

SOCIEDADE EDUCACIONAL LEONARDO DA VINCI

FACULDADE METROPOLITANA DE RIO DO SUL

CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

WALTER FABRICIO KUBIAK

**TÍTULO: EFICIÊNCIA ENERGETICA APLICADA A
ILUMINAÇÃO NA INDUSTRIA**

Rio do Sul

2020

WALTER FBRICIO KUBIAK

**TÍTULO: EFICIÊNCIA ENERGETICA APLICADA A
ILUMINAÇÃO NA INDUSTRIA**

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Graduado em engenharia elétrica, pelo Curso de engenharia elétrica da Sociedade Educacional Leonardo da Vinci – UNIASSELVI/FAMESUL

Orientador(a): Prof(a). MARCELO DA SILVA

Rio do Sul
2020

Sumário

1	Introdução	6
1.1	Considerações Iniciais	6
1.2	Ambientação	6
1.3	Eficiência energética	7
1.4	Objetivos	8
1.4.1	Geral	8
1.4.2	Específicos	8
2	Fundamentação teórica	9
2.1	Iluminação	9
2.2	Lâmpadas elétricas	12
2.2.1	Lâmpadas vapor sódio	12
2.2.2	Lâmpada fluorescente	13
2.2.3	Lâmpada vapor metálico	13
2.2.4	Lâmpada de led	14
2.3	Histórico sobre o LED	16
3	Eficiência energética aplicada a iluminação	16
3.1	Estudo de caso	16
3.2	Situação atual	17
3.3	Solução proposta	18
4	Análise da solução proposta	20
5	conclusões	23
6	Referências	24

Lista de ilustrações

Figura 1- lâmpada a vapor de sódio de alta pressão.	12
Figura 2-lâmpadas fluorescente tubular	13
Figura 3- Lâmpada a vapor metálico	14
Figura 4- Lâmpada led de bulbo	15
Figura 5- Lâmpada led tubular	15
Figura 6- Vista da planta baixa da área de produção	19
Figura 7- Resultado da simulação.	20

Lista de tabelas

Tabela 1- Consumo de energia elétrica pela iluminação no Brasil	12
Tabela 2- Níveis definidos para algumas atividades.	11
Tabela 3-Requisitos de iluminação recomendado	11
Tabela 4- especificação lâmpada de vapor metálico.	17
Tabela 5- Especificação reatores eletromagnéticos para lâmpadas de alta Intensidade de descarga.	18
Tabela 6- Consumo estimado do sistema atual	18
Tabela 7- Especificações Philips BY471P 1 xECO320S/840 WB GC.	19
Tabela 8- Consumo sistema proposto	20
Tabela 9- Custo de implantação da solução proposta	21
Tabela 10- Comparativo entre os sistema atual e o proposto.	21

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A ILUMINAÇÃO NA INDÚSTRIA

Walter Fabricio Kubiak
Marcelo da silva

Faculdade Metropolitana de Rio do Sul – UNIASSELVI/FAMESUL

Trabalho de Conclusão de Curso –Engenharia Elétrica

RESUMO

Atualmente a utilização eficiente da energia elétrica é um tema que vem crescendo muito. No Brasil isso se deve principalmente a falta de chuvas que impacta diretamente as usinas hidrelétricas que são a maior fonte de eletricidade no país. Este trabalho estuda maneiras de reduzir o consumo de energia elétrica dos sistemas de iluminação através da utilização de equipamentos mais modernos e eficientes. Nos últimos anos os diodos emissores de luz (LEDs) vem revolucionando o setor de iluminação possibilitando a redução do consumo de energia com ótimos níveis de iluminação. Um estudo de caso foi realizado em uma indústria metalomecânica para analisar o sistema de iluminação existente e propor um mais eficiente dimensionado através de simulações utilizando o software Dialux.

Palavras-chaves: *iluminação. Eficiência energética. LED.*

Sustentabilidade.

1.Introdução

1.1 Considerações Iniciais

Atualmente a energia elétrica é uma parte fundamental na vida humana. Ela está ligada direta, ou indiretamente, a quase todas as atividades que realizamos no nosso dia a dia. Ela é utilizada como fonte de luz, calor, força, em telecomunicações e muito mais. Grande parte dos avanços tecnológicos alcançados se deve à energia elétrica. Sem ela não poderíamos utilizar internet, telefone, computador, metrô e diversos outros equipamentos que funcionam com eletricidade. Além dos diversos benefícios que a eletricidade proporciona, ela também causa grandes impactos no meio ambiente. Para a construção de uma usina hidrelétrica, uma área muito grande tem que ser inundada, fazendo com que espécies de peixes desapareçam, que animais tenham que procurar um refúgio seco e ainda que pessoas tenham que deixar suas casas e começar uma vida em outra localidade. No caso das usinas termelétricas, que funcionam gerando energia elétrica a partir da queima de carvão, gás natural ou óleo combustível, o impacto principal é o lançamento de gases poluentes na atmosfera.

Influenciadas por questões ambientais, devido a maior conscientização sobre a degradação do meio ambiente, e financeiras, devido ao alto custo da energia brasileira, as indústrias vêm procurando por alternativas que proporcionem uma redução no consumo de energia e, conseqüentemente, uma redução no seu custo de produção. Essas alternativas estão diretamente ligadas as ações de eficiência energética que tem como principal objetivo proporcionar a redução no desperdício de energia elétrica.

1.2Ambientação

Programas, metodologias e técnicas são desenvolvidos de forma rápida para que possam ser aplicados com o intuito de um uso mais racional dos recursos energéticos.

A nível nacional é recente o famoso “Apagão” de 2001 que trouxe muitos prejuízos a economia brasileira pelo descaso ao setor energético dos anos anteriores. Porém, tal situação serviu para alertar autoridades que um investimento maciço no sistema de energia era fundamental para o que país pudesse acompanhar o desenvolvimento que vinha apresentando na última década. Sendo assim criaram-se vários programas de uso consciente de energia que buscavam atender todos os setores da população, desde um usuário doméstico até grandes indústrias.

Independente do programa ou da ação que seja realizada, o intuito é sempre o mesmo, ou seja, promover o uso adequado de energia, que não seja impactante ao meio ambiente e que favoreça o desenvolvimento econômico e sustentável.

Diante disso o conceito de Eficiência Energética vem sendo bastante difundido entre os especialistas da área e pretende -se, então, que toda a comunidade seja adepta deste conceito.

1.3. Eficiência Energética

O processo de globalização e a instauração de uma economia altamente competitiva vêm exigindo das empresas e da população maior eficiência em suas atividades. O uso eficiente da energia elétrica não significa a penas uma redução nas despesas, mas também redução nos impactos ambientais. Além disso, a eficiência energética muitas vezes está ligada a melhoria na qualidade do ambiente de trabalho e do processo produtivo.

Assim, é eficiente quem realiza um serviço ou produz um bem com quantidades inferiores de energia; é eficiente quem usa a tecnologia a favor de processos produtivos mais eficientes; é eficiente a indústria que busca alternativas menos poluentes, sem com isso baixar sua produtividade; enfim, é eficiente quem pensa de forma racional.

Enquanto a demanda por energia cresce, e os esforços para aumentar as fontes renováveis e não renováveis de energia, os projetos de eficiência energética surgem como uma opção paralela.

Ao invés de agir na geração, o conceito de eficiência energética age na redução do consumo, tendo como metas substituir aparelhos ineficientes por eficientes, criar ambientes onde se possa aproveitar melhor a luz solar, e que possuam uma refrigeração natural aprimorada de modo a evitar gastos com refrigeradores e sistemas de ar-condicionado. Atingidas essas metas, evitar-se á o desperdício e estimular-se-á o uso consciente de energia elétrica nas instalações que compreendem residências, prédios comerciais e industriais. Desperdícios esses que ocorrem tendo em vista que aparelhos eficientes energeticamente são produtos de maior qualidade, e que normalmente encarecem uma instalação.

Um exemplo que ocorre frequentemente na iluminação é o caso de 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%. O projetista de eficiência energética tem então a tarefa de analisar o custo-benefício, ou seja, se o investimento elevado em aparelhos eficientes trará o retorno desejado.

A partir das crises do petróleo na década de 70, o governo brasileiro tem se preocupado com a situação energética do país e a sua dependência em relação às importações. Desde então se presenciaram ações cíclicas do governo visando a racionalização do uso da energia, inicialmente através da participação do Ministério das Minas e Energia (MME), da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e empresas públicas, sendo num primeiro instante totalmente direcionado para as indústrias e transportes, durante toda a década de

1970 até a segunda metade da década de 1980. Nessa fase as atenções estavam voltadas para a redução de desperdícios e a substituição do petróleo pela energia elétrica nas indústrias e emprego do álcool combustível no lugar da gasolina, sendo estes últimos com preços subsidiados pelo governo como forma de incentivo ao seu uso.

Novas tecnologias de iluminação artificial buscam reverter ou atenuar esse processo no segmento corporativo. Além da eficiência energética, os novos sistemas luminotécnicos priorizam o conforto visual, princípio essencial nos escritórios – a visão é a fonte de informação mais importante nesse ambiente, quanto ao espaço interno, às formas, tamanhos, localização e características físicas dos objetos, significando que a iluminação deve permitir uma percepção visual de qualidade. (MOURA, 2008).

Os ambientes de trabalho são locais que exigem atenção e concentração para o bom desempenho de atividades. Nesse contexto, o papel da iluminação é determinante para qualificar o espaço de trabalho, contribuir para ordená-lo, destacando e valorizando elementos, e melhorar o estado psicológico e fisiológico dos indivíduos e sua satisfação. Visando obter níveis satisfatórios de iluminação artificial com a diminuição dos gastos em energia, surgem tecnologias e novos equipamentos que emitem luz. Dentre essas tecnologias, destacam-se o LED – Light Emitting Diode, cujo uso vem sendo cada vez mais frequente. Fala-se, inclusive, que num futuro próximo, o mercado de iluminação assistirá à substituição total das tecnologias convencionais, especialmente os sistemas tradicionais de iluminação que utilizam lâmpadas incandescentes e fluorescentes, por LEDs. (FREITAS, 2010).

As soluções proporcionadas com o uso de LEDs vêm sendo amplamente adotadas no Brasil (sobretudo em projetos profissionais de arquitetos e lighting designers), país latino-americano dos mais receptivos a novas tecnologias (FREITAS, 2011).

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

Realizar um estudo sobre a eficiência do uso da energia elétrica do sistema de iluminação de uma empresa, analisando se os equipamentos utilizados são adequados para as tarefas que eles executam. Caso os equipamentos não se mostrem adequados, serão apresentadas soluções para aumentar a eficiência e será feita uma análise sobre a viabilidade econômica da solução proposta.

1.4.2 Específicos

- Analisar o sistema de iluminação de uma empresa.
- Propor um sistema de iluminação mais eficiente.

- Realizar um projeto em um software para elaborar uma solução que permita uma simulação e o cálculo para esses ambientes.
- Incentivar o uso racional da energia e proporcionar uma redução do consumo. A eficiência energética tem um papel fundamental para combater o mau uso da energia.

2 Fundamentação Teórica

Eficiência Energética o alto consumo de energia, embora reflita no crescimento econômico e melhoria na qualidade de vida, também tem aspectos negativos. Um deles é a possibilidade de esgotamento dos recursos utilizados para produção de energia elétrica. O outro impacto é ligado ao meio ambiente, pois ainda há formas não sustentáveis de produção de energia, as quais utilizam recursos renováveis. O terceiro impacto negativo é o elevado investimento exigido na pesquisa de novas fontes e construção de novas usinas.

Uma das alternativas para se conter a expansão do consumo sem comprometer a qualidade de vida da sociedade e desenvolvimento econômico, tem sido o estímulo ao uso eficiente. Isto é, aplicando-se a eficiência energética no sistema. Tal termo tem por definição obter o melhor desempenho na produção de um serviço com o menor gasto de energia. A demanda energética dos países do mundo inteiro está em crescimento constante, e a matriz energética não vem acompanhando o ritmo.

O conceito de eficiência energética pode ser definido como a otimização da utilização de energia. Isso quer dizer que a eficiência energética visa a realização do trabalho consumindo a menor quantidade de energia possível.

Todos os equipamentos elétricos funcionam transformando a energia elétrica em outro tipo de energia. Por exemplo, uma lâmpada converte energia elétrica em energia luminosa, um motor elétrico utiliza energia elétrica para produzir energia mecânica, entre outros. Nenhuma transformação de energia é perfeita, ou seja, sempre ocorrem perdas durante o processo. Um equipamento considerado eficiente energeticamente será capaz de transformar a maior parte da energia consumida em trabalho quando comparado com um equipamento que não é considerado eficiente.

2.1 Iluminação

No ano de 2019, a iluminação artificial foi responsável por quase 17% de todo o consumo final de energia elétrica no Brasil (EPE, 2019). A tabela 1 mostra o consumo de energia elétrica por iluminação em diversos setores da economia brasileira.

Tabela 1- Consumo de Energia Elétrica pela Iluminação no Brasil. Fonte: (EPE, 2019)

Setores	En. total GWh/a	Destinação o [1]	En. final GWh/a	Coef. EE [1]	Coef. Ref. [1]	En. Útil GWh/a	Potencia l GWh/a
Setor Energético	12.818,00	0,068	871,6	0,245	0,29	213,5	135,3
Setor Residencial	78.577,00	0,24	18.858,5 0	0,09	0,172	1.697,30	8.990,70
Setor Comercial	50.082,00	0,418	20.949,8 0	0,24	0,28	5.028,00	2.992,80
Setor Público	30.092,00	0,497	14.961,7 0	0,25	0,3	3.740,40	2.493,60
Setor Agropecuário	14.895,00	0,037	551,1	0,09	0,172	49,6	262,7
Setor de Transportes	1.039,00	0	0	-	-	0	0
Setor Industrial	172.061,0 0	0,021	3.594,40	0,243	0,286	873,6	540,6
Total	359.564,0 0	0,166	59.787,2 0	0,194	0,261	11.602,4 0	15.415,7 0

O objetivo de todo sistema de iluminação em ambientes profissionais é proporcionar um ambiente visual adequado que forneça a intensidade luminosa necessária à realização de tarefas visuais executadas por ocupantes de postos de trabalho, ou seja, a luz deve ser fornecida e direcionada à superfície de trabalho para que os ocupantes do posto consigam desenvolver suas atividades. Esta iluminação deve atender às exigências do usuário apenas nos momentos em que se realiza a tarefa visual, normalmente determinado pelo período de ocupação do ambiente construído.

A norma NBR 5413 define os níveis de iluminância mínimos para a iluminação artificial para os locais onde se realizam as atividades de comércio, ensino, esporte, indústria, etc. A iluminância é definida como sendo o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, ou ainda, em um ponto de uma superfície, a densidade superficial de fluxo luminoso recebido. A unidade de medida usual é o lux, definido como sendo a iluminância de uma superfície plana, de área igual a 1 m^2 , que recebe, na direção perpendicular, um fluxo luminoso igual a 1 lm, uniformemente distribuído (VIANA, 2012).

Tabela 2 - Níveis definidos para algumas atividades : (ABNT, 2013)

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta.
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos.
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica.
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia.

Em 2013 foi publicada uma nova norma, a NBR ISO/CIE 8995-1, que substituiu a NBR 5413. A norma contém os requisitos para os sistemas de iluminação artificiais para os ambientes de realização de trabalhos internos. Esses requisitos visam proporcionar a iluminação adequada para que as pessoas possam desempenhar as tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança (ABNT, 2013). Os níveis de iluminância mantida para as áreas de varejo definidos pela NBR ISO/CIE 8995-1 podem ser vistos na tabela 3.

Tabela 3– Requisitos de iluminação recomendados. Fonte: (ABNT, 2013)

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E_m (lux)
18. Trabalhos em ferro e aço	
Instalações de produção sem intervenção manual	50
Instalações de produção com operação manual ocasional	150
Instalações de produção com operação manual contínua	200
Depósito de chapas	50
Usinagem, bobinadeira, linha de corte	300
Plataformas de controle, painéis de controle	300
Ensaio, medição e inspeção	500
Túneis do tamanho de um homem sob o piso, porões etc.	50

2.2-LAMPADAS ELETRICAS

Tipos de lâmpadas A seguir, têm-se alguns tipos de lâmpadas comumente utilizadas na iluminação das indústrias.

2.2.1 Lâmpada Vapor de Sódio

Lâmpada Vapor de sódio São lâmpadas de descarga de alta pressão, as quais utilizam o plasma de um vapor de sódio para produzir luz. Esse tipo de lâmpada emite uma luz quase monocromática. O resultado disso implica em uma luminosidade incomum e cores distinguíveis, uma vez que é emitida uma luz amarela pela lâmpada. É indicado para situações onde a distinção de cores não é importante. Podem ser do tipo ovóide e tubular. O rendimento luminoso desse tipo de lâmpada é em cerca de 120 lm/W.

Suas principais características são:

- Vida útil: aproximadamente 18000 horas;
- Eficiência luminosa: em média 130 lm/W;
- Geração de calor: alta;
- Principais aplicações: vias públicas, ferrovias, áreas de estacionamento, etc.

A figura 1 mostra uma lâmpada a vapor de sódio de alta pressão.



Figura 1– Lâmpada a vapor de sódio de alta pressão. Fonte: (VIANA, 2012)

2.2.2-Lâmpadas fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são formadas por um cilindro de vidro o qual o interior é revestido por uma camada de fósforo que emite luz quando atingido por radiação ultravioleta. Para seu funcionamento, elas necessitam de um reator que pode ser externo ou integrado à lâmpada. Na maioria dos casos o reator é utilizado apenas para limitar a corrente que passa pela lâmpada, mas em alguns modelos ele faz uso de um transformador para elevar a tensão (MAMEDE FILHO, 2010). Seu custo de implementação é elevado quando comparado à uma lâmpada incandescente.

Suas principais características são:

- Vida útil: aproximadamente 7500 horas;
- Eficiência luminosa: em média 70 lm/W;
- Geração de calor: baixa;
- Principais aplicações: escritórios, indústrias, lojas, etc.

A figura 2 mostra uma lâmpada fluorescente tubular.



Figura 2 – Lâmpada Fluorescente Tubular. Fonte: (VIANA, 2012)

2.2.3Lâmpada de Vapor Metálico

As lâmpadas a vapor metálico são formadas por um pequeno tubo de quartzo que contém em suas extremidades dois eletrodos principais e um eletrodo auxiliar ligado em série com o resistor de partida. No interior do tubo estão presentes argônio, iodetos metálicos (de índio, tálio e sódio) e mercúrio. Todos estes componentes são protegidos por uma ampola feita de quartzo para resistir às altas temperaturas. As lâmpadas de vapor metálica necessitam de um reator para seu funcionamento (MAMEDE FILHO, 2010).

Suas principais características são:

- Vida útil: aproximadamente 15000 horas;
- Eficiência luminosa: em média 90 lm/W;
- Geração de calor: alta;
- Principais aplicações: estádios de futebol, monumentos, indústrias, etc.

A figura 3 mostra lâmpadas a vapor metálico.

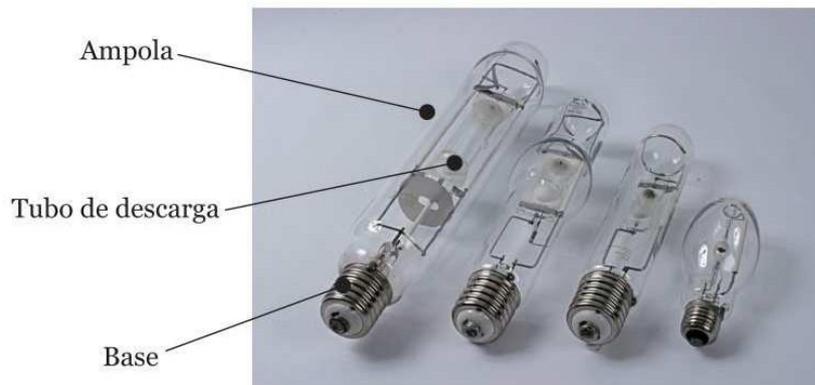


Figura 3 – Lâmpadas a vapor metálico. Fonte: (VIANA, 2012)

2.2.4 Lâmpada LED

Os diodos emissores de luz (LED) são componentes eletrônicos que emitem luz com um baixo consumo de energia elétrica. Nos últimos anos a eficiência e a durabilidade dos LEDs tiveram um aumento significativo o que permitiu que as lâmpadas LED se tornassem uma alternativa às lâmpadas convencionais. Por outro lado, os custos desta tecnologia vem caindo graças às melhorias no processo produtivo e à popularização deste tipo de lâmpada.

As lâmpadas LED são produzidas em diversos modelos, sendo os principais os de bulbo e os tubulares. As principais vantagens dos LEDs são: longa duração, alta eficiência luminosa, variedade de cores, dimensões reduzidas, ausência de radiação ultravioleta, baixa geração de calor e baixo consumo de energia.

Suas principais características são:

- Vida útil: de 25000 horas a 60000 horas;
- Eficiência luminosa: em média 100 lm/W;
- Geração de calor: baixa;

- Principais aplicações: comércio, indústrias, residências, etc.

As figuras 4 e 5 mostram respectivamente uma lâmpada LED de bulbo e uma tubular.

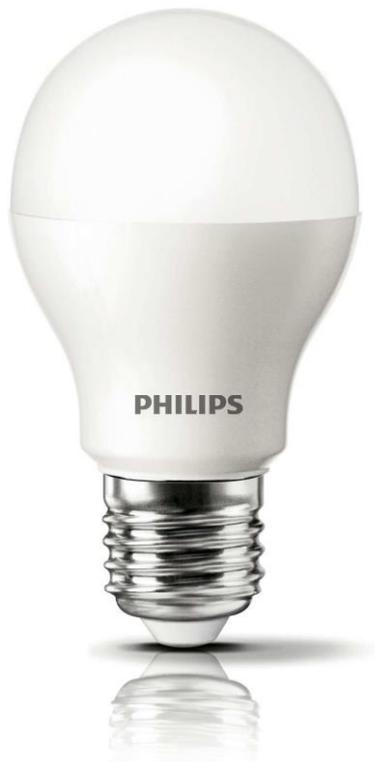


Figura 4– Lâmpada LED de bulbo. Fonte: (PHILIPS, 2017)



Figura 5– Lâmpada LED tubular. Fonte: (PHILIPS, 2017)

2.3-Historico sobre o led

Os LEDs já existem há algum tempo, porém nos últimos 10 anos que houve maior interesse em se pesquisar e implementar tal tipo de tecnologia. Mesmo sabendo que LED é caro, sua utilização é, em muitos casos, mais econômica que muitos sistemas convencionais.

A seguir, tem-se a evolução desse tipo de fonte de iluminação em ordem cronológica.

1960 – Nick Holonyak Jr. Inventou o primeiro LED na empresa General Electric. Estes LEDs eram apenas usados em indicadores e só existiam na cor vermelha.

1970 – Com a tecnologia, LEDs até 10x mais brilhantes foram criados em relação aos antecessores. Os LEDs começaram a ser utilizados em painéis de mensagens e outdoors.

1990 – LEDs se tornaram mais confiáveis e robustos. O mercado ampliou e novas possibilidades de utilização surgiram.

2000 – Deixa de ser uma promessa tecnológica e passam a ser utilizados em muitas aplicações, entre elas, semáforos, automóveis, painéis de mensagens e iluminação arquitetural.

3 Eficiência Energética Aplicada a Iluminação

Quando se fala em eficiência energética aplicada a iluminação a primeira coisa que pensamos é na substituição de lâmpadas por outras lâmpadas mais eficientes. Esta substituição é muito importante para a eficiência, mas existem outros fatores que contribuem negativamente para os gastos com iluminação em empresas. Entre esses fatores podemos destacar:

- Iluminação em excesso;
- Falta de aproveitamento da iluminação natural;
- Falta de comandos (interruptores) das luminárias;
- Ausência de manutenção, depreciando o sistema;
- Hábitos de uso inadequados.

Neste trabalho, além a substituição das luminárias, apenas o dimensionamento correto do nível de iluminância será considerado.

3.1 Estudo de Caso

Para mostrar o potencial de economia de energia elétrica que pode ser proporcionado ao se utilizar fontes mais eficientes de iluminação, foi realizado um estudo de viabilidade para a

substituição do sistema de iluminação de uma indústria localizado na cidade de Rio do Sul-SC. Este estudo irá abranger apenas a área da produção.

3.2 Situação Atual

A situação do sistema de iluminação da indústria foi levantada em uma visita durante a qual foram levantados os modelos das lâmpadas existentes e a altura de instalação das mesmas. Atualmente o sistema da área estudada é baseado em lâmpadas vapor de metálico ovoide. Na área estudada existem 36 colunas com 4 refletores cada coluna, totalizando 144 refletores.

O ambiente onde os refletores estão instaladas a uma altura de 12,00m. Cada uma das refletor possui um lâmpadas vapor metálico modelo HPI PLUS 400W BU fabricadas pela Philips. A tabela 4 e 5 apresenta as especificações técnicas das lâmpadas e reator utilizado.

Tabela 4 – Especificações Lâmpada de Vapor Metálico - MASTER HPI Plus
Ovoide. Fonte: (PHILIPS,2020)

Características	
Código Comercial	HPI PLUS 400W BU
Corrente (A)	3.85
Potencia (W)	454
Tensão base	125
Base	E40
Fluxo Luminoso (lm)	38.000
Eficiência (lm/W)	94
Temperatura de cor(k)	3.800
IRC	69
Vida mediana(horas)	20.000
Dimensão em mm	122,0 290,0

Tabela 5 – Especificações Reatores Eletromagnéticos para Lâmpadas de Alta Intensidade de Descarga - Vapor Metálico. Fonte: (PHILIPS,2020)

Características	
Codigo Comercial	VSTI400A26IGOS
Potencia lampada (W)	400
Ignitor	IGN50-P
Tensão (V)	220
Frequência (HZ)	60
Temperatura (°C)	90
Corrente (A)	2,10
Fato de potencia	0,95
Perdas potencia (W)	37,0
Capacitor (µFx V)	45 x 250

Como 144 refletores, reatores que estão instalados, do modelo VSTI400A26IGOS portanto as perdas nos reatores são de 37w. Para estimar o consumo do sistema atual basta multiplicar a quantidade de lâmpadas pelo consumo de cada uma e somar com as perdas nos reatores. Desta maneira, é possível estimar o consumo do sistema de iluminação atual em 62,9 kWh como pode ser visto na tabela 6.

Tabela 6– Consumo Estimado do Sistema Atual. Fonte: Autor

Consumo do Sistema Atual	
Refletores (pç)	144
Lâmpadas (pç)	144
Consumo por Lâmpada (kWh)	0,4
Consumo Total das Lâmpadas (kWh)	57,6
Perdas nos Reatores (kWh)	5,3
Consumo Total do Sistema (kWh)	62,9

3.3 Solução proposta

Para a elaboração de uma solução foi utilizado o software Dialux. Ele é um software gratuito que permite a simulação e o cálculo da iluminação para esses ambientes. Para utilizá-lo é possível importar a planta da área a ser simulada e, a partir dela, criar um modelo 3D do ambiente. A planta baixa da área da produção da fábrica pode ser visto na figura 6.

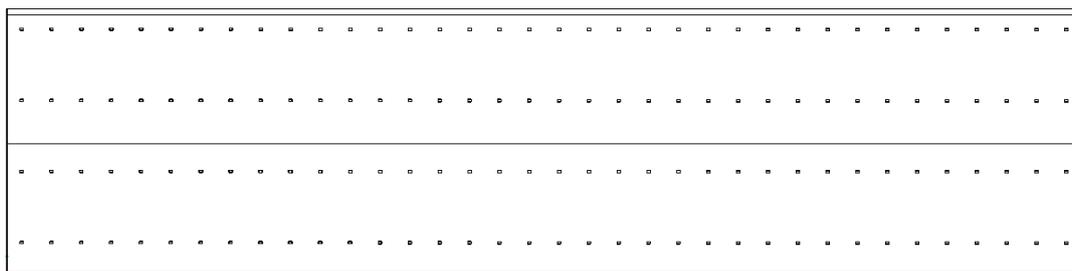


Figura 6 – Vista da planta baixa da Área de produção. Fonte: Autor

O nível de iluminância mantida Ensaio, medição e inspeção deve ser de 500 lux que é a atividade que mais exige iluminação (ABNT, 2013). A vida útil das luminárias LED é definida como o período de tempo durante o qual a lâmpada fornece 70% ou mais do fluxo luminoso inicial (INMETRO, 2014). O novo sistema de iluminação foi projetado para que a iluminância mantida em toda a área de produção seja de 500 lux

No sistema de iluminação proposto serão utilizadas o mesmo sistema com 36 colunas de 4 refletor cada, totalizando 144 refletor LED modelo BY471P 1 xECO320S/840 WB GC de 218W fabricado pela Philips. A tabela 7 mostra as características do refletor.

Tabela 7 – Especificações Philips BY471P 1 xECO320S/840 WB GC. Fonte (Philips, 2020)

Características Philips BY471P 1 xECO320S/840 WB GC	
Potência (W)	218
Temperatura de cor (K)	4000
IRC	100
Vida Média (horas)	100000
Fluxo Luminoso (lm)	32000
Eficiência (lm/W)	147
Comprimento (mm)	600
Largura (mm)	450
Altura (mm)	150

Para a redução dos custos de implantação da solução proposta, optou-se por reaproveitar todo o cabeamento e a infraestrutura existente. Desta maneira, o layout do sistema de iluminação ficará como o existente.

O consumo do novo sistema de iluminação pode ser calculado multiplicando o número de refletores pelo seu consumo nominal. Também foi incluído 10% para representar as perdas que ocorrem no driver. O consumo do novo sistema pode ser visto na tabela 8.

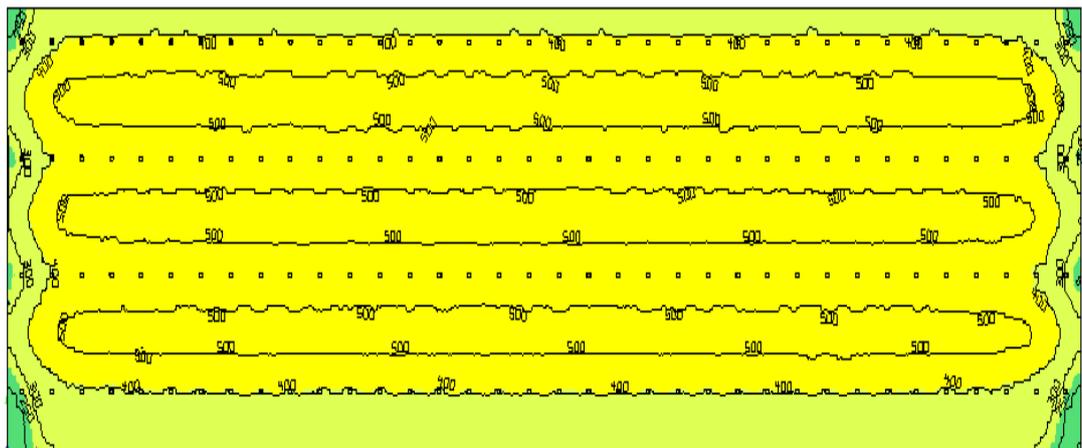
Tabela 8– Consumo do Sistema Proposto. Fonte: Autor

Consumo do Sistema Proposto	
Luminárias (pç)	218
Consumo por Luminária (kWh)	0,218
Consumo total das Luminárias (kWh)	31,39
Perdas nos drivers (kWh)	3,13
Consumo Total do Sistema Proposto (kWh)	34,52

4-Análise da Solução Proposta

Com as simulações realizadas no Dialux é possível estimar a iluminância média em cada parte da área. Esses dados podem ser vistos na figura 7. Basicamente toda a área de produção, os níveis de iluminância são de 500 lux pretendidos. Nos cantos os níveis de iluminância foram um pouco menores devido à menor quantidade de luminárias nesses pontos.

Figura 7 – Resultados da Simulação. Fonte: Autor



Como a solução proposta atende aos requisitos técnicos deve-se verificar se ela é viável financeiramente. Inicialmente serão levantados os valores de compra dos novos refletores e o valor da mão de obra para a instalação das mesmas.

O valor unitário dos refletores é de R\$ 645,00. O valor da mão de obra para a instalação dos refletores é de R\$ 8.890,00, o que representa, em média, R\$ 61,73 por refletor. No valor da mão de obra já estão inclusos os custos da adequação do circuito de iluminação. O investimento total para implantação do novo projeto será de R\$ 101.769,12 como pode ser visto na tabela 9.

Tabela 9 – Custo de Implantação da Solução Proposta. Fonte: Autor

Descrição	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Philips BY471P 1	144	645,00	92.880,00
Mão de Obra	144	61,73	8.890,00
Total	144	706,73	101.769,12

Para uma análise financeira mais precisa é preciso entender os horários de funcionamento da indústria. Ela funciona todos os dias da semana, de segunda a sexta das 07:00 às 17:45 (9:45 horas por dia), e as sextas das 07:00 às 12:15 (5:15 horas). Então, em uma semana ele funciona durante 44 horas, o que dá em média de 8:48 horas por dia de funcionamento. As luzes da área da produção permanecem ligadas durante todo este tempo. Como o consumo do sistema de iluminação antigo e do proposto são conhecidos, é possível estimar o gasto com cada sistema. Para esses cálculos o custo por kWh considerado foi de R\$ 0,53528 (FIRJAN, 2017). Na tabela 10 é possível ver uma comparação entre os custos anuais com energia elétrica dos dois sistemas de iluminação.

Tabela 10 – Comparativo entre o Sistema Atual e o Proposto. Fonte: Autor

	Consumo diário (8 horas) (kWh)	Consumo mensal (22 dias) (kWh)	Consumo anual (240 dias) (kWh)	Custo Anual (R\$)
Sistema Atual	533,39	11.734,58	128.013,60	68.523,11
Sistema Proposto	292,72	6.439,84	70.252,80	37.604,91

Os custos com energia elétrica podem ser reduzidos em aproximadamente 54,87% ao se substituir o sistema de iluminação antigo por refletores LED. Os gastos anuais cairiam de R\$ 68.523,11 para R\$ 37.604,91, uma economia de R\$30.918,20 anuais. O consumo de energia anual do sistema de iluminação será reduzido de 128.013,6 kWh (128,01 MWh) para 70.252,80 kWh (70,25 MWh) anuais.

Como já são conhecidos o investimento para a implantação do novo sistema e a economia que ele proporcionará, deve-se calcular se o investimento é viável financeiramente.

Essa viabilidade será verificada através do Valor Presente Líquido (VPL). O VPL é um método que consiste em calcular o valor dos fluxos de caixa futuros representam no tempo atual utilizando uma taxa de desconto chamada de taxa mínima de atratividade. Ele pode ser interpretado como uma medida do valor presente da riqueza futura gerada pelo projeto (PUCCINI, 2011). O valor presente líquido pode ser calculado por:

$$VLP = \frac{PMT}{(1+i)} + \frac{PMT}{(1+i)^2} + \dots + \frac{PMT}{(1+i)^n} - PV \quad (4.1)$$

Onde:

- $PMT_{1...n}$ são os fluxos de líquidos de caixa gerados pelo investimento;
- PV é a saída de caixa necessária para a viabilização do projeto;
- i é a taxa de atratividade utilizada para atualizar o fluxo de caixa (PUCCINI, 2011).

A análise financeira utilizando o VPL é muito simples. Após a realização dos cálculos, se o VPL for negativo o investimento não é viável, se o VPL for maior ou igual a zero o investimento é viável (PUCCINI, 2011). Para o cálculo do VPL do projeto devemos considerar o investimento inicial, R\$ 101.769,12 , no ano 0. Os valores dos fluxos de caixa dos anos seguintes são iguais aos valores da economia de energia elétrica que serão obtidos ao se implementar o novo sistema, R\$ 30.918,20 por ano. A taxa de atratividade será estimada em 15% ao ano. O VPL será calculado para 5 anos que é o tempo de garantia das luminárias. Com esses dados é possível calcular o valor presente líquido do projeto com base na equação 4.1.

$$VLP = \frac{30.918,20}{(1 + 0,15)} + \frac{30.918,20}{(1 + 0,15)^2} + \frac{30.918,20}{(1 + 0,15)^3} + \frac{30.198,20}{(1 + 0,15)^4} + \frac{30.198,20}{(1 + 0,15)^5} - \mathbf{101.769,12}$$

$$VLP=[26.885,39+23.378,60+20.329,21+17.677,58+15.371,80]-101.769,12 \quad (4.3)$$

$$VLP= 103.642,58 - 101.7689,12 \quad (4.4)$$

$$VLP= 1873,46 \quad (4.5)$$

Como o VPL do projeto é igual a R\$ 1.873,46 o projeto é viável financeiramente. Comparando com a equação 4.3, R\$ 103.642,58, com o investimento inicial, R\$ 101.769,12, é possível afirmar que o investimento se torna rentável antes do final do 5 ano.

5 Conclusões

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 54,87% no consumo anual de energia do sistema de iluminação da indústria analisada. 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.

A adoção de sistemas de iluminação mais eficientes é fundamental para o meio ambiente já que todas as formas de geração de energia elétrica agredem a natureza de alguma forma. Um outro fator que merece destaque é o econômico já que é possível obter uma grande redução dos gastos com energia elétrica.

Para os trabalhos futuros sugere-se que o estudo de eficiência seja expandido para um melhor aproveitamento da iluminação natural e para outras áreas, como motores elétricos

6 Referencias

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5413* :
iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO/CIE 8995-1:2013*

Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Plano Nacional de Energia 2030* :
Eficiência energética. Brasília. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-ben>

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.

Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil? Rio de Janeiro, 2020. Disponível em:

<https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/quanto-custa-a-energia-eletrica.htm>

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Portaria Interministerial Nº 1.007*. Brasília, 2010. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br/documents/10584/904396->

PHILIPS BY471P 1 xECO320S/840 WB GC. *Guia Prático Philips Iluminação*. [S.l.], 2009. Disponível em: https://www.lighting.philips.pt/api/assets/v1/file/content/fp910925863385-pss-pt_pt/910925863385_EU.pt_PT.PROF.FP.pdf

VIANA, A. N. C. et al. *Eficiência Energética: Fundamentos e aplicações*. Campinas - SP: Elektro, 2012. Disponível em:
<<https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries-/Eficientização Energética/Livro Eficiencia Energetica.pdf>>.