

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA / ENGENHARIA ELÉTRICA
Trabalho Final de Curso II

Glauber Alves dos Santos

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ILUMINAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS
DE LIMPEZA

Trabalho Final de Curso como parte dos requisitos para
obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de
Goiás.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Antônio Marcos Melo Medeiros – Orientador. PUC-GO.
Prof. Dr. Bruno Quirino de Oliveira. PUC-GO.
Prof. Dr. Marcos Antônio de Sousa. PUC-GO.

Goiânia, 01 de dezembro de 2021.

Eficiência Energética da Iluminação em uma Indústria de Produtos de Limpeza

Santos G. A., Medeiros A. M. M., Oliveira B. Q., Sousa M. A., Escola Politécnica, PUC-GO

Resumo—De todos os setores, a indústria é o que mais consome energia elétrica, o que chega a corresponder a um terço do consumo final da energia total consumida no país. Promover a economia e eficiência energética na indústria tornou-se algo estimulado inclusive como um instrumento de competitividade no mercado através da busca pela produção com o menor consumo de energia e menor emissão de poluentes. Esse trabalho aborda fundamentos para promover a avaliação energética de uma indústria com o objetivo de reduzir os gastos com energia elétrica na instalação, especificamente sobre o seu sistema de iluminação. Serão abordados os fundamentos da eficiência energética, eficiência dos equipamentos do sistema de iluminação, proposta de melhoria e análise de indicadores econômicos de viabilidade de projetos.

Palavras-chave—economia. energia. economia de energia. eficiência. energética. eficiência energética. indústria.

Abstract—Of all sectors, industry consumes the most electricity, which corresponds to one third of the final consumption of the total energy consumed in the country. Promoting energy savings and efficiency in industry has become something that has been encouraged, including as an instrument of competitiveness in the market through the search for production with less energy consumption and less emission of pollutants. This work addresses fundamentals to promote the energy assessment of an industry with the objective of reducing the expenses with electrical energy in the installation, specifically on its lighting system. The fundamentals of energy efficiency, efficiency of lighting system equipment, proposal for improvement and analysis of economic indicators of project feasibility will be addressed.

Keywords—economics. energy. energy saving. efficiency. energy. energy efficiency. industry.

I. INTRODUÇÃO

ENERGIA elétrica é um bem essencial e indispensável ao homem. A população cresce e suas demandas também, quanto mais pessoas mais necessidade de consumir energia. Porém, os recursos para geração de energia vão se esgotando ou se tornando mais caros, tornando cada vez mais necessário o uso consciente da energia e a busca por fontes alternativas e viáveis para sua produção.

A eficiência no uso da energia entrou na agenda mundial a partir dos choques no preço do petróleo dos anos 1970, quando ficou claro que o uso das reservas de recursos fósseis teria custos crescentes, seja do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista ambiental. Logo se reconheceu que um mesmo serviço poderia ser obtido com menor gasto de energia e, conseqüentemente com menores impactos econômicos, ambientais, sociais e culturais. Equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser analisados em termos da conservação da energia tendo sido demonstrado que, de fato, muitas iniciativas que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis, ou seja, o custo de sua implantação é menor do que o custo de produzir ou adquirir a energia cujo consumo é evitado (EPE, 2010, on-line).

O setor industrial consome aproximadamente um terço da energia final para atendimento de seus processos produtivos (EPE, 2020, on-line). O consumo final da maior parte de toda a energia elétrica nacional é da indústria. O estudo e implantação da eficiência energética é uma ferramenta crítica para reduzir o desperdício, as emissões de carbono e a poluição do ar.

Geralmente a iluminação participa com uma pequena parte do consumo de energia elétrica nas indústrias, porém existem grandes possibilidades para obter uma redução de consumo de energia (COPEL, 2005, on-line). Diante da condição exposta, esse trabalho busca fazer um estudo sobre a eficiência energética em uma indústria, e apontar melhorias em eficiência energética do seu sistema de iluminação.

Para planejar o sistema de energia de uma empresa é necessário prever o consumo. Isso é feito por meio da identificação das principais variáveis que interferem no uso de energia, a partir de um levantamento de dados que ofereçam uma base estatística (DAU, 2021, on-line).

Existe uma constante necessidade da indústria de sempre melhorar os seus processos para que possa produzir da forma mais limpa e eficiente possível. A escolha do sistema de iluminação neste trabalho veio da sua importância na contribuição da formação dos custos que a indústria possui com energia elétrica, além de serem pontos onde a modernização do sistema se fazia necessários.

A economia de energia em ações de eficiência energética no setor industrial gera benefícios para toda a sociedade. Na análise de 217 projetos de eficiência energética de 13 setores industriais, o custo médio do MWh economizado foi de R\$ 79/MWh. Considerando o custo marginal de expansão do sistema de energia elétrica estimado pela Empresa de Pesquisas Energéticas em R\$ 138/MWh no Plano Decenal 2007/2016, a diferença entre estes dois valores é o ganho médio dos projetos. A economia obtida possibilita ao

governo e ao empresário direcionar recursos para outras prioridades. Ações de eficiência energética agregam importantes ganhos sociais, ambientais e de competitividade (CNI, 2009, on-line).

O objetivo desse trabalho é demonstrar que há possibilidades de redução do consumo de energia com a eficiência da iluminação e como impacta positivamente para a indústria e toda a cadeia produtiva não só industrial, mas todos os setores produtivos e a sociedade.

II. DESENVOLVIMENTO

Eficiência significa fazer mais (ou, pelo menos, a mesma coisa) com menos, mantendo o conforto e a qualidade. Quando se discute energia, eficiência energética significa gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais ou obter o mesmo serviço ("realizar trabalho") com menos energia (EPE, 2021, on-line).

De acordo com o Manual de Eficiência Energética na Indústria da Companhia Paranaense de Energia – COPEL, o acompanhamento do consumo de eletricidade visa principalmente conhecer em detalhes as despesas mensais com esse insumo, verificar sua evolução ao longo do tempo e identificar as ações que possam ser adotadas para minimizar os dispêndios com esse item.

Diversas iniciativas sistematizadas vêm sendo empreendidas no Brasil há mais de 30 anos e podemos destacar o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cuja coordenação executiva está a cargo das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás).

A. Fundamentação teórica

De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030 a iluminação artificial foi responsável por 17% do consumo final de energia elétrica no Brasil em 2005 (EPE, 2007, on-line). Um sistema de iluminação é definido como todos os componentes necessários para atender aos requisitos da iluminação. O bom desempenho de um sistema de iluminação depende de cuidados que se iniciam no projeto elétrico, envolvendo informações sobre luminárias, perfil de utilização, ou tipo de atividade a ser exercida (CNI, 2015, on-line).

Segundo (MATTEDE, 2021, on-line) grandeza é algo que pode ser medido, mensurado, e neste contexto uma medida é uma comparação com um parâmetro pré-estabelecido. Em elétrica existem muitas grandezas como corrente elétrica, tensão elétrica, potência elétrica e muitas outras, algumas um pouco menos conhecidas, mas importantes, é o caso da luminotécnica, área da elétrica que trata dos assuntos referentes à iluminação.

A seguir, citaremos as unidades fotométricas mais usuais (COPEL, 2005, on-line):

a) **Fluxo Luminoso:** é o fluxo de energia luminosa emitido em todas as direções por uma fonte no espaço. **Exemplo:**

- lâmpada a vapor de mercúrio de 250 watts produz 12.500 lúmens;

b) **Eficiência Luminosa:** é a relação entre a quantidade de lúmens produzidos por uma lâmpada e a potência (watts) da lâmpada. **Exemplo:**

- lâmpada a vapor de mercúrio = 12.500 lúmens / 250 watts = 50,0 lúmens / watt

c) **Iluminância:** é o fluxo luminoso incidente por uma unidade de área de uma superfície iluminada, medida em lux. Os exemplos abaixo dão uma ideia de ordem de grandeza.

- luz das estrelas: 0,002 lux

- luar: 0,2 lux

d) **Refletância:** relação entre o fluxo luminoso refletido e o fluxo luminoso incidente sobre uma superfície. É medida geralmente em porcentagem. **Exemplo:**

- a refletância do papel branco é da ordem de 70%.

Para que se tenha luz a partir da eletricidade é preciso que se tenha a lâmpada, um dispositivo destinado a produzir luz e que serve para iluminar. São vários os tipos de lâmpadas e suas aplicações. A tabela 9 do Manual de Eficiência Energética na Indústria da Companhia Paranaense de Energia – COPEL trás uma relação dos tipos de lâmpadas e suas aplicações, e podemos verificar que para iluminação de interiores, Galpões, as lâmpadas indicadas são: fluorescentes, vapor de mercúrio, vapor de sódio alta pressão. Para iluminação de exteriores, Pátios, a recomendação é vapor de mercúrio, multi-vapor metálico, luz mista, vapor de sódio alta pressão, halogênio.

As lâmpadas mais usuais no galpão industrial estudado são as de vapor de mercúrio, as de vapor de sódio a alta pressão e as mistas (essas últimas não indicadas para essa aplicação). Vale lembrar que as lâmpadas incandescentes são os modelos mais antigos, mas não são mencionados aqui porque há muito tempo deixaram de ser usadas devido à sua baixa eficiência (gastam muita energia e produzem pouca luz). Serão destacadas a seguir as características das lâmpadas mais utilizadas na indústria e do componente reator:

Fluorescentes: são lâmpadas que utilizam descarga elétrica através de gás. Consiste em um bulbo cilíndrico de vidro revestido de material fluorescente (cristais de fósforo), contendo vapor de mercúrio a baixa pressão em seu interior e portando em suas extremidades eletrodos de tungstênio. Com relação à cor irradiada podem ser encontradas em diversas tonalidades, dependendo do fabricante. Dessa forma, conforme a finalidade deverá ser aplicada o tipo de lâmpada adequada. As lâmpadas fluorescentes são usadas na iluminação em geral e necessitam, para o seu funcionamento, de reator: para produzir a sobretensão necessária ao início da descarga e para limitar a corrente (COPEL, 2005, on-line).

Figura 1 - lâmpada fluorescente



Fonte: CMECOMERCIAL (2021)

Vapor de Mercúrio: com bulbo semelhante ao das incandescentes, operam como as fluorescentes, através da descarga elétrica numa mistura de vapor de mercúrio com pequena quantidade de argônio, atingindo altas pressões internas durante o funcionamento. A descarga em alta pressão de mercúrio produz radiações visíveis e ultravioletas invisíveis, sendo esta última convertida em luz pelo pó fluorescente que recobre internamente o bulbo, aumentando assim a eficiência da lâmpada. Necessita para seu funcionamento de um reator e, em alguns casos, de ignitor. São muito usadas na iluminação pública e na iluminação de pátios, estacionamentos, áreas livres, depósitos, onde a

reprodução precisa de cores não é exigida. É recomendável o seu uso na área industrial (COPEL, 2005, on-line).

Figura 2 - lâmpada vapor de mercúrio



Fonte: Dimensional (2021)

Vapor de Sódio a Alta Pressão: consistem de um tubo de descarga de óxido de alumínio sintetizado, contendo sódio a alta pressão, encapsulado por um bulbo tubular ou ovoide recoberto por uma camada de pó difusor. Dependem de sistema externo de ignição, embora para simplificar o seu emprego em substituição às lâmpadas a vapor de mercúrio, alguns modelos dispensem o ignitor. Têm longa vida e altíssima eficiência luminosa. São usadas em iluminação pública, estacionamentos, pátios, depósitos, fachadas, etc. Emitem uma luz branca-dourada (COPEL, 2005, on-line).

Figura 3 - lâmpada vapor de sódio a alta pressão



Fonte: LOJAELETRICA (2021)

Reator: As lâmpadas fluorescentes, a vapor de mercúrio e a vapor de sódio necessitam, para o seu funcionamento, a instalação de reatores.

Lâmpadas LED (Lighting Emitted Diodes) convertem energia elétrica diretamente em energia luminosa, através de pequenos chips. Seu sucesso se deve ao seu baixíssimo consumo de energia, inferior inclusive ao das fluorescentes e até 85% menor que o das incandescentes. É um produto ecologicamente correto, pois além de seu baixo consumo de energia, apresenta uma vida extremamente longa (15.000 horas). Utilizam baixa tensão de rede (10V ou 24V), logo necessitam de transformadores para converterem a energia. Devido à alta eficiência e ao baixo consumo estão substituindo as lâmpadas fluorescentes no uso residencial. Os LEDs costumam compensar no custo benefício porque reduzem a conta de energia e duram muito, exigindo pouca manutenção (Center Fertin, 2016, on-line)

B. Eficiência energética em iluminação

As técnicas de iluminação têm sofrido um progresso acelerado em termos de eficiência energética nas últimas décadas, não só em termos de lâmpadas mais eficientes, como em reatores, luminárias e controles (EPE, 2007, on-line).

Conforme sugere o Manual de Eficiência Energética na Indústria da Companhia Paranaense de Energia – COPEL é recomendável que os novos projetos de iluminação considerem os seguintes pontos para obtenção de maior eficiência:

- máximo aproveitamento da luz natural;
- determinação de áreas efetivas de utilização;

- nível de iluminação adequado ao trabalho, solicitado conforme recomenda a Norma Brasileira NBR-5413 (Iluminância de Interiores);
 - circuitos independentes para utilização de iluminação parcial e por setores;
 - iluminação localizada e pontos especiais como: máquinas operatrizes, pranchetas de desenho, etc.;
 - sistemas que permitam desviar o calor gerado pela iluminação para fora do ambiente, visando reduzir a carga térmica dos condicionadores de ar;
 - seleção cuidadosa de lâmpadas e luminárias, buscando conforto visual com mínima carga térmica ambiental;
 - utilização de luminárias espelhadas, também chamadas de alta eficiência;
 - seleção cuidadosa dos reatores buscando a redução das perdas e fator de potência mais alto;
 - utilização de relés fotoelétricos para controlar o número de lâmpadas acesas, em função da luz natural no local.
- O sistema de iluminação de um local de trabalho deve proporcionar:
- luz uniforme sobre todos os planos de trabalho;
 - luz suficientemente difusa, bem dirigida e distribuída para evitar sombras e contrastes nocivos;
 - iluminação adequada com um mínimo de ofuscamento, direto ou refletido;
 - reprodução de cor compatível com a natureza do trabalho.

De acordo com CORTELLETTI (2015, p. 32, on-line), após a análise de onze documentos e materiais elaborados com o intuito de promover ações de eficiência energética na indústria, foram identificados como pontos relevantes e comuns relacionados às práticas e sugestões de melhoria: aproveitamento de iluminação natural (sete dos onze documentos), iluminação: lâmpadas mais eficientes (todos os documentos) e melhoria da iluminação ambiente (seis dos onze documentos).

C. Parâmetros para medir a eficiência energética

De acordo com COPEL (2005, on-line) parâmetros estabelecidos norteiam a visão a respeito daquilo que se deseja monitorar. Para o acompanhamento do consumo de energia, uma forma de se fazer isso é o estabelecimento de índices que indiquem a quantidade de energia necessária para cada produto manufaturado pela empresa como, por exemplo:

- kWh por quilograma de peça tratada;
- kWh por metro de produto;
- kWh por unidade produzida;
- kWh por metro cúbico de produto;
- kWh por litro de produto.

O índice escolhido deve ter condição de refletir a realidade de consumo específico e, uma vez escolhido, deve-se acompanhá-lo ao longo do tempo, estabelecendo parâmetros de valores máximos e mínimos admissíveis (COPEL, 2005, on-line).

Compreendemos então que as medidas para eficiência energética são ações que podem ser tomadas para gerar uma diminuição dos gastos com energia, ou seja, são ações que desenvolvem a eficiência energética que por consequência nos mostra a oportunidade para economia de energia. Durante o estudo de eficiência energética deve-se identificar todas as medidas para eficiência energética aplicáveis na instalação industrial que é objeto de estudo.

Segundo Nascimento (2014, p. 17, on-line) Dos principais objetivos da análise de eficiência energética, destaca-se: a quantificação dos consumos energéticos por instalação global, principais ações e equipamentos e a sua importância no custo final do(s) produto(s); a inspeção visual dos equipamentos e/ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias; levantamento e caracterização detalhada dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo, aqueles com maior peso em termos de potência instalada, quer elétrica ou térmica; verificar os estado das instalações de transporte de distribuição de energia; determinar consumos específicos de energia durante o período de inspeção, para posterior comparação com os valores médios mensais e anuais e detecção de eventuais variações sazonais; identificar e quantificar as possíveis áreas onde economias de energia são viáveis, como resultado das situações encontradas, das anomalias detectadas ou das medições efetuadas; definir intervenções com viabilidade técnico-econômica, condizentes ao aumento da eficiência energética e/ou a redução da fatura energética; definir as linhas orientadoras para a implementação ou melhoria de um esquema operacional de Gestão de Energia (*apud* DGGE, 2008).

Ainda segundo Nascimento (2014, p. 18, on-line) a inspeção completa permite monitorizar os sistemas. Ela consiste em um levantamento aprofundado da situação energética, analisam-se as quantidades de energia utilizadas em cada uma das operações do processo fabril. A função desse tipo de inspeção é apoiar o empresário ou gestor de energia na seleção tecnológica mais adequada para possíveis investimentos em uma utilização racional da energia. Os dados recolhidos numa auditoria energética permitem estabelecer um conjunto de medidas conducentes à dedução dos consumos energéticos da empresa (*apud* GASPARG, 2004).

E de acordo com o Manual de Eficiência Energética na Indústria da Companhia Paranaense de Energia – COPEL é importante que as contas de energia sejam analisadas pelas áreas técnicas da empresa como, por exemplo, a manutenção ou a produção, e não somente pelas áreas administrativas responsáveis pelo seu pagamento e contabilização.

III. METODOLOGIA

A. Estudo do caso

Foi realizado um estudo de viabilidade para a substituição do sistema de iluminação de uma indústria de produtos de limpeza localizado na cidade de Goiânia - GO.

O sistema de iluminação dessa indústria foi levantado observando-se os modelos das lâmpadas e as quantidades existentes para determinar a carga instalada e o consumo do sistema de iluminação. O sistema da área estudada é baseado em lâmpadas de vapor de mercúrio, mistas e fluorescentes tubulares. A planta produtiva tem quinze áreas: Galpão Sintéticos, Área de Tanques, Almoarifado Saída de Páletes, Galpão CD, Central de Resíduos, Área de Lazer, Doca Galpão Lã de Aço, Fábrica de Lã de Aço, Almoarifado Lã de Aço, Almoarifado Materiais e Peças, Almoarifado de Arame, Sala Gerência, Banheiros, Guarita, Iluminação Externa.

A empresa recebe tensão primária em 13,8 kV através da rede da concessionária (não é rede exclusiva) e está enquadrada na modalidade de consumidor livre de energia, e, por essa razão, o valor do kWh pago é fixado em R\$ 0,41.

O mercado livre de energia é um ambiente de negócios onde vendedores e compradores negociam entre si as condições de contratação de energia. O mercado livre tem dois tipos de consumidores: livres e especiais. Os chamados consumidores livres devem possuir, no mínimo, 2.000 kW de demanda contratada de energia proveniente de qualquer fonte de geração de energia. Os chamados consumidores especiais, o consumo deverá ser igual ou maior que 500 kW e menor que 2.500 kW. Neste caso, a energia comercializada deverá ser oriunda de fontes especiais, tais como: eólica, solar, biomassa pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) ou hidráulica de empreendimentos com potência inferior ou igual a 50.000 kW (ABRACEEL, 2020, on-line).

Para cada área da empresa estudada as quantidades de lâmpadas foram levantadas conforme a tabela 1 a seguir. Ao todo são 367 luminárias. A potência instalada da iluminação que é de 142,7 kW.

Tabela 1 - composição do sistema de iluminação da empresa

ITEM	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE LUMINÁRIA	QTD. LUMINÁRIAS	POTÊNCIA (W)	QTD. LÂMPADAS	POTÊNCIA REATOR (W)	POTÊNCIA INSTALADA (kW)
1	GALPÃO DE SINTÉTICOS	Pendente	45	400	45	40	19,8
		Refletor	10	400	10	40	4,4
		Refletor	5	150	5	15	0,8
2	ALMOXARIFADO SAÍDA DE PÁLETES	Pendente	12	250	12	25	3,3
		Pendente	67	400	67	40	29,5
3	GALPÃO CD	Refletor	1	150	1	15	0,2
		Pendente	20	250	20	25	5,5
4	DOCA GALPÃO LÃ DE AÇO	Pendente	10	150	10	15	1,7
		Pendente	101	400	101	40	44,4
5	FÁBRICA LÃ DE AÇO	Pendente	21	400	21	40	9,2
		Pendente	8	400	8	40	3,5
6	ALMOXARIFADO LÃ	Pendente	8	400	8	40	3,5
		Pendente	12	400	12	40	5,3
7	ALMOXARIFADO MATERIAIS E PEÇAS	Pendente	12	400	12	40	5,3
		Pendente	55	250	55	25	15,1
8	ALMOXARIFADO DE ARAME	Pendente	55	250	55	25	15,1
		ILUMINAÇÃO EXTERNA	Poste	55	250	55	25
			TOTAL	367	TOTAL	367	TOTAL
							142,7

Fonte: própria (2021)

Os circuitos elétricos são independentes por linhas de produção e isso permite acionamentos do sistema de individualmente acordo com a necessidade da equipe de produção.

Figura 4 - sistema de iluminação da fábrica lã de aço



Fonte: própria (2021)

Os galpões contam com telhas translúcidas para iluminação natural em vários pontos do telhado o que permite que por pelo menos 8h por dia seja possível manter a iluminação artificial desligada, figuras 4 e 5.

Figura 5 - detalhe das telhas translúcidas



Fonte: própria (2021)

As luminárias para lâmpadas a vapor de mercúrio utilizadas são conforme o modelo da figura 6:

Figura 6 - luminária utilizada



Fonte: Naville (2020)

Os refletores utilizados na empresa em estudo são conforme o modelo da figura 7:

Figura 7 - refletor utilizado



Fonte: LOJAELECTRICA (2021)

As luminárias públicas para poste utilizados na empresa são conforme o modelo da figura 8 a seguir:

Figura 8 - luminária pública utilizada



Fonte: LOJAELECTRICA (2021)

A empresa opera de segunda-feira a sábado. A iluminação está programada para ligar automaticamente a partir das 17h e se desligar às 08h, ou seja, a iluminação fica em operação por pelo menos 15h por dia, de segunda-feira a sábado. Quando ocorre de o dia ficar nublado o sistema de iluminação é acionado manualmente por um electricista dentro de um centro de comando de motores onde está instalado o painel geral da iluminação. Considerando que haverá dias nublados foi estimado para o cálculo o uso da iluminação em 18h por dia. Considerando ainda para o cálculo da quantidade de horas em uso o mês com 30 dias e que ocorrem quatro domingos, a iluminação interna fica em operação por 26 dias. A iluminação externa é acionada por relé fotoelétrico e funciona de segunda-feira a domingo 12h por dia, considerando das 19h às 07h o período sem sol, e

para o cálculo será considerado 30 dias.

$$\text{Uso mensal da iluminação interna} = 18h \times 26 \text{ dias} = 468h \quad (1)$$

$$\text{Uso mensal da iluminação externa} = 12h \times 30 \text{ dias} = 360h \quad (2)$$

Então, o uso total da iluminação é de 828h mensais (interna + externa) e anual (12 meses) corresponde a 9 936h. Com as informações de quantidade de horas em uso e as informações da Tabela 1 podemos aplicar a fórmula do consumo em kWh:

$$\text{Consumo (kWh)} = \frac{\text{Potência (W)} \times \text{Horas (h)} \times \text{dias}}{1000} \quad (3)$$

$$\text{Consumo mensal(kWh)} = \frac{142.700W \times 828}{1000} = 118.155,4 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo mensal (kWh)} = 118.155,4 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo anual (kWh)} = 1.417,86 \text{ MWh}$$

Considerando ainda que o custo do kWh para a empresa é de R\$ 0,41 por ela ser um consumidor livre, a despesa mensal da empresa com a iluminação é em (R\$):

$$\begin{aligned} \text{Custo mensal (R\$)} &= \\ \text{Consumo mensal (R\$)} \times \text{custo (kWh)} & \quad (4) \end{aligned}$$

$$\text{Custo mensal (R\$)} = 48.443,71$$

$$\text{Custo anual (R\$)} = 581.324,57$$

A empresa forneceu sua última Nota Fiscal de Compra de Energia de uso de toda a fábrica e que servirá de base para calcular a parcela do seu gasto mensal com iluminação.

Figura 9 - Nota Fiscal de compra de energia para o mês

EGP CACHOEIRA DOURADA S.A.				DANFE																																																																																															
Rodovia GO 206				Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica																																																																																															
ZONA RURAL CACHOEIRA DOURADA GO				0 - ENTRADA																																																																																															
CEP: 75500-000				1 - SAÍDA																																																																																															
FONE: 643434000				Nº 22346																																																																																															
				SERIE: 1																																																																																															
				VOLUME: 1 / 1																																																																																															
NATUREZA DA OPERAÇÃO: VENDA DE ENERGIA ELÉTRICA E DISTRIBUIÇÃO				PROTOCOLO DE AUTORIZAÇÃO DE USO																																																																																															
INSCRIÇÃO ESTADUAL: 10.2911592				CNPJ: 01.872.223-0001-68																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NOME DO CONTRATANTE</th> <th>CNPJ</th> <th>DATA DE EMISSÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> </tr> <tr> <th colspan="2">NOME DO EMPREENSARIO</th> <th>CPF</th> <th>DATA DE EMISSÃO</th> </tr> <tr> <td colspan="2">[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> </tr> <tr> <th colspan="2">MUNICÍPIO</th> <th>MUNICÍPIO</th> <th>UF</th> </tr> <tr> <td colspan="2">[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> </tr> <tr> <th colspan="2">CNPJ</th> <th>UF</th> <th>INDICAÇÃO FISCAL</th> </tr> <tr> <td colspan="2">[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> </tr> <tr> <th colspan="2">CNPJ</th> <th>UF</th> <th>INDICAÇÃO FISCAL</th> </tr> <tr> <td colspan="2">[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> <td>[REDACTED]</td> </tr> <tr> <th colspan="2">FATURA EMPREENSARIA</th> <th>VALOR</th> <th>VENCIMENTO</th> <th>VALOR</th> <th>VENCIMENTO</th> <th>VALOR</th> <th>VENCIMENTO</th> </tr> <tr> <td>001</td> <td>[REDACTED]</td> <td>134.529,08</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CÁLCULO DO IMPOSTO</th> </tr> <tr> <th>BASE DE CÁLCULO DO IPI</th> <th>VALOR DO IPI</th> <th>BASE DE CÁLCULO DO ICMS SUBSTITUCÃO</th> <th>VALOR DO ICMS SUBSTITUCÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <th>VALOR DO ICMS</th> <th>VALOR DO ICMS</th> <th>VALOR DO ICMS</th> <th>VALOR DO ICMS</th> </tr> <tr> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <th colspan="4">VALOR TOTAL DAS NOTAS</th> </tr> <tr> <td colspan="4">134.529,08</td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody> </table>								NOME DO CONTRATANTE		CNPJ	DATA DE EMISSÃO	[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	NOME DO EMPREENSARIO		CPF	DATA DE EMISSÃO	[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	MUNICÍPIO		MUNICÍPIO	UF	[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	CNPJ		UF	INDICAÇÃO FISCAL	[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	CNPJ		UF	INDICAÇÃO FISCAL	[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]	FATURA EMPREENSARIA		VALOR	VENCIMENTO	VALOR	VENCIMENTO	VALOR	VENCIMENTO	001	[REDACTED]	134.529,08						<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CÁLCULO DO IMPOSTO</th> </tr> <tr> <th>BASE DE CÁLCULO DO IPI</th> <th>VALOR DO IPI</th> <th>BASE DE CÁLCULO DO ICMS SUBSTITUCÃO</th> <th>VALOR DO ICMS SUBSTITUCÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <th>VALOR DO ICMS</th> <th>VALOR DO ICMS</th> <th>VALOR DO ICMS</th> <th>VALOR DO ICMS</th> </tr> <tr> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <th colspan="4">VALOR TOTAL DAS NOTAS</th> </tr> <tr> <td colspan="4">134.529,08</td> </tr> </tbody> </table>								CÁLCULO DO IMPOSTO				BASE DE CÁLCULO DO IPI	VALOR DO IPI	BASE DE CÁLCULO DO ICMS SUBSTITUCÃO	VALOR DO ICMS SUBSTITUCÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	0,00	0,00	0,00	0,00	VALOR TOTAL DAS NOTAS				134.529,08			
NOME DO CONTRATANTE		CNPJ	DATA DE EMISSÃO																																																																																																
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]																																																																																																
NOME DO EMPREENSARIO		CPF	DATA DE EMISSÃO																																																																																																
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]																																																																																																
MUNICÍPIO		MUNICÍPIO	UF																																																																																																
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]																																																																																																
CNPJ		UF	INDICAÇÃO FISCAL																																																																																																
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]																																																																																																
CNPJ		UF	INDICAÇÃO FISCAL																																																																																																
[REDACTED]		[REDACTED]	[REDACTED]																																																																																																
FATURA EMPREENSARIA		VALOR	VENCIMENTO	VALOR	VENCIMENTO	VALOR	VENCIMENTO																																																																																												
001	[REDACTED]	134.529,08																																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CÁLCULO DO IMPOSTO</th> </tr> <tr> <th>BASE DE CÁLCULO DO IPI</th> <th>VALOR DO IPI</th> <th>BASE DE CÁLCULO DO ICMS SUBSTITUCÃO</th> <th>VALOR DO ICMS SUBSTITUCÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <th>VALOR DO ICMS</th> <th>VALOR DO ICMS</th> <th>VALOR DO ICMS</th> <th>VALOR DO ICMS</th> </tr> <tr> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <th colspan="4">VALOR TOTAL DAS NOTAS</th> </tr> <tr> <td colspan="4">134.529,08</td> </tr> </tbody> </table>								CÁLCULO DO IMPOSTO				BASE DE CÁLCULO DO IPI	VALOR DO IPI	BASE DE CÁLCULO DO ICMS SUBSTITUCÃO	VALOR DO ICMS SUBSTITUCÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	0,00	0,00	0,00	0,00	VALOR TOTAL DAS NOTAS				134.529,08																																																																			
CÁLCULO DO IMPOSTO																																																																																																			
BASE DE CÁLCULO DO IPI	VALOR DO IPI	BASE DE CÁLCULO DO ICMS SUBSTITUCÃO	VALOR DO ICMS SUBSTITUCÃO																																																																																																
0,00	0,00	0,00	0,00																																																																																																
VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS	VALOR DO ICMS																																																																																																
0,00	0,00	0,00	0,00																																																																																																
VALOR TOTAL DAS NOTAS																																																																																																			
134.529,08																																																																																																			

Fonte: indústria objeto de estudo (2021)

Baseado nos dados anteriores, a tabela 2 mostra todos os dados estudados de forma compacta:

Tabela 2 – dados mensais da empresa	
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL	
POTÊNCIA INSTALADA	142,7 kW
CONSUMO MENSAL DE ENERGIA	118155,4 kWh
CUSTO MENSAL	R\$ 48.443,71
PERCENTUAL DO CUSTO NA FATURA DE ENERGIA	36,01%

Fonte: própria (2021)

Tabela 3 - dados anuais da empresa

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL	
POTÊNCIA INSTALADA	142,7 kW
CONSUMO ANUAL DE ENERGIA	1417,86 MWh
CUSTO ANUAL	581.324,57
PERCENTUAL DO CUSTO NA FATURA DE ENERGIA	36,01%

Fonte: própria (2021)

B. Solução preliminar

O projeto atual da empresa já contempla algumas características que contribuem para eficiência energética no sistema de iluminação como o aproveitamento da luz natural, circuitos independentes para utilização e sistemas que permitam desviar o calor gerado pela iluminação para fora do ambiente.

Para a elaboração de uma solução foi realizado um levantamento de toda a carga e das luminárias e lâmpadas instaladas e foi utilizada a tabela de equivalências Watts/Lumens disponibilizada pela HCM Lda, para definir qual a lâmpada equivalente em LED a ser utilizada para o novo sistema de iluminação. A tabela 4 mostra a quantidade de lâmpadas do sistema atual em cada local e o total das respectivas potências.

Tabela 4 - quantidade de lâmpadas por local

ITEM	LOCALIZAÇÃO	POTÊNCIA (W)	QTD.		
			400W	250W	150W
1	GALPÃO DE SINTÉTICOS	400	45		
		400	10		
		150			5
2	ALMOXARIFADO SAÍDA DE PÁLETES	250		12	
		400	67		
3	GALPÃO CD	150			1
		250		20	
4	DOCA GALPÃO LÃ DE AÇO	150			10
		400	101		
5	FÁBRICA LÃ DE AÇO	400	101		
6	ALMOXARIFADO LÃ DE AÇO	400	21		
7	ALMOXARIFADO MATERIAIS E PEÇAS	400	8		
8	ALMOXARIFADO DE ARAME	400	12		
9	ILUMINAÇÃO EXTERNA	250		55	
			TOTAL	TOTAL	TOTAL
			264	87	16

Fonte: própria (2021)

Foi utilizada a tabela de equivalências Watts/Lumens disponibilizada pela HCM Lda [6], e daí foram levantados os equivalentes em LED para o novo sistema. A tabela 6 mostra a equivalência da potencia instalada com o sistema atual e a potência instalada com o sistema novo em LED:

Tabela 5 - equivalência LED

ITEM	LOCALIZAÇÃO	TIPO DE LUMINÁRIA	QTD. LÂMPADAS	POTÊNCIA (W)	POTÊNCIA REATOR (W)	LED (W)
	Refletor	10	400	40	150	
	Refletor	5	150	15	80	
2	ALMOXARIFADO SAÍDA DE PÁLETES	Pendente	12	250	25	100
3		GALPÃO CD	Pendente	67	400	40
	Refletor		1	150	15	80
4	DOCA GALPÃO LÃ DE AÇO	Pendente	20	250	25	100
		Pendente	10	150	15	80
5	FÁBRICA LÃ DE AÇO	Pendente	101	400	40	150
6	ALMOXARIFADO LÃ DE AÇO	Pendente	21	400	40	150
7	ALMOXARIFADO MATERIAIS E PEÇAS	Pendente	8	400	40	150
8	ALMOXARIFADO DE ARAME	Pendente	12	400	40	150
9	ILUMINAÇÃO EXTERNA	Poste	55	250	25	100
POTÊNCIA INSTALADA						
TOTAL						TOTAL
142,725						49,58

Fonte: própria (2021)

Analisando a carga instalada a instalação atual com iluminação a vapor de sódio e mercúrio possui 142,7 kW de carga instalada, enquanto que na proposta da nova iluminação a LED teremos um total de 49,6 kW, gerando uma economia de 65,2% no consumo de energia elétrica com iluminação. Em termos de consumo anual de energia, no atual sistema o consumo é de 1 417,86 MWh, enquanto que no sistema proposto consumo será de 492,85 MWh, o que proporcionaria uma redução de 925,03 MWh no consumo de energia anual, é o que mostra a tabela 6:

Tabela 6 - comparativo consumo de energia

	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO LED	ECONOMIA
POTÊNCIA INSTALADA	142,7 kW	49,6 kW	65,20%
CONSUMO DE ENERGIA	118155,4 kWh	41068,8 kWh	77086,6 kWh

Fonte: própria (2021)

Financieiramente o custo com o sistema de iluminação fica bastante reduzido, como mostra a tabela 7:

Tabela 7 - comparativo financeiro

	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO LED	ECONOMIA
VALOR MENSAL	R\$ 48.443,71	R\$ 16.838,21	R\$ 31.605,51
VALOR ANUAL	R\$ 581.324,57	R\$ 202.058,50	R\$ 379.266,07

Fonte: própria (2021)

IV. ANÁLISE DE INDICADORES ECONÔMICOS DE VIABILIDADE DE PROJETOS

Foi feito o levantamento do equivalente LED e verificado o melhor correspondente para o tipo, potência em LED, modelo, vida útil média, quantidades e valores. A tabela 8 mostra o levantamento:

Tabela 8 – levantamento luminárias LED

TIPO DE LUMINÁRIA	LED (W)	MODELO	VIDA ÚTIL MÉDIA (h)	VIDA ÚTIL (ANOS)	GARANTIA (ANOS)	QTD. LÂMPADAS	VALOR UNITÁRIO (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)	PROJETO (R\$)
PENDENTE	80	LED/VIDA HIGHBAY BOW	50.000	6	1 ano de feito fabricação	10	519,00	5.190,00	106.900,73
REFLETOR	80	Osram Ledvance 7016891	50.000	6	5	6	533,00	3.198,00	
PENDENTE	100	RCA High bay LUH18001	50.000	6	1 ano de feito fabricação	32	239,99	7.679,68	
POSTE	100	RCA Petala LUPCH03	50.000	6	1 ano de feito fabricação	55	259,99	14.299,45	
PENDENTE	150	RCA High bay LUH18002	50.000	6	1 ano de feito fabricação	264	289,9	75.533,60	

Fonte: própria (2021)

A empresa dispõe de mão-de-obra, material e plataforma elevatória própria para a execução do serviço, por isso, preferiu não contratar serviço terceirizado para executar o projeto. A tabela 9 é o levantamento do custo da mão-de-obra e material de almoxarifado:

Tabela 9 – custo mão-de-obra e material próprio

QTD. LÂMPADAS	h/h MANUTENÇÃO (R\$)	QTD. ELETRICISTAS	QTD. ESTIMADA LÂMPADAS/DIA	CUSTO H/h	QTD. DIAS SUBSTITUIÇÃO	TEMPO ESTIMADO PARA FINALIZAÇÃO (meses)	MATERIAL	QTD. MATERIAL	PREÇO MATERIAL	TOTAL (R\$)
367	80,00	2	12	1.120,00	31	2	Fita isolante	20	19,90	34.651,33

Fonte: própria (2021)

O custo total do projeto ficou estimado em **R\$ 141.552,06**. A solução proposta neste trabalho envolve uma alternativa para o sistema de iluminação e a viabilidade econômica é definida através do cálculo e análise dos índices: Taxa Mínima de Atratividade (TMA), Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e *Payback*.

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA), também chamada de Custo de Oportunidade ou Taxa de Desconto, é aquela paga pelo mercado financeiro em investimentos correntes (poupança, fundos de investimento, etc.). Essa taxa é utilizada para representar os fluxos de caixa em valores presentes. Adotou-se como TMA o percentual próximo à taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia). Provavelmente esta é a taxa mais importante a se considerar na hora de escolher qual investimento fazer. A Selic é a taxa básica de juros da Economia brasileira e representa o “valor” do dinheiro no mercado financeiro (VANGARDI, 2020, on-line). Segundo a equipe do Equipe InfoMoney em novembro de 2021 o Mercado passa a prever Selic a 9,25% em 2021.

O Valor Presente (HOINASKI, 2017, on-line) é a soma de todas as capitalizações do fluxo de caixa, calculados com valor presente através de uma taxa de juros. Geralmente utiliza-se a TMA para se determinar o VP. A fórmula do VPL abrange os seguintes aspectos: valor do investimento inicial; período de análise; projeção de entrada de caixa para o período; TMA; entradas de caixa descontadas; adição das entradas de caixa descontadas e redução do investimento inicial; viabilidade do investimento, conforme equação 5.

$$VPL = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n} \quad (5)$$

Sendo que: FC = fluxo de caixa; t = momento de ocorrência do fluxo de caixa; i = TMA; n = período de tempo. Foi utilizada uma fórmula do Microsoft Excel para esse cálculo.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de juros para o qual o somatório do VPL do fluxo de caixa é nulo, no período de tempo adotado. Quando a TIR de um investimento for superior à TMA à disposição do investidor, tal investimento é economicamente viável, dentro do período de estudo. Da mesma forma, ao comparar duas alternativas de investimento, a que oferecer TIR mais elevada possibilita o retorno do capital investido em menos tempo (DICIONÁRIO FINANCEIRO, 2021, on-line). Veja equação 6.

$$\sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n} - Investimento Inicial = 0 \quad (6)$$

Foi utilizada a fórmula TIR (que retorna a taxa interna de retorno de uma série de fluxos de caixa) do Microsoft Excel, =TIR(valores). Para essa fórmula os valores são o investimento inicial (-R\$141.552,06) mais o fluxo de caixa mensal até o mês 6. Utilizou-se como fluxo de caixa a tabela 10 que considera a economia mensal prevista com a instalação da iluminação LED, vide tabela 7.

Tabela 10 – VPL e TIR

Taxa Interna de Retorno (TIR)	
TMA	9,00% ao mês
VPL	R\$ 227,68
TIR	9,05%

Mês	Fluxo
0	-R\$ 141.552,06
1	R\$ 31.605,51
2	R\$ 31.605,51
3	R\$ 31.605,51
4	R\$ 31.605,51
5	R\$ 31.605,51
6	R\$ 31.605,51

Fonte: própria (2021)

Como o VPL é maior que zero e o TMA é menor que o TIR o projeto se apresenta como viável.

O cálculo do *Payback* (Dinheiro de volta ou Momento de Lucro) é o tempo de retorno do investimento inicial até o momento no qual o ganho acumulado se iguala ao valor deste investimento. Normalmente este período é medido em meses ou anos. É o quociente entre os custos com a implantação da medida e o ganho do período, conforme equação 7 (DE MORAES, 2016, on-line).

$$PayBack = \frac{Investimento Inicial}{Ganho no Período} \quad (7)$$

Tabela 11 - payback

Payback (Dinheiro de volta ou Momento de Lucro)		
TMA	9%	ao mês
VPL	R\$ 227,68	
TIR	9,05%	ao mês
PAYBACK	5	meses

Mês	Fluxo Simples	Fluxo Descontado	Acumulativo
0	-R\$ 141.552,06	-R\$ 141.552,06	-R\$ 141.552,06
1	R\$ 31.605,51	---	-R\$ 109.946,55
2	R\$ 31.605,51	---	-R\$ 78.341,04
3	R\$ 31.605,51	---	-R\$ 46.735,53
4	R\$ 31.605,51	---	-R\$ 15.130,02
5	R\$ 31.605,51	---	R\$ 16.475,49
6	R\$ 31.605,51	---	R\$ 48.081,00

Fonte: própria (2021)

O Microsoft Excel foi utilizado para a execução desse cálculo, onde o valor acumulativo do mês 0 foi somado ao valor do fluxo simples do mês 1, o valor acumulativo do mês 1 somado ao valor do fluxo simples do mês 2 e assim até o valor acumulativo ficar positivo. O tempo de retorno do investimento inicial até o momento no qual o ganho acumulado se iguala ao valor deste investimento é de 5 meses, ou seja, quando o valor acumulativo fica positivo.

V. CONCLUSÃO

A utilização de lâmpadas LED na iluminação melhora a qualidade e eficiência energética da iluminação na indústria, pois uma lâmpada LED possui uma maior eficiência

energética ao ser comparada com as lâmpadas instaladas, conforme demonstrado neste estudo. Segundo ARCORONI, SILVA, SOUZA (2013, p.26) pela própria característica das luminárias, uma luminária em LED é projetada para dispersar a luz de forma dirigida diretamente para onde se quer iluminar. Já em uma luminária padrão para lâmpadas de vapor de sódio, ocorre de saída o efeito conhecido como “perda de reflexão”, na ordem de 30 a 50% (apud DEPOT, 2013).

A aplicação da eficiência energética no setor industrial é uma demanda constante e crescente. Atualmente, segundo ARCORONI et al. (2013), o desperdício de energia devido à iluminação ineficiente é muito grande. Uma boa iluminação ainda é fator primordial para o bem estar do homem, podendo esta ser proporcionada com a conscientização de todos sobre o custo de energia, além disso, com o uso da tecnologia LED contribui-se diretamente para a preservação do meio ambiente.

Através deste estudo foi possível mensurar um consumo muito mais eficiente de energia elétrica no sistema de iluminação, e assim, conhecer mais sobre a influência desse insumo para a indústria. Um estudo como este é importante não apenas por ser algo obrigatório para empresas que almejam mais vantagem financeira, mas também por propor métodos de produção melhores e mais sustentáveis.

A adoção de sistemas de iluminação mais eficientes é fundamental para o meio ambiente já que todas as formas de geração de energia elétrica agridem a natureza de alguma forma. Outro fator importante é o econômico já que é possível obter uma grande redução dos gastos com energia elétrica. Para as indústrias há uma redução do desperdício e consequentemente, uma diminuição com gastos devido a um custo benefício promissor. Além de ser mais viável, é muito vantajoso para os consumidores de modo geral, implementar a tecnologia LED em seu sistema de iluminação (ACORONI et al.).

O objetivo proposto para otimização do consumo de energia elétrica na indústria foi atingido, apresentando ganhos consideráveis, com retorno dos investimentos em um prazo consideravelmente bom. Com este trabalho foi possível quantificar a energia que pode ser economizada através da utilização de sistemas de iluminação mais eficientes. No estudo de caso realizado foi possível a redução de 65,20% no consumo anual de energia do sistema de iluminação da indústria analisado. Se aplicado em larga escala, esta redução no consumo de energia pode ajudar a aumentar a disponibilidade de energia no país reduzindo a necessidade da utilização das usinas termelétricas.

Para os trabalhos futuros sugere-se que o estudo de eficiência seja expandido para um melhor aproveitamento da iluminação natural e para outros equipamentos, como a proposta de eficiência energética de motores elétricos.

REFERÊNCIAS

- [1] ACORONI, Júnio Célio Pereira; DA SILVA, Arlete Vieira; DE SOUZA, Euzébio D. **Eficiência Energética: melhores práticas em Economia de energia no setor industrial**. Revista Científica Semana Acadêmica. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/eficiencia-energetica-melhores-praticas-em-economia-de-energia-em-um-setor-industrial>>. Acesso em: março 2021.
- [2] CORTELETTI, Daniel. **Ferramenta de autoavaliação do potencial de eficiência energética aplicada às indústrias do setor metalomecânico**. FCMFMPEP. Disponível em: <http://www.fcmfmpep.org.br/site/sites/default/files/dissertacoes/turna2/Daniel_dp-082_2015.pdf>. Acesso em: abril 2021.
- [3] DAU, Gabriel. **A importância do planejamento de energia na sua empresa**. Jornal Contábil. Disponível em: <<https://www.jornalcontabil.com.br/a-importancia-do-planejamento-de-energia-na-sua-empresa/>>. Acesso em: maio 2021.
- [4] DE MORAES, Izaque. **O que é e como Calcular o Payback?**. Contábeis. Disponível em: <<https://www.contabeis.com.br/noticias/30249/o-que-e-e-como-calcular-o-payback/>>. Acesso em: novembro 2021.
- [5] HOINASKI, Fábio. **Valor presente líquido: porque aplicá-lo no setor de compras**. ibid. Disponível em: <<https://ibid.com.br/blog/valor-presente-liquido-porque-aplica-lo-no-setor-de-compras/>>. Acesso em: novembro 2021.
- [6] MAIA, Henrique Cardoso. **Tabela de Equivalências Watts/Lumens**. HCM. Disponível em: <https://www.hcm.pt/UserFiles/Image/Noticias/tabela_equivalencias_LED.pdf>. Acesso em: novembro 2021.
- [7] MATTEDE, Henrique. **O que são lâmpadas de descarga em alta pressão**. Mundo da Elétrica. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/lampadas_descarga_alta_pressao/>. Acesso em: abril 2021.
- [8] MATTEDE, Henrique. **Grandezas Fotométricas**. Mundo da Elétrica. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/grandezas-fotometricas/>>. Acesso em: maio 2021.
- [9] NASCIMENTO, David Allan Pinheiro. **Auditoria Energética na Indústria**. BDM UnB. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/7974/1/2014_DavidAllanPinheiroNascimento.pdf>. Acesso em: abril 2021.
- [10] SOBREIRA, Sandro Geraldo Alves. **Eficiência energética aplicada a iluminação**. Monografias.UFOP. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aDCPFdw1MJ0J:https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/964/1/MONOGRAFIA_Efici%25C3%25AanciaEnerge%25C3%25A9ticaAplificada.pdf+&cd=5&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br#18>. Acesso em: maio 2021.
- [11] ABRACEEL – Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia. **Você sabe como funciona o mercado livre de energia?**. ABRACEEL. Disponível em: <<https://abraceel.com.br/clipping/2020/09/voce-sabe-como-funciona-o-mercado-livre-de-energia/>>. Acesso em: maio 2021.
- [12] CENTER FERTIN. **Tipos de Lâmpadas e Suas Indicações**. Center Fertin. Disponível em: <<https://www.centerfertin.com.br/tipos-de-lampadas-e-suas-indicacoes>>. Acesso em: maio 2021.
- [13] CME – Comercial Material Elétrico. **Lâmpada fluorescente**. Cmeocomercial. Disponível em: <<https://www.cmeocomercial.com.br/comprar/lampada-fluorescente-20w-tubular-t-10-ecolume/direto/1448>>. Acesso em: maio 2021.
- [14] CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Eficiência Energética na Indústria. Entre nesta corrente**. Portal da Indústria. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/uploads/arquivos/cartilha_cni_corrente_FINAL-small1.pdf>. Acesso em: maio 2021.
- [15] COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Manual de Eficiência Energética na Indústria**. Copel. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcweb/download/3320/>>. Acesso em: maio 2021.
- [16] DICIONÁRIO FINANCEIRO. **O que é a TIR e como calcular**. Dicionário Financeiro. Disponível em: <<https://www.dicionariofinanceiro.com/tir-taxa-interna-retorno/>>. Acesso em: novembro 2021.
- [17] DIMENSIONAL. **Lâmpada vapor de mercúrio**. Dimensional. Disponível em: <https://www.b2c.dimensional.com.br/lampada-vap-merc-e40-400w-hql-7012822-/?idsku=941640&utm_source={google}&utm_medium={shopping}&utm_term={smart-roas}&utm_keyword=&gclid=EAfA1QobChMIgfzz7MqF8QIViguRC_h0KUGSzEAOYAyABEgLMfPD_BwE>. Acesso em: maio 2021.
- [18] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Atlas da Eficiência Energética Brasil 2020**. EPE. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas%20consolidado_08_03_2021.pdf>. Acesso em: abril 2021.
- [19] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Eficiência Energética**. EPE. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcedenergia/eficiencia-energetica>>. Acesso em: maio 2021.
- [20] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Eficiência energética na indústria e nas residências**. EPE. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas%20consolidado_08_03_2021.pdf>. Acesso em: maio 2021.

- [abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-270/20100809_4\[1\].pdf](#). Acesso em: maio 2021.
- [21] EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. EPE. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-66/Cap2_Texto.pdf. Acesso em: abril 2021.
- [22] INFOMONEY, Equipe. **Mercado passa a prever Selic a 9,25% em 2021 e a 10,25% em 2022**. InfoMoney. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/economia/mercado-passa-a-prever-selic-a-925-em-2021-e-a-1025-em-2022/>. Acesso em: novembro 2021
- [23] GROW POWER. **Reator Magnético Misto DEMAPE**. GrowPower. Disponível em: https://www.growpower.com.br/reator-magnetico-misto-demape?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&sku=93XFEMY5P-600w&gclid=EAIaIQobChMI67Lxpc2F8QIVhgWRCh3vzgBQEAQYCCABEgJVhvD_BwE. Acesso em: maio 2021.
- [24] LOJAELETRICALTDA. **Luminária Pública**. Lojaletrica. Disponível em: <http://www.lojaletrica.com.br/luminaria-publica-com-policarbonato-prismatico-250w-e40-lp305254-olivo.product.2360709540039.dept.0.aspx>. Acesso em: junho 2021.
- [25] LOJAELETRICALTDA. **Lâmpada vapor de sódio**. Lojaletrica. Disponível em: <http://www.lojaletrica.com.br/lampada-vapor-sodio-70w-tubular-e27.product.2351700000158.dept.0.aspx>. Acesso em: maio 2021.
- [26] LOJAELETRICALTDA. **Projeto PL410MA**. Lojaletrica. Disponível em: <http://www.lojaletrica.com.br/projetor-pl410ma-250400w-metalicosodiomercurio--4000539-tecnowatt.product.2361303550059.dept.0.aspx>. Acesso em: junho 2021.
- [27] MME – Ministério de Minas e Energia, ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa ANEEL nº 920, de 23 de fevereiro de 2021**. Portal da Imprensa Nacional. Disponível em: https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-920-de-23-de-fevereiro-de-2021-*306209537. Acesso em: abril 2021.
- [28] NAVILLE. **Luminária industrial**. Disponível em: <https://naville.com.br/pt/et36-3/>. Naville. Acesso em: abril 2021.
- [29] NAVILLE. **Luminária industrial com alojamento para reator**. Naville. Disponível em: <https://naville.com.br/pt/et36-3/>. Acesso em: maio 2021.
- [30] VALEPINHO. **Reator eletrônico PHILIPS Bivolt**. Vlpcomercial. Disponível em: <https://www.vlpcomercial.com.br/reator-eletronico-philips-2x20w-bivolt-tld-tlt.html>. Acesso em: maio 2021.
- [31] VANGARDI. Taxa Mínima de Atratividade: por que considerar ao investir em renda fixa?. Vanguard. Disponível em: <https://vanguard.com.br/taxa-minima-atratividade/>. Acesso em: novembro 2021.



**PUC
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante **Glauber Alves dos Santos**
do Curso de **Engenharia Elétrica**, matrícula **2015.1.0038.0095-4**,
telefone: **62 9 8449-5849** e-mail **gluber.alves.santos@gmail.com**, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ILUMINAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS DE LIMPEZA
, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 01 de DEZEMBRO de 2021.

Assinatura do(s) autor(es):

Glauber Alves dos Santos

Nome completo do autor: **Glauber Alves dos Santos**

Assinatura do professor-orientador:

Antônio Marcos de Melo Medeiros

Nome completo do professor-orientador: **Antônio Marcos de Melo Medeiros**