

**COMPARATIVO TÉCNICO ENTRE O SISTEMA DE ILUMINAÇÃO
CONVENCIONAL E A ILUMINAÇÃO EM LED UTILIZADAS NA PRAÇA DO
PAPA, NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA/ES.**

**TECHNICAL COMPARISON BETWEEN THE CONVENTIONAL LIGHTING
SYSTEM AND LED LIGHTING USED IN PAPA SQUARE, IN THE MUNICIPALITY
OF VITÓRIA/ES.**

Lourenço Massini Corrente Ferraz¹

João Victor Camilo²

RESUMO: Este artigo de pesquisa visa analisar e comparar ambos os sistemas de iluminação, levando em conta os aspectos técnicos, vale ressaltar que a iluminação exerce um papel crucial em vários setores, tais como, residencial, industrial e urbano, por isso, a transição para tecnologias mais eficientes, como o LED (Light Emitting Diode), tem ganhando engajamento nos últimos anos.

A pesquisa se inicia com revisão de literatura abordando os princípios de fundamentos e suas respectivas características, como, eficiência luminosa, durabilidade, temperatura de cor na escala Kelvin e os custos para realização da implantação tecnológica, sendo uma pesquisa prática que visa realizar uma avaliação de desempenho em condições reais. Ao decorrer do estudo são apresentadas vantagens e desvantagens de cada sistema, visando não só a economia de energia, mas também aspectos voltados a sustentabilidade, além de discutir e dissertar sobre os custos de implantação e seus benefícios a longo prazo, visando o retorno do investimento. Os resultados são apresentados de forma clara e objetiva, realizando uma tabela comparativa entre os dois sistemas de iluminação, podendo assim, concluir qual o melhor sistema para se adotar atualmente e seus benefícios não só para a população e prefeitura, mas sim também para os profissionais da área e responsáveis pela iluminação das cidades que visam promover soluções práticas, sustentáveis e eficientes em seu campo de iluminação.

Palavras-chave: Iluminação, economia e sustentabilidade.

ABSTRACT: This research article aims to analyze and compare both lighting systems, taking into account technical aspects. It is worth noting that lighting plays a crucial role in various sectors, including residential, industrial, and urban areas. Therefore, the transition to more efficient technologies, such as Light Emitting Diode (LED), has gained momentum in recent years.

¹ Aluno do Centro Universitário Salesiano – UniSales (lourenco.ferraz@souunisales.com.br)

² Professor do Centro Universitário Salesiano – UniSales (joao.camilo@salesiano.br)

The research begins with a literature review covering the fundamental principles and their respective characteristics, such as luminous efficiency, durability, color temperature on the Kelvin scale, and the costs associated with technological implementation. It is a practical study that seeks to evaluate performance under real conditions. Throughout the study, advantages and disadvantages of each system are presented, focusing not only on energy savings but also on sustainability aspects. The research discusses and elaborates on implementation costs and their long-term benefits, aiming for a return on investment.

The results are presented clearly and objectively, including a comparative table between the two lighting systems. This allows for a conclusion regarding the best system to adopt currently and its benefits not only for the population and municipality but also for professionals in the field and those responsible for city lighting. The goal is to promote practical, sustainable, and efficient solutions in the field of lighting.

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa aborda o tema dos diferentes modelos convencionais de iluminação pública presentes no município de Vitória, localizado no estado do Espírito Santo. Essa nova mudança, visa realizar a substituição do tipo atual utilizado, que se trata de lâmpadas do tipo Vapor Metálico, para a nova tecnologia moderna de lâmpadas em LED (Light Emitting Diode), devido a atualmente a busca por soluções energéticas eficientes e mais limpas terem se tornado cada vez mais procurado. Neste cenário, a tecnologia LED é abordada como alternativa e solução para a iluminação pública já que proporciona uma redução de consumo de energia e no custo de manutenção para as luminárias, visto que sua vida útil é muito maior do que a iluminação ali presente. Com a evolução da tecnologia surgiram os diodos emissores de luz cujo seu funcionamento é feito de materiais semicondutores como germânio, silício ou materiais compostos semicondutores como arsênio de gálio. Quando uma corrente elétrica é aplicada a esses materiais, os elétrons se movem dentro da estrutura do diodo e quando eles reagem com buracos (falta de elétrons) liberam energia na forma de luz que possuem uma alternativa bastante interessante para este tipo de aplicação pois oferecem valores de eficiência luminosa elevados, índice de reprodução de cor (IRC) elevado, capacidade de alterar a cor da luz (temperatura de cor), longa durabilidade e facilidade no direcionamento do foco de luminância. Com todas essas possíveis alterações, essa tecnologia possibilita a diversidade no uso da iluminação, além de favorecer toda a parte de eficiência energética (DOE, 2008). Com base nesses conceitos apresentados se torna possível implementar medidas que visam realizar levantamentos de consumo de energia através de pesquisas de campo com projeções reais apresentando valores e custos, realizando um comparativo do modelo tradicional para o novo modelo tecnológico, além de apontar os benefícios que a nova tecnologia pode trazer para âmbito socioambiental. Com a obtenção de alguns dados será apresentado um estudo de caso diretamente com o fornecedor de luminárias e com uma empresa prestadora de serviço do ramo, para que seja possível observar qual o valor inicial e em quanto tempo este projeto poderá dar retorno financeiro para o município.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste tópico será abordado todos os temas essenciais para confecção do referencial sendo eles, conceitos da iluminação pública, fluxo luminoso, Iluminamento ou iluminância, temperatura da cor, equipamentos utilizados na iluminação pública, lâmpadas a vapor

metálico, reatores, ignitores, relé fotoelétrico, suportes de fixação, LEDs direcionados a iluminação pública, luminárias LEDs.

2.1.1 CONCEITOS DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A iluminação pública é um sistema de iluminação instalado em espaços públicos como ruas, praças, parques e avenidas, com o objetivo de fornecer iluminação adequada e segura para as comunidades em geral. A iluminação pública tem como principal objetivo proporcionar visibilidade para a segurança do tráfego de veículos e pedestres, de forma rápida, precisa e confortável. Os projetos de iluminação pública devem atender aos requisitos específicos do usuário, provendo benefícios econômicos e sociais para os cidadãos (ABNT NBR 5101, 2018). A iluminação pública é um elemento essencial para garantir a qualidade de vida, proporciona estética e valorização urbana e através dos avanços tecnológicos têm buscado o desenvolvimento de sistemas de iluminação mais eficientes e sustentáveis, visando à economia de energia e à redução do impacto ambiental.

De acordo com o art.30 e 149-A da Constituição Federal de 1988, a prestação de serviços de iluminação pública é de competência do poder público municipal ou distrital. Sendo assim, a elaboração de projeto, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública são de responsabilidade do poder público municipal (ANEEL, 2021).

2.1.2 FLUXO LUMINOSO

Segundo Costa (2006), o fluxo luminoso de unidade de medida lúmen (Lm), é a quantidade total de luz emitida pela lâmpada em sua tensão nominal, ou seja, a energia emitida por segundo, em todas as direções, em forma de luz. O fluxo luminoso é um conceito muito importante para o projeto luminotécnico, uma vez que em uma comparação entre lâmpadas com características semelhantes, em geral, é o fluxo luminoso o fator que determina a escolha da lâmpada. Vale ressaltar que ele representa a potência luminosa percebida pelo olho humano. A intensidade da luz em um ponto específico é medida em candelas (cd) e está relacionada à concentração do fluxo em uma direção específica.

Cavalin (2011), diz que toda fonte de luz capaz de estimular a retina ocular é denominada fluxo luminoso. Sendo assim, uma medida fundamental para comparar a eficiência de diferentes fontes de luz, como lâmpadas, luminárias ou dispositivos de iluminação. Além disso, segundo Nery (2012), lúmen são fluxos luminosos emitidos segundo um ângulo sólido por uma fonte luminosa puntiforme de intensidade constante em todas as direções.

2.1.3 ILUMINAMENTO OU ILUMINÂNCIA

A densidade do fluxo luminoso na superfície é denominada luminância, que nada mais é do que a relação deste fluxo e a superfície na qual ela incide, "a potência de radiação luminosa numa dada direção denomina-se intensidade luminosa, o Inmetro denomina essa grandeza como iluminamento". Sobre Luminância, os autores dizem que "um observador, ao olhar para a superfície terá a sensação de maior ou menor claridade, esta sensação é detectada pelo olho e avaliada pelo cérebro. através de processos denominados de conhecimento sensitivo intelectual, (NISKIER; MACINTYRE, 2013).

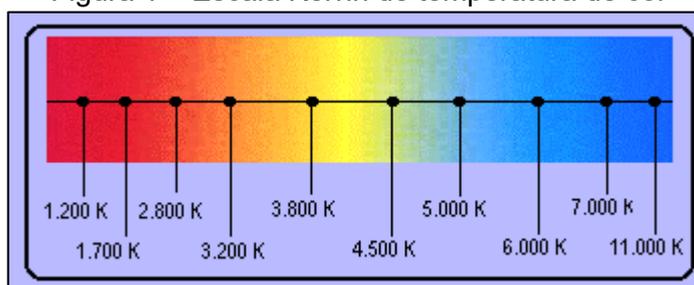
As medições dos níveis de iluminamento são feitas a qualquer tempo, sempre que desejamos saber em quais níveis estão a iluminação do nosso recinto. "A medição é feita com auxílio de

equipamentos calibrados em LUX (luxímetros), e faz-se a medição conforme especificações da norma em vigor" (MOREIRA, 1999). Através da medição se torna possível estabelecer que quanto maior o fluxo luminoso, mais próximo a fonte de luz estiver da superfície e menor for a área a ser iluminada, maior será a iluminância resultante.

2.1.4 TEMPERATURA DA COR

Segundo ALVES (2001), temperatura de cor é uma avaliação da cor das fontes luminosas, adotada pelos fabricantes de lâmpadas. Está relacionada à aparência de cor da luz emitida por uma fonte de luz que pode variar entre luz neutra, luz quente e luz fria, como observado na Figura 1 não está diretamente relacionada à temperatura física da fonte de luz, mas sim à aparência da cor percebida. COSTA (2006), cita que quanto mais alto for o valor da temperatura de cor de uma fonte luminosa mais branca será a luz emitida pela mesma. O termo embora seja medido em Kelvins, não tem qualquer relação com a temperatura física da fonte luminosa, é apenas uma analogia com a cor da luz emitida por um corpo negro quando aquecido.

Figura 1 – Escala Kelvin de temperatura de cor



Fonte: Cleber Luiz da Silva, 2010.

ALVES (2001), ressalta ainda que, para a classificação da luz artificial, emprega-se o critério de "aceitação" natural pelos olhos de dois tipos de fontes de luz: a dos irradiadores térmicas (fogo, velas, lâmpadas incandescentes) e a luz do sol (natural). É importante destacar que a cor da luz em nada interfere na eficiência energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada (ITAIM, 2017).

2.2.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

São de responsabilidade dos municípios e fazem parte do AIS, por exemplo, luminárias, lâmpadas, relés fotoelétricos, reatores, braços de sustentação da luminária, eletrodutos, caixas de passagem e condutores exclusivos para iluminação pública, enquanto os postes e a rede de distribuição de energia elétrica são de responsabilidade da concessionária (CEPAM, 2013).

2.2.2 LÂMPADAS A 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 metálico necessitam de um reator para seu funcionamento (MAMEDE FILHO, 2010). A luz emitida por esse tipo de

lâmpada é extremamente branca e brilhante e, para funcionar, necessita de reator e ignitor. Essa lâmpada reúne algumas das vantagens das lâmpadas de vapor de sódio com outras das lâmpadas de vapor de mercúrio, melhorando especialmente o índice de reprodução de cor, em torno de 70%, o autor ainda diz que, possui uma eficiência de até 100 lm/W e vida útil, cerca de 15.000 horas, bem inferior à das lâmpadas vapor de sódio, sendo este seu principal ponto negativo (ROSITO, 2009b).

É um tipo de lâmpada de descarga de alta intensidade que utiliza um vapor de metal para produzir luz. Essas lâmpadas são conhecidas por sua eficiência energética e alta intensidade luminosa. Entre as lâmpadas a vapor, a vapor metálico e bem moderno, vem se aperfeiçoando sendo que esta lâmpada surgiu há cerca de 40 anos. A mesma possui uma boa reprodução de cores, comparado a uma lâmpada de sódio ou mercúrio e tendo uma melhor eficiência, vai depender também do fabricante, porém, na maioria das vezes a lâmpada de vapor metálico se destaca em relação a outras (MATTEDE, 2014).

Figura 2 – Lâmpada Vapor metálico 400W.



Fonte: Demape, 2023.

2.2.3 REATORES

Os reatores são dispositivos eletrônicos responsáveis por fornecer a corrente elétrica adequada e controlada para o funcionamento das lâmpadas de descarga, trabalham iniciando e mantendo a descarga elétrica, garantindo a estabilidade do fluxo luminoso e protegendo a integridade da lâmpada. É um equipamento auxiliar e tem como objetivo limitar a corrente elétrica na lâmpada. Além disso, é fundamental para fornecer as características elétricas adequadas, garantindo a vida útil fornecida pelo fabricante (AGUERA, 2015; ROSITO, 2009c). O reator tem a função de agir como se fosse um filtro de energia, estabilizando a corrente certa para o funcionamento da lâmpada (SARAIVA, 2015).

As lâmpadas de vapor, assim como todas as demais lâmpadas de descargas elétricas, necessitam de um reator que limite a intensidade de corrente no tubo do arco e que forneça as tensões de ignição (juntamente com ignitor) da ordem de 2 a 5 KV (MOREIRA, 1999). O reator deve proporcionar uma boa estabilização à corrente da lâmpada, um fator de potência elevado, aumentando a economia do sistema, reduzindo as harmônicas, com características de alta impedância para audiodfrequência, reduzindo a radiofrequência geradas pelas lâmpadas, dando condições ideais de ignição para a lâmpada, com pequenas dimensões, vida longa, ruídos e perdas com níveis baixos (CAVALIN; CERVELIN, 2010).

2.2.4 IGNITORES

Ignitor é um dispositivo eletrônico auxiliar utilizado juntamente com o reator, tem por função gerar um pulso de tensão da ordem de 5000 V necessário para acionar lâmpadas a vapor de sódio e a vapor metálico (PROCEL, 2011). São projetados para fornecer uma alta tensão de pulso à lâmpada durante o processo de partida. Essa tensão de pulso é necessária para ionizar os gases e vapores metálicos dentro da lâmpada, permitindo que a descarga elétrica seja iniciada.

2.2.5 RELÉ FOTOELÉTRICO

É um dispositivo amplamente utilizado em aplicações de automação e controle de iluminação especialmente em sistemas de iluminação pública, utiliza a luz como entrada para controlar um circuito elétrico. Este dispositivo controla o acendimento e o desligamento da lâmpada automaticamente, de acordo com o nível de luz presente no ambiente (NOGUEIRA, 2013). O dispositivo possui um sensor fotoelétrico, que geralmente é composto por um fotodiodo, fototransistor ou célula fotossensível. Esse sensor converte a luz incidente em corrente elétrica proporcional à intensidade da luz detectada. O acionamento automático em iluminação pública é muito importante, pois elimina a necessidade de um operador para acender e apagar a lâmpada, bem como uso do fio piloto para o comando das lâmpadas. O fio piloto corresponde ao fio retorno que seria ligado em um interruptor (SOUZA; COSTA, 2004).

Figura 3 – Ilustração de um Relé Fotoelétrico



Fonte: Fabricante DREI K., 2023.

2.2.6 SUPORTES DE FIXAÇÃO

Os suportes de fixação desempenham um papel fundamental na instalação segura e estável dos dispositivos de iluminação, garantindo a correta direção da luz e o funcionamento adequado do sistema. Os suportes são materiais utilizados para fixação ou instalação dos componentes do circuito de iluminação pública, como por exemplo, terminal de pressão para

fixar os condutores, ou base para relé, além de parafusos, porcas e arruelas de pressão para fixação, entre outros (AGUERA, 2015).

2.3.1 LEDS DIRECIONADOS A ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Os diodos emissores de luz, dispositivos conhecidos pela abreviatura em língua inglesa LED (Light Emitting Diode), são semicondutores em estado sólido que convertem energia elétrica diretamente em luz (INMETRO, 2017). É um componente eletrônico que tem a função de emitir luz, com sua maior vantagem que é o baixo consumo de energia (MATTEDE, 2016). Os LEDs mais aplicados em iluminação são os de luz branca, os PC-LEDs (Phosphor converted LEDs), que podem ser divididos em dois grupos: Os LEDs de alto brilho, também conhecidos como HB-LEDs (High Brightness LEDs), que operam com baixos níveis de potências, com correntes nominais típicas de 20 mA; os LEDs de alta potência HP-LEDs (High Power LEDs), que trabalham em níveis de potência mais elevados, com correntes nominais típicas de 300 mA até 1,5A. Os HP-LEDs possuem maior fluxo luminoso e eficácia luminosa, sendo mais eficaz do que os HB-LEDs, sendo os mais indicados para aplicação em iluminação pública (RODRIGUES *et al.*, 2011; SCHUCH *et al.*, 2011).

Conforme pode ser comprovado nos diversos trabalhos, com medições de campo (COPEL, 2015; MARCUS VINICIUS, 2014), uma das soluções de maior destaque nos últimos anos é a aplicação da tecnologia LED, visto que esta apresenta grande eficiência energética e uma satisfatória qualidade no sentido da quantidade de luz emitida ao ambiente, seja ele isolado ou não. Além disso, o LED também contribui com a diminuição do impacto ambiental por se tratar de uma fonte de luz livre de elementos tóxicos em sua composição, sendo considerado lixo comum que não necessita de tratamento especial no seu descarte, diferentemente das lâmpadas fluorescentes que possuem mercúrio, elemento tóxico (SANTOS, 2010).

2.3.2 LUMINÁRIAS LEDS

O seu princípio de funcionamento baseia-se na utilização de díodos emissores de luz associados de forma a criar um fluxo luminoso elevado (LOURENÇO, 2010). É possível observar nas Figuras 4 e 5, que os componentes básicos de uma lâmpada LED são: lente plástica protetora; eletrodo, fio de ouro e conexão dissipador de calor; silicone para proteção contra descargas eletrostáticas e o chip LED (ZUKAUSKAS; SHUR; GASKA, 2002). A característica mais marcante do LED é sua vida útil muito longa, pois reduz a necessidade de trabalho de manutenção, promovendo economia e preservação do meio ambiente (SILVA, 2011).

As luminárias de LED oferecem várias vantagens em comparação com as fontes de iluminação convencionais, são compostas por fonte de luz com seus respectivos sistemas de controle e alimentação junto com as partes que distribuem a luz, e as que posicionam e protegem a fonte de luz. Uma luminária com tecnologia LED contém um ou mais LED, sistema óptico para distribuição da luz, sistema eletrônico para alimentação e dispositivos para controle e instalação (INMETRO, 2017). Além disso, LEDs apresentam outros benefícios, dos quais é possível citar sua confiabilidade, resistência a grandes variações de temperatura (de -20 °C a 120 °C) e a vibrações, garantindo assim a continuidade de operação independentemente das condições do local de uso. Apresentam também um baixo custo de manutenção, pois como podem atingir uma vida útil elevada, podendo ultrapassar facilmente as 100.000 horas, dependendo das condições de operação (LUMILEDS, 2012).

Figuras 4 e 5 – Ilustração de luminária LED.



Fonte: Acervo próprio, 2023.

Do ponto de vista ambiental, se fossem substituídos os cinco milhões de pontos de IP presentes no Brasil por LED, seria possível gerar uma redução na faixa das 26.907,43 toneladas de emissão de carbono para atmosfera (ENESEP, 2015; FERRONI, EDUARDO *et al.*, 2014). Em contrapartida, uma das principais desvantagens é a dependência de componentes importados, bem como a escassez de mão de obra especializada, para que os cuidados necessários sejam tomados, garantindo as vantagens de funcionalidade.

2.4.1 ANÁLISE COMPARATIVA

A vida útil do LED é duas vezes maior que as lâmpadas convencionais, alcançando 50 mil horas de funcionamento. Além de maior eficiência e desempenho em termos energéticos, reduz direta e indiretamente o consumo, reduzindo assim as emissões de CO₂ que causam a poluição da atmosfera. Permitem uma melhor reprodução de cores e não emitem raios ultravioletas e infravermelhos, pois não utilizam componentes tóxicos, que são prejudiciais ao meio ambiente (SCHULZ, 2009/2011).

2.4.2 CUSTOS REFERENTES A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

“Como foi demonstrado o investimento para implantação da tecnologia proposta para a cidade de Ipanema/MG é maior do que para a tecnologia atual, contudo, houve uma economia de com os custos anuais com energia elétrica e com manutenção pelo sistema proposto (KENNEDY; MARCUS, 2014)”.

3. METODOLOGIA

A avaliação dos projetos de aprimoramento da Iluminação Pública da Praça do Papa é a base deste estudo. Nessa estão incluídas referências dos materiais previamente existentes e propostas de novos aparelhos a serem instalados. Os procedimentos adotados para o desenvolvimento deste artigo ocorreram pesquisas de campo,

relatórios fotográficos, artigos, teses, dissertações e livros voltados para o tema abordado. O dispositivo atualmente em uso é composto por luminárias de lâmpadas de vapor metálico, e as sugestões apresentarão a substituição delas por luminárias que utilizam a tecnologia LED como principais fontes de luz. Os aparelhos serão descritos em detalhes para permitir uma análise precisa ao final das pesquisas.

Posteriormente à apresentação dos dados relevantes sobre o modelo originalmente utilizado, será realizada a avaliação da implementação do novo padrão. Por fim, as comparações finais são feitas de modo a permitir a conclusão dos resultados mais favoráveis do ponto de vista financeiro.

Esses dados são, então, analisados utilizando métodos estatísticos e matemáticos, visando a obtenção de resultados numéricos que possam ser resumidos e comparados, com finalidade de pesquisa aplicada onde é observado que o presente ofício é um tipo de investigação científica que busca gerar conhecimentos e soluções práticas para problemas específicos, com o objetivo de aplicar esses resultados no mundo real e em contextos práticos, contando com um nível de explicação exploratório, pois, o foco está em descobrir novas ideias, padrões, tendências ou relações que possam fornecer uma compreensão inicial de um fenômeno ou problema, por isso é frequentemente usado em estágios iniciais de pesquisa, quando há pouca informação disponível sobre o assunto ou quando o fenômeno é pouco compreendido.

3.1. PESQUISA DE CAMPO

Será realizada através de uma análise da área onde será feita a possível implantação do aprimoramento, e através dos relatórios fotográficos realizados destes mesmos locais.

3.2 RELATÓRIOS FOTOGRÁFICOS

Para a obtenção destes relatórios, será realizada uma visita a praça do papa, localizada em Vitória e assim registrados os pontos estratégicos para a implantação da proposta, afim de evidenciar onde será o local de instalação do estudo em desenvolvimento, sendo implantado o presente artigo, produzir um comparativo com imagens mostrando o antes e depois da implantação.

3.3 ESTUDOS BIBLIOGRÁFICOS

Uma análise de dados já estudados ou citados em artigos, teses, dissertações e livros, sobre informações cruciais para a implantação a ser realizada tais como aparelhos a serem instalados, materiais que serão utilizados em todo procedimentos, e possíveis registros sobre problemas a serem enfrentados e formas de evitá-los.

3.4 AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO

Será realizado um levantamento dos dados relacionados aos gastos da implantação do sistema proposto, assim como mão de obra qualificada e os materiais que serão utilizados,

visando a quantidade necessária para cada um deles e o impacto financeiro em comparação a tecnologia antiga e a proposta.

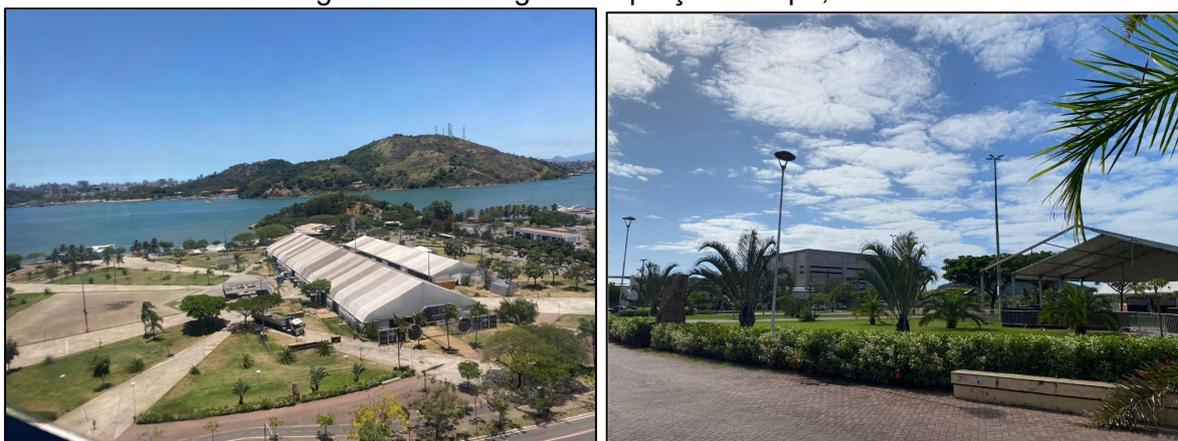
3.5 COMPARAÇÕES FINAIS

Será feito um novo estudo visando analisar os dados anteriores a implantação do estudo proposto quando eram utilizadas as luminárias de lâmpadas de vapor metálico e os dados posteriores a implantação onde foram instaladas as tecnologias LED como principais fontes de luz, visando mostrar os impactos positivos e negativos para chegar à conclusão final sobre o tema do presente trabalho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A praça do Papa além de se tratar de um local público que recebe várias pessoas de diferentes idades que utilizam o espaço para suas atividades de lazer em diversificados horários dos dias. Trata-se ainda de um local onde recepciona eventos importantes da cidade de Vitória, que são caracterizados como pequenas feiras de barracas de comidas e até eventos de grandes proporções, como shows nacionais e internacionais, abrangendo uma quantidade maior de pessoas. É interessante pontuar que o local possui a presença de restaurantes, comércios e residências, como também dois pontos turísticos localizados em seu entorno, sendo esses os monumentos da Rosa Dos Ventos e a Cruz Reverente, homenageando o Papa João Paulo II, que visitou a cidade em 1991. Diante esse cenário público e de importância, se tornou local ideal para as análises que foram realizadas durante nesta pesquisa, com o intuito de observar se os resultados da troca dos sistemas de iluminação seriam positivos ou não para viabilizar a implantação. Em conversa com o fiscal de contrato da Prefeitura Municipal de Vitória, foi notificado diversos apagões na região, devido ao curto de reatores das luminárias de vapor metálico, tornando-o o local mais perigoso, portanto, necessitando ainda mais da implantação do estudo em questão, pois, com as luminárias LEDs o circuito não entraria em curto e não desarmaria toda a praça, causando escuridão.

Figura 6 – Visão geral da praça do Papa, Vitória/ES.



Fonte: Acervo próprio, 2023.

Diante dos resultados obtidos, evidencia-se a importância dos estudos por novas tecnologias, visando a melhoria da sociedade e quanto a segurança pública em questão. A Figura 6 evidencia o local de implementação do estudo, onde ao fundo é possível observar os postes de 17 metros de altura, que apresentam o sistema de iluminação antigamente utilizado, como também ao redor da praça, os postes ornamentais que já apresentam a nova tecnologia.

Por meio de pesquisas entre fabricantes foi gerada uma planilha comparativa contendo ambos sistemas de iluminação, afim de apontar todos os pontos positivos e negativos, além de suas respectivas especificações. Em contato direto com a concessionária responsável pelas cobranças de iluminação pública, obtém-se o valor do quilowatt-hora (kWh) equivalente a R\$0,57, que se trata de uma unidade de medida da energia elétrica consumida pelo aparelho em um determinado tempo, através da fórmula apresentada na Figura 7.

Figura 7 – Fórmula de consumo de energia em kWh

$$\text{Consumo (kWh)} = \frac{\text{Potência (W)} \times \text{Horas (h)} \times \text{dias}}{1.000}$$

Fonte: Henrique Mattede, 2006.

Nesta pesquisa, foi gerado o cálculo de gasto mensal de uma luminária, contudo no projeto de implantação são determinadas a substituição de 24 luminárias de 200W. Com base na fórmula descrita acima, foi realizado os cálculos e apresentados na Tabela 1 e multiplicado pelo coeficiente de 0,57, que é o custo para cada kWh, consegue-se apresentar o resultado de custo mensal com energia elétrica na Tabela 2.

Tabela 1– Consumo de energia por luminária

CONSUMO (KWD)	LUMINARIA LED	LUMINARIA VAPOR METALICO
	72	144

Fonte: Elaboração própria, (2023).

Tabela 2 – Comparativo entre luminárias

LUMINARIA LED		LUMINARIA VAPOR METALICO	
Potência (W)	200		400
Temperatura de cor (K)	4000		5000
Fluxo Luminoso Total (lm)	28000		35000
Eficiência Luminosa (Lúmens/Watt)	160		86
Vida mediana (h)	84000		15000
Garantia (Meses)	60		6
VALOR GASTO DE UMA LUMINARIA 12H LIGADA/MÊS	R\$ 41,00	R\$	82,00
VALOR TOTAL DE 24 LUMINARIAS	R\$ 984,00	R\$	1.968,00

Fonte: Elaboração própria, (2023).

Com base no comparativo apresentado acima, é possível realizar algumas afirmações quando se observa os valores obtidos e/ou especificados pelas fabricantes entre as duas luminárias, tais como a sua eficiência energética. Luminárias do tipo LED são altamente eficientes em termos de consumo de energia, convertendo a maior parte da eletricidade em luz visível, de contrapartida as Luminárias de vapor metálico tendem a ser menos eficientes, com uma parcela significativa de energia desperdiçada na forma de calor. Quando o assunto é vida útil e durabilidade, a nova tecnologia têm uma vida útil muito mais longa em comparação com luminárias de vapor metálico.

As LEDs, segundo o fabricante, podem possuir uma vida útil de até 84.000 horas com uma garantia de 60 meses, enquanto as luminárias convencionais normalmente possuem uma vida

útil de até 15.000 horas. Isso resulta em uma menor necessidade de substituição e manutenção, economizando tempo e dinheiro a longo prazo.

A nova tecnologia apresenta uma qualidade da luz superior em comparação com as de vapor metálico, devido ao Índice de Reprodução de Cor (IRC), onde observa-se que a fabricante determina que seu índice é igual a 65 e já a luminária LED é igual a 70, sendo superior, é possível observar a diferença na Figura 8.

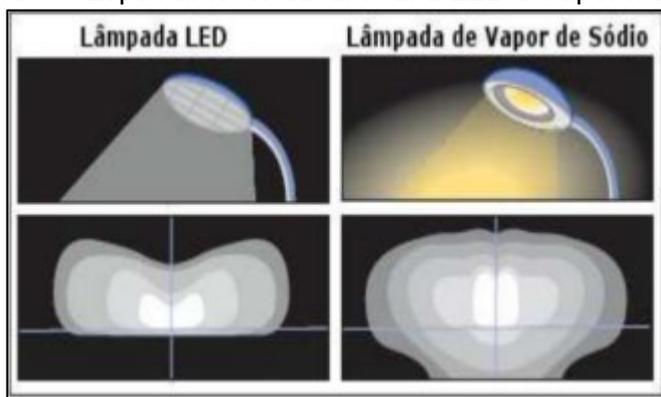
Figura 8 – Diferença entre os IRC.



Autor: Arquetetze, 2017.

O sistema de iluminação em LED, pode reproduzir cores de forma mais precisa e oferecer uma iluminação mais uniforme, tornando os ambientes mais agradáveis e seguros, podendo também salienta que as luminárias de LED não contêm materiais tóxicos, desta forma não promovem degradação do meio ambiente. Como ocorre com as luminárias de vapor de metálico, que possuem mercúrio em sua composição, além de uma adição de materiais como o índio, tálio e o sódio que são elementos altamente tóxicos, representando um risco ambiental significativo se não forem realizado seu descarte de forma correta.

Figura 9 – Espalhamento da luminária LED e Vapor Metálico



Autor: Gianelli et al. 2009.

A LED oferece recursos avançados de controle, como atenuação e automação, o que permite uma gestão mais eficiente da iluminação. Além disso, uma luminária LED para Iluminação Pública (IP) é constituída de driver e LEDs, onde esse equipamento denominado de driver corresponde como uma espécie de reator para a lâmpada de vapor metálico, controlando os níveis de tensão e corrente permanentemente, além de auxiliar no acionamento da iluminação. O driver por se tratar de um circuito eletrônico de alta frequência, pode gerar distorção harmônica na corrente de saída, fato esse que os fabricantes devem evitar. Vale, ainda, ressaltar que, quando se trata das demais luminárias, uma pequena variação na

alimentação é o suficiente para que ela se apague, uma vez que se perde equilíbrio dinâmico entre a amálgama líquida e os vapores metálicos, enquanto as de LED funcionam apenas com alteração na luminosidade, a vida útil do sistema de LED é superior ao dobro da vida útil dos demais sistemas, podendo atingir uma média de 50.000 horas de funcionamento. Além dos dados comprovados neste trabalho, um estudo comparativo de Hernández Moreno, (2015), mostra que nas fases de produção, de uso e manutenção e na disposição final dos projetos, a luminária apresenta maiores impactos ao ambiente, devido a um grande consumo na fase de uso e operação e são necessárias 32 substituições para levar a 30.000 horas. Com auxílio de uma Ata de Registro de Preços, fornecido por uma empresa de atuação no ramo de iluminação pública, cujo seu nome é VitoriaLuz Construções LTDA, com sede localizada no município de Vitória, no Espírito Santo, em um dos serviços desenvolvidos, foi possível obter o orçamento de implementação da tecnologia LED para a iluminação pública desse serviço descrito na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Orçamento para implantação da melhoria.

					
ORIGEM: TCC - PRAÇA DO PAPA IMPLANTAÇÃO					
ITEM	MATERIAIS	UNIDADE	QUANTIDADE		
1.11	Cabo elétrico cobre isolado 1,5 mm ² , 750V.	m	64,00	R\$ 1,6757	R\$ 107,24
1.12	Cabo elétrico cobre isolado 2 x 1,5 mm ² , 750V, tipo PP.	m	64,00	R\$ 6,1252	R\$ 392,01
1.50	Luminária LED 200W	un	24,00	R\$ 1.028,5730	R\$ 24.685,75
1.86	Relé tampa cega	un	24,00	R\$ 6,3563	R\$ 152,55
ITEM	SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	UNITÁRIO LICITADO	TOTAL P/12 MESES
2	SERVIÇOS				
2.8	Instalar cabo de cobre isolado tipo PP e singelo bitolas 2,5 a 10 mm ² em postes e braços.	m	128,00	R\$ 19,4895	R\$ 2.494,66
2.13	Instalar luminária fechada completa.	un	24,00	R\$ 194,8950	R\$ 4.677,48
2.19	Retirar luminária fechada completa.	un	24,00	R\$ 77,9580	R\$ 1.870,99
TOTAL DOS SERVIÇOS					R\$ 9.043,13
TOTAL - MATERIAIS					R\$ 25.337,56
TOTAL - SERVIÇOS					R\$ 9.043,13
TOTAL (MATERIAIS E SERVIÇOS)					R\$ 34.380,69

Fonte: VitoriaLuz Construções LTDA, 2023.

Com o preço final de R\$ 34.380,69, incluso Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), um termo utilizado na construção civil para que referencia os gastos com despesas de operação da empresa, bem como o lucro final do executor. Para execução do serviço, obtém-se que são necessários exatamente 27 meses para que o valor investido retornasse para o cliente, onde a diferença entre o consumo de energia entre as duas luminárias é igual a R\$ 1.312,00, logo, em 27 meses, obtiveram-se R\$ 35.613,00 de lucro no consumo, descartando manutenções, visto que as luminárias LED apresentam vasta garantia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, as luminárias LED superam as luminárias de vapor metálico em termos de eficiência, durabilidade, qualidade de luz e impacto ambiental. Embora a migração para LEDs possa representar um investimento inicial maior, os benefícios a longo prazo em economia de energia, onde é possível determinar através de cálculos que, em três anos, o investimento terá retorno, além da economia de R\$ 182,40 de manutenção por mês, por conta de sua extensa garantia, quase cinco vezes maior que a garantia fornecida pelas luminárias de vapor metálico e menor impacto ambiental tornam essa escolha cada vez mais atraente para iluminação pública, industrial e comercial.

Os objetivos desta pesquisa, citados anteriormente foram alcançados com êxito. Foi apresentado o consumo de energia convencional e seus demais gastos em uma tabela comparativa, onde foi observado que o consumo é igual a 50% maior que a luminária de nova tecnologia. Os benefícios que o LED pode agregar no cotidiano da população vão além do baixo índice de poluição ambiental e visual, visto que, apresenta um IRC maior que a convencional, deixando as cores do ambiente mais viva e dando um foco maior no local de iluminação, além de ser mais leve quando se trata de carga elétrica, diminuindo os apagões e custos voltados para manutenção.

O recurso necessário para a implantação desta melhoria foi igual a R\$ 34.380,69 com BDI incluso neste preço, onde o orçamento realizado por meio de uma planilha com valores reais apresentados por uma empresa do ramo e por fim, realizado um estudo para que fosse possível identificar em quanto tempo será obtido o retorno do valor investido. Através dos resultados obtidos, foi determinado que em 3 anos, a implantação estará gerando um retorno além do investimento inicial, o qual, em uma conversa com um engenheiro que atua no ramo, estaria dentro dos conformes.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desta pesquisa contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradeço: Aos professores orientadores, João Victor Camilo e Clarisse Pacheco, que durante esse período de realização, acompanharam pontualmente, dando todo auxílio necessário para a realização do projeto. Aos Engenheiros Eletricistas Hallephy de Almeida Rodrigues e Héglío Ráines pelos ensinamentos, que permitiram a conclusão do artigo. E a Brenda Ferreira Pachêco, que prestou toda atenção desde o início para que fosse possível realizar o mesmo.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 5101- **Iluminação pública - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2012.
- AGUEIRA, R. S. **Cenário brasileiro da iluminação pública**. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica e da Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, 2015.
- ALVES, L.F.R. **Projetos de iluminação**. Gráfica UFOP. 2001
- ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa**. Art. 451, 2021.
- AZEVEDO, D. S. Convida Igrejas Cristãs para Diálogo sobre o Pacto. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 22 out. 1985. Caderno econômico, p. 13.
- BRASIL. Constituição, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988. 20. Ed. São Paulo: Saraiva, 1988.
- CAVALIN, G. **Instalações elétricas prediais: conforme Norma NBR 5410:2004**. 21ª. ed. São Paulo: Érica, 2011.
- CAVALIN; CERVELIN. **Instalações Elétricas Prediais**. 14ª Edição, Editora Érica escaneado. 2010.
- CEPAM - Fundação Prefeito F. Lima. **Iluminação pública - guia do gestor**. Secretária de energia do estado de São Paulo, São Paulo, 2013.
- COPEL, **Manual de Iluminação Pública**. Disponível em: <http://www.copel.com>. Acesso em 04 de setembro de 2015.
- COSTA; GILBERTO J. C. **Iluminação econômica - Cálculo e avaliação**. 4º Edição - Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.
- ENEGEP. **Análise Comparativa de Sistema de Iluminação – Viabilidade Econômica da Aplicação LED**, 2015.

- FERRONI, EDUARDO *et al.* Viabilidade de Aplicação da Tecnologia LED: Aplicação em um Campus Universitário. **REVISTA LUMIÈRE ELECTRIC**, São Paulo, LUMIÈRE, ano 16, n. 197, setembro, 2014.
- GIANELLI B. F. Mestre UNESP; SILVEIRA M. C. F., Mestranda UNESP; THAUMATURGO L. R. Y., Doutoranda UNESP; ASTORGA O. A. M., Livre Docente UNESP; FILHO M B M, Sisvoo, **O Emprego de Tecnologia LED na Iluminação 88 Pública – Seus Impactos na Qualidade de Energia e no Meio Ambiente, 2009**. Disponível em: Acesso em 06/04/2013.
- HENRIQUE MATTEDE. **Mundo da elétrica**. 2014
- INMETRO. **Regulamentação Técnica para Luminárias para Iluminação Pública Viária**. Portaria nº 20, 2017.
- KENNEDY; MARCUS. **Análise de viabilidade econômica da implantação da tecnologia LED na iluminação pública de Ipanema MG**, 2014.
- LOURENÇO; D. R. **Sistemas de Iluminação Pública com Gestão Inteligente de Consumo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica e Telecomunicações) – Universidade de Aveiro Departamento de Eletrônica, Telecomunicações e Informática, Aveiro, 2010.
- MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010
- MARCUS VINICIUS. **Eficientização do Sistema de Iluminação Pública**. Trabalho de conclusão de curso, Faculdade de Ciência e Tecnologia – Área 1, 2014.
- MATTEDE; HENRIQUE. **A NBR 5413 - Iluminância de Interiores**. Disponível em: <<http://www.mundodaeletrica.com.br/a-nbr-5413-iluminancia-de-interiores/>>.2016.
- MELLO; LUIZ A. **A Onda Maldita**: como nasceu a Fluminense FM. Niterói: Arte & Ofício, 1992. Disponível em: <<http://www.actech.com.br/aondamaldita/creditos.html>> Acesso em: 13 out. 1997.
- MOREIRA; VINICIUS A. **Iluminação Elétrica**. São Paulo: Blucher, 1999.
- NERY; NORBERTO. **Instalações Elétricas: Princípios e Aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2012
- NISKIER, J.; MACINTYRE; ARCHIALD, J. L. S. C. (Colaborador). **Instalações Elétricas**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013
- NOGUEIRA; FERNANDO J. **Avaliação experimental de luminárias empregando leds orientadas a iluminação pública**. 2013. Dissertação (Mestrado em sistemas eletrônicos) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, 2013.
- OTT; MARGOT B. **Tendências Ideológicas no Ensino de Primeiro Grau**. Porto Alegre: UFRGS, 1983. 214 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1983.
- PROCEL. Fonte: PROCEL: <https://www.procelinfo.com.br> **Portaria Inmetro nº 20**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2011
- RODRIGUES, C. R. B. S. *et al.* **Experimental Characterization Regarding Two Types of Phosphor-converted White High-brightness LEDs: Low Power and High-Power Devices**. In: Power Electronics Conference (COBEP), 2011 Brazilian. IEEE, p. 734-740, 2011.
- ROGER; S. A. **Cenário brasileiro da iluminação pública**. São Carlos, 2015.
- ROSITO; LUCIANO H. As origens da iluminação pública no Brasil. **Rev. O Setor Elétrico**. São Paulo, edição 36, p. 30-35, 2009a.
- ROSITO; LUCIANO H. Capítulo III Componentes da iluminação pública. **Rev. O Setor Elétrico**. São Paulo, edição 36, p. 18-24, 2009b
- ROSITO; LUCIANO H. Capítulo IV Componentes da iluminação pública parte II. **Rev. O Setor Elétrico**. São Paulo, edição 36, p. 18-24, 2009c.
- ROSITO; LUCIANO H. Desenvolvimento da iluminação pública no Brasil. **Rev. O Setor Elétrico**. jan.-/jun.2009.

SANTOS; MARCOS O. **Fique atento às diferenças e faça a melhor escolha.** Lume Arquitetura. São Paulo: no. 47, p. 104, dez/jan, 2010/2011.

SAVIANI; DEMERVAL. A Universidade e a Problemática da Educação e Cultura. **Educação Brasileira**, Brasília, v. 1, n. 3, p. 35-58, maio/ago. 1979.

SCHUCH; LUCIANO *et al.* **Sistema Autônomo de Iluminação Pública de Alta eficiência baseado em Energia Solar e LEDs.** Eletrôn Potên. Campinas, v. 16, n. 1, p. 17-27, 2011.

SCHULZ; WILLY. **Iluminação Pública.** Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná. Paraná: Série de Cadernos Técnicos, 2009/2011

SCHWARTZMAN; SIMON. Como a Universidade Está se Pensando? In: PEREIRA, Antonio Gomes (Org.). **Para Onde Vai a Universidade Brasileira?** Fortaleza: UFC, 1983. p. 29-45.

SILVA; MAURI L. **A luz dos novos projetos.** Rio de Janeiro, Ciência Moderna, 2011.

SOUZA; RONIMACK T.; COSTA, E. G. **Laboratório de Instalações Elétricas: Instalações Prediais.** Campina Grande, 2004.

STOCKO, Joilson L.; LAZZARETTI, Julio; SANTOS, Maycon W. C. **Estudo de caso comparativo entre uma luminária LED e uma luminária convencional de Vapor de Sódio.** 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

ŽUKAUSKAS, A.; SHUR, M. S.; GASKA, R. **Introduction to Solid-State Lighting**, 2002.