

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE LUMINÁRIAS PÚBLICAS DE LED EM RODOVIA DE ACESSO A UMA CIDADE DO OESTE DE SANTA CATARINA

Jones Roberto Balen¹
Marcelo Kenzi Makiyama²
Paulo Miguel de Toni³

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo propor a implementação de luminárias públicas de LED (Diodo emissor de luz) em rodovia de acesso a uma cidade localizada no oeste de Santa Catarina, na qual a iluminação convencional existente na via encontra-se em pleno funcionamento, mas que não se torna mais atraente pelo alto custo de manutenção e consumo de energia. Inicialmente, foi necessário realizar um estudo de viabilidade econômica em conjunto com um estudo luminotécnico no qual foi escolhido o modelo de luminária que estivesse dentro das normas técnicas e conseguisse dar retorno necessário para a viabilidade da obra. Com isso foi elaborada uma proposta de substituição das 514 luminárias que compõem a via, gerando uma economia estimada de R\$11.517,96 mensais para o município, que apesar de ser uma SC é quem arca com os custos de manutenção e consumo de energia. Os resultados demonstram que o sistema atual de iluminação não está em conformidade com a norma e além disso, na comparação de eficiência energética o sistema de iluminação LED é mais eficiente, isso foi evidenciado no *payback* realizado que demonstra um tempo de retorno do investimento em aproximadamente 4 anos e 9 meses.

Palavras-chave: Iluminação pública. Eficiência energética. LED. Viabilidade econômica.

1 INTRODUÇÃO

A demanda por energia elétrica vem aumentando conforme crescimento populacional. Tal realidade, no entanto, confronta diretamente com as atuais diretrizes de redução no consumo de energia, particularmente voltadas à eficiência energética e preservação ambiental, destacando o conceito de sustentabilidade. A consideração do meio ambiente é hoje obrigatória em todos os setores e atividades econômicas. Os impactos ambientais causados pelo consumo de energia e seus desdobramentos em termos de poluição, emissão de gases na atmosfera, aquecimento global e problemas climáticos são temas relevantes na agenda de discussão de diferentes áreas do conhecimento (MOURA, 2015).

No Brasil, não obstante a promulgação da Lei nº 10.295 de 2001, conhecida como Lei da Eficiência Energética, visando difundir e estimular a eficiência energética de edifícios residenciais, comerciais e públicos são responsáveis por cerca de 45% do consumo total de

¹ UCEFF Faculdades. Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica. E-mail jonesbalen@outlook.com.

² UCEFF Faculdades. Docente do curso de Engenharia Elétrica. E-mail marcelokem@uceff.edu.br.

³ Docente do curso de Engenharia Mecânica UCEFF. E-mail: paulomiguel@uceff.edu.br.

energia elétrica do país, a maior parte dos quais advinda dos sistemas de climatização e de iluminação artificial (MEDEIROS, 2009).

O uso de iluminação convencional vem sendo questionado, principalmente frente a economia que o LED proporciona em relação a essas lâmpadas, onde o mesmo é considerado o terceiro estágio da evolução da lâmpada elétrica, e que vem sendo amplamente empregado em inúmeros projetos luminotécnicos de diferentes ambientes. Os benefícios dos dispositivos a LED amparam esse emprego (MOURA, 2015).

Nesse estudo observou-se que a muito tempo a iluminação pública brasileira ainda faz uso de equipamentos ultrapassados, com baixa eficiência energética e além disso sua vida útil é muito curta em comparação as tecnologias atuais, o que interfere diretamente em custos elevados nas contas de energia elétrica e como é de conhecimento público a contribuição para o custeio do serviço de iluminação pública (COSIP) é rateado entre todas as unidades consumidoras de um município.

Nesse sentido, o objetivo desse estudo é fazer uma análise de viabilidade econômica para substituição de luminárias convencionais com lâmpada de vapor sódio por Luminárias de LED na rodovia SC 480 que dá acesso à cidade de Chapecó, Santa Catarina. Sendo assim, **qual seria o período de retorno para esse investimento nesta rodovia?**

Para isso, torna-se necessário primeiramente elaborar um estudo com as características da via, após realizar um estudo luminotécnico para fazer uma comparação entre os modelos de luminárias convencional e LED e analisar qual atenderia todas as especificações referentes a norma que delimita o nível de iluminamento da via. E por último produzir um *payback* para verificar o tempo de retorno do investimento, verificando se é justificável a substituição de um sistema pelo outro.

No setor de iluminação pública sua implantação é vista de forma muito otimista, tendo exposto a importância e a dimensão do atual sistema, podendo-se obter uma grande economia através do investimento na tecnologia LED.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico será abordada a revisão teórica usada para o embasamento do artigo.

2.1 HISTÓRICO DA ILUMINAÇÃO

A iluminação pública é essencial à qualidade de vida nos centros urbanos, atuando como instrumento de cidadania, permitindo aos habitantes desfrutar, plenamente, do espaço público no período noturno.

No Brasil segundo alguns relatos, a iluminação pública surgiu em meados do século XIX, onde em algumas cidades foram instaladas luminárias de óleo de azeite para deixar as ruas mais claras no período noturno. Desse modo, melhorando a segurança da população e assim diminuindo a criminalidade e ajudando no desenvolvimento dos locais.

Em 1883, Campos do Goitacazes, no interior do Rio de Janeiro, foi o primeiro município brasileiro a ter suas ruas iluminadas com luzes movidas à energia elétrica. Já a capital gaúcha, Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, foi a primeira capital brasileira a passar a contar com o sistema de iluminação pública elétrica (MELO, 2015).

Com a utilização da luz elétrica, a iluminação pública começa a viver uma nova era. Da mesma forma, a utilização das lâmpadas de descarga e a melhoria da eficiência dos equipamentos de iluminação propiciaram um salto nos níveis de iluminação (ROSITO, 2009).

Estima-se que no Brasil, o consumo de energia elétrica destinado à iluminação é relativamente expressivo. Cerca de 20% do consumo total de energia elétrica está associado à produção de luz através da energia elétrica, incluindo a iluminação pública. (RIBEIRO, 2012).

A redução no consumo de energia elétrica pode estar diretamente ligada à redução da emissão de poluentes na atmosfera. Outro ponto importante relacionado ao meio ambiente é o emprego de elementos químicos pesados, como por exemplo, o mercúrio, na construção de lâmpadas de descarga. Estes elementos não são usados em lâmpadas com LED's, o que gera mais um benefício na utilização dessa tecnologia remetendo a benefícios relacionados ao meio ambiental. (RIBEIRO, 2012).

2.2 NORMAS TÉCNICAS E REGULAMENTAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Existem algumas séries de normas e resoluções desenvolvidas por diversos órgãos para enfatizar detalhadamente sobre o tema de iluminação pública, são elas:

- ANEEL 414/2010: Fornecimento de energia elétrica;
- ABNT NBR 15129/2012: Luminárias para iluminação pública;
- ABNT NBR 5101/2018: Iluminação Pública - Procedimentos;
- CELESC E-313.044/2014: Materiais para iluminação pública;

- ABNT NBR 5410/2004: Instalações Elétricas de baixa tensão;

A resolução normativa nº 414/2010 tem a função de estabelecer de forma atualizada e consolidada, as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, cujas disposições devem ser observadas pelas distribuidoras e consumidores. Segundo Art. 14 da resolução nº 414 (2010) menciona sobre o tempo de consumo diário, a qual denota ser de 11 horas e 52 minutos.

A norma brasileira de nº 15129/2012 tem como objetivo fixar requisitos para luminárias com equipamentos auxiliares integrados ou não integrados para iluminação pública, luminárias integradas com coluna de altura mínima em relação ao solo de 2,5 metros e com uso de outras fontes elétricas de iluminação com tensões de alimentação não superiores a 1000 V.

A norma brasileira nº 5101 (2018) prega que seu principal objetivo é servir de base para o projeto luminotécnico de logradouros públicos, incluindo vias para tráfego de veículos e pedestres de forma a proporcionar visibilidade para a segurança do tráfego de veículos e pedestres de forma rápida, precisa e confortável.

2.3 GRANDEZAS ELÉTRICAS E UNIDADE LUMINOSAS

De acordo com Costa (2006), a luminotécnica é um termo utilizado para denominar os estudos de aplicação de iluminação artificial em espaços interiores e exteriores.

2.3.1 Potência Elétrica

Potência (W) é o resultado da tensão (V) multiplicado pela corrente (A), ou a velocidade que um equipamento converte energia elétrica em trabalho. No caso das lâmpadas indica a quantidade de energia que está sendo consumida. Porém para o entendimento completo é necessário conhecimento sobre outras grandezas e unidades luminotécnicas.

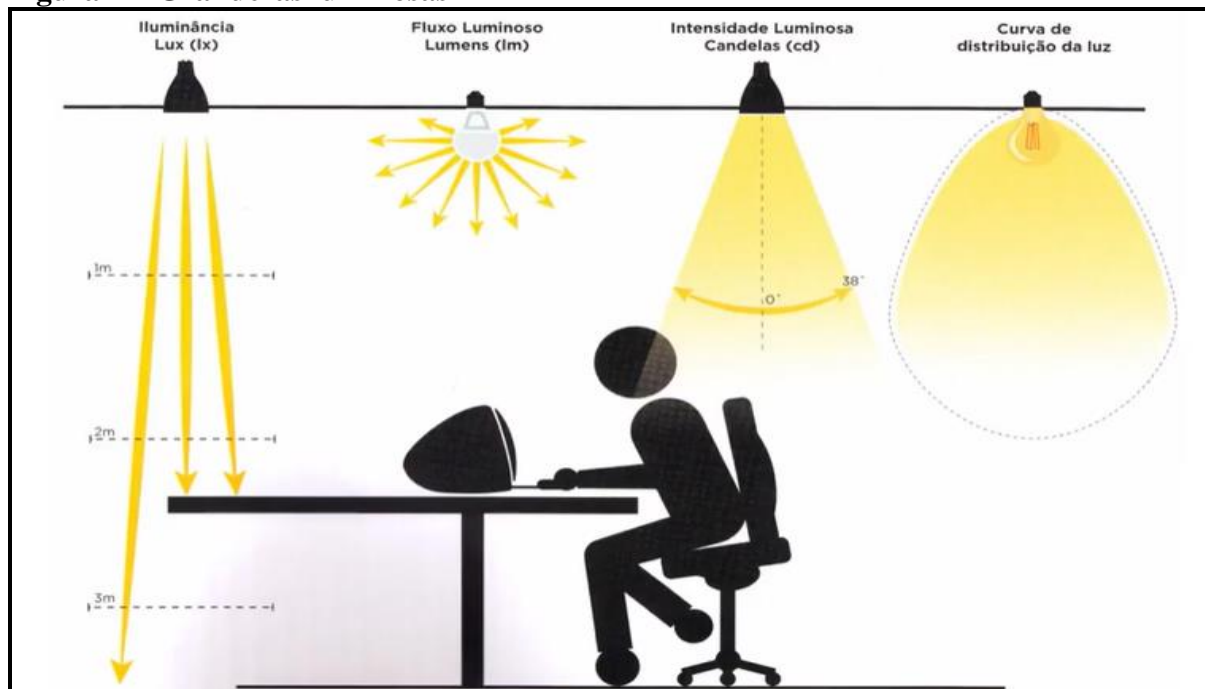
O Quadro 1 apresenta e descreve as grandezas relacionadas ao estudo.

Quadro 1 – Grandezas e Unidades Luminosas

Luz	Fluxo Luminoso
Segundo Mamede Filho (2017), é uma fonte de radiação que emite onda eletromagnéticas em diferentes comprimentos, sendo que algumas ondas de comprimento de onda são visíveis a olho humano.	Para Cotrim (2013), o Fluxo Luminoso, expresso pela unidade Lúmen, pode ser entendido como a totalidade de luz emitida por segundo em uma fonte luminosa. Sua emissão é feita em todas as direções, e é variável conforme o formato de sua fonte de luz.
Eficiência Luminosa ou Rendimento	Intensidade Luminosa
De acordo com INMETRO (2020), Eficiência Luminosa é dada pela relação entre o fluxo luminoso (lm) emitido e a potência (W) consumida por uma lâmpada.	De acordo com Mamede Filho (2017), Intensidade Luminosa, representada pela unidade Candela, é dada como o limite de uma relação entre um ângulo sólido em torno de uma direção qualquer e o valor deste mesmo ângulo sólido, quando este tende a zero.
Curva de Distribuição Luminosa	Illuminância ou Iluminamento
A Lumicenter (2012), define que as curvas fotométricas representam a distribuição em 3 dimensões da intensidade luminosa de uma lâmpada refletora ou de uma luminária numa determinada superfície.	Conforme Samed (2017), iluminância é a relação entre o fluxo luminoso que atinge uma superfície e a área dessa superfície e sua representação se dá pela unidade Lux.

Fonte: Adaptado de Cotrim (2013), INMETRO (2020), Lumicenter (2012), Mamede Filho (2017), Samed (2017).

A Figura 1, representa algumas dessas grandezas como Iluminância, Fluxo Luminoso, Intensidade Luminosa e Curva de Distribuição Luminosa.

Figura 1 – Grandezas luminosas

Fonte: Souza (2020).

2.3.2 IRC

O índice de reprodução de cor (IRC) de uma fonte luminosa é a medida de cor real de uma superfície e sua aparência a ser iluminada pela fonte artificial. Uma fonte com IRC 100% é a que apresenta as cores de um objeto com a máxima fidelidade (FRATARI, 2012).

A obtenção de uma melhor qualidade de iluminação recorrendo à tecnologia LED é conseguida fundamentalmente à custa de dois fatores chaves: índice de Reprodução de Cores (IRC) elevado; vastas opções de temperaturas de cor disponíveis. A Figura 2 demonstra a diferenças de IRC.

Figura 2 – Luminária LED



Fonte: Voitille (2020).

2.4 CALCULO LUMINOTÉCNICO

O cálculo luminotécnico é aquele que tem por finalidade expressar uma quantidade n de fontes luminosas, baseado no ambiente e nas características da fonte luminosa.

2.4.1 Cálculo luminotécnico para ambientes externos

Os projetos luminotécnicos para ambientes exteriores podem ser subdivididos em áreas como iluminação pública de vias e praças, iluminação decorativa, iluminação esportiva, iluminação de outdoors e demais aplicações. Assim é importante que o projetista estabeleça o dimensionamento apropriado, desta forma os métodos e normas apresentados tem a finalidade de orientar o projetista. (SOARES, 2018).

Segundo Mamede Filho (2017), o método mais eficaz para calculo luminotécnico em ambientes externos é denominado método ponto a ponto. O método consiste em calcular o

iluminamento médio vertical e horizontal de cada fonte luminosa em um determinado ponto. Assim o método permite determinar em cada ponto de área o iluminamento correspondente à contribuição de todas as fontes luminosas, assim a soma algébrica de todas as contribuições forma o iluminamento naquele ponto.

2.5 COMPOSIÇÃO DAS LUMINÁRIAS PÚBLICAS CONVENCIONAIS

A iluminação pública tem como características utilizar diversos tipos e modelos de equipamentos. Sua composição é feita de forma que um conjunto padrão de instalação seja montado, este geralmente é composto por lâmpadas de vapor de sódio ou de LED, luminárias, reatores, relés fotoelétricos, e também acessórios utilizados para fixação, como braços, ferragens e postes (COPEL, 2012).

As luminárias são equipamentos destinados a receber uma lâmpada, proporcionando proteção, conexão elétrica ao sistema, controlando e distribuindo a luz de forma eficiente e mantendo as características de temperatura e operação da lâmpada dentro dos limites estabelecidos para o seu correto funcionamento (CEMIG, 2012).

Luminárias convencionais variam de acordo com o fabricante, mas geralmente existem dois modelos no mercado como pode-se ver no Quadro 2.

Quadro 2 – Luminárias convencionais

ABERTAS	FECHADAS
Grau de proteção inferior; abriga apenas a lâmpada; Maior manutenção, pois abriga insetos por não haver proteção para lâmpada.	Maior grau de proteção; Maior eficiência no direcionamento do fluxo luminoso; Abriga lâmpada, reator e rele fotoelétrico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

2.5.1 Braços

Os braços são equipamentos metálicos que servem para promover a sustentação das luminárias e também como eletroduto para passagem da fiação elétrica, mas possuem influência direta no desempenho do conjunto ótico, pois dependendo do ângulo que será instalado pode aumentar ou diminuir o desempenho da luminária. “Segundo a norma da CELESC E-313.044/2014 o ângulo correto para instalação dos braços de luminárias públicas é de 15°.”

2.5.2 Relés Fotoelétricos

O relé fotoelétrico é um dispositivo muito utilizado para o acionamento de iluminações noturnas, que só podem ser ligadas após o anoitecer. Também foi um dos elementos pioneiros dos sistemas de automação residências e de iluminação pública, não sendo mais necessário a ligação manual das luminárias. Seu funcionamento é muito simples baseia-se em um sensor com alta sensibilidade a fontes de luz, capaz de ligar ou desligar circuitos.

Sensores baseados em níveis de iluminância foram implantados em grande escala, devido ao seu baixo custo, tendo estes sensores a definição de relés fotoelétricos, classificados conforme suas características e acionados quando detectam um baixo nível de iluminância (COPEL, 2012).

2.5.3 Reatores

As lâmpadas de vapor sódio possuem no seu interior uma mistura de gases em alta pressão, quando a corrente elétrica aquece esses gases ocorre um processo químico que gera a luz. Mas para acontecer esse processo químico, elas necessitam de um dispositivo para gerar um pico de tensão muito alto acima de 1 kV, por um período de tempo para partir. Para Mamede Filho (2017), os reatores são equipamentos responsáveis a executar esta função.

O funcionamento da lâmpada se dá na seguinte forma: na partida é aplicada por um curto período de tempo, uma tensão na ordem de alguns quilo Volts, com uso de um injetor; após acendimento da lâmpada o reator entra com a finalidade de limitar a corrente de alimentação da lâmpada, tudo de maneira passiva (COPEL, 2012).

2.5.4 Lâmpadas de Vapor Sódio

As lâmpadas de vapor sódio tem uma elevada eficiência luminosa de até 112 lm/W, porém tem um IRC muito menor que suas concorrentes e também composta por metais pesados que apresentam alguns riscos ao meio ambiente, por exemplo, a poluição dos solos e mananciais. Estas lâmpadas diferem pela emissão de luz branca e dourada, indicada para iluminação de locais onde a reprodução de cor não é um fator importante. Amplamente utilizadas na iluminação externa, em avenidas, autoestrada, viadutos (GOMES, 2012).

As luminárias públicas no Brasil em sua maioria utilizam a lâmpadas de vapor sódio, porém com alto consumo de energia e com as novas tecnologias que estão no mercado seu desuso é cada vez mais evidente. (GOMES, 2012).

2.6 LUMINÁRIAS LED

Há muito tempo atrás o LED servia apenas para ser usado como indicador luminoso em aparelhos de TV, rádio ou computadores. Com o passar dos anos e com sua evolução deixou de ser um mero marcador e se tornou um emissor de luz visível, cada vez mais sendo utilizado no mercado de iluminação.

As luminárias LED vêm ganhando o mercado de iluminação pela sua robustez, baixo consumo de energia e não conterem materiais que causam poluição ao meio ambiente. De acordo com Carvalho Júnior (2015), a tecnologia LED traz consigo uma opção de alto desempenho para a iluminação de modo geral, atingindo uma maior capacidade de geração de luz por potência elétrica, uma maior vida útil, além de não necessitar de equipamentos auxiliares para sua partida.

Especialistas apontam que a iluminação através de LED é mais eficiente do que as outras fontes de luz, porque possui vida útil mais longa, baixa manutenção, menor depreciação e uma manutenção prolongada do fluxo luminoso. Além disso, a energia consumida pelo LED é revertida em iluminação e não em calor. Dessa forma, não há desperdício de energia.

2.7 COMPARATIVO ENTRE LUMINÁRIAS COM LAMPADA VAPOR SÓDIO E LUMINÁRIAS LED

No Brasil, as luminárias são ainda em sua grande maioria constituídas por lâmpadas de vapor sódio, porém com o surgimento de novas tecnologias como o LED estão cada vez mais sendo substituídas por modelos que tenham uma eficiência energética melhor e uma vida útil mais longa.

A qualidade e a eficiência energética são alguns dos pontos centrais de pesquisa e melhoramento de muitas concessionárias de energia elétrica, sendo que o emprego da tecnologia LED, principalmente no que diz respeito à iluminação pública, pode vir a contribuir significativamente com expressivas melhorias desses resultados (GIANELLI, 2009).

No Quadro 3, é demonstrado um comparativo entre luminárias com lâmpada de vapor sódio e luminárias de LED.

Quadro 3 – Comparativo entre Luminárias

	VAPOR SÓDIO	LED
Vida útil	16.000h	50.000h
Vantagens	Baixo custo;	Maior vida útil; Sustentabilidade; Acendimento instantâneo; Não utiliza equipamentos auxiliares para partida; Baixa manutenção; Manutenção do fluxo luminoso.
Desvantagens	Baixa vida útil; Distorção de cores; Ofuscamento de visão; Consumo elevado de energia; Alta manutenção; Contem metais pesados; Necessita de dispositivos auxiliares de partida.	Maior custo de aquisição; Dependência de componentes importados;

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Com todos esses comparativos o que ainda deixa muitas dúvidas para quem quer substituir as luminárias convencionais por LED é como ela consegue se sobressair com uma potência inferior as demais lâmpadas por exemplo, uma luminária de 100 W conseguir suprir uma lâmpada de vapor sódio de 250 W. A eficiência luminosa, que é utilizada para medir proporcionalmente a conversão de energia elétrica em luz é a chave para a explicação. Enquanto uma lâmpada vapor sódio 250 W tem uma eficiência luminosa de 112 lm/W e luminária LED de 100 W possui uma eficiência luminosa de 150 lm/W, ou seja, o LED tem uma eficiência luminosa muito superior as demais lâmpadas, gastando menos energia para gerar quase o mesmo fluxo luminoso.

2.8 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência Energética é definida como uma atividade que procura aperfeiçoar o uso das fontes de energia e que consiste em utilizar menos energia para fornecer a mesma quantidade de valor energético.

De acordo com Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF ANEEL) existe uma meta nacional para redução de 10% do consumo de energia elétrica até 2030 – 106.623 GWh

(*Giga Watt hora*) – por meio de ações que estimulam a aplicação de processos de eficiência energética para a indústria, edificações, prédios públicos, iluminação pública, etc.

Os meios usuais para alcançar maior eficiência energética, podem ser listados como:

- Utilização de fontes luminosas mais eficientes (ex.: iluminação LED em comparação a outras tecnologias);
- Otimização da manutenção de redes e equipamentos (menores perdas);
- Utilização de fontes de energias renováveis (ex.: solar, eólica, biomassa, etc.)

2.9 ANÁLISE DE INVESTIMENTO ECONÔMICO

Segundo Meghiorini & Vallim (2009) análise de investimento é o modo de antecipar, por meio de estimativas os resultados oferecidos pelos projetos. Empregar um conjunto de técnicas que possibilitem comprovar os resultados de diferentes alternativas e auxiliar a tomada de decisões.

Hoji (2010) a finalidade da avaliação econômico financeira de investimentos consiste em avaliar o fluxo futuro, gerado pelo investimento realizado. O fluxo de caixa de um projeto de investimento nada mais é do que a projeção de geração líquida de caixa, isto é, projeção de lucro líquido excluído de itens que não afetam o caixa (depreciação e amortização), acrescentando o desembolso em investimentos fixos.

2.9.1 Fluxo de Caixa

Quando se deseja analisar um investimento, surge a necessidade de colocar no papel um esquema que facilite a análise, de forma a organizar todas as receitas e despesas num determinado período, podendo, assim, avaliar se o mesmo é compensatório ou não. O fluxo de caixa é uma ferramenta criada com este fim. De uma forma gráfica, registram-se as entradas, as saídas e os períodos, o que ajuda na análise do investimento.

Para Kuhn (2009) o fluxo de caixa é normalmente apresentado como o registro ordenado no tempo, do total das entradas e saídas de caixa de uma empresa.

2.9.2 Payback

Para esse estudo o método de análise econômica financeira mais eficiente é o *payback*, pois se adapta melhor aos dados fornecidos.

Como se trata de um investimento em iluminação pública e se baseia na incerteza do kWh futuro, precisa-se nos equivar a inflação anual do Brasil. Segundo o INFLATION (2020), o percentual médio na inflação dos últimos 10 anos foi de 6,69%, tendo estes dados uma grande importância para um estudo detalhado utilizando técnicas de gestão financeira.

Conforme Abreu Filho (2005), o critério consiste em somar os valores dos benefícios líquidos de caixa obtidos pela operação do projeto, sendo o período de *payback* o tempo necessário para que esses benefícios totalizem o valor do investimento feito. Ou seja, quanto tempo um projeto demora a se pagar, ou para ser recuperado. Contamos quantos períodos o projeto necessita para acumular retornos líquidos de caixa iguais ao investimento realizado.

O cálculo para *payback* é dado pela seguinte Equação (1):

$$Payback = \frac{FC_0}{FC_{\text{médio}}} \quad (1)$$

Onde:

FC = Representa a saída de capital no fluxo de tempo 0.

FCmédio = Representa a entrada de fluxo de caixa médio por período de tempo.

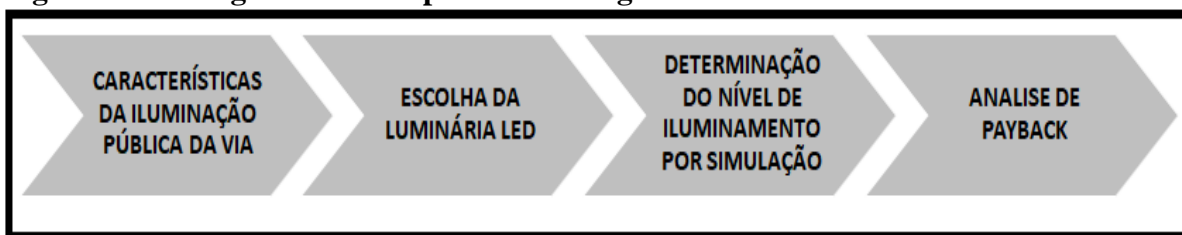
De acordo com Gitman (2004), quando o *payback* é usado na tomada de decisões de aceitação ou rejeição de investimentos, os critérios considerados são os seguintes:

- Se o período de *payback* for menor que o período máximo aceitável de recuperação do capital, o investimento será aceito;
- Se o período de *payback* for maior que o período máximo aceitável de recuperação do capital, o investimento será rejeitado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, estão descritas as etapas para realização do estudo, com o objetivo de reduzir o custo com consumo de energia elétrica e analisar a viabilidade da implementação de luminárias públicas de LED na SC 480 que dá acesso a cidade de Chapecó, Santa Catarina. Para que isso fosse possível seguiu-se alguns passos como está representado na Figura 3.

Figura 3 – Fluxograma das etapas a serem seguidas



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.1 CARACTERÍSTICAS DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DA VIA

Para um estudo de viabilidade econômica é necessário analisar as características da via, onde houve a necessidade de uma visita a área de estudo para realização da coleta de dados e também definição através da norma NBR 5101 (ABNT 2018) do como é a classificação da via, classificação do volume de tráfego, nível de iluminância média mínima e fator de uniformidade mínimo.

3.2 ESCOLHA DA LUMINÁRIA LED

O objetivo nesta etapa foi obter informações necessárias para a aquisição dos sistemas LED que atendessem as necessidades da SC 480 sob o ponto de vista técnico e econômico, mas também que atendessem todas as especificações da norma vigente que define o nível de iluminamento mínimo da rodovia.

3.3 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINAMENTO POR SIMULAÇÃO

Para determinar o nível de iluminamento fez se necessário o uso de ferramentas de informática disponíveis como o *software* Dialux. Os dados obtidos acabam por definir a escolha da luminária ou lâmpada.

É interessante registrar que esse *software* apresenta visualização em 3D fotográfica realista do ambiente, com possibilidade de criação de filmes para apresentação do trabalho e está em contínuo desenvolvimento, sempre baseado nas normas e padrões internacionais mais recentes. Dialux analisa os tipos de via, largura, quantidade de faixas de rodagem e fator de manutenção de cada via, além do nível mínimo de iluminamento.

O método de cálculo luminotécnico utilizado pelo Dialux é o denominado Ponto a Ponto que simula com mais precisão as propriedades e funções da luz nos ambientes. Este

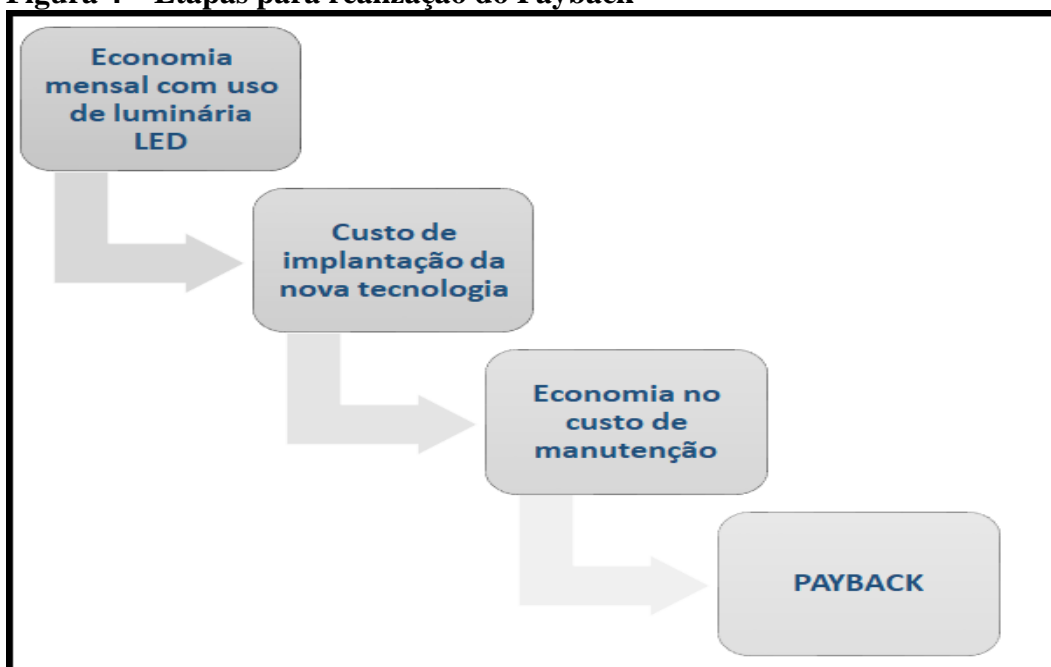
método então consiste em calcular o iluminamento médio vertical e horizontal de cada fonte luminosa em um determinado ponto. Assim o método permite determinar em cada ponto de área o iluminamento correspondente à contribuição de todas as fontes luminosas, assim a soma algébrica de todas as contribuições forma o iluminamento naquele ponto.

Uma das vantagens em utilizar o *software* em relação aos métodos tradicionais de cálculo, os quais são feitos manualmente e no papel, é a possibilidade do projetista compreender o comportamento da luz artificial e natural do local de estudo. Por último, mas não menos importante vem as várias formas de exportar os resultados. Tem-se a possibilidade de gerar curvas isográficas, níveis cinzentos, gráficos e até um relatório completo com todos os resultados.

3.4 ANÁLISE DE PAYBACK

Para uma análise de retorno de investimento direcionado a uma melhoria no setor de iluminação pública, diversos estudos foram realizados até a elaboração de um fluxo de caixa, a Figura 4 elucida todas as etapas realizadas até o *payback*.

Figura 4 – Etapas para realização do Payback



Fonte: Elaborado pelo auto (2020).

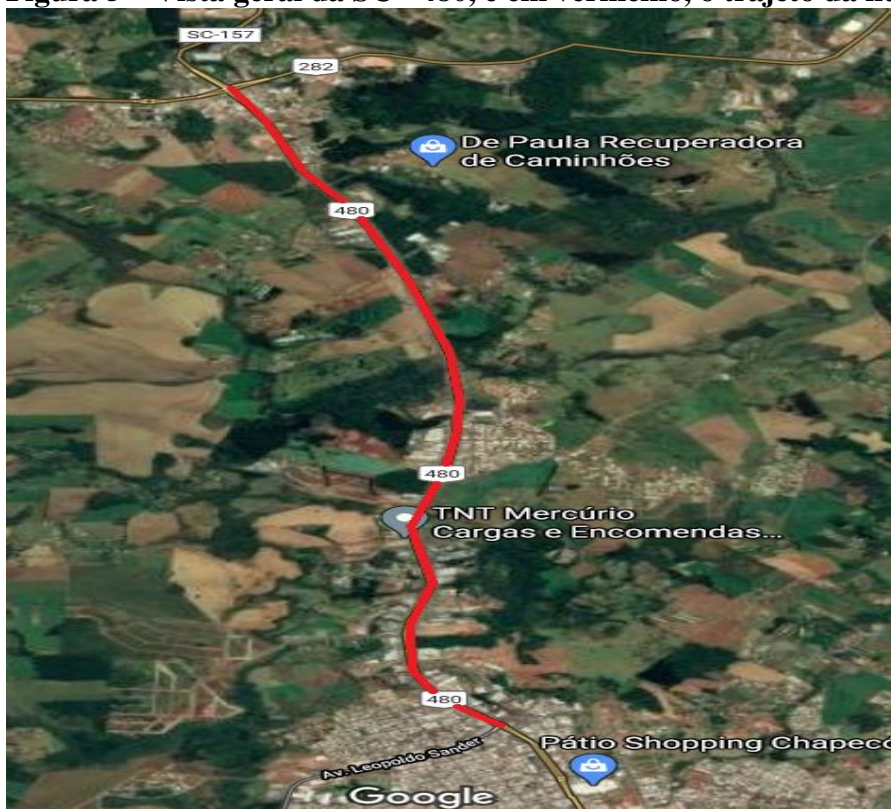
O *payback* é um indicador muito útil, pois demonstra o tempo que é necessário para obtermos o retorno do investimento aplicado, ou seja, o prazo para que ele se pague.

4 RESULTADO E ANÁLISE DOS DADOS

A SC-480 é uma rodovia de duplo sentido que dá acesso à cidade de Chapecó que está localizada no oeste de Santa Catarina, possui uma extensão de aproximadamente 8 km, com 257 postes, totalizando um total de 514 luminárias, dotadas de lâmpadas, reatores e reles fotoelétricos. Levando-se em conta o quantitativo de luminárias com lâmpadas de vapor sódio 250 W, chega-se a uma potência total de 128,5 kW instalados.

Conforme mostra a Figura 5, a rodovia liga a BR 282 a cidade de Chapecó.

Figura 5 – Vista geral da SC - 480, e em vermelho, o trajeto da iluminação pública



Fonte: Google Maps (2020).

Para sustentação das luminárias são utilizados postes de 8 metros de altura, espaçados entre si de aproximadamente 30 metros. Os postes encontram-se instalados no canteiro central desta via, com luminárias de duas pétalas, dotadas de lâmpadas de vapor sódio de alta pressão de 250 W. Os dispositivos iluminam a pista dos dois sentidos, inclusive as vias de acostamento, sendo que cada pista possui 8 metros de largura e mais 2 metros de acostamento.

Segundo a NBR 5101 (ANBT 2018) a SC 480 é classificada como uma via Rural tipo rodovia que são vias para tráfego motorizados, pavimentadas, com ou sem acostamento. Esse

tipo de via pode ter trechos classificados como urbanos e é classificada com volume intenso de tráfego com classe de iluminação V1 que é selecionada de acordo com a função da via, da densidade de tráfego, da complexidade do tráfego, da separação do tráfego e da existência de facilidades para o controle do tráfego, como os sinais.

Com a regulamentação da tecnologia LED perante as normativas vigentes no país, sua implantação no setor de iluminação pública vem se tornando frequente, visando a substituição de tecnologias ultrapassadas, gerando uma eficiência energética elevada e manutenções menos constantes e de forma facilitada.

Como a Iluminação pública da SC 480 encontra-se em pleno funcionamento, foram realizados apenas cálculos luminotécnicos através de *software* de cada ponto já instalado no local, o número de pontos necessários para cada logradouro, distanciamento entre eles e altura de montagem de cada luminária, por exemplo, não foram alterados. Desta forma, pode-se então mensurar a economia, eficiência e estudar a empregabilidade desta economia. A Figura 6 demonstra a luminária existente na via.

Figura 6 – Luminária de Iluminação pública SC-480



Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Para a implantação da tecnologia LED na rodovia alguns equipamentos da instalação antiga podem ser aproveitados e alguns devem ser removidos da instalação:

- Relés fotoelétricos não permanecerão, pois a luminária LED vem com relés acoplados.
- Reatores devem ser retirados, não havendo mais necessidade de utilização para a partida das luminárias.

- Todos os condutores elétricos que compõem os circuitos da iluminação pública atual podem ser utilizados, visando que a potência de cada circuito irá diminuir, não necessitando um novo dimensionamento e conseqüentemente a substituição.
- Os braços fixados nos postes para a sustentação das luminárias e para a passagem dos condutores elétricos serão mantidos, pois o bocal tem a mesma secção das luminárias a serem instaladas.
- Luminária fechada e lâmpada vapor sódio não permanecem, pois serão substituídas pela luminária LED.

Os sistemas de Iluminação pública vêm passando por avanços tecnológicos, relacionados principalmente pelo emprego da eletrônica com foco nos processos de eficiência elétrica.

Com base nos dados acima e nas características da via, foi realizado simulação no *software* Dialux para avaliar qual modelo de luminárias atenderia os requisitos mínimos exigidos pela norma. Então optou-se pela luminária da fabricante ZAGONEL, modelo ZL-5946 LUMOS EVO LED COB 100W 4000K lente 80°x140°, uma luminária de fabricação nacional com um fluxo luminoso de 15.000 lumens e uma eficiência luminosa de 150 lm/W, esta luminária se torna atrativa por ser de uma qualidade reconhecida e um valor acessível, além de atender todas as normativas vigentes para a iluminação pública.

A Figura 7 ilustra o modelo acima citado, ZL-5946 LUMOS EVO, a mesma possui um índice de proteção IP 66 protegendo a mesma de poeiras e umidades.

Figura 7 – Luminária ZL-5964 LUMOS EVO



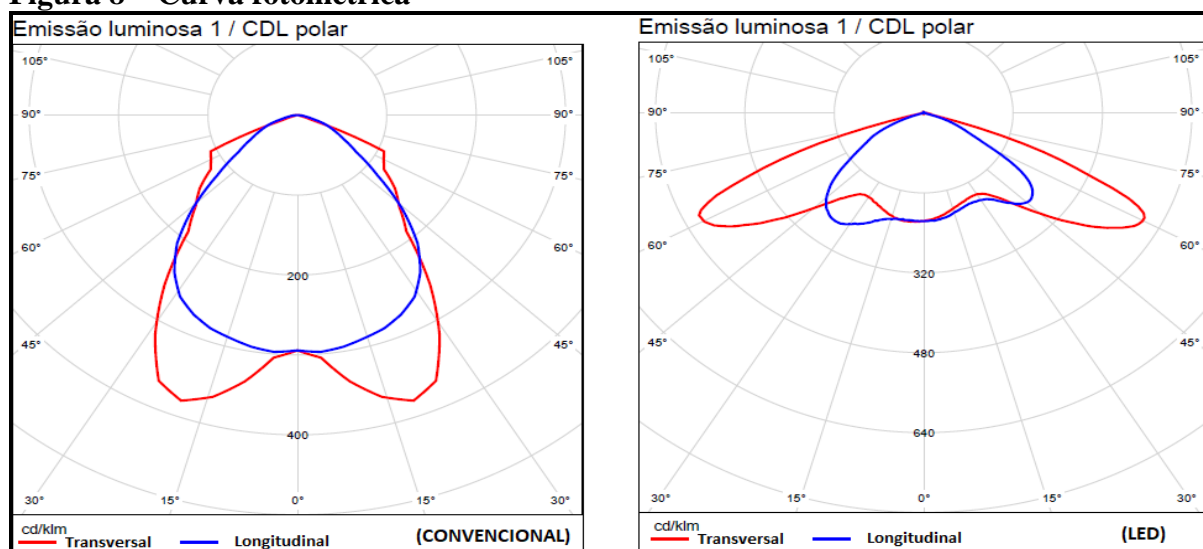
Fonte: Adaptado de Zagonel (2020).

Uma grande vantagem das luminárias Zagonel com relação a luminárias a vapor de sódio é sua vida útil, conforme relata o fabricante em catálogo, a mesma possui em torno de

50.000 horas, havendo ainda 5 anos de garantia, acarretando em manutenções bem menos constantes que no sistema atual.

Após a escolha da luminária de LED, tornou-se necessária a realização do estudo luminotécnico onde foi preciso inserir no *software* Dialux dados da rodovia como largura da pista de rodagem, distância entre postes, altura do ponto de iluminação e dados das luminárias como por exemplo a curva fotométrica como é demonstrada na Figura 8.

Figura 8 – Curva fotométrica



Fonte: Adaptado de Dialux (2020).

Com a inserção desses dados é realizado o cálculo luminotécnico, desse modo obteve-se o valor correspondente a iluminância média, iluminância mínima e iluminância máxima do projeto, valores estes que foram empregados para obtenção do fator de uniformidade mínimo. Conforme NBR 5101/2018, a classe de iluminação V1 é de iluminância média mínima de 30 lux e fator de uniformidade 0,4. A Figura 9 apresenta os valores de iluminância obtidos através do cálculo luminotécnico da Luminária convencional com lâmpada de vapor sódio de 250 W.

Figura 9 – Tabela isográfica Luminária Convencional

16.100	59.8	64.1	55.8	35.3	23.2	17.5	14.3	13.3	13.5	13.3	14.3	17.5	23.2	35.3	55.8	64.1	59.8
15.300	79.4	84.8	69.8	41.4	26.4	19.5	15.5	14.3	14.4	14.3	15.5	19.5	26.4	41.4	69.8	84.8	79.4
14.500	102	108	84.2	48.4	29.9	21.5	16.7	15.3	15.2	15.3	16.7	21.5	29.9	48.4	84.2	108	102
13.700	126	135	99.2	55.8	33.5	23.4	17.9	16.3	16.0	16.3	17.9	23.4	33.5	55.8	99.2	135	126
12.900	152	159	116	63.8	37.0	25.1	19.0	17.3	16.7	17.3	19.0	25.1	37.0	63.8	116	159	152
12.100	177	186	133	71.1	40.3	26.6	19.8	18.1	17.4	18.1	19.8	26.6	40.3	71.1	133	186	177
11.300	201	210	149	77.1	43.0	28.1	20.7	18.9	18.0	18.9	20.7	28.1	43.0	77.1	149	210	201
10.500	222	233	162	82.0	45.4	29.5	21.3	19.5	18.4	19.5	21.3	29.5	45.4	82.0	162	233	222
9.700	241	250	173	86.7	47.0	30.6	21.9	19.9	18.8	19.9	21.9	30.6	47.0	86.7	173	250	241
8.900	251	262	179	89.4	48.2	31.4	22.3	20.1	19.0	20.1	22.3	31.4	48.2	89.4	179	262	251
m	0.882	2.647	4.412	6.176	7.941	9.706	11.471	13.235	15.000	16.765	18.529	20.294	22.059	23.824	25.588	27.353	29.118
Trama: 17 x 10 Pontos																	
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Uo														
73.5	13.3	262	0.18														

Fonte: Elaborado pelo auto no Dialux (2020).

Conforme podemos analisar os dados da Figura 9, a luminária convencional com lâmpada de vapor sódio 250 W atende a iluminância média, entretanto não atende o nível mínimo do fator de uniformidade que a norma exige que é de 0,4.

Na Figura 10, é demonstrado os resultados obtidos após cálculo luminotécnico da luminária LED, onde observa-se que o iluminância é menor que a lâmpada de vapor sódio, mas ela atende todos os níveis da classe de iluminação V1. Isso se obtém devido a lente antivandalismo que a luminária LED possui, que além de ter a função de proteção também auxilia na distribuição da intensidade luminosa mantendo a iluminância da mesma de maneira mais uniforme.

Figura 10 – Tabela isográfica Luminária LED

16.100	33.2	30.6	26.8	23.5	21.0	19.3	18.1	17.5	17.4	17.5	18.0	19.2	20.9	23.4	26.8	30.7	33.4
15.300	38.0	34.7	30.2	26.6	24.0	22.0	20.6	19.9	19.8	19.9	20.6	22.0	23.9	26.4	30.3	35.1	38.4
14.500	42.9	38.9	33.4	29.6	27.1	24.7	23.2	22.4	22.2	22.4	23.2	24.8	26.9	29.4	33.7	39.5	43.5
13.700	48.8	43.3	36.5	32.4	29.9	27.4	25.8	25.1	24.8	25.0	25.7	27.4	29.8	32.4	37.1	44.3	49.5
12.900	55.0	48.1	39.8	35.2	32.6	30.2	28.4	27.7	27.4	27.5	28.1	30.0	32.4	35.2	40.8	49.1	56.1
12.100	61.0	53.1	43.2	38.1	35.1	32.7	30.9	30.0	29.7	29.9	30.7	32.4	34.8	37.9	44.1	54.3	62.4
11.300	66.9	57.7	46.3	40.5	37.5	34.9	32.8	31.9	31.6	31.8	32.7	34.7	37.0	40.4	47.2	58.9	68.0
10.500	71.9	60.5	49.1	42.0	39.1	36.5	34.3	33.2	32.9	33.2	34.4	36.5	38.8	42.0	50.2	62.4	72.9
9.700	75.8	64.4	49.5	42.7	39.9	37.5	35.2	34.0	33.6	34.0	35.3	37.8	40.4	42.6	50.5	66.1	75.9
8.900	78.0	64.5	51.1	43.1	40.4	38.0	35.8	34.5	34.0	34.5	35.7	38.1	40.4	42.6	50.8	66.3	78.3
m	0.882	2.647	4.412	6.176	7.941	9.706	11.471	13.235	15.000	16.765	18.529	20.294	22.059	23.824	25.588	27.353	29.118
Trama: 17 x 10 Pontos																	
Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Uo														
37.2	17.4	78.3	0.47														

Fonte: Elaborado pelo auto no Dialux (2020).

Com a implantação da luminária LED, uma grande economia na fatura mensal de iluminação pública é constatada, a Tabela 1 evidencia o quanto o sistema LED gera de

economia mensal em comparação com o atual sistema que é composto por luminárias a vapor de sódio, considerando 30 dias de faturamento.

Tabela 1 – Comparativo de consumo de energia

Luminárias	Potência Instalada (kW)	Consumo de Energia (kW/h)	Custo Mensal (R\$)
Vapor Sódio	128,5	45.720,30	19.196,60
LED	51,4	18.288,12	7.678,64
Diferença	77,10	27.432,18	11.517,96

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Todavia, para um entendimento geral em termos de custos deve-se analisar todo o investimento necessário para obter essa economia, onde todos os valores levantados para a aquisição de equipamentos e a realização das trocas, foram obtidos através de orçamentos com o fabricante. Na Tabela 2 pode-se observar os valores das luminárias, juntamente com a mão de obra para a instalação que totaliza um investimento inicial de R\$ 596.240,00 reais.

Tabela 2 – Valor de investimento

Descrição	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Luminária Pública LED 100 W, 15.000 lumens, Bivolt, IP66, Ref. ZL-5946, Fabricante Zagonel	514	980,00	503.720,00
Mão de Obra substituições e todas as adequações necessárias.	514	180,00	92.520,00
Valor Total			596.240,00

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Como a iluminação da via encontra-se ainda com uma tecnologia ultrapassada, deve-se levar também em conta o custo de manutenção com troca de lâmpadas e reatores. A Tabela 3 destaca o valor de cada equipamento e mão de obra para substituição dos mesmos.

Tabela 3 – Custo de Manutenção

Descrição	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Lâmpada Vapor de Sódio Tubular, 250W, 220V	514	52,00	26.728,00
Reator Externo Vapor de Sódio 250W	514	75,90	39.012,60
Mão de obra substituição	514	40,00	20.560,00

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Levando em consideração que a vida útil de uma lâmpada vapor sódio é em torno de 16.000 horas, em média 3 anos e que a vida útil de um reator externo de vapor sódio 250 W seja em média de 4 anos, o custo desembolsado na manutenção da iluminação atual da

rodovia ainda é muito expressivo. Outro número que deve-se levar em conta é a tarifa de iluminação pública da concessionária que é de 0,27829 R\$/kWh.

Com base em todos os números previamente abordados e considerando um aumento no valor da tarifa elétrica de acordo com a inflação média nos últimos 10 anos, 6,69%, foi possível obter os resultados de análise e viabilidade. A tabela 4 representa o fluxo de caixa da implementação da tecnologia LED na iluminação pública da rodovia SC 480 acesso a Chapecó.

Tabela 4 – Payback

FLUXO DE CAIXA - RETORNO INVESTIMENTO					
Ano	Economia do Consumo Anual (kWh)	Tarifa Elétrica (R\$/kWh)	Remuneração Anual (R\$)	Economia com manutenção (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
0	-	-	-		-596.240,00
1	329.186,16	0,27829	91.609,22		-504.630,78
2	329.186,16	0,29638	97.563,82		-407.066,97
3	329.186,16	0,31564	103.905,46	44.288,00	-258.873,50
4	329.186,16	0,33616	110.659,32	59.572,60	-88.641,59
5	329.186,16	0,35801	117.852,17		29.210,59
6	329.186,16	0,38128	125.512,57	44.288,00	199.011,15
7	329.186,16	0,40606	133.670,88		332.682,04
8	329.186,16	0,43246	142.359,49	59.572,60	534.614,13
9	329.186,16	0,46057	151.612,86	44.288,00	730.514,98
10	329.186,16	0,49051	161.467,69		891.982,68
11	329.186,16	0,52239	171.963,09		1.063.945,77
12	329.186,16	0,55634	183.140,69	103.860,60	1.350.947,06
13	329.186,16	0,59251	195.044,84		1.545.991,90

Fonte: Elaborada pelo autor (2020).

Os valores apresentados na coluna 1 condizem com o valor anual de economia com a implantação das luminárias de LED, a coluna 2 demonstra o valor da tarifa de iluminação tendo em vista que o valor varia todo ano em referência a inflação média apresentada anteriormente, a coluna 3 apresenta o valor a remuneração anual que se refere a economia multiplicada pela tarifa e na coluna 4 representa os valor que se foram economizados com as manutenções de lâmpadas e reatores de acordo com a vida útil dos equipamentos incluindo a mão de obra para a troca dos mesmos segundo os números apresentados anteriormente.

Sendo assim, com a análise econômica através do cálculo do *payback* foi possível constatar que o investimento seria recuperado a um curto período de tempo, aproximadamente 4 anos e 9 meses, visando que a luminárias LED possuem garantia de fabrica por um período de 5 anos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de substituição de luminárias a vapor de sódio por LED na iluminação da SC 480 rodovia de acesso ao município de Chapecó-SC, foi realizada através de estudo luminotécnico e econômico. Visto que além das luminárias convencionais instaladas atualmente não atendem os requisitos mínimos de iluminação segundo norma, também poderia haver uma redução significativa nos gastos com energia elétrica do município.

Além ser um investimento economicamente viável, os benefícios do LED vão além da economia de energia, possui uma sustentabilidade maior, pois ao contrário das lâmpadas de vapor sódio que possuem metais pesado no seu interior aonde no seu descarte contaminam o solo, ao contrário do LED que não possui materiais pesados em sua composição.

As luminárias de LED trazem melhorias técnicas e maior eficiência energética para a área de iluminação pública, com um custo benefício muito maior dos que as antigas luminárias convencionais com lâmpadas de vapor sódio que ainda é a tecnologia mais utilizada nas cidades brasileiras.

Alguns pontos importantes para implantação de um novo sistema de iluminação pública devem ser observados visando o retorno do investimento financeiro, além do estudo luminotécnico da via, a aquisição de equipamentos de qualidade e que estejam em conformidade com as normativas vigentes e a contratação de mão-de-obra especializada, com experiência neste tipo de instalação são fundamentais para que se obtenha o resultado esperado com o investimento.

Assim sendo, para futuros estudos ampliar o campo de atuação de luminárias LED em rodovias de acesso, avenidas e ruas do município de Chapecó, gerando uma eficiência energética e dando uma economia aos cofres públicos.

REFERÊNCIAS

ABREU FILHO, José Carlos Franco de; SOUZA, Cristóvão Pereira de; GONÇALVES, Danilo Amerio; CURY, Marcus Vinicius Quintella. **Finanças Corporativas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005. 144p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5101: Iluminação pública: Procedimento – Elaboração**, Rio de Janeiro: 2012

_____. **NBR ABNT 15129: Luminárias para iluminação pública** – Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto. **Instalações Elétricas e o Projeto de Arquitetura: Luminotécnica**. 6. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

CEMIG, Companhia Energetica de Minas Gerais – **Projetos de iluminação pública**, 2012. Disponível em: < <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/documents/nd-3-4p.pdf>>. Acesso em: 23 Set. 2020.

COPEL DISTRIBUIÇÃO. **Manual de iluminação pública** 2012. Disponível em: < https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FABlica/Manuais/manual_de_iluminacao_publica_copel_companhia_paranaense_de_energia.pdf> Acesso em: 24 Set. 2020.

COSTA, Gilberto José Corrêa da. **Iluminação Econômica**. 4. Ed. Porto Alegre: EDIPUCS. 2006.

COTRIM, Ademaro A. M. C. **Instalações Elétricas**. 5 ed. São Paulo: Pearson, 2009.

FRATARI, Paulo Roberto Ribeiro. **Economia no consumo de energia por meio da substituição parcial de lâmpadas tradicionais por lâmpada LED: Estudo de caso Parque do Sábia – Uberlândia/MG**. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade de Uberaba, 2012.

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**.

GITMAN, Lawrence. **Princípios de Administração Financeira**. 10ª edição. São Paulo: Editora Pearson Education, 2004.

GOOGLE; RASMUSSEN, Lars; RASMUSSEN, Jens Eilstrup. Google Maps: Web mapping. 2019. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 10 Out. 2020.

GOMES, T. **Plano diretor de iluminação pública do Município de Matosinhos**. (Dissertação de mestrado em Engenharia Electrotécnica e de computadores Major energia) – FEUP, 2012.

INFLATION. **Inflação média no Brasil**. Disponível em: < <https://pt.inflation.eu/taxas-de-inflacao/brasil/inflacao-historica/ipc-inflacao-brasil-2020.aspx>>. Acesso em: 07 set. 2020.

LEDPLANET. **Importância de trocar as luminárias Públicas por LED**, 2019. Disponível em: < <https://www.ledplanet.com.br/importancia-de-trocar-as-luminarias-publicas-por-led/>>. Acesso em 20 Out. 2020.

LUMICENTER. **Informações Técnicas. Luminotécnica** – Conceitos Básicos. Paraná: catálogo, [2012]. 9 p.

MEGLIORINI, Evandir & Vallim, Marco Aurélio. **Administração Financeira – Uma Abordagem Brasileira**, São Paulo: Pearson, 2009.

MELO, A. **A história da iluminação pública brasileira** 2015. Disponível em: <<https://www.estudokids.com.br/a-historia-da-iluminacao-publica-brasileira/>>. Acesso em 20 Set. 2020.

MOURA, M. **Considerações e análises em projetos de iluminação utilizando a tecnologia Led.** (Artigo acadêmico) – Congresso nacional de excelência em gestão, 2015. Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_479.pdf> Acesso em 20 Out. 2020.

OLIVO S/A PRODUTOS ELETRICOS. **Catálogos de Produtos.** Disponível em: <<http://www.olivosa.com.br/pt-br/produtos>>. Acesso em 24 Out.2020.

OSRAM LIGHT. **Catálogos de Produtos.** Disponível em: <<https://www.osram.com.br/cb/produtos>>. Acesso em: 23 Set. 2020.

RIBEIRO, Ana C. C.; ROSA, HELBERT C. P.; CORREA, Joana D. S.; SILVA, Arlete V. S., e-xacta, **O EMPREGO DA TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**, 2012. Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/725/450>> Acesso em 05/10/2020.

ROSITO, L. **Desenvolvimento da iluminação pública no Brasil** 2012. Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manuais/manual_de_iluminacao_publica_copel_companhia_paranaense_de_energia.pdf> Acesso em: 20 Set. 2020.

SAMED, Márcia Marcondes Altimari. **Fundamentos de instalações elétricas.** 1 ed. Curitiba: InterSaberes, 2017.

SOARES, Mateus Ramos. **Implementação de uma interface gráfica para cálculo luminotécnico.** (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR 2018.

SOUZA, Rosa Cristina Batista. **Projeto luminotécnico residencial, uma análise sobre a alternativa LED na redução do consumo de energia.** Instituto de Pós Graduação – IPOG, Goiania, GO, Set. 2016.

VOITILLE, Nadine. **O que Índice de Reprodução de Cores (IRC)?** Disponível em: <[https://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/o-que-e-indice-de-reproducao-de-cores-\(irc\)?.html](https://www.cliquearquitetura.com.br/artigo/o-que-e-indice-de-reproducao-de-cores-(irc)?.html)>. Acesso em 10 Out. 2020.

ZOGONELTECNOLOGIA EFICIENTE. **Catálogos de Produtos.** Disponível em: <<https://www.zagonel.com.br/iluminacao/produtos/show/lumos-150w>>. Acesso em 24 Out. 2020.