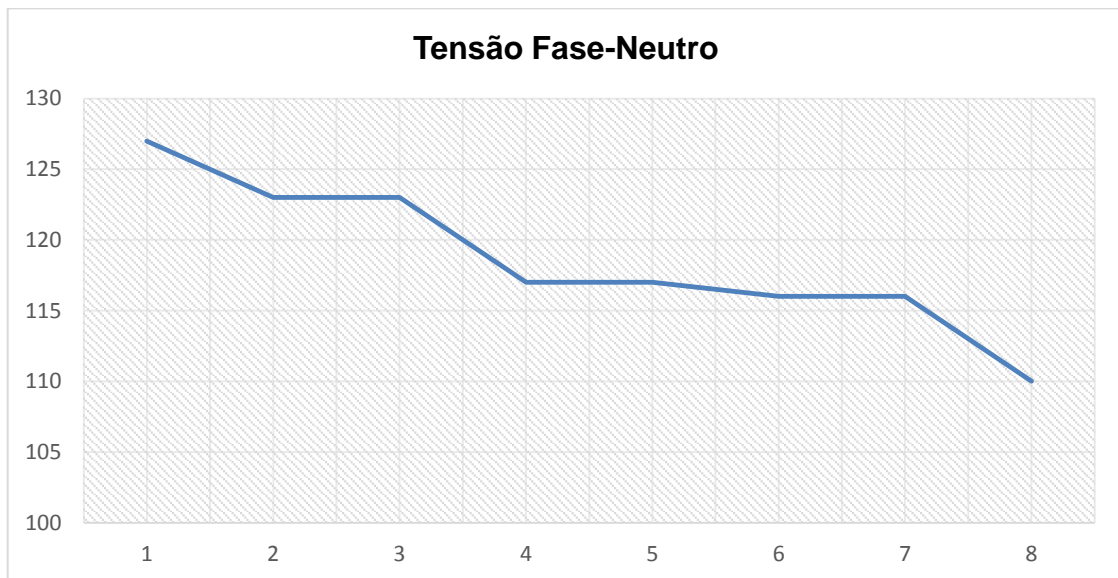
Tabela 5 - Medição de tensão Fase/Fase e Fase/Neutro

ITEM	LOCAL DE MEDIÇÃO	F+N	F+F
1	Rede de Energia	127	220
2	Quadro Geral - Entrada	123	212
3	Quadro Geral - Saída	123	209
4	Caixa de Passagem	117	206
5	Quadro do Equipamento - Entrada	117	206
6	Quadro do Equipamento - Saída	116	205
7	Equipamento 1 - Condensador	116	205
8	Equipamento 2 - Refrigerador	110	-

Fonte: Acervo da pesquisa

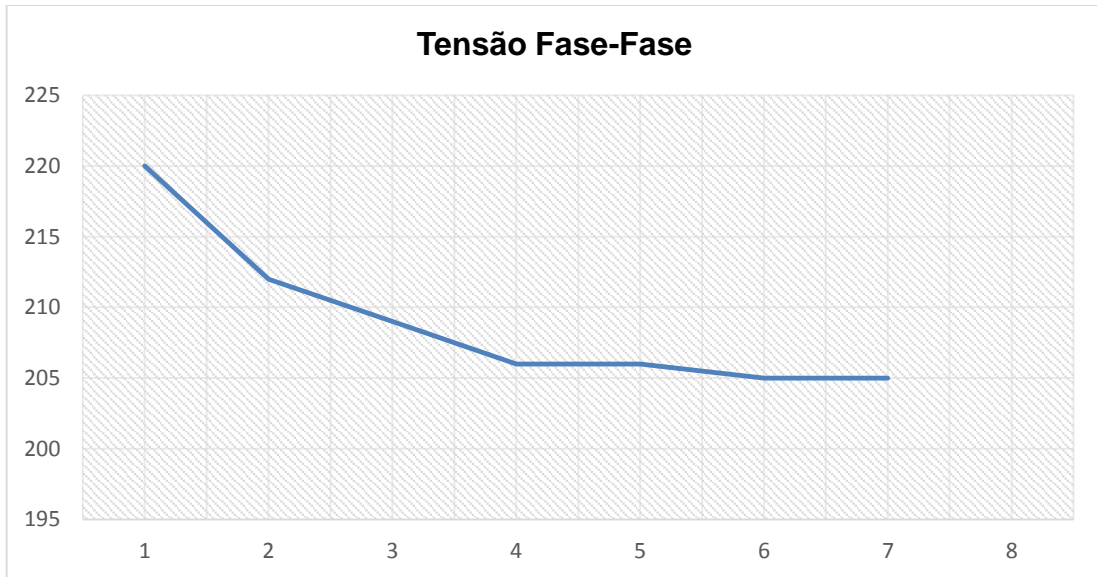
A queda de tensão é um fator muito importante para a otimização da energia. Se uma instalação tem o valor da queda de tensão em níveis fora dos padrões, esta instalação está sofrendo perdas desnecessárias de energia, negligenciando os conceitos de eficiência energética e de utilização da energia.

Gráfico 5 - Tensão fase-neutro



Fonte: Acervo da pesquisa

Gráfico 6 - Tensão fase-fase



Fonte: Acervo da pesquisa

Os gráficos mostram os níveis de tensões em grande declínio, com valores de até 7% do ponto de alimentação até o equipamento.

#### 4.3.1 Consumo energético da câmara frigorífica

Todos os aparelhos elétricos possuem uma certa quantidade de potência, isto é, a quantidade de energia necessária para o seu funcionamento. O cálculo do consumo energético de um equipamento é a relação entre a potência e o tempo de funcionamento. Pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$C = \frac{P_{total} * T * D_{mês}}{1000} \quad (1)$$

Onde

C – Consumo

$P_{total}$  – Potência Total do equipamento (W)

T – Tempo (horas)

$D_{mês}$  – Dias por mês (média de 30 dias)

A soma da potência de todos os equipamentos que compõe a câmara frigorífica de acordo com as Tabelas 02 e 03 resulta num valor de 4000 W e o tempo de funcionamento em cerca de 12 horas por dia. Portanto, é calculado:

$$C = \frac{P_{total} * T * D_{mês}}{1000}$$

$$C = \frac{4000 * 12 * 30}{1000}$$

$$C = 1440 \text{ kWh/mês}$$

A instalação da câmara frigorífica consome cerca de 48% da média de consumo mensal do sistema do supermercado (3.000 kWh/mês).

#### 4.4 Avaliação das perdas de energia

A instalação se inicia da rede de distribuição CEMIG que alimenta o QGD (quadro geral de distribuição) da instalação por condutor de cobre 6mm<sup>2</sup>. O QGD (conforme Figura 04) é composto por disjuntores termomagnéticos monofásicos de 30A, onde alimentam circuitos monofásicos e trifásicos (estes últimos pela combinação de 03 disjuntores monofásicos, o que não é admitido pela NBR 5410). O QGD não conta com barramentos, equipamentos de proteção como DR e DPS, identificação de fase e conexões adequadas. Além disso, não há equilíbrio de fases na distribuição dos circuitos, ficando uma fase sempre sobrecarregada em relação às outras.

Inicialmente, a instalação do supermercado não foi dimensionada para a demanda de uma câmara frigorífica, pois o equipamento foi adquirido alguns anos depois da construção do supermercado, haja vista que não tiveram antes necessidade de tal equipamento. Contudo, de acordo o crescimento da demanda, a oferta de produtos resfriados e congelados é maior, por isso, a aquisição do equipamento.

Para a alimentação da câmara frigorífica foi usado três disjuntores termomagnéticos de 30 A e 03 condutores de cobre flexível 4,0mm<sup>2</sup> com distancia de aproximadamente 35 metros do QGD até o QDC do equipamento. Não constam fios para aterramento e neutro. Em certo ponto da instalação do QGD até o QDC, o circuito em questão foi utilizado para alimentar outros dois equipamentos com alto consumo

de energia (Freezer tipo Ilha e Freezer tipo Expositor Vertical). Diante disto, o circuito não alimenta apenas a câmara frigorífica, mas também alimenta dois equipamentos de alta potência, haja vista que o circuito não fora dimensionado para atender os três equipamentos

#### 4.4.1 Queda de tensão

Em instalações comerciais, a queda de tensão é um fator muito comum porque a instalação é munida de vários equipamentos de grande porte em um mesmo circuito e os condutores não são dimensionados corretamente para a quantidade de energia demandada. A queda de tensão se dá pela distância percorrida nos condutores até o ponto de alimentação, esses com suas respectivas resistências.

A queda de tensão é um fator extremamente prejudicial ao equipamento, porque a corrente é inversamente proporcional à tensão, sendo assim, com níveis baixos de tensão, o equipamento consome maior quantidade de corrente, gerando consumo maior que o projetado e atentando contra a segurança do local pois como condutores são aquecidos com níveis de corrente elevados, podem assim causar uma série de fatores como incêndio e queima de equipamentos.

De acordo com a NBR 5410, o nível da queda de tensão admissível para pontos comerciais com características semelhantes ao Supermercado Ribeiro é de 5% calculados a partir do ponto de entrega nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição.

Como podemos observar no Gráfico 06, do fornecimento de energia até o ponto de entrega a tensão sofre uma queda de aproximadamente 15 V, correspondendo a 6,82% da tensão inicial de fornecimento pela rede.

#### 4.4.2 Desequilíbrio de fases

O balanceamento de fases é a distribuição das cargas sobre as fases que alimentam a instalação. Toda a instalação deve ser igualmente distribuída para que nenhuma alimentação esteja sobrecarregada. Os desbalanceamentos das fases podem acarretar problemas como as harmônicas nos circuitos, o que pode levar ao aquecimento dos condutores. Na instalação em questão podemos ver claramente o desequilíbrio na distribuição das cargas nas fases (Tabela 04 e Gráfico 04). De acordo

a NBR 5410, as cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.

#### 4.4.3 Baixo fator de potência

O fator de potência é a relação entre a energia ativa (energia que está sendo transformada em trabalho) e a energia aparente (energia total que pode ser transformada em trabalho). O valor ideal para o fator de potência é que seja próximo de 1, isso quer dizer que, quanto mais próximo desse valor, mais a energia está sendo aproveitada.

O baixo fator de potência é um problema muito comum em equipamentos de grande porte porque a energia que os alimentam é de grande quantidade, sofrendo perdas durante o caminho. Assim como a queda de tensão e o desequilíbrio de fases, o baixo fator de potência acarreta os mesmos malefícios à instalação e também ao equipamento, como redução da capacidade e aumento das perdas.

Para calcularmos o fator de potência<sup>1</sup> da câmara frigorífica, utilizamos os seguintes dados:

- Potência Aparente – 4000 VA
- Potência Ativa – 2019,25 W

$$FP = \frac{\text{Potencia Ativa}}{\text{Potencia Aparente}} \quad (2)$$

$$FP = \frac{2019,25}{4000}$$

$$FP = 0,504$$

Os cálculos nos mostram um fator de potência igual a 0,504, considerado baixo em relação a equipamentos de refrigeração. O fator de potência neste estudo é utilizado apenas para calcular a corrente de projeto do equipamento. Para elevar o fator de potência do equipamento, é necessário um estudo técnico detalhado para

---

<sup>1</sup> Para calcular a potência aparente do equipamento, somamos a potência do motor ventilador e da unidade condensadora (Tabelas 02 e 03), e para calcular a potência ativa, foi feita a média da corrente medida na saída do quadro geral do equipamento (Tabela 04) e multiplicado pela tensão medida na saída do quadro geral do equipamento (Tabela 05).

aplicação de sistemas como banco de capacitores, reatores, motores síncronos em paralelos, etc.

#### 4.4.4 Dimensionamento inadequado de condutores e disjuntores

O dimensionamento inadequado de condutores pode acarretar uma série de problemas para a instalação, por exemplo, se estiverem dimensionados com secção menor do que estipulada pela norma,

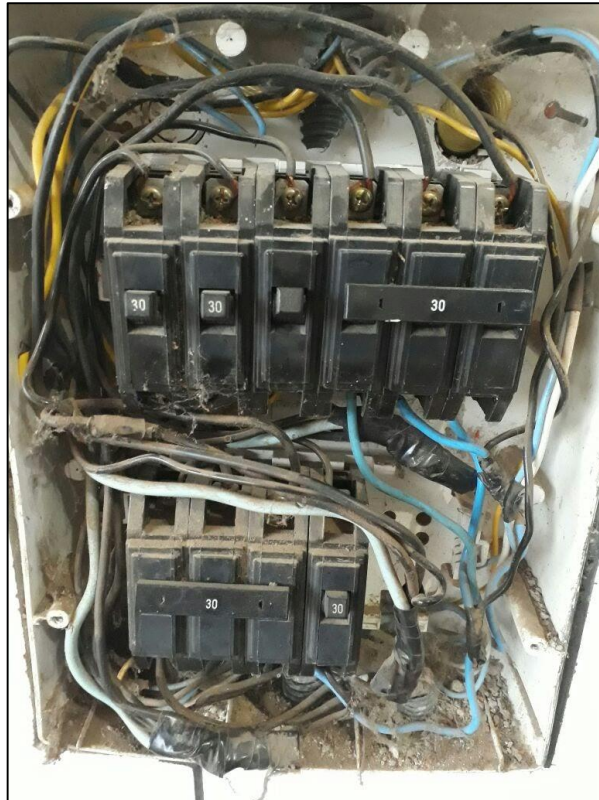
#### 4.4.5 Corrente de fuga

A corrente de fuga é um dos problemas comuns em instalações elétricas velhas e feitas sem supervisão de profissional adequado. Nada mais é do que o fluxo de corrente indesejado em locais com baixa impedância. As conexões de condutores sem isolamento adequado, a disposição dos condutores em locais com grande influência externa e a qualidade desses condutores são uns dos grandes causadores das fugas de correntes. Os maiores efeitos da fuga de corrente são os choques elétricos e também as perdes de energia.

A instalação em questão, apresenta vários pontos de fuga de corrente. Desde o disjuntor principal até o quadro de comando da câmara frigorífica, a instalação apresenta vários pontos de emendas malfeitas e sem isolamento. A Figura 10 mostra as conexões feitas no quadro de distribuição do supermercado. Podemos ver nitidamente a falta de organização e as conexões feitas de forma que facilite a fuga de corrente. Na Figura 11 podemos ver parte dos eletrodutos embutidos na alvenaria, onde os condutores podem sofrer alterações pelos componentes da construção. Já na Figura 12, os condutores saem de dentro do eletroduto para alimentar outro equipamento, fator agravante para fuga de corrente.

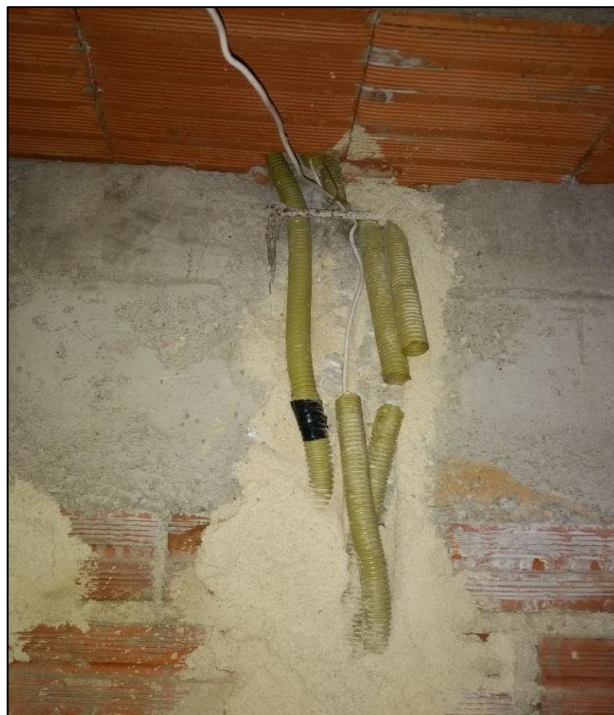
Todas essas imagens mostram erros muito comuns em instalações elétricas que não são projetadas de acordo as normas técnicas, neste caso a NBR 5410.

Figura 10- Instalação do quadro geral de distribuição



Fonte: Acervo da pesquisa

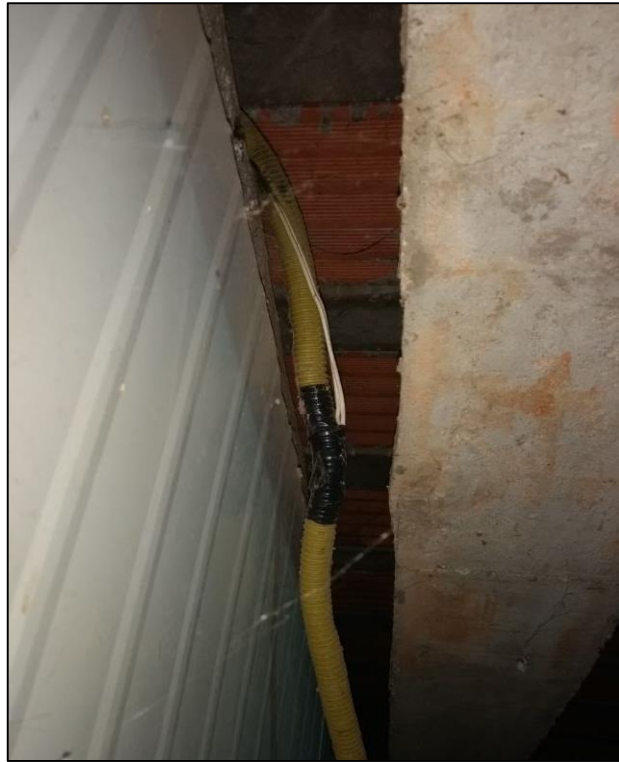
Figura 11 - Instalação de eletrodutos



Fonte: Acervo da pesquisa



Figura 12 - Conexão dos condutores



Fonte: Acervo da pesquisa

#### 4.4.5 Perdas por efeito Joule

O efeito Joule é o aquecimento dos condutores ao ser percorrido por uma certa corrente elétrica. Esse efeito se dá pelo choque da corrente elétrica com as partículas do cabo. É um efeito bastante comum nas instalações, mas podem ser agravados pelo mal dimensionamento dos componentes. Quanto maior for a corrente que percorre o condutor, maior será a decorrência do efeito. Este condutor, se não estiver dimensionado de acordo as características da instalação, pode ser sobrecarregado e gerar aquecimento maior que sua resistência, causando uma série de fatores prejudiciais como curto-circuito e incêndio.

Para amenizar o efeito, os condutores devem ser bem dimensionados, de acordo o local, o método de instalação e a potência demandada pelo sistema.

#### 4.4.6 Curto-circuito

Diariamente vemos em telejornais, websites ou mesmo em nossas cidades grandes incêndios em residências ou pontos comerciais e industriais provocados até

então por motivos desconhecidos. Um dos motivos mais comuns é o curto-circuito nas instalações elétricas. O curto-circuito é gerado quando uma corrente elétrica percorre um caminho mais curto do que o planejado por motivos externos, gerando assim um pico de energia e como consequência o aumento da temperatura.

As instalações sem dimensionamento adequado estão mais sujeitas a curtos-circuitos por terem maior número de conexões sem proteção e de influências externas, pontos de alimentação defeituosos, benjamins, entre outros.

A instalação de Dispositivos de Proteção contra Surtos de Energia (DPS) é um método utilizado para evitar este problema, também assegurando a instalação de situações como descargas atmosféricas, manobras na rede e acionamento das máquinas.

#### **4.5 Desenvolvimento dos estudos técnicos e econômicos das alternativas de redução das perdas**

**O Desenvolvimento dos estudos técnicos e econômicos das alternativas de redução das perdas será baseado na norma ABNT NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão e suas referências**

A NBR 5410 inicialmente estabelece os princípios fundamentais e determinação das características gerais para uma instalação elétrica, que consiste em princípios fundamentais de proteção, desligamento, seccionamento, independência, acessibilidade, seleção e instalação dos componentes, verificação e qualificação profissional.

Em seguida, a determinação das características gerais em relação à instalação elétrica do equipamento (câmara frigorífica):

- a) Utilização prevista e demanda

A determinação da potência de alimentação é essencial para a concepção econômica e segura de uma instalação, dentro de limites adequados de elevação de temperatura e de queda de tensão. A potência nominal do sistema é determinada pela Tabela 6 – Potência dos equipamentos.

Tabela 6 - Potência dos equipamentos

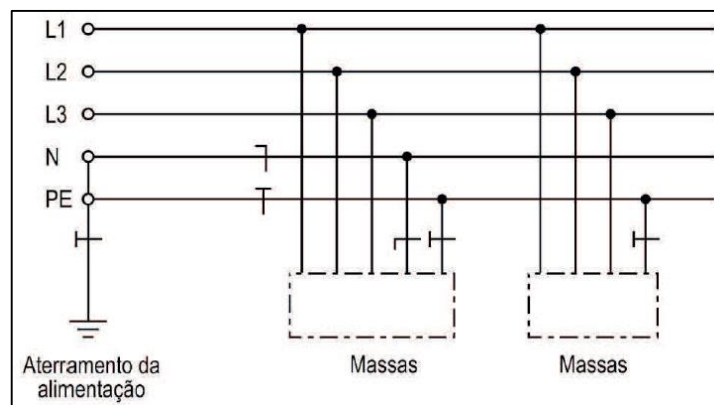
Equipamentos	Potência (W)
Equipamentos Unidade Condensadora UCB 5300	3220
Evaporador Frigorífico de Ar Forçado TRSD-411PEN	780
TOTAL	4000 W

Fonte: Acervo da pesquisa

b) Esquema de distribuição

O esquema de distribuição de condutores vivos é classificado como **corrente alternada – trifásico a quatro condutores (três condutores fase e um condutor neutro)** e o esquema de aterramento aplicado ao projeto é o **Esquema tipo TN-S**, no quando o condutor neutro e o condutor de proteção são distintos, conforme Figura 13.

Figura 13 - Esquema de aterramento tipo TN-S



Fonte: NBR 5410 (2008)

c) Alimentações disponíveis

De acordo com a norma, devem ser determinadas as seguintes características das fontes de suprimento de energia com as quais a instalação for provida. As características das fontes de suprimentos seguem conforme a Tabela 7 - Características das fontes de suprimento.

Tabela 7 - Características das fontes de suprimento

Natureza da corrente e frequência	Valor da tensão nominal	Valor da corrente de curto-circuito presumida no ponto de suprimento	Possibilidade de atendimento dos requisitos da instalação
Fornecido pela concessionária de distribuição CEMIG	127/220 V	4,92 kA	SIM

Fonte: Acervo da pesquisa

d) Necessidade de serviços de segurança e de fontes apropriadas

Quando forem necessários os serviços de segurança, as fontes de alimentação devem possuir capacidade, confiabilidade e disponibilidade para o funcionamento.

e) Exigências quanto à divisão da instalação

A divisão do circuito será feita de acordo com a capacidade do equipamento, ou seja, o equipamento terá um circuito próprio na instalação, sem risco de ser alimentado por outra fonte. A carga será distribuída entre as três fases, de modo que ocorra o balanceamento das mesmas.

f) Influências externas às quais a instalação for submetida

Abaixo estão relacionadas as tabelas de influências externas de acordo as características do local:

Tabela 8 - Tabelas de influências externas

Temperatura ambiente							
Código	Classificação	Faixas de temperatura		Aplicações e exemplos			
		Limite inferior °C	Limite Superior °C				
AA4	Temperado	-5	+40				
Condições climáticas do ambiente							
Características							
Código	Limite inferior	Limite Superior	Limite inferior	Limite Superior	Limite inferior	Limite Superior	Aplicações e exemplos
AB5	+5	+40	5	85	1	25	Locais abrigados com temperatura ambiente controlada
Altitude							
Código	Classificação	Características		Aplicações e exemplos			
AC2	Baixa	≤ 2 000 m		Para alguns componentes, podem ser necessárias medidas especiais a partir de 1 00 m de altitude			
Presença de água							
Código	Classificação	Características		Aplicações e exemplos			
AD1	Desprezível	A probabilidade de presença de água é remota		Locais em que as paredes geralmente não apresentam umidade, mas podem apresentá-la durante curtos períodos, e secam rapidamente com uma boa aeração			
Presença de corpos sólidos							
Código	Classificação	Características		Aplicações e exemplos			
AE4	Poeira leve	Presença de leve deposição de poeira		Deposição de poeira maior que 10 m/g <sup>2</sup> e no máximo igual a 35 mg/m <sup>2</sup> por dia			
Presença de substâncias corrosivas ou poluentes							
Código	Classificação	Características			Aplicações e exemplos		
AF1	Desprezível	A quantidade ou natureza dos agentes corrosivos ou poluentes não é significativa			-		
Solicitações mecânicas							
Código	Classificação	Características		Aplicações e exemplos			

Impactos (AG)				
AG1	Fracos	Impactos iguais ou inferiores a 0,225 J	Locais domésticos, escritórios (Condições de uso doméstico e análogas)	
AH1	Fracos	Nenhuma vibração (ões) eventual (ais) sem influência Significativa	Condições domésticas e análogas, onde os efeitos das vibrações podem ser geralmente desprezados	
Presença de flora e mofo				
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos	
AK1	Desprezível	Sem risco de danos devido à flora ou mofo	-	
Presença de fauna				
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos	
AL1	Desprezível	Sem risco de danos devido à fauna	-	
Fenômenos eletromagnéticos de alta freqüência conduzidos, induzidos ou radiados contínuos ou transitórios)				
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos	Referências
Harmônicas e inter-harmônicas (AM1)				
AM1-2	Nível normal	Redes de baixa tensão	Habitações locais comerciais Indústria leve	Dentro do estipulado na tabela 1 da IEC 61000-2-2:002
AM2-2	Nível médio	Presença de tensões de sinalização na rede	Instalações residências, comerciais e indústrias	IEC 61000-2-1 e IEC 61100-2-2
AM3-2	Nível normal	Flutuações de tensão Afundamentos de tensão e interrupções	Habitações locais comerciais Indústrias	-
Desequilíbrio de tensão (AM4)				
AM4	Nível normal	-	-	De acordo com a IEC

				61000-2-2
Variações de frequência (AM5)				
AM5	Nível normal	Pequenas variações de frequência	Caso Geral	+ -Hz de acordo com a IEC 61000-2-2
Tensões induzidas de baixa frequência (AM6)				
AM6	Sem classificação	Geradas permanentemente ou ocorrência de faltas	Caso Geral	ITU - T
Componentes contínuas em redes CA (AM7)				
AM7	Sem classificação	Ocorrência de falta a jusante de retificadores	Caso Geral	–
Campos magnéticos radiados (AM8)				
AM8-1	Nível médio	Produzidas por linhas de energia, transformadores e outros equipamentos de frequência industrial e suas harmônicas	Habitações Locais Comercias Indústrias leves	Nível 2 da IEC 61000-4-8:2001
Campos elétricos (AM9)				
AM9-2	Nível médio	De acordo com o valor da tensão e da localização, interna ou externa à edificação	Proximidad e de linhas aéreas de AT ou subestações de AT	IEC 61000-2-5
Fenômenos eletromagnéticos de alta frequência conduzidos, induzidos ou radiados contínuos ou transitórios)				
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos	Referências
Transitórios unidirecionais conduzidos, na faixa do nanossegundo ( AM22)				
AM22-2	Nível médio	Ambiente protegido	–	Nível 2 da IEC 61000-4-1:2004
AM22-3	Nível alto	Chaveamento de pequenas cargas indutivas, ricochete de contatos de relés  Faltas	Rede de baixa tensão	Nível 3 da IEC 61000-4-4:2004
Descargas atmosféricas				
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos	

AQ2	Indiretas	> 25 dias por ano Riscos provenientes da rede de alimentação	Instalações alimentadas por redes aéreas
Movimentação do ar			
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AR1	Desprezível	Velocidade $\leq$ 1 m/s	—
Competência das pessoas			
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BA4	Advertidas	Pessoas suficientemente informadas ou supervisionadas por pessoas qualificadas, de tal forma que lhes permite evitar os perigos da eletricidade (pessoal de manutenção e/ou operação)	Locais de serviço elétrico
Resistência elétrica do corpo humano			
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
	Normal	Condições úmidas	Passagem da corrente elétrica de uma mão à outra ou de uma mão a um pé, com a pele úmida de suor, sendo a superfície de contato significativa
Condições de fuga das pessoas em emergências			
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BD3	Tumultuada	Alta densidade de ocupação Percurso de fuga breve	Locais de afluência de público (teatros, cinemas, lojas de departamentos, escolas, etc.); edificações não residenciais com alta densidade de ocupação e altura inferior a 28 m
Natureza dos materiais processados ou armazenados			
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
BE2	Riscos de incêndio	Presença de substâncias combustíveis, como fibras e líquidos com alto ponto de fulgor	Locais de processamento ou armazenagem de papel, feno, palha, aparas ou gravetos de madeira, fibras de algodão ou lã, hidrocarbonetos, plásticos granulados
Materiais de construção			



Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
CA1	Não-combustíveis	—	—
Estrutura das edificações			
Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
CB1	Riscos desprezíveis	—	—

Fonte: NBR 5410 (2008)

De acordo a Tabela 8, a instalação não sofre com alterações de nenhuma influência externa, o que não implicará em dimensionamentos específicos para os componentes.

g) Riscos de incompatibilidade e de interferências

Serão tomadas todas as medidas apropriadas para garantir o bom funcionamento da fonte de alimentação em relação a corrente de fuga, sobretensões transitórias ou variações de potência.

h) Requisitos de manutenção

A manutenção e inspeção da instalação será feita anualmente e por profissional qualificado a partir da data de instalação do equipamento.

#### 4.5.1 Seleção e instalação dos componentes

A seleção dos componentes deve atender as normas especificadas em relação a valores de tensão e corrente de projeto, com valores de frequência e potência adequados em relação ao equipamento.

Normalmente, o equipamento não descreve a corrente total do equipamento (como no caso da câmara frigorífica, ela caracteriza a corrente de cada equipamento que compõe o sistema, não a corrente total). Então, ao fazer a soma das potências do sistema do equipamento, podemos aplicar o cálculo da potência elétrica, em relação ao valor da tensão:

$$P = I_L * V_l * \sqrt{3} * FP \quad (3)$$

Onde

$P$  – Potência aparente

$I_L$  – Corrente de linha (A)

$V_l$  – Tensão de linha (V)

Manipulando a fórmula para calcular a corrente de projeto:

$$I = \frac{P}{V_l * \sqrt{3} * FP}$$

$$I = \frac{4000}{220 * \sqrt{3} * 0,504}$$

$$I = 20,85$$

Sendo assim, a Tabela 9 especifica os valores totais das grandezas:

Tabela 9 - Características do circuito

Circuito	Descrição	Tensão (V)	Potência (W)	Corrente (A)
1	Câmara Frigorífica	220	4000	20,85



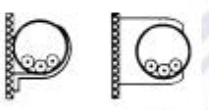
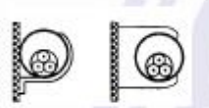
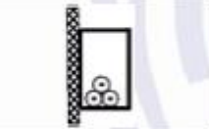

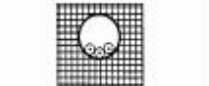
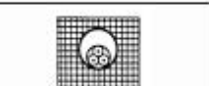
Fonte: Acervo da pesquisa

A norma também estabelece que os componentes da instalação devem ser especificados com acordo as influências externas relativas aos componentes da instalação, afim de garantir a confiabilidade das medidas de proteção.

#### 4.5.1.1 Condutores

Para dimensionar um condutor, a instalação deverá sofrer uma análise detalhada das condições e da carga que irá ser alimentada. O dimensionamento do condutor varia de acordo o método de instalação das linhas elétricas, de acordo a Tabela 10 – Tipos de linhas elétricas, da NBR 5410.

Tabela 10 - Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2

FONTE: NBR 5410 (2008)

Esta tabela é usada como método de referência para a determinação da capacidade de condução de corrente de acordo a Tabela 12 – Capacidade de condução de corrente, em amperes, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D. A norma também estabelece que a corrente que cada condutor transporta durante um longo período de funcionamento do equipamento deve ser tal que a temperatura não ultrapasse o valor estipulado na Tabela 11 – Temperatura característica dos condutores:

Tabela 11 - Temperatura característica dos condutores

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm <sup>2</sup>	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm <sup>2</sup>	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

FONTE: NBR 5410 (2008)

Tabela 12 - Capacidade de condução de corrente

Condutores: cobre e alumínio  
Isolação: PVC  
Temperatura no condutor: 70°C  
Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86

FONTE: NBR 5410 (2008)

Portanto, de acordo as características da instalação, as características da carga (tensão, corrente e potência) e as tabelas da norma, o dimensionamento do condutor segue as seguintes características:

- Tipo de condutor – Cabo de cobre com isolação de PVC;
- Método de instalação nº 7
- Descrição - Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria

- Método de Referência B1
- Tipo de isolamento Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm<sup>2</sup>
- Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) 70 °C
- Temperatura limite de sobrecarga (condutor) 100 °C
- Temperatura limite de curto-circuito (condutor) 160 °C
- Seção nominal para corrente total de 20,85 A – 2,5 mm<sup>2</sup> (capacidade de condução de até 21 A)

Depois de dimensionado o condutor, a norma estabelece uma relação de número de condutores carregados entre fases e neutro em relação ao tipo de circuito. Nesta aplicação, consideramos o condutor neutro como um condutor não carregado, ou seja, circuito com 3 condutores vivos.

Na Tabela 13 – Seção mínima dos condutores, a norma estabelece uma seção mínima de 2,5 mm<sup>2</sup> para condutores de cobre em circuitos de força, especificação aplicada ao equipamento.

Tabela 13 - Seção mínima dos condutores

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm <sup>2</sup> - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força <sup>2)</sup>	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu <sup>3)</sup>
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
Circuitos de sinalização e circuitos de controle		4 Cu	
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu <sup>4)</sup>
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu

<sup>1)</sup> Seções mínimas ditadas por razões mecânicas

<sup>2)</sup> Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.

<sup>3)</sup> Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm<sup>2</sup>.

<sup>4)</sup> Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm<sup>2</sup>.

O condutor neutro deve adotar a mesma especificação do condutor fase quando sua seção for menor ou igual a 25 mm<sup>2</sup> de acordo com a Tabela 14 – Seção reduzida do condutor neutro.

Tabela 14 - Seção reduzida do condutor neutro

Seção dos condutores de fase mm <sup>2</sup>	Seção reduzida do condutor neutro mm <sup>2</sup>
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

<sup>1)</sup> As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6.

FONTE: NBR 5410 (2008)

O condutor de proteção deve adotar a mesma especificação do condutor fase quando sua seção for menor ou igual a 16 mm<sup>2</sup> de acordo com a Tabela 15 – Seção mínima do condutor de proteção.

Tabela 15 - Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm <sup>2</sup>	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm <sup>2</sup>
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

FONTE: NBR 5410 (2008)

#### 4.5.1.2 Eletrodutos

Para eletrodutos, a NBR 5410 especifica que devem ser não-propagantes de chamas e no caso do circuito de três ou mais condutores a taxa de ocupação não ultrapasse 40% da ocupação total da secção transversal do eletroduto.

#### 4.5.2 Dispositivos de proteção, seccionamento e comando

##### 4.5.2.1 Disjuntor

O disjuntor é o dispositivo que faz a proteção dos circuitos dos equipamentos e é de mútua importância que os disjuntores estejam dimensionados corretamente de modo a proteger efetivamente tanto os circuitos como os equipamentos do setor.

De acordo a Tabela 9, o equipamento demanda uma corrente nominal de 20,85 A. A NBR 5410 no item 9.5.3.1 estabelece que todo ponto de utilização previsto para alimentar um equipamento que demanda corrente nominal superior a 10 A, deverá constituir em circuito independente.

Portanto, de acordo a disponibilidade de disjuntores no mercado, o circuito será seccionado por um disjuntor trifásico com valor nominal de 25 A.

Tabela 16 - Especificação do disjuntor

Monofásico (A)	Bifásico (A)	Trifásico (A)
10	10	10
15	15	15
20	20	20
25	25	<b>25</b>
30	30	30
35	35	35
40	40	40
50	50	50
60	60	60
70	70	70

FONTE: Catálogo Siemens de Disjuntores

##### 4.5.2.2 DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos de Tensão)

O DPS é um dispositivo que protege a instalação com surtos de tensão providos de descargas atmosféricas. Diferentemente do sistema de SPDA, o DPS atua no interior da instalação, protegendo os equipamentos e a instalação interna do ponto comercial, escoando a descarga para o sistema de aterramento.

Não existe efetividade do DPS se a instalação não conter o sistema de aterramento. No caso em questão, A NBR 5410 estabelece que em esquema de aterramento TN-S, os DPS devem ser ligados entre cada fase e PE e entre neutro e PE.

O nível de proteção indica a capacidade do DPS em limitar sobretensões, ou seja, é a tensão que o DPS deixa passar à instalação. Deve ser compatível com os valores de suportabilidade a impulsos dos componentes da instalação. A NBR 5410 exige ainda que o nível de proteção com o DPS deve ser compatível com a categoria II da Tabela 17 – Suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação. No sistema da câmara frigorífica, o valor correspondente da tabela é 2,5 kV.

Tabela 17 - Suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação

Tensão nominal da instalação V		Tensão de impulso suportável requerida kV			
		Categoria de produto			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	Produto a ser utilizado na entrada da instalação	Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais	Equipamentos de utilização	Produto especial mente protegido
		Categoria de suportabilidade a impulsos			
		IV	III	II	I
120/208 127/220	115–230 120–240 127–254	4	2,5	1,5	0,8
220/380, 230/400, 277/480	–	6	4	2,5	1,5
400/690	–	8	6	4	2,5

NOTAS

1 O anexo E traz orientação sobre esta tabela.

2 Valores válidos especificamente para seccionadores e interruptores-seccionadores são dados na tabela 50.

3 Para componentes associados a linhas de sinal utilizados na entrada da instalação (categoria IV de suportabilidade) tensão de impulso suportável mínima é de 1 500 V (ver IEC 61663-2).

FONTE: NBR 5410 (2008)

A tensão máxima de operação contínua do DPS é a relação da conexão do DPS e os condutores. Indica a tensão mínima que deve ser aplicada aos terminais do DPS sem comprometer o funcionamento. A instalação é caracterizada como fase-neutro com valor de 220 V. A Tabela 18 — Valor mínimo de  $U_c$  exigível do DPS, em função do esquema de aterramento, mostra os valores exigidos para cada instalação.



Tabela 18 - Valor mínimo de  $U_c$  exigível do DPS, em função do esquema de aterramento

DPS conectado entre				Esquema de aterramento				
Fase	Neutro	PE	PEN	TT	TN-C	TN-S	IT com neutro distribuído	IT sem neutro distribuído
X	X			$1,1 U_o$		$1,1 U_o$	$1,1 U_o$	
X		X		$1,1 U_o$		$1,1 U_o$	$\sqrt{3} U_o$	U
X			X		$1,1 U_o$			
	X	X		$U_o$		$U_o$	$U_o$	

NOTAS

- 1 Ausência de indicação significa que a conexão considerada não se aplica ao esquema de aterramento.
- 2  $U_o$  é a tensão fase-neutro.
- 3 U é a tensão entre fases.
- 4 Os valores adequados de  $U_c$  podem ser significativamente superiores aos valores mínimos da tabela.

FONTE: NBR 5410 (2008)

Fase – PE (Esquema de aterramento TN-S) –  $1,1 \times 220 = 242 \text{ V}$

Fase – Neutro (Esquema de aterramento TN-S) =  $220 \text{ V}$

O DPS será instalado no quadro de distribuição da empresa, A NBR 5410 também estabelece que seleção do DPS, se destinado à proteção contra sobretensões de origem atmosférica transmitida pela linha externa de alimentação, a corrente nominal de descarga não deve ser inferior a 20kA em redes trifásicas.

O dispositivo é classificado com classes, I quando a instalação é feita no ponto de alimentação, II quando é feita no quadro de distribuição e III para proteção complementar.

Em relação ao DPS, quanto maior a corrente nominal de descarga, maior é o preço de comercialização deste produto, portanto, o dimensionamento do DPS implica nas seguintes características:

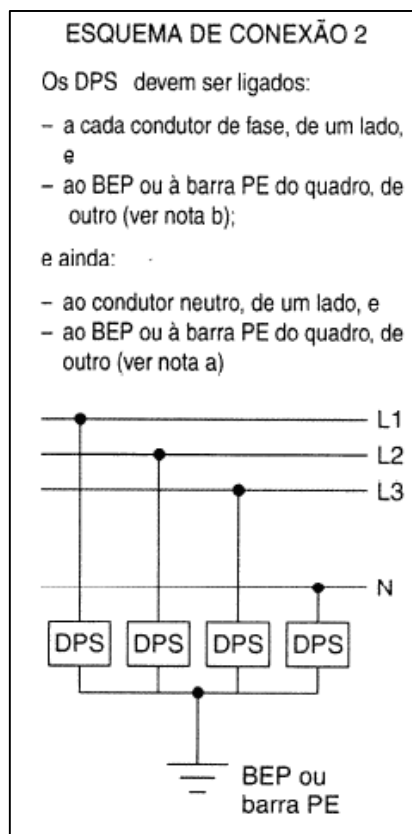
- DPS Classe II
- 4 Polos – 3F + N
- Tensão Nominal 240 V AC
- Máxima tensão de operação contínua 350 V AC

- Nível de proteção 1,5 kV
- Corrente nominal de descarga (8 / 20  $\mu$ s) 20 kA por fase.

#### 4.5.2.1.1 Esquema de ligação

O DPS será instalação junto ao quadro de distribuição principal e de acordo o esquema de aterramento TN-S onde o condutor neutro não será aterrado no barramento de equipotencialização, utilizamos o esquema de conexão 2 da Figura 14 - Esquemas de conexão dos DPS no ponto de entrada da linha de energia ou no quadro de distribuição principal da edificação, da NBR 5410.

Figura 14 - Esquema de conexão do DPS



FONTE: NBR 5410 (2008)

#### 4.5.2.1 *IDR (Interruptor Diferencial Residual)*

O Interruptor Diferencial Residual (DR ou IDR) é um equipamento que protege a instalação contra fugas de corrente. Diferentemente do DDR, o IDR não dispensa o disjuntor separado.

Basicamente, para o dimensionamento do IDR, deve ser considerado três fatores: a corrente nominal de funcionamento do IDR, a classe e a corrente de fuga suportada. A corrente nominal se caracteriza conforme a proteção do circuito, ou seja, é a mesma corrente do disjuntor. Já a classe do equipamento é em relação ao tipo de corrente que será detectada: corrente alternada, contínua, contínua pulsada, contínua pulsada super imunizado. O valor da corrente de fuga é especificado por locais de difícil acesso (10mA), proteção contra choques elétricos por contato direto e indireto (30mA ou  $\geq 30$ mA) e proteção para risco de incêndio (300mA a 1000mA).

A Nota 4 do Item 5.1.3.2.2 da NBR 5410 estabelece uma recomendação de utilização do DR com características de alta imunidade a perturbações transitórias (super imunizado) em congeladores (câmaras frigoríficas). Diante disto, o dimensionamento do dispositivo tem as seguintes características:

- IDR classe corrente alternada ou contínua pulsada super imunizado
- Corrente nominal de 25 A
- Corrente de Fuga suportada de 30mA
- 4 Polos – 3F + N

#### 4.5.3 Queda de tensão no sistema

Para queda de tensão em circuitos trifásicos é admissível que a tensão varie cerca de 5% do seu valor nominal, ou seja, como a tensão nominal do sistema é 220 V, a variação deve estar entre 209 e 231 V. Para o cálculo, é necessário conhecer os seguintes valores:

- Tensão – 220 V
- Corrente – 18,18 A
- Distância do condutor (entre fonte e carga) – Aproximadamente 35 metros
- Seção do condutor – 2,5 mm<sup>2</sup>
- Resistência do condutor – a resistência do condutor é calculada pela fórmula

$$R = \frac{\rho * (L * \sqrt{3})}{S} \quad (4)$$

Onde

R – Resistência ( $\Omega$ )

$\rho$  - Resistividade (0,017 para o cobre)

L – Distância do condutor (m)

S – Seção do condutor ( $\text{mm}^2$ )

$$R = \frac{\rho * (L * \sqrt{3})}{S}$$

$$R = \frac{0,017 * (35 * \sqrt{3})}{2,5}$$

$$R = 0,41$$

Depois de calculada a resistência do condutor, é calculada a tensão de queda de acordo a seguinte fórmula:

$$V_{queda} = R_{condutor} * I_{carga} \quad (5)$$

Onde

$V_{queda}$  – Queda de Tensão no condutor (V)

$R_{condutor}$  – Resistência do condutor ( $\Omega$ )

$I_{carga}$  – Corrente solicitada pela carga (A)

$$V_{queda} = R_{condutor} * I_{carga}$$

$$V_{queda} = 0,41 * 18,18$$

$$V_{queda} = 7,49$$

Para calcular o valor da tensão na carga basta somente subtrair o valor da tensão nominal pelo valor da queda de tensão:

$$V_{carga} = V_{total} - V_{queda} \quad (6)$$

Onde

$V_{carga}$  – Tensão resultante na carga (V)

$V_{total}$  – Tensão da rede (V)

$$V_{carga} = V_{total} - V_{queda}$$

$$V_{carga} = 220 - 7,49$$

$$V_{carga} = 212,51$$

Portanto o valor da resultante na carga é de 212,51 V. O valor percentual da queda de tensão foi de aproximadamente 3,40%, valor aceitável pela NBR 5410 para queda de tensão em circuitos trifásicos.

#### 4.5.4 Corrente de curto-circuito

Além da corrente elétrica, um fator característico para o dimensionamento de disjuntores é o nível máximo de corrente de curto-circuito suportável e para isso é necessário conhecer a corrente de curto-circuito em um ponto da instalação, condição para escolha do dispositivo.

A corrente nominal é determinada pela carga. Porém, a corrente de curto-circuito geral não depende da carga, mas sim das características do sistema elétrico de distribuição. O que limita o curto são as impedâncias dos geradores, condutores e transformadores na rede de distribuição. Para cálculos aproximados da corrente de curto-circuito podemos considerar as seguintes características: a potência de curto-circuito do sistema é infinita, assim, a corrente de curto-circuito do sistema será limitada somente pela impedância do transformador. Então, para calcular a corrente de curto-circuito da saída do transformador, utilizamos a seguinte fórmula:

$$I_{cc} = \frac{I_n}{Z_{\%T}} \quad (7)$$

Onde

$I_{cc}$  - Corrente de curto-circuito

$I_n$  – Corrente nominal do transformador

$Z_{\%T}$  – Impedância percentual do transformador

Para o cálculo da corrente nominal do transformador utilizamos a seguinte equação:

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V_{ff}} \quad (8)$$

Onde

S – Potência nominal do transformador

$V_{ff}$  – Tensão entre fase e fase (220V)

A ABNT NBR 5356 estabelece valores típicos para impedância percentual<sup>2</sup> de transformadores:

- 4% até 630 kVA
- 5% entre 630 kVA até 1000kVA

De acordo a concessionária de energia, o transformador que atende à instalação estudada é um Trafo Trifásico de 75 kVA (número 163193-3-75).

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} * V_{ff}}$$

$$I_n = \frac{75kVa}{\sqrt{3} * 220}$$

$$I_n = 196,82 A$$

$$I_{cc} = \frac{I_n}{Z_{\%T}}$$

$$I_{cc} = \frac{196,82}{0,04}$$

$$I_{cc} = 4920,60 A$$

O disjuntor dimensionado para a instalação deve suportar uma corrente de curto-circuito aproximada de 4,92kA.

---

<sup>2</sup> Para calcular o valor da corrente de curto-circuito, o valor da impedância deve ser absoluto. Portanto o valor percentual da impedância é dividido por 100.

## 4.6 Elaboração das recomendações e conclusões

### 4.6.1 Recomendações da instalação elétrica

- Contratar profissional qualificado (engenheiro ou eletricista) para realizar estudo sobre toda a instalação pontuando todas as perdas de energia.
- Adequar a instalação às normas regulamentadoras, como a NBR 5410.
- Troca de equipamentos pouco eficientes por equipamentos com selo PROCEL de eficiência energética.
- Trocar componentes da instalação como condutores e disjuntores por materiais novos e com maior capacidade de condução de energia sem ocorrência de perda.
- Verificar emendas e conexões dos condutores, evitando fuga de corrente.
- Usar conectores para os condutores e para a alimentação do circuito.
- Elaborar quadro de distribuição geral de acordo com as normas técnicas específicas, identificando as fases e os circuitos de acordo as características.
- Utilizar condutores de diferentes cores como preto, branco e vermelho para fases, verde para condutor de proteção e azul para condutor neutro.
- Fazer balanceamento de fases no barramento do quadro de distribuição geral.

### 4.6.2 Recomendações da câmara frigorífica

- Evitar o armazenamento de produtos quentes.
- Produtos que requeiram a mesma temperatura e o mesmo percentual de umidade devem ser armazenados juntos.
- Manter a porta do equipamento sempre fechada;
- Verificar as borrachas de vedação da câmara. Fazer manutenção se não estiverem em bom estado.
- Utilizar lâmpadas de compactas de alta eficiência e automatizar a iluminação para que sempre que a porta estiver aberta, desativar a iluminação artificial.
- Manter os termostatos sempre limpos.

#### 4.6.3 Conclusões

As edificações comerciais contam sempre com instalações de alta demanda e equipamentos de grande consumo. Normalmente essas edificações foram construídas a mais de 10 anos, apresentando casos como o estudado. Diante disto, podemos perceber que ao dimensionar uma instalação, os proprietários estiveram atentos apenas no valor econômico dos equipamentos e negligenciaram as normas técnicas de aplicação dos mesmos. Como podemos perceber no decorrer do estudo, o dimensionamento correto dos equipamentos é o fator agravante para a economia e o fluxo eficiente da energia.

Em comparação com o dimensionamento correto, a instalação atual não é eficiente e também não é segura. Vale ressaltar que o fluxo contínuo da energia nas instalações evita perdas durante o processo de alimentação. A Tabela 19 compara a instalação atual com a dimensionada conforme norma. Podemos perceber que nenhum componente da instalação está dimensionado adequadamente.

Tabela 19 - Comparação da instalação

INSTALAÇÃO	ATUAL	DIMENSIONADA
CONDUTOR	4,0mm <sup>2</sup>	2,5mm <sup>2</sup> com isolamento PVC, 70° C
DISJUNTOR	03 disjuntores de 30 A monofásicos	01 disjuntor de 25 A trifásico
DR	NÃO	IDR classe corrente alternada ou contínua pulsada super imunizado; Corrente nominal de 25 A; Corrente de Fuga suportada de 30mA
DPS	NÃO	DPS Classe II 4 Polos – 3F + N Tensão Nominal 240 V AC Máxima tensão de operação contínua 350 V AC



		Nível de proteção 1,5 kV Corrente nominal de descarga (8 / 20 $\mu$ s) 20 kA por fase
QUEDA DE TENSÃO	6,82%	3,40%
ATERRAMENTO	NÃO	Aterramento tipo TN-S
EQUILIBRIO DE FASE	NÃO	As cargas serão distribuídas uniformemente para cada fase afim de que estejam balanceadas.

Fonte: Acervo da pesquisa

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto propôs analisar as instalações elétrica comerciais de uma câmara frigorífica visando avaliar a eficiência energética dos componentes da instalação objetivando o dimensionamento e a identificação dos pontos de perdas de energia. Pode-se observar que na decorrência do estudo, todos os pontos dimensionados sofrem alteração do projeto inicial, ou seja, os materiais dimensionados de acordo com a norma diferem dos componentes que estão instalados, uns superdimensionados e outros que sequer foram anexados na instalação.

O fluxo contínuo da energia elétrica com minimização de perdas nos circuitos de equipamentos de grande porte e de alto consumo em instalações relativamente médias é o fator que efficientiza e economiza a energia consumida. Para que isso ocorra, é necessário que a instalação esteja dimensionada de acordo as normas técnicas especificadas para cada instalação (neste caso, a NBR 5410). Cálculos como queda de tensão, dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção são imprescindíveis para que uma instalação seja eficiente, ou seja, que não sofra grandes perdas durante o caminho.

Importante principalmente pela área de estudo, haja vista que o mundo ainda desperdiça um valor muito grande de energia pelas instalações não serem eficientes, o projeto mostra a diversidade da disciplina, não focalizada apenas na viabilidade financeira de equipamentos e sistemas, mas também no transtorno que a negligencia das normas acarreta ao consumidor. O estudo ressalta a importância do que já é importante para os profissionais da área.

Portanto, conclui-se que pelas características das instalações atuais, o fluxo de energia não é eficiente e tampouco seguro, conduzindo a um baixo fator de potência ao equipamento e conseqüentemente um baixo valor econômico, gerando gastos excessivos ao consumidor. A instalação em questão sofre por uma alta quantidade de perdas de energia por não está dimensionada de acordo às normas técnicas.

A metodologia aplicada ao estudo também pode ser utilizada em outras instalações de equipamentos com grande índice de consumo como motores e transformadores. As sugestões para futura evolução do assunto é aplicar a metodologia a todos os equipamentos que compõe o ponto comercial, aplicando os conceitos de estudos técnicos avaliativos visando o estudo técnico econômico dos equipamentos e materiais.

## REFERÊNCIAS

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia Elétrica. *Potencial de Eficiência Energética no Brasil*. Abril de 2017.

Disponível em: < <https://www.ambienteenergia.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Potencial-de-Economia-Setor-2016-Divulga%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso: 03 de maio de 2017.

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica. *A distribuição de energia*. 2015. Disponível em: <<http://www.abradee.org.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>>. Acesso: 03 de maio de 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Programa de Eficiência Energética. Legislação Correlata*. 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset\\_publisher/94kK2bHDLPmo/content/legislacao-correlata](http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset_publisher/94kK2bHDLPmo/content/legislacao-correlata)>. Acesso: 03 de maio de 2017.

BATISTA, O. E.; FLAUZINO, R. A. *Medidas de Gestão Energética de baixo custo como estratégia para redução de custos com energia elétrica*. GEPROS. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v 7, n 4, out-dez/2012, p. 117-134. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewFile/921/467>>. Acesso em: 05 de maio de 2017.

BRAGA, L. C. *Estudo de Aspectos de Eficiência Energética de Edificações com uma Abordagem de Automação Predial*. Universidade Federal de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica. Belo Horizonte. 2007. Disponível em: <[www.ppgee.ufmg.br/defesas/260M.PDF](http://www.ppgee.ufmg.br/defesas/260M.PDF)>. Acesso: 06 de abril de 2017.

BRANCO, N. N. *Avaliação de Índices de Consumo de Energia para Supermercados*. Universidade de São Paulo - Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo. 2010. Disponível em: <[http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2010/Trabalhos\\_finais/TCC\\_021\\_2010.pdf](http://sites.poli.usp.br/d/pme2600/2010/Trabalhos_finais/TCC_021_2010.pdf)> Acesso em: 13 de maio de 2017.

CARVALHO, G. A; et. al. *Análise Energética em Supermercados. Conferência Internacional de Energias Inteligentes*. Curitiba. Paraná. Novembro de 2016. Disponível em: <<http://www.smartenergy.org.br/portal/wp-content/publicacoes-e-artigos/29%20An%C3%A1lise%20Energ%C3%A9tica%20em%20Supermercados.pdf>>. Acesso em: 13 de maio de 2017.

CASTRO, D. F. *Eficiência Energética Aplicada a Instalações Elétricas Residenciais*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. Março de 2015. Disponível

em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013941.pdf>>. Acesso em: 14 de maio de 2017.

CHAGAS, J. A. C. *Projeto e Construção de Câmaras Frigoríficas*. YORK Refrigeration - Contracting Division. Joinville – Santa Catarina. 2017. Disponível em: <[http://servidor.demec.ufpr.br/disciplinas/TM140/PROJETO\\_REFRIGERACAO/Material%20de%20estudo/Projetocamaras.pdf](http://servidor.demec.ufpr.br/disciplinas/TM140/PROJETO_REFRIGERACAO/Material%20de%20estudo/Projetocamaras.pdf)>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

*Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial*. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Efic%20En%20em%20Sist%20de%20Refrig%20Ind%20e%20Com-Eletronbras-05.pdf>>. Acesso: 31 de maio de 2017.

ELETROBRÁS. *Como a energia elétrica é transmitida no Brasil*. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/natrilhadaenergia/energia-eletrica/main.asp?Vie w=%7B05778C2-A140-415D-A91F-1757B393FF92%7D>>. Acesso: 03 de maio de 2017.

GARCIA, A. G. P. *Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria* - [Rio de Janeiro] 2003 XXII, 127 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Planejamento Energético, 2003). Disponível em: <[www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/agpgarcia.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/agpgarcia.pdf)>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

GARCIA, G. *Brasil enfrenta a pior crise energética da história*. Jornal O Globo. Disponível em: <<http://noblato.globo.globo.com/geral/noticia/2015/01/brasil-enfrenta-pior-crise-energetica-da-historia.html>>. Acesso: 03 de maio de 2017.

GOLDEMBERG, J. LUCON, O. *Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil*. Universidade de São Paulo. Estudos Avançados, v.23, n.65, p.121-130, 2009. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/ea/v23n65/a09v2365.pdf](http://www.scielo.br/pdf/ea/v23n65/a09v2365.pdf)>. Acesso: 01 de maio de 2017.

Guia de Gestão Energética. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Guia%20Tec%20Proc-Gest%20En-EI-Proc-EFFIC-FUPAI-05.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2017.

MAMEDE FILHO, João. *Instalações elétricas industriais* - 8.ed. - [Reimpr.] - Rio de Janeiro : LTC, 2013.

Manual de Iluminação. Rio de Janeiro. Agosto de 2011. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20LUMINACAO%20-%20PROCEL\\_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20LUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf)>. Acesso: 03 de maio de 2017.

MENKES, M. *Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade*, 295 p., 297 mm, (UnBCDS, Doutor, Desenvolvimento Sustentável, 2004). Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwisqPcwczUAhVH\\_4MKHQ35CPMQFggrMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.iar.unicamp.br%2Ftab%2Fluz%2FId%2FArquitetural%2Fefici%25EAn%2520energ%25E9tica%2FPesquisa%2Feficiencia\\_energetica\\_politicas\\_publicas\\_e\\_sustentabilidade.pdf&usg=AFQjCNHichOnUCXHJ100haU\\_5u9DCzPvQQ](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwisqPcwczUAhVH_4MKHQ35CPMQFggrMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.iar.unicamp.br%2Ftab%2Fluz%2FId%2FArquitetural%2Fefici%25EAn%2520energ%25E9tica%2FPesquisa%2Feficiencia_energetica_politicas_publicas_e_sustentabilidade.pdf&usg=AFQjCNHichOnUCXHJ100haU_5u9DCzPvQQ)>. Acesso: 14 de março de 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Relatório Síntese - ano base 2015. Balanço Energético Nacional 2016*. Rio de Janeiro, RJ. Junho de 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso: Acesso: 17 de maio de 2017.

PANESI, André Ricardo Quinteros. *Eficiência Energética em Supermercados*. POLI – USP. II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. Agosto de 2008. Disponível em: <[http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/anais/artigos/eng\\_elet\\_automacao/18%20EFICIENCIA%20ENERGETICA%20EM%20SUPERMERCADOS.pdf](http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/anais/artigos/eng_elet_automacao/18%20EFICIENCIA%20ENERGETICA%20EM%20SUPERMERCADOS.pdf)>. Acesso: 24 de maio de 2017.

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.procel.gov.br>>. Acesso em: 06 de abril de 2017.

Refresque Indústria e Comércio LTDA. *Refrigeração x Energia elétrica*. Artigo Técnico. São Paulo. São Paulo. 2017. Disponível em: <[www.refresque.com.br/Downloads/Reducao-Consumo-Energia-Eletrica\\_Artigo.pdf](http://www.refresque.com.br/Downloads/Reducao-Consumo-Energia-Eletrica_Artigo.pdf)>. Acesso em: 30 de maio de 2017.

ROCHA, A. C. G. da. *Eficientização energética em prédios públicos: um desafio aos gestores municipais frente aos requisitos de governança e sustentabilidade*. Escola de Administração Pública de São Paulo. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo. 2012. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/10262>>. Acesso: 14 de março de 2017.

SAIDEL, M. A. FAVATO, L. B. *Gestão Pública de Energia Elétrica: O Programa Permanente Para o Uso Eficiente de Energia na USP*. São Paulo. 2007. Disponível em: <<http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/09/Gest%C3%A3o->

P%3%BAblica-de-Energia-EI%3%A9tr ica-O-Programa-Permanente-Para-o-Uso-Eficiente-de-Energia-na-USP-PURE-II-CBEE-2007.pdf>. Acesso: 13 de março de 2017.

SAUER, Ildo Luiz. *A Gênese e a Permanência da Crise do Setor Elétrico Brasileiro*. Revista USP. São Paulo. p 145 a 174. Março de 2015. São Paulo. Disponível em: <[www.revistas.usp.br/revusp/article/download/106763/105401](http://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/106763/105401)>. Acesso: 26 de abril de 2017.

SCHNEIDER. PROCOBRE. *Eficiência energética e acionamento de motores*. Abril de 2003. Disponível em: <[https://www.schneiderelectric.com.br/documents/.../apostila\\_procobre\\_eficienc.pdf](https://www.schneiderelectric.com.br/documents/.../apostila_procobre_eficienc.pdf)>. Acesso em: 30 de maio de 2017.