

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
WEBER CRABI

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UM ESTUDO DE CASO DE IMPLEMENTAÇÃO DE
ILUMINAÇÃO DE LED EM ÁREA INDUSTRIAL**

Varginha
2021

WEBER CRABI

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UM ESTUDO DE CASO DE IMPLEMENTAÇÃO DE
ILUMINAÇÃO DE LED EM ÁREA INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do
Sul de Minas como pré-requisito para obtenção de grau
de bacharel sob a orientação do Prof. Me. Eduardo
Henrique Ferroni

Varginha

2021

WEBER CRABI

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UM ESTUDO DE CASO DE IMPLEMENTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO DE LED EM ÁREA INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Me. EDUARDO HENRIQUE FERRONI

OBS.:

AGRADECIMENTO

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, sem ele nada é possível. Também à minha família que, ao decorrer do curso, sempre apoiou o meu sonho de concluir o curso de Engenharia Elétrica. Agradeço ao meu orientador, professor mestre Eduardo Henrique Ferroni, pela sua disponibilidade e correções precisas. Por fim, agradeço a todos que de alguma maneira contribuíram para a elaboração deste trabalho, sem eles nada teria sido possível.

RESUMO

Este estudo tem por objetivo identificar as medidas de eficiência energética aplicáveis ao sistema de iluminação de uma empresa. Tendo em vista o crescimento da utilização de energia elétrica, verificou-se a necessidade da produção deste estudo. Foi analisado a situação atual da iluminação de um projeto, compreendendo os conceitos básicos de luminotécnicas e normas de iluminações. Objetiva-se também mostrar uma alternativa para reduzir o gasto de energia na empresa, melhorando o sistema atual. Para esta redução, foi proposto o uso das lâmpadas de LED que, comparadas às atuais, acarretam uma maior eficiência energética, além da vida útil mais longa. Por fim, avaliar e propor uma solução mais eficiente para o sistema de iluminação atual.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Iluminação. LED. Economia. Luminotécnica.

ABSTRACT

This study aims to identify how energy efficiency measures can be applied to a company's lighting system. In view of the growth in the use of electricity, it was necessary to produce this study. The current lighting situation of a project was analyzed, understanding the basic concepts of lighting techniques and lighting standards. The objective is also to show an alternative to reduce the company's energy consumption, improving the current system. For this reduction, it was proposed the use of LED lamps, which, compared to current ones, result in greater energy efficiency, in addition to a longer service life. Finally, evaluate and propose a more efficient solution for the current lighting system.

Keywords: Energy Efficiency. Illumination. LED. Economy. Lighting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sensibilidade Visual Do Olho Humano	9
Figura 2 – Fluxo Luminoso	10
Figura 3 – Intensidade Luminoso	11
Figura 4 – Curva De Distribuição Luminosa	12
Figura 5 – Iluminância	12
Figura 6 – Luminância	13
Figura 7 – Índice De Reprodução De Cores (IRC)	13
Figura 8 – Temperatura De Cor.....	14
Figura 9 – Lâmpadas Fluorescentes	16
Figura 10 – Lâmpadas LED.....	19
Figura 11 – Área Atual Da Empresa	26
Figura 12 – Área Conforme Projeto.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – PLANEJAMENTO DOS AMBIENTES (ÁREAS)	22
Tabela 2 – Características Do Sistema De Iluminações	27
Tabela 3 – Custo Mensal e Anual de Energia Elétrica.....	27
Tabela 4 – Investimento	28
Tabela 5 – Rentabilidade Do Investimento	28
Tabela 6 – Comparação.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	ENERGIA	5
2.1	Qualidade De Energia	5
2.2	Eficiência Energética	6
3	LUMINOTÉCNICA	9
3.1	Espectros Visuais e Eletromagnéticos	9
3.2	Fluxo Luminoso	10
3.3	Intensidade Luminosa	11
3.4	Curva de Distribuição Luminosa	11
3.5	Iluminância	12
3.6	Luminância	13
3.7	Índice de Reprodução de Cores (IRC)	13
3.8	Temperatura de Cor	14
4	TIPOS DE LÂMPADAS	15
4.1.	Lâmpadas Incandescentes	15
4.2.	Lâmpadas Fluorescentes	16
4.3	Lâmpada Mista	17
4.4	Lâmpadas LED	17
5	ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES DE TRABALHO, NBR ISO8995-1	20
6	MÉTODOS DE CÁLCULOS DE ILUMINAÇÃO	21
6.1	Níveis de Iluminamento	21
6.2	Cargas de mínima exigida por normas	22
6.3	Método dos Lúmens	22
6.4	Métodos Ponto a Ponto	23
7	MATERIAIS E MÉTODOS	24
7.1	Proposta	24
7.2	Lúmens	25
8	RESULTADOS	26
8.1	Área da Empresa	26
8.2	Método de Lúmens	28
8.3	Comparação Iluminação	29
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental na vida humana moderna, é utilizada – direta ou indiretamente – em todas as atividades do dia-a-dia das pessoas. Por isso a eficiência energética se apresenta como uma solução que agrega benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Com o avanço da tecnologia e o aumento da complexidade dos equipamentos elétricos residenciais e, principalmente, industriais, a conservação de energia perde o foco a partir do momento que as operações não demonstram resultados quantificáveis de economia de energia.

Baseado nisso, a área industrial ainda é um terreno fértil para o desenvolvimento de técnicas e melhorias que visam melhorar a eficiência energética. Uma melhor forma de utilização deste recurso nas indústrias influencia diretamente na competitividade da empresa, já que representa um custo considerável. Há vários benefícios com a melhoria do consumo de energia, por exemplo: redução dos impactos ambientais, redução de custos, melhoria de iluminação etc.

A análise associada do sistema dependente de eletricidade e dos usuários, deste é de extrema importância para identificar as possibilidades de melhoria no seu rendimento. O sistema de iluminação, em particular, é afetado pelo comportamento dos usuários que, em sua maioria, fazem controle manual.

A iluminação tem papel representativo no consumo total das edificações, sendo assim, merecem atenção para possibilidades de melhoria em sua eficiência energética e redução de custos. De acordo com Costa (2006, p. 1), a iluminação apresenta grande potencial de conservação de energia e tem capacidade para oferecer retornos mais rápidos às necessidades de redução de consumo com os menores investimentos.

A pesquisa irá tratar do aproveitamento e economia de energia com as lâmpadas LED em substituição às lâmpadas fluorescentes numa empresa, com o objetivo de sanar o déficit elétrico que vem ocorrendo no país, devido ao alto preço da energia.

Para implantar um sistema de qualidade, é necessário a contratação de um profissional da área, pois é preciso analisar o histórico, o consumo, dimensionar elementos, verificar a destinação, o material necessário, as possibilidades de maior economia, entre outros fatores também relevantes (GUARINELLO, 2013; LEMES JUNIOR; CHEROBIM; RIGO, 2002).

Em seguida, após estudo das Normas Brasileiras vigentes aplicáveis, serão definidas as medidas adequadas a cada caso. Para isto, serão realizados cálculos de acordo com o período

de ocupação e perfil de tarefa executada em cada ambiente, além de simulações de iluminação natural e artificial.

Após esta primeira parte do estudo, será considerada a substituição de determinados equipamentos por outros mais eficientes e/ou mais adequadamente localizados e dimensionados.

Por fim, será calculada a potencial redução de consumo e consequente redução de custo na conta de energia elétrica, caso estas medidas sejam aplicadas.

2 ENERGIA

Nos dias atuais, é irracional pensar viver sem o uso de energia elétrica, seja para ligar uma TV, iluminar ambientes industriais, tomar banhos etc.

No Século IV A.C., Aristóteles, em sua obra “Metafísica”, identificava energia (“energeia”) como uma realidade em movimento. Na acepção moderna, energia corresponde ao conceito desenvolvido juntamente com a termodinâmica a partir de meados do Século XIX. Este conceito também é utilizado para descrever uma ampla variedade de fenômenos físicos (VIANA et al., 2012).

Em 1872, Maxwell propôs uma definição que pode ser considerada mais correta do que a anterior: “energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a esta mudança”.

Por ser um conceito tão fundamental, definir energia é, sem dúvida, mais difícil e menos importante do que sentir e perceber sua existência como a causa e origem primeira de todas as mudanças. Boa parte das leis físicas que governam o mundo natural são, no fundo, variantes das leis básicas dos fluxos energéticos, as eternas e inescapáveis leis de conservação e dissipação, que estruturam todo o Universo, desde o micro ao macrocosmo (VIANA et al., 2012).

2.1 Qualidade De Energia

O termo qualidade de energia elétrica (QEE) é uma dentre várias definições que se utiliza para falar destes fenômenos que afetam a amplitude e a forma de onda da tensão e corrente.

De acordo com Dugan et al. (2002, p. 528), qualidade de energia é: “Qualquer problema de energia manifestada na tensão, corrente ou nas variações de frequência que resulte em falha ou má operação de equipamentos de consumidores”. Tais alterações podem ocorrer em várias partes do sistema de energia, seja nas instalações de consumidores ou no sistema supridor da concessionária.

2.2 Eficiência Energética

Segundo Silva (2006, p. 98), “eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia”. A utilização racional de energia, chamada também de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um melhor resultado.

Conforme Silva (2006, p. 98), dentre as diversas formas de energia, interessam, em particular, “aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc”. A energia é usada em aparelhos simples (lâmpadas e motores elétricos) ou em sistemas mais complexos que encerram diversos outros equipamentos (geladeira, automóvel ou uma fábrica).

Segundo Mamede Filho (2002, p. 38), “estes equipamentos e sistemas transformam formas de energia”. Uma parte dela sempre é perdida para o meio ambiente durante esse processo. Por exemplo: uma lâmpada transforma a eletricidade em luz e calor. Como o objetivo da lâmpada é iluminar, uma medida da sua eficiência é obtida dividindo a energia da luz pela energia elétrica usada pela lâmpada.

Para Mamede Filho (2002, p. 38), “outra fonte de desperdício deriva do uso inadequado dos aparelhos e sistemas”. Uma lâmpada acesa em uma sala sem ninguém também é um desperdício, pois a luz não serve ao seu propósito de iluminação. Um veículo inerte em um engarrafamento está usando mais energia do que o necessário, por conta do tempo que fica parado no congestionamento.

De acordo com Mamede Filho (2002, p. 39), “outros fatores mais sutis explicam muitos desperdícios”. Um construtor barateia a construção não isolando o "boiler" e os canos de água quente, pois quem pagará pelo desperdício será o consumidor. Vale notar que esses efeitos se multiplicam à medida que a energia vai migrando por todos os setores da economia.

Uma lâmpada incandescente comum tem uma eficiência de 8% (ou seja, 8% da energia elétrica usada é transformada em luz e o restante aquece o meio ambiente). A eficiência de uma lâmpada fluorescente compacta, que produz a mesma iluminação, é da ordem de 32%. As lâmpadas de LED consomem 90% menos energia que as outras (MENKES, 2004).

Para Menkes (2004, p. 59), “como o preço da lâmpada eficiente é entre 10 a 20 vezes mais caro do que a comum, a decisão de qual delas comprar dependerá de fatores econômicos que consideram a vida útil de cada uma e a economia proporcionada na conta de luz”.

Como afirma Menkes (2004, p. 59), os cálculos para tomar a decisão não são triviais. Exigem o domínio de ferramentas de matemática financeira desconhecidas pela maioria dos

consumidores. A seleção de equipamentos e sistemas mais complexos pode ser mais difícil ainda. Esta é a razão pela qual muitos consumidores usam inadequadamente todas as formas de energia.

Segundo Contrim (2009, p. 29), como parte da energia elétrica utilizada por cada equipamento para a realização do seu trabalho é perdida, principalmente devido a equipamentos não ideais, como as lâmpadas incandescentes, é preciso ter atenção ao modo como a energia está sendo utilizada para poder reduzir custos com esse insumo.

Assim, por definição, eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização. Ou seja, eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia (COTRIM, 2009).

O uso racional da energia elétrica também pode ser entendido como uma definição de eficiência energética, pois é a utilização da menor quantidade de energia possível, tanto técnica quanto economicamente, para a obtenção de produtos e serviços através da eliminação de desperdícios e uso de equipamentos mais eficientes (BRAGA et al., 2014).

De acordo com Braga et al. (2014, p. 2), “os principais benefícios de se investir em eficiência energética é que as empresas conseguem reduzir de forma significativa os custos com energia elétrica no final do mês, já que o uso da energia comprada será mais eficiente”.

Para Braga et al. (2014, p. 12), “investimentos em eficiência energética trazem ainda maior competitividade para a empresa dentro do seu ramo de atuação, podendo baratear o seu processo produtivo e alcançar melhores preços do seu produto dentro do mercado”.

Além disso, como todas as empresas sempre pensam em crescer e prosperar, a adoção de práticas de eficiência energética pode possibilitar seu crescimento sem a necessidade de uma readequação da infraestrutura interna da empresa, até mesmo mudança em grupos tarifários ou a necessidade de mudança no nível de tensão de atendimento, o que acarretaria em compra de novos transformadores e dispositivos de proteção e medição (WHAIDE, 2010).

De acordo com AIE (2010, p. 9), “dentro da linha de ação tecnológica, buscando uma maior eficiência energética, pode-se destacar o uso de equipamentos mais eficientes e linhas de inovação tecnológica”. Avaliar a possibilidade de investimentos em novas tecnologias de iluminação, como substituição por lâmpadas de menor potência - mas mantendo o nível de serviço luminoso - pode auxiliar nas reduções consideráveis do consumo de energia elétrica.

Segundo AIE (2010, p. 9) “em empresas com grande utilização de força motriz, a utilização de motores de alto rendimento e bem dimensionados pode também representar uma importante linha de ação”. Além, claro, de investimentos em equipamentos de ar condicionado

e demais equipamentos de uso intensivo com selo “Classe A” no PROCEL, que são os equipamentos mais eficientes do ponto de vista de consumo energético.

3 LUMINOTÉCNICA

Desde a criação de Thomas Edison até os produtos feitos hoje, teve um avanço espantoso. Comparando a época que as lâmpadas foram criadas até os dias atuais constata-se que foi grande o passo das indústrias da iluminação no século XXI.

Uma Principal iluminação requer atenção a aspectos quantitativos e qualitativos da luz. Um ótimo projeto Luminotécnico deve considerar não apenas a quantidade de luz adequada no ambiente, por isso ela é tratada com tanta familiaridade e naturalidade, mas também com essa luz é direcionada ao plano de interesse, a reprodução de cor e a aparência da luz e sua relação com as relações com superfícies a serem iluminadas de modo a evitar ofuscamentos.

Por fim, através dos métodos mais usados para cálculo luminotécnico, o método dos lúmens e o método do ponto a ponto, o projeto vai mostrar o tipo de lâmpadas e número lâmpadas e luminárias adequadas a serem usadas (SILVA, 2006).

3.1 Espectros Visuais e Eletromagnéticos

Sendo luz uma radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual. Todas fontes de radiação irradiam ondas eletromagnéticas. Elas apresentam diferentes comprimentos de ondas, porém nossa visão é sensível apenas a faixa entre 380 nm que são as radiações ultravioletas, e 780 nm que são as radiações infravermelhas. Elas são visíveis aos seres humanos (SILVA, 2006), como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Sensibilidade visual do olho humano



Fonte: (UNESP)

Ao vermos um objeto pensamos que ele já possui cores definidas. Mais certamente, a aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre o mesmo. Sob uma luz branca, o morango aparente ser de cor vermelha, pois ela tende a refletir a porção do vermelho do

espectro de radiação absorvendo a luz dos outros comprimentos de ondas. Se usamos um filtro para remover a porção do vermelho da fonte luz, o morango refletiria muito pouca luz pertencendo totalmente negra (SILVA ,2006).

Os processos de avaliação da cor soam fundamentados na teoria da tricromaticidade, onde a luz e composto por três cores primarias que são a magenta, amarelo, ciano. Elas dosadas em diferentes quantidades podemos ter outros tipos de cores e luz. Da mesma forma que surgem diferentes tipos de visualização das cores que temos ao longo do dia (diferenças da luz do sol ao meio-dia e claridade no céu entre a noite e o nascer do sol que podemos ser chamado de crepúsculo), as fontes de luz artificiais também remos diferentes resultados (SILVA,2006).

3.2 Fluxo Luminoso

Fluxo Luminoso e a radiação total da fonte luminosa, entre os limites que produzem estímulos visuais. Ele representa a potência luminosa emitida ou observada, que é percebida pelo olho humano. É quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa em todas as direções (SILVA, 2006) como a Figura 2.

Seu símbolo e ϕ , sua unidade e lúmen [lm].

Figura 2 - Fluxo Luminoso



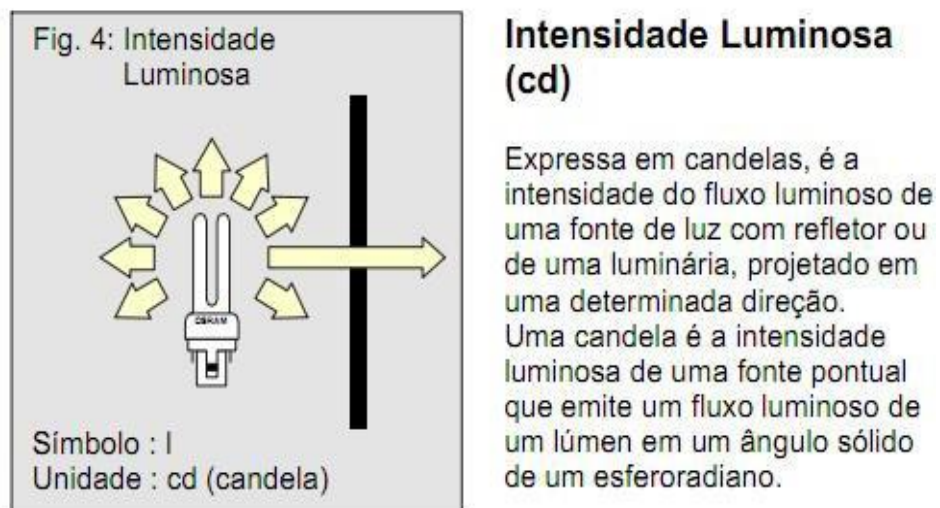
Fonte: (KIAN)

3.3 Intensidade Luminosa

A intensidade luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, Fluxo Luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Tal forma é quase impossível de acontecer, então é necessário medir os lúmens de cada direção. Ela é representada por vetores, cujo comprimento indica a Intensidade Luminosa. Portanto, o Fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto (SILVA 2006) como mostra a Figura 3.

Seu símbolo é I , sua unidade é candela [cd].

Figura 3 - Intensidade Luminosa



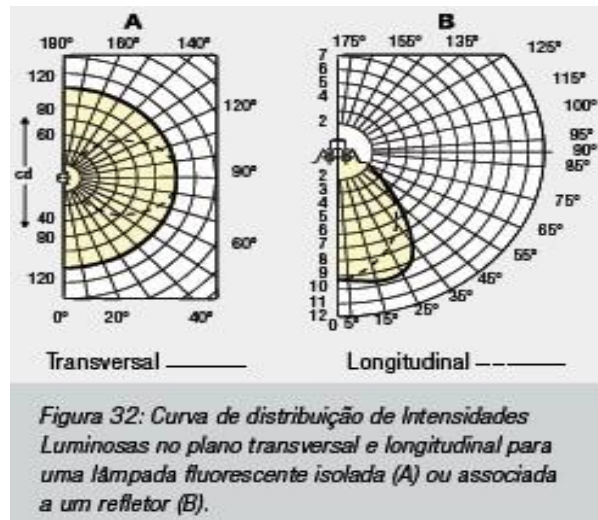
Fonte: Osram (2000)

3.4 Curva de Distribuição Luminosa

Se num plano transversal a lâmpada, os vetores que originam nas extremidades são ligados por um traço, obtém-se Curva de Distribuição Luminosa (CDL). É a representação da Intensidade Luminosa que são todos os ângulos em que ela representa em um plano. Para a uniformização dos valores das curvas, geralmente essas são referidas a 1.000 Im. Nesse caso, é necessário multiplicar-se o valor encontrado na CDL pelo Fluxo Luminoso da lâmpada em questão e dividir o resultado por 1000 lm.

Seu símbolo é CDL, sua unidade é candela [cd] na Figura abaixo.

Figura 4 - Curva de Distribuição Luminosa (CDL)



Fonte: Osram (2000)

3.5 Iluminância

E o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância desta fonte, ou seja, e a quantidade de luz que está chegando em um determinado ponto. Chamamos Lux e o fluxo luminoso e área de superfície plana que vai indicar a quantidade de luz que atinge uma superfície por unidade de área que vai ser iluminado. No Brasil, a norma que é responsável para lux que é a quantidade de lux no ambiente para execução de uma determinada tarefa e a ABNT-8995 de iluminância de interiores.

Seu símbolo é E, sua unidade é lux [lx] e sua equação na Figura 5.

Figura 5 - Iluminância



Fonte: ULTRA ENERGIA (2018)

3.6 Luminância

Todas as grandezas faladas, nenhuma e visível, isto é, os raios de luz não são vistos, à menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos. A Luminância que produz a sensação de claridade ela também indica o quanto de energia luminosa pode ser percebida pelo olho humano. Temos a equação que permite sua determinação é: (SILVA, 2006) na Figura 6.

Figura 6 - Luminância



Fonte: ULTRA ENERGIA (2018)

3.7 Índice de Reprodução de Cores (IRC)

Quando a aparência e Contraste de Cor de um objeto e a projeto e a aparência em determinado objeto. A luz artificial, como regra, deve permitir ao olho humano perceber as cores corretamente ou se estiver próximo da luz do sol. O IRC sua escala de 0 a 100 utilizada para medir a quantidade de cor que temos iluminação sabendo que a maior escala e o iluminação do sol. A Figura 7 mostra a diferença das cores do Índice de Reprodução de Cores (IRC).

Figura 7 - Índice de Reprodução de Cores (IRC)



Fonte: Hunter Trade (2014)

3.8 Temperatura de Cor

A temperatura de cor e tom da iluminação. A temperatura não está diretamente ligada ao calor da lâmpada mais sim possui uma ligação ao tom que uma superfície metálica pode apresentar, quando exposto uma diferente temperatura elas são medidas em K (Kelvin).

Assim como um corpo metálico que, em seu aquecimento, passa desde o vermelho até o branco, quando mais o branco for mais claro maior e a temperatura de cor. A Figura 8 abaixo mostra as faixas de temperatura de cor.

Figura 8 - Temperatura de Cor



Fonte: Plug design (2019)

Assim as cores podem ser classificadas de acordo com sua temperatura de cor, da seguinte forma.

- a) Quente $< 3300\text{K}$
- b) Neutra ≥ 3300 até 5000 K
- c) Fria $\geq 5000\text{ K}$

4 TIPOS DE LÂMPADAS

Uma lâmpada é um dispositivo que atua como suporte de uma ou mais luzes artificiais e que serve para iluminar. Pode tratar-se de um objeto pendurado ou sustentado sobre uma base ou um pé (SANTANA, 2010; SILVA, 2011; SOUZA, 2000; SOUZA; CLEMENTE, 2001).

Cada tipo de lâmpada tem seus prós e contras, e algumas lâmpadas funcionam melhor em diferentes espaços de uma casa. Desde as incandescentes às de LED, elas se tornam muitas vezes mais do que um simples objeto de iluminação, mas também de decoração (ELETROBÁS, 2017; PHILIPS, 2018a).

Existe uma ampla variedade de lâmpadas (ou candeeiros). As lâmpadas de pé são aquelas que se apoiam no chão, ao passo que as lâmpadas de teto estão penduradas. As lâmpadas de mesa, por sua vez, encontram-se em diversos tipos de mesas (PHILIPS, 2018a; RODRIGUES, 2012; ROSITO, 2009; SALES, 2011).

Uma lâmpada, mais concretamente um candeeiro, é formada por um pé (a base ou o suporte), um braço (que é flexível em alguns modelos) e um vidro ou abajur (para atenuar a iluminação e propagar a luz). Esta estrutura, obviamente, pode variar em função do tipo de lâmpada (COTRIM, 2009; GUARINELLO, 2013; SILVA, 2006).

4.1. Lâmpadas Incandescentes

As lâmpadas incandescentes estão presentes em grande parte das casas. São aquelas de luz amarela e duram até 1000 horas (vida média pequena se comparada a outros tipos). Apesar do preço baixo, elas possuem uma baixa eficiência luminosa se comparada às outras lâmpadas do mercado, e isso é devido ao fato de converterem a maior parte da eletricidade (90 a 95%) em calor, e apenas uma percentagem muito reduzida (5 a 10%) em luz propriamente dita (ELETROBÁS, 2017; PHILIPS, 2018a).

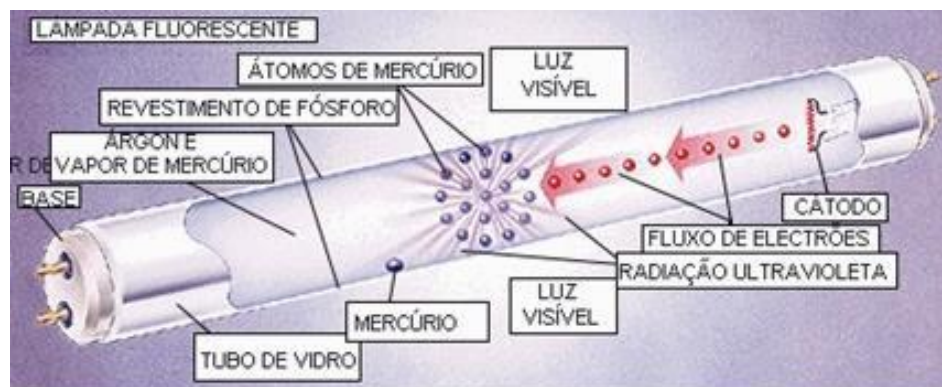
Segundo o Ministério de Minas e Energia, as lâmpadas incandescentes devem ser retiradas do mercado, favorecendo a substituição delas por lâmpadas mais econômicas e sustentáveis. Assim, se evita o desperdício e o consumo de energia é reduzido (ELETROBÁS, 2017; PHILIPS, 2018a).

4.2. Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes chegam a ser 80% mais econômica e duráveis que as lâmpadas incandescentes, com uma vida útil que atinge 6 a 24 mil horas. Embora sejam conhecidas como lâmpadas de luz branca ou frias, no mercado já existem alguns modelos com luz amarela que substituem bem as lâmpadas incandescentes (BRAGA et al., 2014; PHILIPS, 2018a).

As lâmpadas fluorescentes funcionam a partir da ionização de gases confinados em seu interior, conforme Figura 8. Ao retornarem ao estado inicial, os gases emitem luz. As lâmpadas fluorescentes funcionam por meio da ionização de átomos de gás argônio e vapor de mercúrio. Após a ionização, os átomos são acelerados pela diferença de potencial estabelecida entre os terminais da lâmpada e emitem ondas eletromagnéticas ao retornarem ao estado natural (LEMES JUNIOR; CHEROBIM; RIGO, 2002).

Figura 9 - Lâmpada Fluorescente



Fonte: Profelectro (2005)

Essas lâmpadas são mais eficientes que as lâmpadas incandescentes, pois possuem maior durabilidade e economizam energia, uma vez que não geram calor (COTRIM, 2009; GUARINELLO, 2013; LEMES JUNIOR; CHEROBIM; RIGO, 2002; LOPES, 2014; MENKES, 2004; SILVA, 2006).

Atualmente, as lâmpadas fluorescentes têm sido substituídas pelas lâmpadas de LED (*Light Emitter Diode* - Diodo emissor de luz), que são feitas de material semicondutor liberam luz ao serem submetidas a uma determinada voltagem. As lâmpadas de LED possuem vida útil de até 50.000 horas contra 5000 horas das lâmpadas fluorescentes e 1000 horas das incandescentes (COTRIM, 2009; GUARINELLO, 2013; LEMES JUNIOR; CHEROBIM; RIGO, 2002; LOPES, 2014; MENKES, 2004).

As lâmpadas fluorescentes são classificadas de acordo com o seu formato: as mais antigas, que geralmente são utilizadas em cozinhas, centros industriais e comerciais, são as Lâmpadas Fluorescentes Tubulares. Já as designadas para outros ambientes, como escritórios e salas de estudo são as Lâmpadas Fluorescentes Compactas, que nada mais são que uma miniatura das anteriores, desenvolvidas para ocupar um menor espaço e consumirem menos energia (BRASIL, 2013).

Contudo, há quem escolha as fluorescentes tubulares para uso na sala, garagem ou outros espaços, assim como quem prefira as compactas em grandes galpões junto a refletores. Ambas são uma ótima escolha para garantir iluminação de qualidade e economia na conta de luz (BRAGA et al., 2014; PHILIPS, 2018a).

4.3 Lâmpada Mista

Uma lâmpada mista é uma versão da lâmpada de vapor de mercúrio. Esta lâmpada é composta por um tubo de arco de vapor de mercúrio em série com um filamento incandescente de tungstênio (BRASIL, 2013).

A lâmpada de luz mista consiste em um bulbo preenchido com gás, revestido na parede interna com fósforo, contendo um tubo de descarga ligado em série com um filamento de tungstênio (BRASIL, 2013).

O filamento age como um reator para descarga, estabilizando assim, a corrente na lâmpada. As lâmpadas mistas não podem ser dimerizadas, mas podem ter reposição direta em luminárias com lâmpadas incandescentes, uma vez que não necessitam de reator; porém só funcionam em tensão de 220v (BRASIL, 2013).

4.4 Lâmpadas LED

O LED é um dispositivo capaz de emitir luz de forma eficiente e econômica, portanto, é uma alternativa interessante para a iluminação pública e residencial. Na língua portuguesa, a palavra LED significa diodo emissor de luz. Trata-se de um componente eletrônico capaz de emitir uma luz visível transformando energia elétrica em energia luminosa. Esse processo é chamado de eletroluminescência (PHILIPS, 2018a).

O primeiro LED foi criado em 1963 pelo engenheiro e inventor Nick Holonyak e era capaz de emitir apenas a cor vermelha. Com o passar dos anos e com o desenvolvimento da tecnologia, novas cores de LED foram desenvolvidas. Diferentemente do laser, o LED não

emite luz monocromática, mas sim uma faixa pequena de determinadas cores (PHILIPS, 2018a).

Os LEDs são feitos de materiais semicondutores. Substituindo alguns dos seus átomos por outros em um processo chamado de dopagem é possível controlar a cor emitida pelo dispositivo. Confira os exemplos a seguir: por exemplo no tipo de condutor arsênio de gálio e alumínio encontramos a cor vermelha; no fosfato de alumínio, índio e gálio encontramos a cor amarela e no fosfato de gás encontramos a cor verde e no nitrato de gálio a cor azul (PHILIPS, 2018a).

Assim, as lâmpadas de LED são as mais modernas e são as eleitas quando o assunto é a redução de energia – que pode chegar até 90% do consumo total – sendo essa a grande vantagem. Com cerca de 50 mil horas de vida útil, não há no mercado outra lâmpada com durabilidade tão alta quanto às lâmpadas de LED (WHAIDE, 2010).

No entanto, as lâmpadas de LED ainda não ganharam tanta popularidade devido ao preço, que é bem superior aos dos demais tipos. Porém, ao colocar da ponta do lápis, a economia a longo prazo acaba superando o preço de custo e elas acabam trazendo grandes benefícios (WHAIDE, 2010).

De acordo com Philips (2018a) “as lâmpadas de LED são um dos tipos mais variados de lâmpadas disponíveis no mercado e que são a mais nova aposta do setor de construção verde como forma de diminuir gastos com energia elétrica e preservar o meio ambiente”. Um dos principais fatores a avaliar na hora de optar pela instalação de luzes LED em casa ou em estabelecimentos comerciais, assim como em indústrias, é a potência da lâmpada LED.

A vantagem é que quase 100% da luz que está sendo gerada pela lâmpada LED é direcionada exatamente onde o usuário precisa, ao invés de ser desperdiçada e propagada por toda parte (NORONHA, 1987; PHILIPS, 2018a; WERNER, 1994).

Algumas lâmpadas LED têm um enfoque abrangente, direcionando a luz em uma ampla área, enquanto outras lâmpadas criam um feixe restrito de luz, direcionando-o para uma área menor e mais definida. Este nível de foco, ou ângulo de iluminação, é importante.

Ao escolher lâmpadas de LED como forma de iluminação no local de trabalho, é importante saber como elas serão usadas e onde serão instaladas (PHILIPS, 2018a).

O motivo que levou as lâmpadas a serem diferentes é simplesmente o fato de que as luzes LED são muito mais eficientes, utilizando muito menos energia, mas ainda sim capazes de fornecer a iluminação necessária, mesmo em ambientes maiores (ELETROBÁS, 2017).

O nível de brilho alcançado por cada watt ajuda a identificar a eficiência de uma lâmpada. Assim, quanto mais brilho por watt, mais eficiente é uma lâmpada led como mostra

na Figura 9. As lâmpadas de LED geram um alto nível de brilho com pouca potência. Mas também são tipos de luzes orientados, o que significa que mantêm o foco em uma área específica (VIANA et al., 2012).



Fonte: PRO INOVA (2018)

Segundo Eletrobras (2018) o custo da utilização de lâmpadas LED é menor que utilizar a tecnologia fluorescente, nota-se também a necessidade de troca de 5 lâmpadas fluorescentes durante a vida útil de 40000h da tecnologia LED. Por se tratar de uma tecnologia cara, o investimento inicial é alto, mas é recompensado após a vida útil de 40000h. Os maiores gastos com a instalação serão compensados satisfatoriamente com o baixo consumo e quase nenhuma manutenção.

Uma lâmpada tipo LED de 7W tem o mesmo nível de iluminação que uma lâmpada incandescente de 60 W., OU seja, economia de 53 Watts por hora ou quase 90% de economia (PHILIPS, 2018a; ROSITO, 2009; SANTANA, 2010).

Além disto, a vida útil do LED é 50 vezes maior e o calor que é transferido para o ambiente é menor, portanto, locais climatizados gastarão menos energia para resfriar o ambiente (PHILIPS, 2018; ROSITO, 2009; SANTANA, 2010).

5 ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES DE TRABALHO, NBR ISO8995-1

A nova norma trouxe uma série de melhorias em relação à anterior. Ela baseada em normas internacionais e possui muito mais itens do que anterior. A NBR 5413 possui 13 páginas e a NBR ISO 8995-1 possui 46 páginas.

A NBR ISO 8995-1 aborda aspectos qualitativos e quantitativos da iluminação para as pessoas desempenhem suas tarefas visuais de maneira eficiente, com mais conforto e segurança na empresa. Esta nova norma tem uma grande preocupação com eficiência energética, buscando melhorar o ambiente de trabalho e a luz natural quando for possível utilizar.

Ainda segundo a Norma, existem os parâmetros ergonômicos visuais, a melhoria da capacidade de percepção do trabalhador, a determinação da qualidade de iluminação adequada para as pessoas que trabalha em determinada área utilizando a iluminação. Com estes parâmetros também vai ter uma melhora no nível de trabalho dos funcionários.

Existem também parâmetros ergonômicos visuais, como a capacidade de percepção e as características e atributos da tarefa, que determinam a qualidade das habilidades visuais do usuário e, conseqüentemente, os níveis de desempenho. Em alguns casos a otimização destes fatores de influência pode melhorar o desempenho sem ser necessário aumentar os níveis de iluminância. Por exemplo, pela melhora do contraste na tarefa, ampliando a visualização de própria tarefa através do uso de equipamentos de auxílio à visão (óculos) e pela provisão de sistemas de iluminação especiais com capacidade de uma iluminação local! direcional. (ISO 8995-1,2013)

Para Santana (2010, p. 21)

Além de atentar às recomendações da NBR5413, é importante que a companhia se atualize, ainda, em relação aos pontos da NBR/ISO 8995. Mais do que uma revisão da primeira, ela traz indicações de procedimentos para a iluminância de interiores, levando em conta os parâmetros de ergonomia visual e complementando os cuidados com a segurança e a saúde do trabalhador.

É muito importante para uma otimização da qualidade de um trabalho que a iluminação esteja adequada, a iluminação é fator preponderante para segurança e qualidade (seja de vida ou seja do trabalho executado) (ABNT, 1992b). A Ergonomia, disciplina científica que possibilita a adaptação do trabalho ao homem, auxilia na consecução das condições ideais de conforto visual, nesse caso, para ambientes de trabalho, por meio da compatibilização das tarefas a quem as realiza (PHILIPS, 2018a; ROSITO, 2009; SANTANA, 2010).

6 MÉTODOS DE CÁLCULOS DE ILUMINAÇÃO

Para desenvolver este projeto de iluminação precisamos saber o ambiente que as lâmpadas – luminárias vão ser instaladas. Precisamos saber a quantidade de lâmpadas e luminárias que fornecerão um nível adequado de iluminação no ambiente que vai ser feito projeto. Elas podem ser feitas de três forma:

1. Pelas cargas de mínima exigida por normas
2. Pelos métodos dos lumens
3. Pelo método Ponto a Ponto

O primeiro e basicamente uma previsão de carga elétrica para ambiente de instalação das lâmpadas. Já o método de lúmens e cavidades zonais são baseados no nível iluminância para determinação de lâmpadas e luminárias. O trabalho desenvolvido na empresa foi feito utilizando o método dos lúmens e cargas de mínima, logo, apenas estes serão detalhados.

Também temos outros métodos que não são diretamente utilizados para a determinação de luminárias para o ambiente e nem auxilia da escolha do tipo de luminárias nem mesmo quantidade. Dessa forma, é possível verificar se a iluminação do ambiente está distribuída homogeneamente ou não.

6.1 Níveis de Iluminamento

Vamos determinar os níveis de iluminamento médio mínima para a iluminação nos interiores e definidas, no Brasil pela NBR ISO 8995-1. Elas são divididas de acordo com a classe de tarefa a ser desenvolvida no ambiente, como observamos na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - PLANEJAMENTO DOS AMBIENTES (ÁREAS)

ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	\bar{E}_m lux	UGR_L	R_a	Observações
Processamento da madeira ou fibra, moagem	200	25	80	Para montagem alta: ver também 4.6.2.
Processo e fabricação de papel, máquinas de papel, papel canelado, fábrica de papelão	300	25	80	Para montagem alta: ver também 4.6.2.
Trabalho de encadernação de livros padrões, por exemplo: dobra, triagem, colagem, corte, gravação em relevo, costura	500	22	60	

Fonte: NBR ISO 8995-1(2013)

6.2 Cargas de mínima exigida por normas

Essa norma estabelece os valores de iluminância médias mínimas para a iluminação artificial em interiores, onde se realizam atividade de comercio, indústria, esporte, ensino e outras, afim de garantir que que as pessoas desempenhem suas atividades de forma eficiente. (ABNT NBR ISO/CIE-8995-1, 2013).

6.3 Método dos Lúmens

O método dos lúmens tem por finalidade principal determinar o número de luminárias necessárias para garantir um valor de iluminamento médio específico. Este método normalmente ele soa apresentados pelos seus fabricantes.

E baseado no fluxo luminoso para termos um nível de iluminamento médio desejado no ambiente que vamos trabalhar. O fluxo luminoso, necessário para que seja atingido um nível iluminamento médio e conforme a equação.

$$\Phi = \frac{S \cdot E}{\mu \cdot d}$$

Onde:

- Φ = fluxo luminoso total, em lúmens;
- S = área do recinto, em m²;
- E = iluminância ou nível de iluminamento, em lux;
- μ = fator/coeficiente de utilização;

- d = fator de depreciação ou de manutenção;

A relação apresentada serve para determinar o fluxo luminoso total que as lâmpadas a serem instaladas devem emitir. Esse fluxo luminoso, necessário à iluminação de um ambiente, depende de várias características do recinto, como por exemplo: dimensões, pé-direito, altura do plano de trabalho, nível de iluminamento requerido, características da luminária e refletância do ambiente.

O primeiro fator a ser considerado é a área do recinto. Quanto maior for a área do ambiente, maior deverá ser o número de luminárias para que um mesmo nível de iluminamento seja atingido, ou seja, maior deve ser o fluxo luminoso no ambiente. Logo, no cálculo do fluxo luminoso deve-se considerar a área do ambiente. Geralmente os fabricantes apresentam essa relação para cada uma de suas luminárias.

6.4 Método Ponto a Ponto

Fiorini (2006) explica que este método é utilizado para determinar a iluminância em pontos do ambiente, sendo de grande valia para aferição de distribuição luminosa, de acordo com a norma ABNT ISO/CIE 8995-1:2013 (ABNT, 2013) nos pontos de trabalho a iluminância não deve ser inferior a 70% da iluminância média, ao mesmo tempo este método é utilizado para dimensionamento da iluminação suplementar (HOLANDA, 2017).

Neste método não são consideradas as refletâncias das superfícies (teto, paredes e piso) como ocorre no método dos lumens, podendo ser considerado trabalhoso para ser executado de forma manual em ambientes com várias fontes luminosas. (KAWASAKI, 2004)

7 MATERIAIS E MÉTODOS

O principal objetivo deste trabalho é apresentar um projeto mais eficiente que está na planta instalado.

A empresa escolhida para o estudo de caso conta com lâmpadas mista e fluorescentes e algumas lâmpadas de LED.

O objetivo deste projeto é apresentar lâmpadas mais eficientes, como isso faremos o estudo do caso realizado mais de duas simulações uma com cenário atual e outra com cenário com lâmpadas de LED. Na empresa vamos ter mais lâmpadas fluorescente e mista e algumas incandescentes. Sendo assim, as oportunidades de melhoria no sistema de iluminação atual. E feito cálculos para melhorar o ambiente interno da empresa melhorando lugares que precisa melhorar os lúmens de alguns lugares e colocando conforme a norma NBR ISO 8995-1.

Como estas lâmpadas ficam ligadas por um grande período de tempo, necessita de manutenção frequente, pois há muitas queimas de luminárias na empresa, já as luminárias de LED que tem sua vida útil extremamente longa (cerca de 50.000 horas de uso contínuo;) não necessita de manutenção periódica, pois apresenta baixo consumo de corrente e sua estrutura robusta e ideal para suporte o ambiente fabril.

7.1 Proposta

A determinação da potência absorvida pelo sistema de iluminação deve ser obtida através da realização do cálculo Luminotécnico e determinado o número de luminárias e lâmpadas de acordo com nível de iluminamento exigido para o local da empresa.

Neste estudo de caso, as potências elétricas consideradas são o resultado da qualidade de lâmpadas exigidas para o ambiente.

Para fazermos os cálculos teremos que escolher qual será o tipo de iluminação a ser utilizada no sistema pelas cargas de mínima exigida por normas ou pelo método dos lúmens.

7.2 Lúmens

O método de lúmens será feito para quantidade necessária de lâmpadas no sistema e dimensionamento adequado na empresa, para ter uma iluminação adequada no ambiente de trabalho.

$$n = \frac{E \times S}{F_d \times F_u \times F_{fl} \times \Phi}$$

Sendo,

n = número de lâmpadas;

E = iluminamento médio;

S = área (m²);

F_d = Fator de depreciação;

F_u = Fator de utilização;

F_{fl} = Fator de fluxo luminoso;

Φ = fluxo luminoso da lâmpada.

Para obtermos a Iluminância (E), foram consultadas normas técnicas, tendo como resultado o valor E=300 lux. Teremos quantidade de lâmpada através do software DIALux, consegue-se coletar os dados da luminária para lâmpada.

8 RESULTADOS

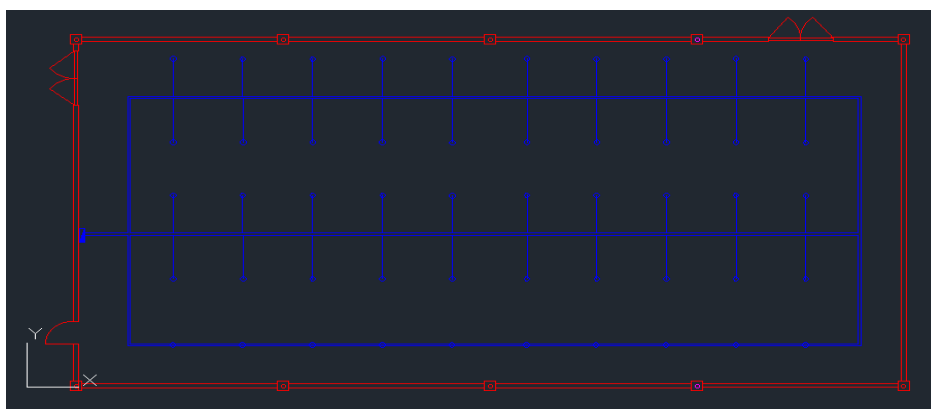
Serão apresentados a seguir os cálculos de consumo de energia elétrica, investimento do projeto, eficiência energética, viabilidade do projeto e as simulações como definidos nas secções anteriores. Também tivemos a comparação do sistema atual e aplicando os métodos de Lúmens.

Serão mostrados os cálculos de economia em relação ao tipo de lâmpada e o método utilizado. Podendo verificar as vantagens e desvantagem ao se utilizar.

8.1 Área da Empresa

Vamos ver uma simulação do cenário atual da empresa, a quantidade de iluminância que está sendo oferecida no local, lâmpadas utilizadas e o seu consumo de energia. Vamos ver na Figura abaixo uma visão superficial do cenário atual. Foi usado desenho da empresa em CAD sistema de iluminação.

Figura 11 – Área atual da empresa (CAD)



Fonte: O autor

O sistema atual é composto de 50 luminárias que são ligadas por 5 linhas de 10 luminárias. As lâmpadas utilizadas são do tipo fluorescente de 85W, bivolt, fluxo luminoso obtido da lâmpada de 5100 lm e vida útil de 10.000 horas.

A tabela a seguir vai mostrar as características do sistema de iluminação e da empresa inteira.

Tabela 2 – Características do sistema de Iluminação

Características das Iluminação		FLUORESCENTE	LED
Modelo de Lâmpadas	-	Bulbo	Bulbo
Fluxo Luminoso	Lumens	5100	13000
Temperatura de COR	K	6400	3000
Eficiência Luminoso	lm / w	63,4	90
Área do ambiente	M ²	1500	1500
Quantidade de Lâmpadas	Unidades	50	50
Vida útil da lâmpada	Horas	8000	25000
Potência da lâmpada	Watts	85	95
Fator de Potencia	FP	0,99	0,5

Fonte: O autor.

Realizando os cálculos, foi considerado um consumo de energia elétrica de 352 horas mensais, sendo 16 horas por dia (considerando que os 2 turnos trabalhem 10 horas por dia) 22 dias. (Segunda a Sábado) totalizando por ano 4.224 horas por ano, considerando os dias trabalhados.

O consumo de energia anual com as lâmpadas fluorescentes é de 17.952 kwh, enquanto as lâmpadas de LED será de 10.560 Kwh, com isto teremos uma redução de energia por ano de 7.392 kwh.

A tabela a seguir mostrará os resultados financeiros em relação ao consumo de energia comparados as duas lâmpadas. O consumo das lâmpadas fluorescentes apresentara um custo anual de R\$ 8.976 (oito mil novecentos e setenta e seis reais) comparando com as de LED teremos um custo de R\$ 5.280,00(cinco mil e duzentos e oitenta reais) a diferença do resultado comparando com as duas tecnologias teremos um resultado bastante econômico de R\$ 3.696,00, em 6 anos teremos uma economia de energia de R\$ 22.176,00.

Tabela 3 – Custo mensal e anual energia elétrica.

Tecnologia	Potência (W)	Horas dia/acesa	Uso dias/mês	Nº Lâmpadas	Consumo Anual de kWh	Preço energia (R\$)	Gasto mensal (R\$)	Gasto Anual(R\$)
LED	50	16	22	50	10.560	0,50 kWh	440	R\$ 5.280,00
Fluorescente	85	16	22	50	17.952	0,50 kWh	748	R\$ 8.976,00

Fonte: O autor

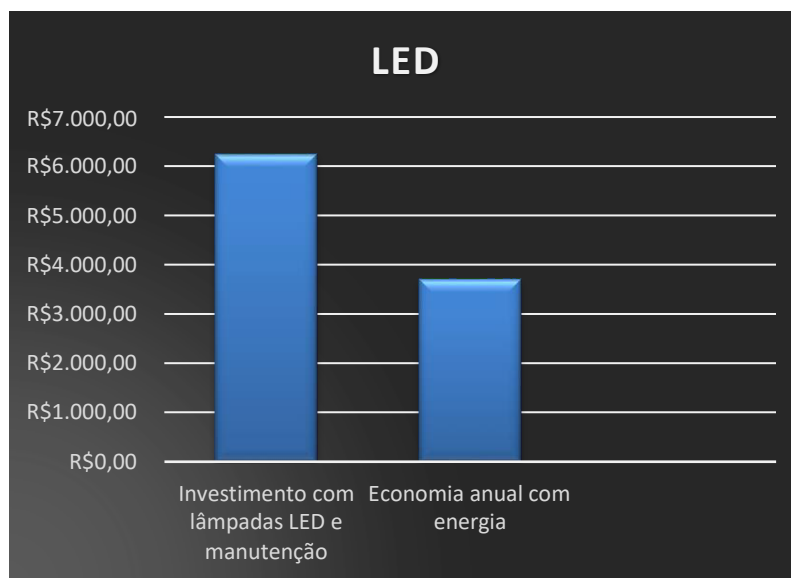
Mostrando na tabela baixo os custos de investimentos para colocar lâmpadas Fluorescente e LED considerando a instalação de 50 lâmpadas e o custo da manutenção de homem/hora para a substituição delas.

Tabela 4 – Investimentos

Custos dos Investimentos	Preços das Lâmpadas	Mao de Obra	Total Investido
LED	R\$ 120,00	R\$ 250,00	R\$ 6.250,00
Fluorescente	R\$ 95,00	R\$ 250,00	R\$ 5.000,00

Fonte: O autor

Para termos uma recuperação no investimento feito para substituição das lâmpadas fluorescente para LED levaria em torno de 2 anos se levarmos em consideração que a vida útil do sistema LED é mais longa que a vida de uma lâmpada fluorescente, fica claro que tempo de retorno financeiro do investimento é satisfatório.

Tabela 5 – Rentabilidade de investimento.

Fonte: O autor

8.2 Método de Lúmens

Os resultados obtidos pelo método lúmens foram calculados conforme a equação de lumens e a norma NBR ISO 8995-1. Com a utilização das lâmpadas de LED e melhoria no dimensionamento das lâmpadas a iluminação da empresa será melhorada e teremos economia de energia e melhoria na empresa o novo dimensionamento que foi feito pelo DIALux na Figura abaixo:

Figura 12 - Área Conforme Projeto

Esquema de posição de luminárias



Fonte: DIALux

8.3 Comparação Iluminação

Os resultados obtidos pelo método de lúmens teremos um aumento nas lâmpadas e dimensionamento adequado tendo uma ótima visibilidade para trabalhadores. Vamos fazer uma comparação com a substituição das lâmpadas e outro pelo método de lúmens que vemos na tabela abaixo.

Tabela 6 - Comparação

Tecnologia	Potência (W)	Horas dia/acesa	Uso dias/mês	Nº Lâmpadas	Consumo Anual de kWh	Preço energia (R\$)	Gasto mensal (R\$)	Gasto Anual(R\$)
LED	50	16	22	50	880	0,50 kWh	440	R\$ 5.280,00
Fluorescente	85	16	22	50	1.496	0,50 kWh	748	R\$ 8.976,00
Método de Lúmens	50	16	22	64	1.126	0,50 kWh	564	R\$ 6.759,00

Autor: o autor

Os resultados obtidos e mostrados acima foram calculados utilizando as lâmpadas fluorescentes, LED e o método de lúmens. Com a substituição por led teremos uma economia de energia como visto nos cálculos acima, já o método de lumens só foi considerado a implantação da iluminarias com o novo dimensionamento feito, pois com o método feito teremos que fazer umas mudanças na instalação de iluminação conforme o desenho DIALux. E com este novo método podemos melhorar a instalação da iluminação no ambiente de trabalho mais terreno um gasto um pouco maior na compra de material que não foi calculado no projeto.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como proposta avaliar o cenário atual com a eficiência energética das lâmpadas. A análise utilizou lâmpadas obtidas na empresa com a troca por LED e um novo dimensionamento das luminárias.

O resultado teoricamente obtido e positivo comparado da instalação atual, e o tempo de retorno do investimento também se mostrou aceitável. Assim tendo duas opções sendo a troca das lâmpadas e outra conforme o sistema de DIALux.

Para adequar o ambiente a norma, vai ser necessário um investimento inicial. Esse pode ser de custo baixo, mantendo as instalação pré-existente e aumentando a sua quantidade para estar dentro da norma NBR ISO 8995-1.

Para entender a metodologia do trabalho foi realizado a revisão da literatura sobre eficiência energética, abordado consumo de energia, fator de potência, fluxo luminoso e norma técnicas para iluminação.

Através dos ensaios realizados conclui-se que a sua eficiência é satisfatória, ou seja, fator que gera uma grande economia a empresa. Com a substituição das lâmpadas fluorescentes pelas de LED se torna viável, pois apresentando custo inicial ser relativamente alto, mas com tempo de vida útil mais longo se obtém uma redução da conta de energia da empresa.

A proposta deste projeto será demonstrar que, com a substituição das lâmpadas atuais pelas LEDs e um melhor dimensionamento das luminárias, teremos: redução no consumo de energia elétrica, melhoria na saúde dos funcionários e um ganho na qualidade, pois diminuirá os defeitos nas peças, já que uma boa iluminação é essencial para que o funcionário encontre os erros. Além disso, toda a problemática de colocar conforme a norma vigente.

Fazendo o dimensionamento das lâmpadas e luminárias conseguiríamos melhorar o local de trabalho na empresa e colocando iluminação em lugares que realmente precisa ser iluminado.

Por fim este trabalho de eficiência energética com a simples troca de iluminação acabou mostrando que a empresa não estava com iluminação adequada em alguns lugares, e acabava não estando conforme a norma, então para melhorar os lugares em que falta iluminação ou que estão com sobra foi pedido para fazer melhorias de iluminação e para garantir que esteja conforme a NBR ISO 8995-1. Após feita a verificação da norma, serão instaladas as luminárias que restaram conforme o desenho de DIALux.

É perceptível que com a melhoria da iluminação nos ambientes industriais é possível melhorar aspectos como conforto para o operador, segurança e qualidade do material produzido.

Com base nos objetivos relatados no início deste trabalho, e com a aplicação dos conceitos, concluiu-se que para os dois tipos de projetos são economicamente viáveis e trazem resultados no consumo de energia que foi tratado do da iluminação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro: ABNT 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5101:** iluminação pública. Rio de Janeiro: ABNT, 1992a.

ABNT. (2013). NBR ISO/CIE 8995-1-Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior, In. Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT

_____. **NBR 5413:** iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992b.

BRAGA, F. S. et al. Análise comparativa da eficiência energética e qualidade de energia em lâmpadas incandescentes fluorescentes e 6. In: SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PRODUÇÃO ACADÊMICA, 13, 2014, Salvador: UNIFACS, 2014. p. 138-156.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2013:** ano base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2013.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações elétricas.** 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

DUGAN, R. C. et al. **Electrical power systems quality.** 2. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

ELETROBÁS. **Informações sobre utilização de tecnologia LED.** Rio de Janeiro: Eletrobás, 2017. Disponível em: <<http://www.eletrbras.com.br>>..

_____. **Custo de energia elétrica.** Rio de Janeiro: Eletrobás, 2018. Disponível em: <<http://www.eletrbras.com.br>>. Acesso em: 29 maio 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília: EPE, 2007. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>.

FIORINI, Thiago Morais Sório. PROJETO DE ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES INTERNOS ESPECIAIS, Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES, 2006. [online] Disponível em <https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/interiores/projeto_de_iluminacao_de_ambientes_internos_especiais.pdf>

GUARINELLO, T. Q. **Tecnologia de estado sólido:** impactos ambientais e econômicos. 2013. 85 f. Projeto de Graduação (Engenheiro Eletricista) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

HOLANDA, Samanta Mesquita de. Eficiência na Iluminação. 2017. 52 slides

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (INEE). **O que é eficiência energética? Por que se desperdiça energia?** Rio de Janeiro: INNE, 2017. Disponível em: <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em: 25 maio 2019.

LEMES JUNIOR, A. B.; CHEROBIM, A. P.; RIGO, C. M. **Administração**

financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

LOPES, L. B. **Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública**. 2014. 57 f. Projeto de Graduação (Engenheiro) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

MENKES, M. **Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade**. Brasília, DF: UnB, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Nacional de eficiência energética**. Brasília: MME, 2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 2 maio 2019.

MORAES JUNIOR, C. de S. et al. Custo benefício: lâmpadas LED x fluorescente x incandescente. **Revista Technoeng**, Ponta Grossa, n. 3, p. 1-8, jul. 2011.

NASCIMENTO, A. **Análise do uso da tecnologia LED na iluminação pública**: estudo das perspectivas de aplicação na cidade de São Paulo. 2012. 206 f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Universidade Federal do ABC, Santo André, 2012.

NORONHA, M. **Análises técnicas**: teorias, ferramentas, estratégias. São Paulo: BM & F, 1987.

PHILIPS. **LED**. Holanda: Philips, 2018b. Disponível em: <[ww.catalogosiluminacao.philips.com.br](http://www.catalogosiluminacao.philips.com.br)>. Acesso em: 12 maio 2019.

_____. **Tecnologia LED**. Holanda: Philips, 2018a. Disponível em: <<http://www.philips.com.br>>. Acesso em: 29 maio 2019.

Pro Inova Tecnologias Sustentáveis **Como funciona uma lâmpada led 2018**
<https://pro-inova.com/como-funciona-uma-lampada-led/>

PINTO, R. A. **Projeto e implementação de lâmpadas para iluminação de interiores empregando diodos emissores de luz (LEDs)**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

RODRIGUES, C. R. B. S. **Contribuições ao uso de diodos emissores de luz em iluminação pública**. 2012. 216 f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

ROSITO, L. H. Desenvolvimento da Iluminação Pública no Brasil. **O Setor Elétrico**, São Paulo, p. 1-57, jan. 2009.

SALES, R. P. **LED, o novo paradigma da iluminação pública**. 2011. 133 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia) - Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2011.

SANTANA, R. M. B. **Iluminação pública**: uma abordagem gerencial. 2010. 95 f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) - Universidade Salvador,

Salvador, 2010.

SILVA, S.F.P. Lâmpadas Elétricas e Luminotécnica. 2006. Apostila disciplina de instalações elétricas – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2006

SILVA, L. L. F. da. **Iluminação pública no Brasil: aspectos energéticos e institucionais.** 2006. 161 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, M. L. da. **A luz dos novos projetos.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011.

SOUZA, A. B. de. **Projetos de investimentos de capital: elaboração, análise, tomada de decisão.** São Paulo: Atlas, 2000.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

VIANA, A. N. C. et al. Desenvolvimento sustentável e responsabilidade social. As Contribuições da Engenharia de Produção Bento Gonçalves In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E RESPONSABILIDADE SOCIAL: AS CONTRIBUIÇÕES DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 32, 2012, Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012.

VIANA, A. N. C. et al. **Eficiência energética: fundamentos e aplicações.** Campinas: Elektro, 2012.

WERNER, K. Higher visibility for LEDS. **IEEE Spectrum**, New York, v. 39, p. 30-34, jul. 1994.

WHAIDE, P. **Phase out of incandescent lamps implications for international supply and demand for regulatory compliant lamps.** Paris: AIE, 2010.