



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**LUIZ RICARDO BATISTA RODRIGUES**

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA FÁBRICA  
DE MEDIDORES ELETRÔNICOS DE ENERGIA**

**FORTALEZA**

**2021**

LUIZ RICARDO BATISTA RODRIGUES

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA FÁBRICA DE  
MEDIDORES ELETRÔNICOS DE ENERGIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do  
Centro de Tecnologia da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral da  
Camara

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R614e Rodrigues, Luiz Ricardo Batista.

Estudo de caso: análise de eficiência energética em uma fábrica de medidores eletrônicos de energia / Luiz Ricardo Batista Rodrigues. – 2021.  
41 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Raphael Amaral da Camara.

1. Eficiência energética. 2. Estudo de caso. 3. Indústria. I. Título.

CDD 621.3

---

LUIZ RICARDO BATISTA RODRIGUES

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA FÁBRICA DE  
MEDIDORES ELETRÔNICOS DE ENERGIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do  
Centro de Tecnologia da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Amaral da  
Camara

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Raphael Amaral da Câmara (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. M.Sc. Tomaz Nunes Cavalcante Neto  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, que fizeram todo o possível (e até impossível) para garantir o melhor futuro para os filhos, sempre apoiando, respeitando e educando quando necessário.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, aos meus pais, Paulo e Audenice, que sempre colocaram a educação em primeiro lugar na criação dos filhos. Graças a eles, nunca precisei me preocupar com nada além de estudar nem com o que estudar, pois nunca sequer sugeriram algum futuro para eu seguir, sempre me apoiando nas minhas escolhas.

Aos meus irmãos, Paulo, Jacqueline e Ítala, que estiveram ao meu lado em todas as etapas da minha vida, me ajudando em tudo que precisei.

Aos meus amigos que estão comigo desde o tempo de escola e cursinho: Cíntia, Shara, Rafael, Camila, Mariana, Tereza, Heloísa, João Lucas, Ellen, João Weverson, João Vitor, Erandi e John Kesley. A amizade e o companheirismo de vocês me trouxeram alegria e força para continuar até hoje.

Aos meus amigos que conheci na UFC: Gustavo, Thiago, Igor, Natiara e Wandick. Sem sombra de dúvidas, sem vocês eu não estaria concluindo o curso de Engenharia Elétrica. A amizade de vocês foi essencial. Espero que a mantenhamos mesmo após o fim do curso.

Aos meus colegas de trabalho da Eletra, que me apoiaram durante todo o meu período de estágio, e com quem tive a oportunidade de aprender muito além de experiências profissionais.

Aos professores que têm me inspirado desde os meus anos fundamentais até os anos universitários, principalmente o meu orientador, Professor Raphael Amaral, e aos membros da banca, Professor Paulo Carvalho e Professor Tomaz. A ajuda de vocês foi de extrema importância para este trabalho.

Meus agradecimentos também a todas as pessoas que não citei, mas que passaram pela minha vida (mesmo que temporariamente). Sem sombra de dúvidas, conviver com todos vocês foi o que moldou a pessoa que sou hoje.

“The life of a person is  
more than the chaos of  
its passing.”

(Brandon Sanderson)

## RESUMO

Eficiência energética é um tema que tem estado em evidência há décadas no Brasil, principalmente após o apagão energético ocorrido em 2001, que levantou preocupações quanto à quantidade de energia consumida e o que fazer para tornar o sistema interligado nacional (SIN) mais seguro e confiável. Uma das formas mais acessíveis disso é a disseminação da eficiência energética, em especial entre os maiores consumidores no país, como o setor industrial. O presente trabalho propõe analisar aspectos energéticos empregados em uma indústria de medidores eletrônicos de energia localizada na cidade de Eusébio, região metropolitana de Fortaleza, no estado do Ceará, visando analisar aspectos positivos que já são empregados, como a utilização de um sistema de gestão integrado e treinamentos na área ambiental, e aspectos que poderiam ser melhorados a fim de trazer economia e mais sustentabilidade. Serão apresentados conceitos empregados, como o que é eficiência energética, o que é luminotécnica, um pouco da sua história e definições relacionadas à mesma (como fluxo luminoso, índice de reprodução da cor, eficiência luminosa, entre outros), sistema de gestão de consumo de energia, normas de qualidade empregadas na indústria e outros aspectos de eficiência energética. Utilizando esses conceitos, será apresentada a metodologia empregada para estudo de caso voltada para três pontos: estudo de retrofit no sistema de iluminação da área industrial da empresa, estudo de implantação de um sistema de gestão do consumo de energia e realização de atividades de sensibilização com os colaboradores voltada para o tema de eficiência energética, sempre voltada para a viabilidade financeira dos modelos propostos. Devido ao contexto da pandemia de COVID-19 nos anos de 2020 e 2021, não foi possível realizar um diagnóstico energético na empresa. Dessa forma, os dados utilizados foram obtidos através de entrevistas com a supervisora de administração predial e a supervisora de sistema de gestão integrado, a fim de obter os dados mais fidedignos possíveis apesar da situação. Por fim, após análise dos dados, sugestões e modelos viáveis economicamente foram apresentados, como substituição das lâmpadas, mudança no aspecto luminotécnico, implantação de um sistema de gestão de energia e medidas de sensibilização, como cursos, capacitações e palestras sobre um uso mais consciente da eletricidade.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Estudo de caso. Indústria.

## ABSTRACT

Energy efficiency is a topic that has been in evidence for decades in Brazil, especially after the energy blackout that occurred in 2001, which raised concerns about the amount of energy consumed and what to do to make the national interconnected system (SIN) safer and more reliable. One of the most accessible forms of this is the dissemination of energy efficiency, especially among the largest consumers in the country, such as the industrial sector. This work proposes to analyze energy aspects used in an electronic energy meter industry located in the city of Eusébio, metropolitan region of Fortaleza, in the state of Ceará, aiming to analyze positive aspects that are already used, such as the use of an integrated management system and training in the environmental area, and aspects that could be improved in order to bring savings and more sustainability. Concepts used, such as energy efficiency, lighting technology, a little of its history and definitions related to it (such as luminous flux, color rendering index, luminous efficiency, among others), consumption management system, quality standards employed in the industry and other aspects of energy efficiency. Using these concepts, it will be presented the methodology used for a case study focused on three points: retrofit study in the lighting system of the industrial area of the company, study of the implementation of an energy consumption management system and performance of awareness activities with employees focused on the topic of energy efficiency, always focused on the financial viability of the proposed models. Due to the context of the COVID-19 pandemic in the years 2020 and 2021, it was not possible to carry out an energy diagnosis in the company. Thus, the data used were obtained through interviews with the building management supervisor and the integrated management system supervisor, in order to obtain the most reliable data possible despite the situation. Finally, after analyzing the data, suggestions and economically viable models were presented, such as replacing the lamps, changing the luminotechnical aspect, implementing an energy management system and raising awareness, such as courses, training and lecturers on more conscious use of electricity.

**Keywords:** Energy Efficiency. Case Study. Industry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Selo PROCEL .....	20
Figura 2 – Método PDCA.....	21
Figura 3 – Lamparina a óleo.....	22
Figura 4 – Lâmpada de querosene.....	23
Figura 5 – Lâmpada incandescente de Edison.....	23
Figura 6 – Ilustração sobre fluxo luminoso e iluminância .....	24
Figura 7 – Comparativo de eficiências luminosas.....	25
Figura 8 – Índice de reprodução da cor .....	25
Figura 9 – Lâmpada fluorescente compacta .....	26
Figura 10 – Diferentes tipos de lâmpadas de vapor metálico.....	26
Figura 11 – Comparativo entre lâmpadas LED, fluorescente e incandescente .....	27
Figura 12 – Área de Produção .....	31
Figura 13 – Área de Logística .....	32
Figura 14 – Valor Presente Líquido .....	34
Figura 15 – Taxa Interna de Retorno.....	34

## QUADROS

Quadro 1 – Dados da lâmpada atual. ....	32
Quadro 2 – Lâmpada Proposta .....	33
Quadro 3 – Comparativo entre modelos atual e proposto .....	34
Quadro 4 – Análise financeira do investimento .....	35

**SUMÁRIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b>	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>Organização do texto</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Definições relativas à Eficiência Energética</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Importância da Eficiência Energética</b>	<b>18</b>
<b>2.3</b>	<b>Normas relativas à Eficiência Energética</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA DA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Diagnóstico nas Áreas Industriais da Empresa</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA DE MEDIDORES ELETRÔNICOS DE ENERGIA</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Sistema de Iluminação</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Sistema de Gestão de Energia</b>	<b>35</b>
<b>4.3</b>	<b>Atividades de Capacitação e Sensibilização</b>	<b>38</b>
<b>4.4</b>	<b>Reuniões de Análise Crítica dos Resultados</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em uma sociedade cada vez mais eletrônica e computadorizada, a importância da energia elétrica vem crescendo exponencialmente, afinal, todos os cidadãos precisam diariamente interagir com maquinários, transportes e equipamentos que necessitam de eletricidade. E assim como com qualquer insumo, uma maior demanda pode gerar escassez. Para contornar o problema, várias soluções podem ser abordadas, sendo algumas de mais alto custo (como a construção de novas usinas geradoras de energia) e outras mais econômicas e acessíveis à grande maioria dos consumidores, incluindo empresas: obter um maior aproveitamento da energia já gerada.

Porém, apesar de mais econômico, proporcionar um melhor uso da energia não é uma tarefa tão fácil como se pode pensar. Hoje, pode-se considerar que seja um dos maiores desafios não só para o Brasil, mas para o mundo como um todo, principalmente se tratando das grandes cidades, que hoje abrigam cerca de 50% da população (ONU, 2019) e representam 70% da energia consumida (FAO, 2015) e 80% das emissões de carbono no mundo (WRI, 2019).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020), as indústrias hoje são 0,62% do total de consumidores de energia elétrica fornecida pelas concessionárias, porém, se considerarmos o consumo em todo o território nacional, elas representam cerca de 35,72% do consumo total de energia (EPE, 2020). E, se levar em conta que uma parte considerável dos custos de produção em uma indústria provém do consumo de energia elétrica, o uso adequado e eficiente dessa energia deve se fazer presente no planejamento das indústrias, pois, além da redução dos custos de operação, um programa de conservação de energia possibilita que a indústria tenha uma atitude responsável e econômica no processo de produção.

Sendo assim, mais uma vez é correto afirmar que uma das saídas mais viáveis para os consumidores em geral, mas principalmente para as indústrias, é a eficiência energética. Por isso é importante que esse seja um tema tratado com alta importância entre as altas direções das empresas, que devem buscar um processo produtivo mais eficaz, eficiente e, acima de tudo, econômico.

## 1.1 Justificativa

Se tratando de eficiência energética, uma das grandes entusiastas no Brasil é a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), que possui um manual de eficiência energética na indústria (COPEL, 2005), que afirma que, com o uso eficiente da energia elétrica, a indústria terá uma melhor utilização das instalações e equipamentos elétricos, uma redução no consumo de energia e conseqüente economia nas despesas com eletricidade. Conseqüentemente, um melhor aproveitamento da energia levará diretamente a um aumento de produtividade e um padrão de qualidade no produto acabado, sempre mantendo o nível de segurança e diminuindo o tempo de parada de linha, principalmente por manutenção nas máquinas. Além destas vantagens para a indústria, a sociedade em geral terá uma “redução dos investimentos para a construção de usinas e redes elétricas e conseqüente redução dos custos da eletricidade, redução dos preços de produtos e serviços e, maior garantia de fornecimento de energia” (COPEL, 2005).

Pode-se citar também como grande entusiasta no assunto o Grupo ENEL, responsável pela distribuição de energia no estado do Ceará (além de partes de Goiás, Rio de Janeiro e São Paulo). Através da ENEL X, especialistas do grupo ofertam soluções em eficiência energética para as mais diversas empresas. Além disso, apenas no ano de 2020, foram investidos cerca de R\$ 70 milhões em projetos na área, gerando uma economia de 61.882 MWh/ano.

Outra grande iniciativa na área de eficiência energética é o Atlas da Eficiência Energética no Brasil, que possui relatório de indicadores e possibilita o monitoramento do progresso da eficiência energética nos mais diversos setores da economia do país ao longo dos anos.

Além disso, conforme mencionado anteriormente, uma redução de consumo de energia afeta toda a cadeia produtiva, mas principalmente os consumidores finais, pois uma maior eficiência no processo resulta em uma diminuição no custo do produto final, sendo um reflexo positivo tanto para o comprador (que paga menos) quanto para o fornecedor (que entra no mercado com um preço mais competitivo).

Outro ponto importante a se destacar na gestão energética é o compromisso com o meio ambiente, que tem sido uma preocupação cada vez maior nas grandes empresas, devido ao impacto do desenvolvimento humano sobre a natureza. Inclusive, cada vez mais empresas têm buscado obter certificações que comprovem objetivamente seu comprometimento com o meio ambiente e uma melhor gestão energética, como a ISO 14001:2015 e a ISO 50001:2015, certificações internacionais que, no Brasil, são administradas pela ABNT.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal:

- Fazer um estudo de caso em uma indústria focando em três pontos: sistema de iluminação, sistema de gestão de consumo de energia e atividades de sensibilização;

Para isso, podem ser definidos como objetivos específicos:

- Fornecer definições e informações importantes sobre eficiência energética;
- Mostrar a importância da eficiência energética no geral, mas principalmente em uma indústria;
- Evidenciar aspectos positivos já empregados na empresa escolhida para estudo de caso;
- Propor soluções para atingir um uso mais eficiente de energia.

## 1.3 Organização do texto

O texto deste trabalho está organizado com o objetivo de proporcionar uma leitura mais fluida e didática a respeito do tema, mantendo uma sequência lógica de definições e apresentação de informações. Além deste capítulo de introdução (Capítulo 1), este trabalho é dividido seguindo a estrutura abaixo:

- Capítulo 2: Apresenta definições sobre temas pertinentes à análise de Eficiência Energética;
- Capítulo 3: Analisa uma metodologia de estudo de caso de eficiência energética;
- Capítulo 4: Expõe a aplicação dessa metodologia em uma indústria cearense de medidores eletrônicos de energia, apontando pontos positivos já adotados;
- Capítulo 5: Apresenta a conclusão deste trabalho.

## 2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Conforme já comentado no capítulo 1, a energia, de forma geral, é uma grandeza física importante em diversas esferas da sociedade, desde a parte científica e acadêmica até o dia a dia, afinal, ela está presente nas mais diversas formas: energia mecânica, energia cinética, energia química e, cada vez mais, energia elétrica.

O aumento da importância da energia elétrica na sociedade contemporânea é algo que vem acontecendo exponencialmente desde o final do século XIV, e mais ainda no século XX com o advento da eletrônica e da computação. Hoje é difícil de imaginar um ambiente sem nenhum tipo de eletrônica e, conseqüentemente, de energia elétrica. Ela está presente em tudo: nos transportes, na indústria, nos serviços, no comércio e nas residências. Ela deixou de ser uma mera mercadoria para ser uma necessidade básica de se viver, motivando inclusive iniciativas como a PEC 44/2017, que prevê a energia elétrica como um direito social do brasileiro, juntamente a educação, saúde e alimentação, por exemplo.

É neste cenário que cada vez mais tornou-se de fundamental importância a efficientização de todos os processos que envolvem energia. E mais importante ainda a eficiência ao máximo do uso final de energia.

### 2.1 Definições relativas à Eficiência Energética

Pode-se entender eficiência energética como o uso consciente da energia. Ou seja, utilizar de forma mais eficiente a energia já gerada de forma a conseguir um melhor resultado, seja de forma ambiental ou financeira. Por definição, segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. Basicamente, quanto menos energia se utilizar para cumprir determinada tarefa, melhor é o índice de eficiência energética naquele processo.

Sendo assim, eficiência energética muitas vezes está associada a melhorias no processo produtivo. (RIBEIRO, 2005) Dessa forma, para se considerar como eficiência energética, o processo em si não pode ser afetado negativamente, pois o objetivo é diminuir custos e impactos ambientais sem comprometer o conforto e a eficácia da atividade.

Além disso, outros dois conceitos que são muito ligados à eficiência energética, mas que não necessariamente são a mesma coisa, são a conservação de energia elétrica (focado em hábitos de consumo mais inteligentes) e o gerenciamento do consumo de energia elétrica. O primeiro tem como objetivo a eliminação de desperdícios (basicamente através da avaliação de usos de energia considerados desnecessários e o cessamento de sua utilização). A conservação de energia elétrica é um conceito bastante empregado no cotidiano e aparece constantemente em campanhas, pois ele funciona basicamente de forma comportamental, através da conscientização dos consumidores e usuários. Já o gerenciamento do consumo de energia elétrica é um sistema feito com o objetivo de monitorar e otimizar o consumo da

energia para atender às necessidades daqueles que a utilizam. Para isso, a medição e o controle através de indicadores e auditorias é essencial para supervisionar o sistema. Devido a isso, muitas empresas recorrem à ISO 50001:2015, que impõe regras para a implantação e auditoria de um sistema de gerenciamento de energia.

Dessa forma, podemos concluir que ambos os conceitos de conservação e gerenciamento do consumo de energia elétrica podem sim ser associados à eficiência energética, complementando a análise e tornando as ações mais eficazes, porém eficiência energética acaba sendo mais abrangente, pois envolve investimento financeiro, muitas vezes com a substituição de máquinas, equipamentos e mudanças na infraestrutura da empresa.

## 2.2 Importância da Eficiência Energética

Conforme mencionado no capítulo 1, pode-se verificar que a eficiência energética tem se tornado cada vez mais relevante no Brasil e no mundo. Dessa forma podemos resumir e categorizar as suas vantagens da seguinte forma:

- Melhoria nos processos produtivos;
- Ganho econômico (principalmente na fatura de energia);
- Maior competitividade (devido à diminuição do custo do produto e/ou serviço);
- Menor necessidade de investimentos em infraestrutura;
- Menor impacto ambiental:
  - Menor utilização de combustíveis fósseis;
  - Menor necessidade de novas fontes de geração de energia (hidrelétricas, termelétricas, nuclear, etc).
- Maior disponibilidade energética;
- Maior segurança energética.

Apesar das já mencionadas vantagens no uso da eficiência energética na indústria, algumas barreiras ainda precisam ser superadas para que ela possa ser mais disseminada, a principal delas sendo o custo inicial de implantação do projeto, que, dependendo do estado inicial da empresa, pode ser elevado. Isso se dá devido à necessidade de substituição de máquinas e equipamentos por outros mais eficientes (que muitas vezes podem ter um preço mais elevado) e da implantação de um sistema de gestão energética, que exige mão de obra e horas de trabalho.

Porém, apesar do custo inicial, é importante ressaltar que o tempo de payback do projeto não costuma ser elevado e o seu tempo de utilização é bastante satisfatório, como poderá ser visto no capítulo 4. Somado ao fato do apoio governamental através de programas de incentivo, a eficiência energética tem se disseminado cada vez mais nas indústrias mundialmente.

### 2.3 Normas relativas à Eficiência Energética

Se tratando de normas e procedimentos relacionados à eficiência energética, pode-se citar o principal hoje como sendo o Programa de Eficiência Energética (PEE), sobre o qual será tratado com mais profundidade no tópico 2.4. Uma das suas maiores contribuições foi instituir como obrigatório para as distribuidoras de energia a promoção de iniciativas para fomentar a eficiência energética.

Como resultado do PEE, grandes grupos de distribuição no Brasil, como os grupos Energisa e ENEL, têm feito, desde 1998, investimentos massivos em eficiência energética. Além deles, outro grande exemplo que pode ser citado é a Companhia Paranaense de Energia (COPEL), que além de abrir regularmente editais para programas de eficiência energética, possui também o Manual de Eficiência Energética para Indústrias (COPEL, 2005), muito usado como guia complementar aos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE) da ANEEL.

Outras normas regulamentadoras (NRs) a serem consideradas para garantir, além de uma melhor eficiência energética, uma instalação mais segura são a NR-10, NR-12 e NBR-5410. Afinal, apenas em 2018, foram registrados 1424 acidentes de origem elétrica no país, sendo a maioria deles por conta de sobrecarga ou curto-circuito nas instalações elétricas (ABRACOPEL, 2018).

Tratando-se das NR-10 e NR-12, elas definem condições para o funcionamento seguro de instalações de baixa tensão. A primeira regulamenta os procedimentos de segurança em instalações elétricas e a última em máquinas e equipamentos.

Com relação à NBR-5410, essa norma estabelece as condições necessárias para o funcionamento de uma instalação elétrica de baixa tensão e sua abrangência vai desde instalações residenciais até industriais. É o guia mais completo que pode ser utilizado no projeto e manutenção de uma instalação elétrica, pois abrange os seguintes assuntos: componentes da instalação, esquema de distribuição de energia, dimensionamentos para áreas diferentes, proteção contra choques elétricos, manutenção do sistema, entre outros.

Além disso, considerando que o este estudo foi feito considerando uma indústria cearense, outra norma regulamentadora é a ET-124, do grupo ENEL, que traz orientações técnicas específicas da distribuidora sobre elaboração e execução do padrão de medição da unidade consumidora de baixa tensão.

## 2.4 Programa de Eficiência Energética (PEE) - ANEEL

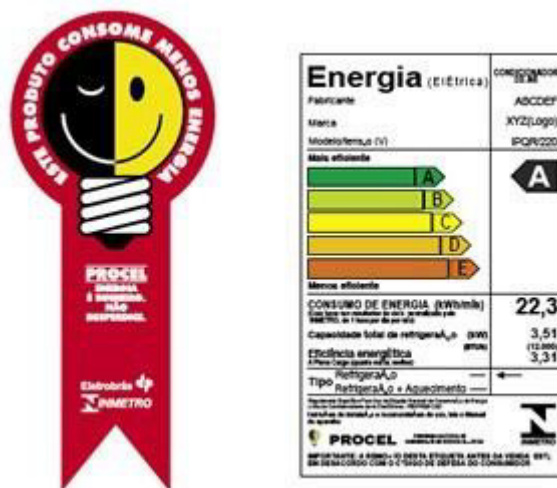
O Programa de Eficiência Energética (PEE) pode ser descrito como uma iniciativa da ANEEL, criada através da lei nº 9991/2000, cujo objetivo é promover o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. (ANEEL, 2020)

Para atingir esse objetivo, o PEE lança esporadicamente chamadas para projetos prioritários, definidos como sendo aqueles de grande relevância e/ou abrangência, cuja finalidade é testar, incentivar ou definir ações de destaque como política pública para incrementar a eficiência energética do país. (ANEEL, 2020)

Uma das grandes contribuições do PEE, e que inclusive serve de guia parcial para este trabalho, são os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), que hoje funciona como regulamentação vigente para elaboração de projetos.

Além disso, o PEE também possui projetos como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cujo foco é promover o uso racional de energia elétrica, principalmente através do Selo PROCEL, como o exemplo de selo mostrado na figura 1, usado em eletrodomésticos para mostrar ao consumidor os melhores equipamentos em termos de eficiência energética, e o Observatório do Programa de Eficiência Energética (OPEE), ferramenta que possibilita o envio de projetos e geração de indicadores que podem servir de guia para distribuidoras e entusiastas de eficiência energética na tomada de decisões em investimentos (ANEEL, 2020).

Figura 1 – Selo PROCEL.



Fonte: consumoempauta.com.br

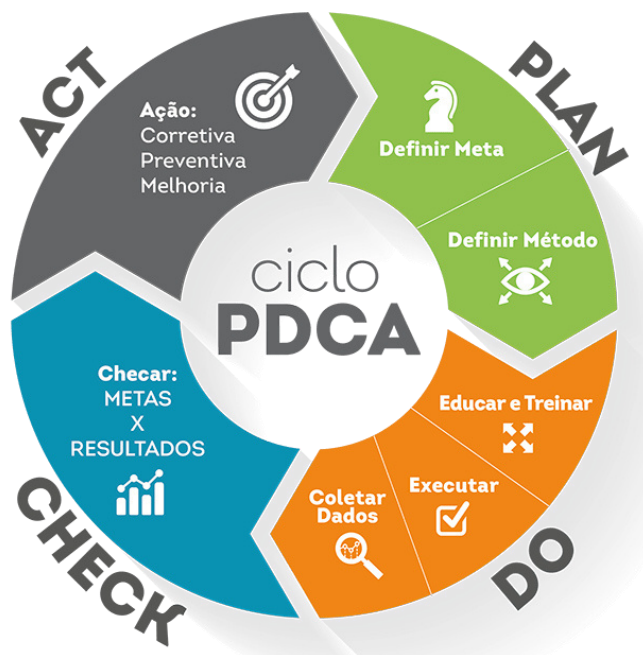
## 2.5 Sistema de Gestão Energética

Outro conceito importante de ser destacado é o de gestão de energia, que pode ser definido como uma forma de administrar a energia em determinado local se utilizando de métodos de racionalização inteligente do uso dessa energia. Por sua vez, contempla as avaliações de opções energéticas e as ações administrativas que colaboram para a redução da fatura de energia, promovendo economia (ANEEL, 2018). Dado isso, deve-se ressaltar que, referente à racionalização do uso da energia, encaixam-se as práticas de eficiência energética e conservação de energia.

Para gerir o uso da energia, análises de opções energéticas precisam ser realizadas, avaliando a substituição (ou diminuição do tempo de uso) de máquinas ou equipamentos, substituição de lâmpadas menos eficientes por outras mais eficientes, avaliar um melhor uso das lâmpadas já utilizadas para um aproveitamento melhor da iluminação, entre outras análises.

Além disso, muitas empresas hoje têm implementado um sistema de gestão energética, muitas vezes atrelado à sistemas de gestão da qualidade já existentes em grande parte das corporações, com o objetivo de utilizar conceitos de PDCA (Plan, Do, Check, Act), visualizado na figura 2, para melhoria contínua de processos. Para isso, tem-se como base a norma internacional ISO 50001:2015, no Brasil administrada pela ABNT, que especifica critério auditáveis para gerenciamento do modelo energético da empresa, com aplicação de metas e indicadores.

Figura 2 – Método PDCA.



Fonte: [blog.fcnpj.com.br](http://blog.fcnpj.com.br)

## 2.6 Luminotécnica

### • História

Pode-se definir como luminotécnica a análise pré-utilização da iluminação artificial, seja em ambientes internos como externos. Dentro dessa área, diversos são os benefícios que podem ser apontados, afinal, historicamente um primeiros usos encontrados para a eletricidade e um dos que mais impactam no cotidiano é a ação de converter a energia elétrica em energia luminosa.

Tão larga e normalizada é a utilização da iluminação artificial que hoje se tornou indispensável, porém não se pode esquecer e banalizar a sua importância para a humanidade. Afinal, um dos maiores marcos para a evolução do homem foi, nos tempos antigos, a descoberta do uso do fogo cerca de 3 milhões de anos atrás (SCOTT, 2000), considerada a primeira forma de luz artificial explorada de forma consciente pelo homem.

Apesar de hoje parecer primitivo, o uso do fogo como iluminação artificial também acompanhou a evolução humana e se transformou diversas vezes. O que inicialmente era apenas uma fogueira utilizada para o cozimento dos alimentos e tochas para iluminar as cavernas, em 300 a.C., evoluiu com o desenvolvimento de velas de parafina na China, que impactou principalmente a Europa, contribuindo bastante para a disseminação da luz artificial (BROX, 2010). Já no século XVII, a invenção das lamparinas a óleo, mostrada na figura 3, fomentaram grande desenvolvimento industrial, e o seu uso se fez presente até décadas atrás, no século XX (BROX, 2010).

Figura 3 – Lamparina a óleo.



Fonte: produto.mercadolivre.com.br

Apesar do avanço com as lamparinas, a luz artificial atingiu um novo patamar no século XVIII, quando, em 1783, François Pierre Ami Argand (1750 – 1803) inventou a chamada lâmpada de Argand, que era basicamente um cilindro de vidro preenchido com combustível fóssil para queima. Devido a isso, a sua capacidade de iluminação chegava a ser seis vezes maior que a da vela. Essa invenção pode ser vista até hoje em muitos filmes e

novelas que remetem à época em questão.

Já no século XIX, que foi um século importantíssimo em termos de invenção na área de luminotécnica, houve dois grandes inventores na parte de iluminação artificial: William Murdoch e Edwin Laurentine Drake. Murdoch, que também foi um precursor na área de motores a vapor, foi responsável por avançar o uso da iluminação artificial com a descoberta da iluminação a gás, que permitia uma maior configuração da luz (chegando a ser o dobro da quantidade produzida pela lâmpada de Argand), devido ao controle na pressão da saída do gás (BROX, 2010). Drake, por outro lado, foi o pioneiro na descoberta do petróleo, que possibilitou a produção de lâmpadas à base de querosene, mostrada na figura 4.

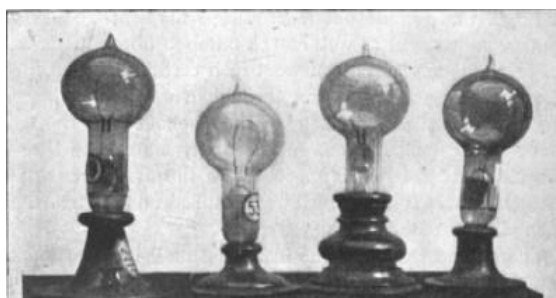
Figura 4 – Lâmpada de querosene.



Fonte: freeimages.com

Após isso, com o advento da energia elétrica, quem trouxe a primeira grande contribuição foram Joseh Swan e Thomas Edison, que juntos fundaram a Edison and Swan United Electric Light Company, e trouxeram o primeiro protótipo comercializável da lâmpada incandescente (CREDER, 2010), visualizada na figura 6, que ficou sendo até poucos anos atrás como a principal forma de iluminação artificial em grande parte dos ambientes no mundo, até que, em 2012, a União Europeia aboliu o seu uso e, em 2010, o Brasil, através da Portaria Interministerial 1007 (de dezembro de 2010) do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, estipulou até 2016 para cessar a sua comercialização, devido aos baixíssimos índices de eficiência energética.

Figura 5 – Lâmpada incandescente de Edison.



Fonte: invivo.fiocruz.br

## • Princípios

Tratando-se de luminotécnica, algumas definições básicas precisam ser abordadas para a boa compreensão da análise, sendo elas: fluxo luminoso, iluminância, eficiência luminosa, estudo da cor e uniformidade da iluminação. O primeiro conceito, e provavelmente o mais importante e utilizado ao se escolher uma lâmpada, é o do fluxo luminoso, medido em lm (lúmen), que, segundo Costa (2006), pode ser definido como a quantidade total de luz emitida pela lâmpada na sua tensão nominal de funcionamento. No geral, é escolhida a lâmpada com o maior fluxo luminoso.

Além disso, há também o conceito de iluminância, medido em lux, definido como a densidade de luz necessária para uma determinada tarefa visual ou simplesmente o o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada. No Brasil, a NBR 8995-1 é a responsável por determinar a iluminância de interiores. Na figura 7, é possível ver uma ilustração comparativa entre fluxo luminoso e iluminância.

Figura 6 – Ilustração sobre fluxo luminoso e iluminância.



Fonte: powerlume.com.br

Outro conceito a ser apresentado é o de eficiência luminosa, medida em lumen/watt (lm/W), que pode ser definido como a divisão do fluxo luminoso nominal pela potência consumida pelas lâmpadas (COSTA, 2006). Isso pode ser ilustrado na figura 8. Esse conceito está diretamente ligado a índices de eficiência energética, portanto, é de extrema importância a sua consideração.

Figura 7 – Comparativo de eficiências luminosas.

Eficiência Luminosa - Led X Fluorescente <span style="float: right;">LuxSide LUMINÁRIA S.A.</span>		
	<b>Fluxo luminoso:</b> 500 lm <b>Watts:</b> 6 W	<b>lm\W:</b> 83
	<b>Fluxo luminoso:</b> 1200 lm <b>Watts:</b> 20 W	<b>lm\W:</b> 60

Fonte: Luxside – Iluminação LED

Já se tratando de estudo de cor, é importante levar em consideração o índice de reprodução de cor, ilustrado na figura 9, que pode ser definido como a fidelidade de reprodução da cor após ser submetida à luz artificial (COSTA, 2006), o que é um fator importantíssimo para certos processos que exigem atenção a detalhes, como a diferenciação

de objetos pequenos por cor (resistores, por exemplo). Portanto, apesar de nem todo tipo de processo industrial exigir uma grande fidelidade, é importante tentar alcançar um índice de pelo menos 75, que já é excelente para a grande maioria dos processos e auxilia diretamente na eficiência e eficácia dos processos.

Figura 8 – Índice de reprodução da cor.



Fonte: marmota.com.br

Por fim, mas de extrema importância, tem-se o conceito de uniformidade de iluminação, que pode ser definido como a relação entre a iluminação mínima e média na área em questão. Se tratando de uniformidade, o ideal é impedir a existência de áreas muito sombrias, assegurando o máximo de equidade possível no ambiente. Se tratando de um ambiente industrial, por exemplo, essa importância é ainda mais acentuada, pois, a fim de garantir eficiência em toda a linha de produção, nenhuma parte dela pode ficar esquecida e sem conforto para os colaboradores.

#### • Tipos de lâmpada

Inicialmente é interessante começar pelas lâmpadas incandescentes, que foram o primeiro modelo de lâmpadas práticas e que entraram em larga circulação e uso. O seu funcionamento é bem simples, onde duas extremidades de fios de cobre são conectadas através de um filamento, que ao se passar corrente, produz luz. Devido a isso, o seu índice de eficiência energética é baixíssimo (chegando a ser apenas de 5%). Podem ser divididas em lâmpadas comuns e halógenas, que operam em conjunto a um gás halogênio (como iodo, cloro e bromo). Isso proporciona uma maior vida útil e eficiência luminosa.

Após isso tem-se as lâmpadas fluorescentes, que hoje têm larga utilização residencial, comercial e industrial devido ao seu baixo custo e economia de energia. A sua iluminação ocorre quando uma descarga elétrica gera radiação ultravioleta (devido ao vapor de mercúrio), que é convertida em luz pelo pó fluorescente dentro do bulbo. Devido a isso, essas lâmpadas costumam ter índices de eficiência energética variando do mediano ao ótimo, entre 55 e 75 lm/W. De forma bem relacionada, há as lâmpadas fluorescentes compactas, ilustrada na figura 10, que possuem um reator integrado e são mais indicadas para atividades de uso prolongado, com uma eficiência energética maior, chegando a 85 lm/W.

Figura 9 – Lâmpada fluorescente compacta.



Fonte: eletronicasantana.com.br

Além disso, há também o grupo de lâmpadas de multivapor metálico, visualizado na figura 11, entre as quais pode-se citar especificamente a lâmpada vapor de sódio, onde a luz é emitida devido à excitação de átomos de sódio, que irradiam em diferentes comprimentos de onda. Esse tipo de lâmpada é considerado o mais eficiente entre as lâmpadas de alta intensidade de descarga, possuindo eficiência luminosa entre 80 e 140 lm/W. Porém, ela é mais indicada para ambientes que não necessitem de um bom índice de reprodução de cor, como ambientes externos, galpões, entre outros.

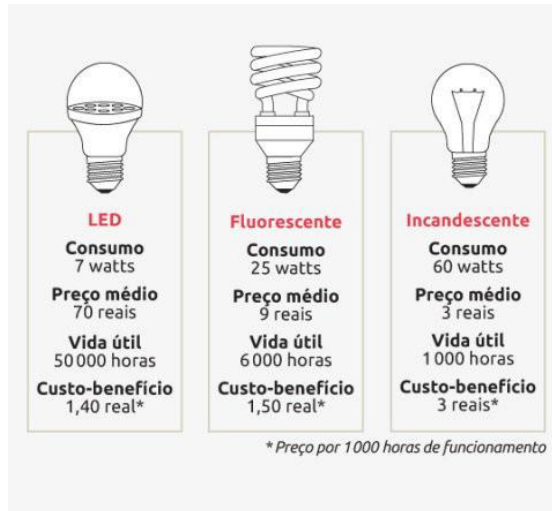
Figura 10 – Diferentes tipos de lâmpadas de vapor metálico.



Fonte: loucosporeletricidade.com

Por fim, temos a lâmpada LED, que tem se tornado cada vez mais a favorita no mercado, devido à sua alta eficiência energética, com eficiência luminosa chegando a 75 lm/W, e bom índice de reprodução de cor. Ela funciona utilizando diodos emissores de luz, uma tecnologia já empregada em outros componentes eletrônicos (como chips). Na figura 12, é possível ver um comparativo de custo-benefício entre as lâmpadas incandescente, fluorescente e LED.

Figura 11 – Comparativo entre lâmpadas LED, fluorescente e incandescente.



Fonte: robertoblatt.wordpress.com

### 3 METODOLOGIA DA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Conforme citado no capítulo 2, uma das grandes contribuições para o movimento de eficiência energética no Brasil foi o Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), cujo módulo 4, intitulado Programa de Eficência Energética (PEE), apresenta um manual passo a passo direcionado às distribuidoras de energia, mas que também pode ser utilizado de guia para consultores e projetistas, detalhando como deve ser feito um projeto de eficiência energética, mais precisamente que pontos devem ser levados em consideração.

Apesar de não ser o intuito deste trabalho fazer um projeto completo de eficiência energética, principalmente devido à pandemia de COVID-19 nos anos de 2020 e 2021 no Brasil, que impossibilitou a realização de um diagnóstico energético, vários dos pontos aqui serão utilizados na análise, a fim de apontar pontos positivos e negativos utilizados na empresa em que foi feito o estudo de caso. O principal ponto do PEE utilizado no mercado (e o foco aqui) é a substituição de equipamentos menos eficientes por outros mais eficientes (geralmente chamado de projeto retrofit).

Além disso, devido à empresa possuir mais de 20 setores e 500 funcionários, foi preciso focar em áreas mais estratégicas para o estudo. No caso, como este trabalho foca em analisar a eficiência energética industrial, o foco foi nas áreas de Produção (PCI, SMT/PTH e Montagem), Almoxarifado, Recebimento e Expedição.

Dessa forma, a metodologia proposta para o estudo de caso desta análise seguirá os seguintes passos:

1. **Análise do sistema de iluminação utilizado:** será analisado a quantidade e o tipo de lâmpada empregada, discutindo se esse tipo realmente atende à necessidade do processo em si e se há outros tipos mais eficientes.
2. **Existência de um sistema de gestão de consumo de energia na empresa:** será analisado se a empresa possui um sistema de gestão de consumo de energia ou se pelo menos promove ações relativas a isso. Caso não possua, será discutida a sua empregação.
3. **Existência de atividades de capacitação e sensibilização:** será analisado se a empresa possui atividades voltadas à propagação do conceito de eficiência energética e se possui atividades educativas no sentido de capacitar os colaboradores a eles próprios tomarem ações individuais nesse sentido.
4. **Existência de reuniões de análise crítica dos resultados:** será avaliado se o assunto de gestão de energia e eficiência energética é um assunto abordado em reuniões de análise crítica da alta direção ou pelo menos dos setores voltados à administração e manutenção predial.

Seguindo esses cinco passos, a análise apresentada neste TCC seguirá uma metodologia de **diagnóstico nas áreas industriais da empresa, aplicação da metodologia e**

**projeção econômica de resultados** (no capítulo 4), visando mostrar a economia que pode ser alcançada e em quanto tempo.

### 3.1 Estudo das Áreas Industriais da Empresa

Iniciando a análise, a parte do estudo é uma avaliação das oportunidades de eficiência energética na instalação, voltada para os quatro pontos apresentados anteriormente e focado nas áreas industriais da empresa, resultando em um relatório contendo a descrição de cada ação de eficiência energética proposto. Para a metodologia que será usada neste TCC, o estudo será focado em detalhar como está a situação atual da empresa.

- **Sistema de Iluminação Utilizado**

Nesta etapa do estudo, será iniciado fazendo um levantamento de dados de quantidade e tipo das lâmpadas utilizadas nas áreas industriais da empresa, a fim de determinar a potência total e a necessidade de intervenção no sistema.

Nesta etapa, pelo menos os pontos abaixo serão verificados:

- Considerando a região em que determinados processos estão sendo realizados, é possível um maior aproveitamento de luz natural? Caso a resposta seja positiva, a mudança da luz artificial para a natural pode impactar negativamente o processo?

- Quantas lâmpadas e de qual potência são atualmente utilizadas? É possível diminuir a quantidade de lâmpadas sem impactar negativamente o processo?

- O tipo de lâmpada utilizado é ideal e mais eficiente?

- **Sistema de Gestão de Energia**

Nesta etapa do estudo, será avaliado se a empresa possui um sistema de gestão de energia. No caso deste TCC, usaremos como modelo o sistema de gestão de energia controlado pela ISO 50001:2015, certificação internacional que, no Brasil, é controlada pela ABNT. Como é um método reconhecido internacionalmente e que utiliza os conceitos de PDCA (Plan, Do, Check, Act), é considerado um método bem eficaz.

Nesta etapa, pelo menos os pontos abaixo serão verificados:

- A empresa possui um sistema de gestão de energia? Como ele funciona?

- Caso a empresa não possua, há planos de implementação?

- **Atividades de Capacitação e Sensibilização**

Nesta etapa do diagnóstico, será avaliado se a empresa possui atividades de capacitação e sensibilização dos colaboradores em relação ao uso consciente e eficaz da energia elétrica. Por ser uma etapa mais subjetiva, as atividades e sua abrangência podem variar drasticamente. Porém, algumas sugestões podem ser utilizadas a fim de categorização:

- Os colaboradores possuem algum treinamento formal sobre uso consciente e eficiente da energia elétrica?

- A empresa oferta treinamentos não formais (como palestras educativas)?

- A empresa realiza campanhas de sensibilização incentivando atitudes mais conscientes e eficientes por parte dos colaboradores?

- **Reuniões de Análise Crítica dos Resultados**

Nesta etapa do diagnóstico, será avaliado se a empresa possui reuniões de análise crítica dos resultados referente à conservação e eficiência energética. O intuito dessa avaliação é verificar se a empresa se preocupa com uma melhor gestão da eficiência de energia a nível de alta direção.

## 4 ESTUDO DE CASO

Nesta etapa, a metodologia explicada no capítulo 3 foi aplicada em uma análise a fim de determinar o potencial de economia energética em uma indústria de medidores eletrônicos de energia localizada na cidade de Eusébio, na Região Metropolitana de Fortaleza. O estudo foi feito em etapas, começando pelo sistema de iluminação e finalizando com a análise de reuniões de análise crítica dos resultados.

### 4.1 Sistema de Iluminação

Conforme informado no capítulo 3, para esta etapa, o estudo focou nas áreas industriais da empresa, mais precisamente na área de Produção (que inclui os setores de PCI, SMT/PTH e Montagem), Almojarifado, Recebimento e Expedição.

Inicialmente foi avaliado se era possível o uso de iluminação natural. Neste ponto, foi constatado que para a área de Produção não é possível, pois são setores que se encontram no subterrâneo da empresa, além de que o manuseio de componentes pequenos torna a necessidade de iluminação constante mais indispensável, conforme visualizado na figura 12. Já nas áreas de Almojarifado, Recebimento e Expedição, o galpão é externo e já possui alto índice de iluminação natural, tornando a quantidade de lâmpadas necessárias bem menor, como pode-se constatar pela figura 13.

Figura 12 – Área de Produção.



Fonte: Autor.

Figura 13 – Área de Logística.



Fonte: Autor.

Foi avaliado então qual o tipo de lâmpada atualmente utilizado nessas áreas, a fim de determinar aproximadamente o valor consumido de energia e o valor pago relativo a ele. Dessa forma, será possível propor um modelo mais eficiente, conforme mostrado abaixo.

Conforme informado pela própria administração da empresa, a lâmpada atualmente utilizada é lâmpada de vapor de sódio, da linha Starmax, conforme dados apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Dados da lâmpada atual.

<b>Lâmpada vapor de sódio Ovóide Difuso – Marca Starmax</b>	
<b>Potência (W):</b>	400
<b>Fluxo luminoso (lm):</b>	44050
<b>IRC (%):</b>	20
<b>Temperatura da cor (K):</b>	2000
<b>Eficiência luminosa (lm/W):</b>	115
<b>Vida útil estimada (h)</b>	16000

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nas explicações teóricas detalhadas no capítulo 2, podemos constatar que o tipo de lâmpada ideal para esses processos produtivos seria uma lâmpada do tipo LED, detalhada no quadro 2, devido à sua alta eficiência luminosa e bom índice de reprodução de cor, que acaba sendo relativamente importante na área de Produção, devido aos processos produtivos envolvendo componentes pequenos.

Quadro 2 – Lâmpada proposta.

<b>Lâmpada LED TrueForce – Marca Philips</b>	
<b>Potência (W):</b>	160
<b>Fluxo luminoso (lm):</b>	20000
<b>IRC (%):</b>	80
<b>Temperatura da cor (K):</b>	6500
<b>Eficiência luminosa (lm/W):</b>	125
<b>Vida útil estimada (h)</b>	25000

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, utilizando dados fornecidos pela empresa com relação ao número de lâmpadas utilizadas, é possível determinar o gasto anual com o modelo atual e o modelo proposto, resumindo no no quadro 3.

Além disso, os dados considerados foram:

- Potência instalada no modelo atual:  $P = 110 \times 400 = 48.400 \text{ W}$

- Potência instalada no modelo proposto:  $P = 110 \times 160 = 17.600 \text{ W}$

- Economia de potência:  $EP = \frac{17600}{48400} \times 100 = 64\%$

- Consumo mensal no modelo atual:  $P = 48400 \times 24 \times 30 = 34.848 \text{ kWh}$

- Consumo mensal no modelo proposto:  $P = 17600 \times 16 \times 30 = 8.448 \text{ kWh}$

- Consumo anual no modelo atual:  $C = 34.848 \times 12 \times 0,43208 =$   
R\$ 180.685,48

- Consumo anual no modelo proposto:  $C = 8.448 \times 12 \times 0,43208 =$   
R\$ 43.802,54

- Economia anual:  $E = 180.685,48 - 43.802,54 = \text{R\$ } 136.882,94$

Quadro 3 – Comparativo entre modelos atual e proposto.

Item	Modelo atual	Modelo proposto
Quantidade de lâmpadas	110	110
Potência instalada (W)	48400	17600
Economia de potência (%)	Não se aplica	64%
Vida útil estimada	22 meses	52 meses
Horas utilizadas	24 horas / dia	16 horas / dia
Consumo mensal (kWh)	34.848	8.448
Economia anual (kWh)	Não se aplica	316,800
Valor do kWh (R\$)	0,43208	0,43208
Consumo anual (R\$)	180.685,48	43.802,54
Economia anual (R\$)	Não se aplica	136.882,94
Valor unitário da lâmpada (R\$)	Não se aplica	742,00
Investimento (R\$)	Não se aplica	81.620
Tempo de retorno do investimento	Não se aplica	8 meses

Fonte: Elaborado pelo autor.

Agora será feito uma análise da viabilidade financeira do investimento considerando três indicadores: VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e o tempo de retorno do investimento (conhecido como *payback*). Para isso, foi considerada como taxa o valor da inflação do ano de 2020: 4,62% (IBGE, 2020). O fluxo de caixa anual foi considerado como sendo o valor economizado com a substituição das lâmpadas. E, por fim, o tempo considerado foi de 5 anos, que é a vida útil aproximada das lâmpadas no modelo proposto.

Figura 14 – Valor Presente Líquido.

$$V_{PL} = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n}$$

Fonte: treasy.com.br

Figura 15 – Taxa Interna de Retorno

$$\sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TIR)^i} - \text{Investimento inicial} = 0$$

Fonte: dicionariofinanceiro.com

Onde:

- VPL = Valor Presente Líquido;
- FC = Fluxo de caixa;
- t = Ano atual;
- i = Taxa mínima de atratividade;
- n = Período de tempo.

Dessa forma, conforme evidenciado no quadro 4, o valor do VPL > 0, o TIR > i e o tempo de retorno do investimento < 1. Dessa forma, pode-se considerar que o investimento é bastante atrativo do ponto de vista financeiro.

Quadro 4 – Análise financeira do investimento.

<b>Investimento Inicial</b>	R\$ 81,620.00		
<b>Taxa de Desconto</b>	4.52%		
<b>Período (Ano)</b>	<b>Fluxo de Caixa</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>VP Acumulado</b>
0	-R\$ 81,620.00	-R\$ 81,620.00	-R\$ 81,620.00
1	R\$ 136,882.94	R\$ 130,963.39	R\$ 49,343.39
2	R\$ 136,882.94	R\$ 125,299.84	R\$ 174,643.24
3	R\$ 136,882.94	R\$ 119,881.21	R\$ 294,524.45
4	R\$ 136,882.94	R\$ 114,696.91	R\$ 409,221.36
5	R\$ 136,882.94	R\$ 109,736.81	R\$ 518,958.16
<b>Soma VPs (Ano 1 a 5)</b>	R\$ 600,578.16		
<b>VPL do Projeto</b>	R\$ 518,958.16		
<b>Taxa Interna de Retorno (TIR)</b>	166.46%		
<b>Taxa de Lucratividade</b>	7.36		
<b>Tempo de Payback</b>	0.62		

Fonte: Elaborado pelo autor

Com isso, fica clara a vantagem na substituição do modelo atual pelo proposto, haja vista que a economia de energia seria de quase 65%, com iluminação de melhor qualidade e com uma vida útil bem maior, diminuindo bastante o custo de substituição. O tempo de retorno do investimento também pode ser considerado bem curto, sendo de apenas 8 meses.

## 4.2 Sistema de Gestão de Energia

Indo então para a próxima etapa, o estudo focou em avaliar o sistema de gestão da empresa e se ele possui algum enfoque na melhoria contínua da eficiência energética da empresa.

Após uma primeira avaliação, foi constatado que a empresa não possui nenhuma iniciativa voltada para a gestão de energia, muito menos um sistema de gestão de energia implementado. Devido a isso, a fim de realmente criar uma preocupação constante no

gerenciamento da eficiência energética da empresa, se vê necessária a implementação de um sistema de gestão energética dedicado.

Porém, como lado positivo, pode-se destacar alguns pontos:

- A empresa já possui três certificados de gestão: ISO 9001:2015 (Qualidade e Satisfação do Cliente), ISO 14001:2015 (Gestão Ambiental) e ISO 45001:2015 (Saúde e Segurança do Trabalho). Devido a isso, já acontecem auditorias internas e externas esporadicamente em todos os setores, criando uma cultura de melhoria contínua entre todos os trabalhadores, através da manutenção e acompanhamento de indicadores, abertura de não conformidades de processo, entre outros.

- A empresa possui um setor e colaboradores dedicados à manutenção do sistema de gestão da empresa.

- A empresa possui um setor e colaboradores dedicados à instalação e manutenção de equipamentos elétricos no prédio, dessa forma, não haveria necessidade de custo de contratação de terceirizadas.

- Como se trata de uma indústria de fabricação de medidores eletrônicos de energia, torna-se mais simples o fornecimento de equipamentos necessários para fazer o acompanhamento da gestão energética da empresa.

- Além disso, a empresa possui um deadstock (equipamentos parados e sem uso) de medidores, que podem ser utilizados na implementação do sistema de gestão.

Sendo assim, a fim de implantar um sistema de gestão de energia, o ideal é utilizar como base a norma ISO 50001:2015, que se iguala em diversos pontos às normas já utilizadas na empresa estudada, pois também se baseia nos princípios de PDCA (Plan, Do, Check e Act) para manter um processo de melhoria contínua, mas, no caso, se tratando da eficiência energética da empresa.

Mesmo se baseando na norma da ISO, não é necessária a aquisição da certificação, principalmente considerando que a empresa estudada já possui três certificados de qualidade e um sistema integrado implementado. Como sugestão, é necessária apenas a complementação da gestão energética à gestão ambiental já implementada.

Para isso, faz-se necessário o monitoramento do consumo e gasto de energia em diversos setores da empresa, a fim de alimentar indicadores (que poderiam ser trimestrais) e acompanhar a melhoria dos processos. Para esse monitoramento, como a empresa possui um estoque de medidores parados (inclusive medidores inteligentes com funções de qualidade de energia, consumo de energia por horário, entre outros), eles podem ser instalados em pontos estratégicos, principalmente nas linhas de produção dos setores de PCI, SMT, PTH e Montagem.

Como sugestão de indicadores que podem ser utilizados para acompanhamento

do consumo de energia elétrica nas áreas da empresa, destacam-se:

- kWh/m<sup>3</sup>;
- kWh por funcionário;
- kWh por linha de produção;
- kWh por medidor produzido.

Com os medidores já instalados, os indicadores de consumo de energia deveriam ser criados se baseando em metas trimestrais de consumo de energia. Caso a meta não seja alcançada, um plano de ação seria elaborado pelo gestor da área para que, no próximo fechamento do indicador (três meses depois), a meta seja finalmente alcançada.

Além disso, após a aquisição dos dados através dos medidores instalados, entra-se na etapa de tratamento desses dados. Para isso, a empresa já conta com duas ferramentas criadas e gratuitas: o software Olimpo e o sistema EletraBI.

O primeiro é um software utilizado para leitura e geração de relatórios de consumo do medidor, onde os dados armazenados na memória de massa podem ser facilmente exportados utilizando filtros (como o tempo em que o indicador está sendo considerado).

O sistema EletraBI é um sistema de relatórios da empresa utilizado para geração de relatórios dos colaboradores (como índice de absenteísmo) e da produção (como quantidade de medidores produzidos por dia em cada linha).

Dessa forma, utilizando ambas essas ferramentas, o tratamento de dados para manutenção dos indicadores de gestão do consumo de energia elétrica se torna mais simples e didático, podendo ser realizado pelo próprio gestor da área.

Além disso, como sugestão, outra ação que também é adotada por muitas empresas público e privadas é a criação de uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE), cujas atribuições são: empreender ações visando conscientizar e envolver os colaboradores, fazer a manutenção e acompanhamento dos indicadores de consumo de energia, avaliar os resultados obtidos, detalhar metas a serem alcançadas, entre outros.

Porém, como pode-se observar, as atribuições da CICE se sobrepõem quase que totalmente com os colaboradores já presentes nos setores de SGI (Sistema de Gestão Integrado), Administração Predial e os próprios gestores dos setores. Dessa forma, como sugestão, o ideal é que os membros da CICE sejam esses próprios colaboradores, com a supervisão da alta direção da empresa.

Portanto, com pequenas ações como essas, um sistema de gestão de energia seria implementado, gerando com isso dados sólidos para análises futuras, que poderiam gerar mudanças de infraestrutura, de equipamentos, entre outros, diminuindo os custos de funcionamento da empresa e, conseqüentemente, do produto final.

### **4.3 Atividades de Capacitação e Sensibilização**

Tendo avaliado o sistema de gestão de energia, o estudo focou então em avaliar se a empresa promove capacitações e/ou campanhas de sensibilização voltadas para a gestão de energia da empresa, como palestras, informes educativos, capacitações, cursos, entre outros.

Após uma primeira avaliação, foi constatado que a empresa não possui nenhuma atividade de capacitação e/ou sensibilização voltada para a conservação de energia e, conseqüentemente, para a melhoria da eficiência energética. Dessa forma, faz-se necessária a implementação de tais ações.

Porém, como lado positivo, pode-se destacar que a empresa possui campanhas, informes, palestras, treinamentos e cursos voltados para outros temas do sistema de gestão integrado, mais notavelmente gestão de riscos, melhoria da qualidade de processos, conservação ambiental (mais precisamente diminuição no consumo de água e uso correto do lixo seletivo) e saúde e segurança do trabalho.

Como sugestão, recomenda-se que essas atividades sejam integradas às já existentes de conservação ambiental, utilizando informes por e-mail (ao menos mensais) com comportamentos positivos para uma melhor conservação de energia da empresa, além de promover treinamentos aos gestores sobre como alimentar indicadores e melhorar a eficiência energética, principalmente nos setores produtivos e logísticos.

### **4.4 Reuniões de Análise Crítica dos Resultados**

Por fim, conforme comentado no capítulo 3, o estudo focou em avaliar se existem reuniões de análise crítica dos resultados com a alta direção da empresa e, principalmente, se essas reuniões abordam temas voltados à conservação e eficiência do uso da energia elétrica.

Porém, após uma primeira análise, foi constatado que a empresa, apesar de teoricamente possuir reuniões de análise crítica, elas não possuem uma periodicidade definida, e isso seria algo que iria diretamente contra a ISO 50001:2015, norma sugerida como guia para a implantação do sistema de gestão da energia, no tópico 4.2.

Devido a isso, faz-se necessário que as reuniões aconteçam ao menos duas vezes ao ano, devido à empresa possuir mais de 20 setores e mais de 500 funcionários. As reuniões devem acontecer sempre com a presença dos gestores das áreas (que apresentam indicadores e as dificuldades em seus setores para atingir metas estipuladas) e a alta direção da empresa (que deve analisar e discutir melhorias para o alcance desses resultados).

Portanto, vê-se que a inclusão de temas relacionados a eficiência energética nas reuniões de análise crítica é uma ação simples de ser realizada, principalmente após a implantação das ações discutidas nos tópicos 4.2 e 4.3. Porém, conforme citado anteriormente, a única mudança necessária seria a periodicidade.

## 5 CONCLUSÕES

Conforme evidenciado no decorrer do estudo, uma das maneiras mais indicadas de enfrentar o crescente aumento no consumo de energia elétrica no Brasil é utilizando conceitos de eficiência energética, tanto devido à sua abrangência (podendo ser utilizada por distribuidoras e consumidores) quanto à sua acessibilidade, pois mudanças simples podem ter grande impacto e economia, além de poder ser realizado sem interferência governamental e/ou da concessionária de energia.

Sendo assim, tendo como base as informações coletadas para este estudo, algumas mudanças foram sugeridas, como:

- Substituição de lâmpadas por outras mais eficientes;
- Implantação de um sistema de gestão de consumo de energia;
- Oferta de cursos, palestras e treinamentos sobre eficiência energética aos colaboradores.
- Realização de reuniões de análise crítica com a alta direção da empresa.

Com isso, para o caso do sistema de iluminação, conclui-se que, com a lâmpada atualmente utilizada, há um consumo de 48,40 kWh, gerando um custo anual de R\$ 180.685,48. Ao substituí-la pela lâmpada TrueForce, da marca Philips, que foi a lâmpada sugerida neste estudo, haveria um consumo de 17,60 kWh, gerando um custo anual de R\$ 43.802,54. Para a substituição de todas as lâmpadas na área industrial analisada, o investimento necessário seria de R\$ 81.620,00 com um payback (retorno de investimento) de cerca de 8 meses.

Além das ações de retrofit, também foi avaliada a implantação de um sistema de gestão energética na empresa, baseado nos conceitos da ISO 50001:2015. Como a empresa avaliada já possui um sistema de gestão integrada (que inclui as certificações ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2015), já possui um setor responsável por sua gestão, é capaz de fabricar equipamentos para medição de energia e possui um estoque de medidores parados, a sua implementação se torna bem mais rápida e fácil do que em outras empresas, evidenciando como pontos positivos encontrados.

Além disso, ações de sensibilização sobre o uso racional da energia elétrica também devem ser implementadas, pois, conforme a empresa constatou com ações relacionadas à água, a conscientização dos colaboradores é uma ferramenta eficaz na luta contra o desperdício.

Outra ação importantíssima também discutida no capítulo 4 é a implantação de reuniões de análise crítica com a alta direção, cujo foco é discutir problemáticas atuais da empresa, entre elas o índice de eficiência energética. Como a empresa já possui reuniões costumeiras com a alta direção, foi discutido simplesmente a ideia de periodicidade ser trimestral, apresentando indicadores e planos de ação implementados através do sistema de

gestão energética.

Por fim, a partir dos dados analisados, conclui-se que medidas de substituição de equipamentos (ou retrofit) são ações simples e de boa viabilidade econômica quando se trata de eficiência energética. Além disso, as ações apresentadas demonstram grande potencial de economia de energia e possuem grande relevância no cenário industrial, atingindo assim os objetivos propostos.

## 6 REFERÊNCIAS

ANEEL. **Programa de Eficiência Energética - Agência Nacional de Energia Elétrica.** [S.l.], 2009.

ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE.** [S.l.], 2013.

PANESI, A. R. Q. **Fundamentos de Eficiência Energética.** São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

COSTA, G. J. C. d. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação.** [S.l.]: EDIPUCRS, 2006. v. 4.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é eficiência Energética.** 2018. Disponível em: <[http://www.inee.org.br/eficiencia\\_o\\_que\\_eh.asp?Cat=eficiencia](http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia)>. Acesso em: 20 fev. 2021.

PNE - 2030 - EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGETICA. **Plano Nacional de Energia - 2030.** Rio de Janeiro, 2016.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de avaliação de eficiência energética do envoltório de edificações não-residenciais.** 2008. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

DIAS, Rubens Alves et AL. **Conservação de energia: conceitos e sociedade.** Disponível em: <[WWW.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/Com\\_em.htm](http://WWW.nepet.ufsc.br/Artigos/Texto/Com_em.htm)>. Acesso em: 20 fev. 2021

PROCEL - ELETROBRÁS. **Resultados do PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.** [S.l.], 2009.

MAMMEDE, João. **“Economia de energia elétrica na indústria e comércio”.** Mundo Elétrico, São Paulo, n. 344, jun. 1988, PP. 51-55.

CAMPOS, Érick Thomas de Sousa. **Luminosidade, cores e fotometria.** 2017. 48 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Naturais, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica-interativo>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

WEG. **Indústria mais eficiente.** Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h8b/h57/WEG-industria-eficiente-estudo-decaso-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2021.

ENEL. Investimos R\$ 1,97 milhão em obras de eficiência energética na Universidade de São Paulo. Disponível em: < <https://www.enel.com.br/pt-ceara/midia/news/d202104-investimos-1-97-milhao-em-obras-de-eficiencia-energetica-na-universidade-de-sao-paulo.html>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

ENEL. Celebramos o dia mundial da eficiência energética com a entrega de R\$ 70 milhões em obras e projetos em 2020. Disponível em: < <https://www.enel.com.br/pt-ceara/midia/news/d202103-celebramos-o-dia-mundial-da-eficiencia-energetica-com-a-entrega-70-milhoes-em-obras-e-projetos-em-20201.html>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

Canal Energia. Enel lança edital de R\$ 18,5 mi para eficiência energética. Disponível em: < <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53154442/enel-lanca-edital-de-r-185-mi-para-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

ENEL X. Eficiência Energética. Disponível em: < <https://www.enelx.com/br/pt/para-empresas/eficiencia-energetica>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

ENEL. Projetos de Eficiência Energética. Disponível em: < <https://www.peeenel.com.br>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

PROCEL. Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Disponível em: < <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

BROX, Jane. Brilliant: The Evolution of Artificial Light. Houghton Mifflin Harcourt, 2010.

ANNEL (1999). Agência Nacional de Energia Elétrica Relatório Síntese dos Programas de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica. Ciclo 1999/2000. Brasília, DF.

FUPAI. Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos. Itajubá: FUPAI, 2001.

PROCEL - Programa Nacional de conservação de Energia Elétrica. “Manual de conservação de energia elétrica” – CICE.

FREITAS, Paula Campos Fadul de. Luminotécnica e lâmpadas elétricas. 2016. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

ENEL. Dicas de Economia. Disponível em: <<https://www.eneldistribuicao.com.br/corporativo-poder-publico/dicas-de-economia>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

Treasy. Veja como o Valor Presente Líquido (VPL) ajuda na análise de viabilidade de um investimento. Disponível em: < <https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl/>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

Treasy. Taxa Interna de Retorno: como a TIR é aplicada na análise de viabilidade de investimento em um projeto?. Disponível em: < <https://www.treasy.com.br/blog/taxa-interna-de-retorno-tir/>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

Dicionário Financeiro. O que é VPL e como calcular. Disponível em: <<https://www.dicionariofinanceiro.com/valor-presente-liquido/>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

Dicionário Financeiro. O que é TIR e como calcular. Disponível em: < <https://www.dicionariofinanceiro.com/tir-taxa-interna-retorno/>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

MOTA, Régis, CALÔBA, Guilherme. Análise de Investimentos. São Paulo: Atlas, 2002.

CASAROTTO, Nelson Filho, KOPITTKE, Bruno Hartmut. Análise de Investimentos. São Paulo. Editora Atlas, 1998.