



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Campus Experimental de Rosana

**João Guilherme Resende de Oliveira**

**A Eficiência Energética no âmbito de Iluminação Pública:**  
Um estudo de caso sobre a inovação do atual sistema de iluminação pública no  
município de Rosana

Rosana - SP  
2021

**João Guilherme Resende de Oliveira**

**A Eficiência Energética no âmbito de Iluminação Pública:**

Um estudo de caso sobre a inovação do atual sistema de iluminação pública no município de Rosana

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenadoria de Curso de Engenharia de Energia do Campus Experimental de Rosana, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Energia.

Orientador(a): Leandro Ferreira Pinto



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
Campus Experimental de Rosana

**JOÃO GUILHERME RESENDE DE OLIVEIRA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
“GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Prof. Dr. José Francisco Resende da Silva  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Leandro Ferreira Pinto  
Orientador/UNESP-Rosana

Prof. Dr. José Francisco Resende da Silva  
UNESP-Rosana

Prof. Dr. Kleber Rocha de Oliveira  
UNESP-Rosana

Prof. Dr. Lucas Telles de Faria  
UNESP-Rosana

Julho 2021

“A arte de recomeçar é a mais nobre que existe”  
(Flavio Lemos).

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais por proporcionarem esses 5 anos de graduação, acreditando em mim e sempre me apoiando com muito amor apesar dos pesares.

A minha madrinha Máisa por sempre querer ajudar com mantimentos e um dinheirinho extra pra emergência.

A minha irmã por ter sido o principal motivo de eu decidir sair de casa e agora por ser um dos principais motivos para eu voltar.

A República Acasalar por me fazer passar pelos maiores perrengues que eu tive na graduação. A República Toca do Coyote que me fez amadurecer e entender que a vida é muito mais do que isso que estamos vivendo agora. E a todos que moraram e conviveram comigo nessas Reps, não podendo esquecer de mencionar Tuskinha, Kaipira, Marola, Portuga, Deputado, Catuaba, Cemitério, Pororóca, Du, Valle, Brisola, Mamede.

As pessoas que em algum momento me ajudaram quando eu realmente precisava de outra pessoa, Samara, Telma, Delva, Lígia, Denise, Trico, Strogo, Vina, Cailou, Pietro.

Aos meus amigos de Jundiaí que nunca deixaram a amizade morrer pela distância, Salve Gean, Willian, Carlinhos, Gustavinho e Paulinho.

Gostaria de agradecer em especial duas mulheres que me ajudaram muito no decorrer deste trabalho, dando ideias, contribuindo com seus conhecimentos em normas técnicas e mais do que isso, ajudaram a segurar a barra que foram esses 3 meses finais de graduação. Isso me confirmou que conta muito mais ter pessoas em que confia e que fariam de tudo para te ajudar do que qualquer dinheiro no mundo. Obrigado Babá e Daime vocês são demais.

Aos professores que me ensinaram e que eu deveria saber hoje, em especial meu orientador Leandro Ferreira Pinto.

A subprefeitura de Rosana por me acolher como estagiário e aos colegas de trabalho Mariele, Marquinhos, Claytinho, André, Lincon e Xuxa por sempre estarem dispostos a ajudar e fazer um trabalho bem-feito.

## RESUMO

Esta monografia apresenta a elaboração de um projeto de iluminação pública eficiente, levando em conta a viabilidade técnico-financeira das luminárias que compõem o sistema de iluminação pública do Município de Rosana-SP. De início são apresentados os principais conceitos utilizados na ciência da iluminação e os equipamentos utilizados. Mais adiante serão mostrados os cenários da eficiência energética (EE) no Brasil e no mundo e os principais programas brasileiros de incentivo à EE, especialmente aqueles voltados para gestão municipal e IP (GEM e RELUZ). Em seguida é feito um estudo de caso para levantar os potenciais de economia no consumo de energia elétrica e no valor pago mensalmente com IP. O trabalho tem como finalidade a substituição das luminárias convencionais (a vapor de sódio) que tem vida mediana curta e maior consumo energético, por luminárias LED (*Light Emitting Diode*) que tem um tempo de vida útil média maior e são mais eficientes. A análise econômica foi feita com base em indicadores padrões de viabilidade de investimentos, como valor presente líquido (VPL), *Payback* descontado e taxa interna de retorno (TIR). Por fim, este trabalho apresenta análises de dados com o intuito de otimizar o sistema de iluminação pública e reduzir o consumo de energia elétrica no município de Rosana.

**Palavras-chaves: iluminação pública; eficiência energética; LED.**

## **ABSTRACT**

This monograph presents the elaboration of an efficient public lighting project, taking into account the technical and financial feasibility of the luminaires that make up the public lighting system in the Municipality of Rosana-SP. Initially, the main concepts used in the science of lighting, the equipment used and the charging system are presented. Further on, the scenarios of energy efficiency (EE) in Brazil and in the world and the main Brazilian programs to encourage EE, especially those aimed at municipal management and IP (GEM and RELUZ), will be shown. Then, a case study is carried out to survey potential savings in electricity consumption and the amount paid monthly with IP. The aim of the work is to replace conventional luminaires (sodium vapor), which have a short average life and higher energy consumption, by LED (Light Emitting Diode) luminaires which have a longer average lifespan and are more efficient. The economic analysis was based on standard investment feasibility indicators, such as net present value (NPV), discounted Payback and internal rate of return (IRR). Finally, this work presents data analysis in order to optimize the public lighting system and reduce electricity consumption in the municipality of Rosana.

**Keywords: Road Street Light; energy efficiency; LED.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema de um sistema de iluminação pública. ....	7
Figura 2 - Reator Eletrônico para lâmpada de sódio 250W.....	9
Figura 3 - Ignitor.....	9
Figura 4 - Relé fotoelétrico. ....	10
Figura 5 - Lâmpada incandescente. ....	11
Figura 6 - Lâmpada a vapor de mercúrio. ....	12
Figura 7- Lâmpada a vapor de sódio.....	13
Figura 8 - Lâmpada a vapor multi metálico. ....	13
Figura 9 - Luminária LED. ....	14
Figura 10 - Município de Rosana. ....	23
Figura 11 - Primavera.....	23
Figura 12 - Distribuição dos pontos de iluminação pública e potência instalada por localidade do município.....	24
Figura 13 - Sistema Atual X Sistema Proposto. ....	25
Figura 14 - Custo anual da energia. ....	26
Figura 15 - Resultados Esperados.....	27
Figura 16 - Projeção de retorno sobre o investimento de todos os fornecedores. ....	31

## LISTA DE QUADRO

Quadro 1- Orçamentos obtidos no mercado .....	28
---	----

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Custo Mão de Obra.....	29
Tabela 2 - Indicadores de viabilidade financeira obtidos de cada fornecedor .....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira das Normas Técnicas;
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica;
BEN	Balanco Energético Nacional;
CESP	Companhia Energética de São Paulo;
CGTEE	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica;
COPOM	Comitê de Política Monetária;
CPOS	Companhia Paulista de Obras e Serviços;
GEN	Gestão Elétrica Municipal;
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial;
IP	Iluminação Pública;
LED	Diodo emissor de luz;
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior;
MIC	Ministério da Indústria e Comércio;
MME	Ministério de Minas e Energia;
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem;
PME	Programa de Mobilização Energética;
PNE	Plano Nacional de Energia;
PNEE	Plano Nacional de Eficiência Energética;
PPE	Programa de Eficiência Energética;
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica;
RELUZ	Subprograma Interno da PROCEL que visa a economia de energia no setor de iluminação Pública e semaforica ;
TIR	Taxa Interna de Retorno;
TMA	Taxa Mínima de Atratividade;
UHE	Usina Hidrelétrica;
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”;
VPL	Valor Presente Líquido;

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo geral.....	2
1.1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.2 JUSTIFICATIVA.....	2
1.3 METODOLOGIA .....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1 ILUMINAÇÃO PÚBLICA .....	5
2.2 COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE IP.....	7
2.2.1 Braços de sustentação .....	8
2.2.2 Reatores .....	8
2.2.3 Modelos de Lâmpadas.....	11
2.3 CONCEITOS DE LUMINOTÉCNICA .....	15
2.3.1 Fluxo luminoso.....	15
2.3.2 Iluminância.....	15
2.3.3 Intensidade luminosa.....	15
2.3.4 Luminância .....	16
2.3.5 Eficiência luminosa .....	16
2.3.6 Fator de potência.....	16
2.3.7 Temperatura de cor correlata .....	17
2.3.8 Índice de reprodução de cores .....	17
2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	17
2.4.1 POLÍTICAS PÚBLICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	19
2.4.2 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM .....	20
2.4.3 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) .....	20
2.4.4 Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (RELUZ).....	21
3. RESULTADOS .....	22
3.1 ESTUDO DE CASO PARA MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE ROSANA-SP .....	22
3.2 PANORAMA HISTÓRICO.....	22
3.3 A ILUMINAÇÃO PÚBLICA MUNICIPAL.....	24
3.4 ANÁLISE ECONÔMICA.....	27
3.5 CUSTO DA AQUISIÇÃO DAS LUMINÁRIAS E MÃO DE OBRA .....	28

3.6 VIABILIDADE FINANCEIRA .....	29
4. CONCLUSÃO .....	32
5. REFERÊNCIAS .....	33
6. ANEXOS .....	36

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo em que vivemos hoje não seria tão diferente do que era há dois mil anos se o ser humano não tivesse evoluído a tecnologia e os seus meios de transformação (CASTILHO et al, 2009). Nesse salto de tempo ínfimo para o universo que fomos capazes de nos organizar socialmente, criar uma comunicação global no qual tornou o planeta um lugar completamente conectado e digital, isto é, um mundo globalizado. A partir daí se desenvolveram diversas fontes de energias que atendessem as necessidades da sociedade contemporânea.

A vista disso, torna-se significativo mencionar que o elétron no final do século XIX foi descoberto por J.J Thomson, o que ao longo do tempo resultou no aperfeiçoamento da eletrônica integrado ao conhecimento elétrico e automação industrial no século XX (GUIMARÃES et al, 2018). Logo, diversos dispositivos e equipamentos eletrônicos tornaram-se dependentes da energia elétrica, tudo isso somado ao aumento da população anual torna a demanda por energia cada vez maior.

No Brasil, a massiva expressão continental possibilita uma diversidade saudável para a matriz elétrica do país, sendo que cerca de 83% ocorrem de fontes renováveis e apenas 17% de fontes não renováveis (BEN, 2020). Com o passar do tempo, novas formas de conversão de energia surgiram para que a demanda por energia elétrica pudesse ser suprida, porém mesmo com a diversidade das fontes de energia e empreendimentos cada vez maiores no setor, ainda não é usualmente aplicado o uso dessa energia de forma eficiente.

Posto isso, surgiram alguns questionamentos sob a ótica da Engenharia de Energia. O primeiro deles é: como a iluminação pública pode contribuir para melhorar a eficiência energética de uma cidade? E ainda, até que ponto é relevante a criação de um novo projeto de iluminação pública municipal que utilize a tecnologia LED? Outro questionamento levantado é sobre a viabilidade financeira. Assim, indagamos se a quantidade existente de pontos de iluminação proporciona indicadores favoráveis para a realização do projeto?

Dessa forma, o enfoque desta pesquisa está voltado para a renovação do sistema de iluminação pública do município de Rosana. Isto é, reduzir a potência instalada de energia através de dispositivos com uma melhor eficiência energética, minimizando o custo dessa energia. Visando isso, esse estudo pode ser considerado

ecologicamente correto, na utilização de lâmpadas e luminárias que sejam energeticamente eficientes e que não causem poluição luminosa. Assim, essa pesquisa tem como objetivo analisar a energia consumida em Rosana e propor um novo sistema de iluminação pública. Dessa forma, torna-se essencial mencionar quais são os componentes básicos de um sistema de IP a fim de uma explicação mais detalhada.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar a redução da energia elétrica consumida pelo sistema de iluminação no município de Rosana sob a temática da iluminação pública e eficiência energética.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

1. Estudar quais são os conceitos de iluminação pública e eficiência energética;
2. Propor um novo sistema de Iluminação Pública que contemple o uso de luminárias com melhores indicadores de eficiência energética;
3. Estimar o investimento financeiro necessário por meio das metodologias - Valor Presente Líquido (VPL), Payback descontado e Taxa Interna de Retorno (TIR), e analisar a viabilidade da implementação das mudanças propostas.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A fim de contribuir para a inovação da tecnologia aplicada à iluminação no município de Rosana, haja vista a falta de sustentabilidade e eficiência encontrada nos equipamentos sobressalentes do atual sistema de iluminação. Ou seja, por se tratar de uma tecnologia considerada nova, ainda possui um custo apontado como caro, considerando também as outras formas de iluminação isoladamente. Entretanto, com a intensificação de estudos nessa área, a perspectiva é que esse custo reduza e seja cada vez mais interessante propor tal solução. De acordo com Da Silva (2006) “a modernização [...] da iluminação pública, com a adoção de tecnologias mais modernas e eficientes, permite uma evolução na qualidade do serviço de iluminação e ganhos diretos com a redução no consumo de energia elétrica”, isso se justifica à medida que

a evolução nas tecnologias utilizadas nos sistemas de iluminação vem permitindo que se chegue à mesmos níveis de iluminamento com potências cada vez menores.

Além disso, outro fato importante a ser mencionado está relacionado com os projetos realizados pela prefeitura de Rosana sob a temática da Iluminação Pública. Assim, torna-se significativo dizer que esses projetos não possuem um caráter acadêmico, haja vista a localização do curso de Engenharia de Energia oferecido pela UNESP. Tal fato se justifica a partir de uma pesquisa realizada no site da prefeitura de Rosana. Dessa forma, essa pesquisa também contribui para o meio social, acadêmico, e econômico do município, visto todos os fatores citados.

### **1.3 METODOLOGIA**

Para estudar os conceitos sobre iluminação pública e eficiência energética foi realizado um levantamento bibliográfico que consiste nos principais portais de periódicos acadêmicos sobre iluminação pública e eficiência energética. Essas leituras subsidiaram fichamentos que resultaram em análises de dados.

A fim de propor um novo sistema de Iluminação Pública que contemple o uso de luminárias com melhores indicadores de eficiência energética, foi feita uma análise quantitativa do Quadro de Iluminação Pública (QIP), disponibilizado pela distribuidora de energia Elektro Redes S/A por meio de arquivo do Software AutoCAD para contabilizar o sistema de iluminação pública atual. Também foi utilizado como base o Manual do Programa de Eficiência Energética ANEEL (2008), em que resultou na elaboração de tabelas contendo informações como a potência instalada (kW), energia consumida (kWh/ano) e o custo anual da energia (R\$). Por fim, foi proposto um novo sistema que contempla o uso de luminárias mais eficientes e que atende às diretrizes sugeridas pela norma ABNT NBR 5101:2018 de procedimentos para iluminação pública.

Para estimar o investimento inicial foi realizada uma pesquisa de mercado por meio de envio de solicitações de orçamento para fornecedores especializados em iluminação pública (não serão divulgadas as propriedades intelectuais durante o andamento do trabalho para que não haja o foco na empresa e sim na viabilidade do projeto), tendo como objetivos obter um preço médio das luminárias e apresentar

opções de empresas afirmando a acessibilidade da tecnologia. Por fim, foi realizado um estudo de viabilidade financeira a partir do investimento inicial, com o auxílio de alguns métodos de avaliação de investimentos, como Valor Presente Líquido (VPL), Payback descontado e Taxa Interna de Retorno (TIR), no qual resultou em uma estimativa de investimento para verificar a possibilidade de um novo sistema de Iluminação Pública.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Desde a pré-história, a evolução está ligada à utilização da iluminação natural e artificial. Segundo o autor, “boa parte do desenvolvimento do cérebro está relacionado às funções da visão, desde as formas de vida mais primitivas até a espécie humana, todas têm a iluminação como papel fundamental para tal desenvolvimento” (ROSITO, 2009).

De acordo com Rosito (2009), dentre os povos antigos já havia indícios de uso da iluminação artificial por meio da utilização de óleo. Séculos depois, o óleo de baleia passou a ser empregado em diversos países. Nesse sentido, a iluminação pública surgiu na Inglaterra no ano de 1415, quando os mercadores solicitaram medidas a fim de combater o crime noturno. Dessa forma, as lâmpadas a gás foram utilizadas durante o século XIX e início do século XX, quando foram substituídas pelas lâmpadas elétricas.

Sob essa perspectiva no Brasil, Rosito (2009), afirma que:

Os primórdios da iluminação pública remetem ao século XVIII, quando foram instaladas cerca de 100 luminárias a óleo de azeite pelos postes da cidade do Rio de Janeiro. Já em Porto Alegre, há registro fotográfico dos acendedores de lampiões no início do século XX. Ainda em Porto Alegre, no ano de 1874, com a inauguração da usina do gasômetro, a Praça da Matriz recebeu postes de iluminação pública a gás no entorno do Chafariz Central.

Em 1887 foi fundada a primeira usina elétrica que se constituía de uma máquina a vapor de 50 CV (CGTEE, 2018), localizada em Porto Alegre, dando origem ao primeiro serviço municipal de iluminação elétrica, que abastecia as ruas de Curitiba. Essa evolução passa a ganhar outras cidades, com a utilização da luz elétrica a iluminação pública começa a viver um novo marco, no entanto a primeira usina considerada potente para gerar “força e luz”, expressão corrente para denominar os serviços de força motriz e iluminação, viabilizados pela energia elétrica, foi a hidrelétrica de Marmelos, construída pelo industrial Bernardo Mascarenhas. Essa hidrelétrica é vista como o marco zero na história da energia elétrica no Brasil e na América Latina, que seria construída em 1889, às margens do rio Paraibuna, em Juiz de Fora (MG) (da SILVA, 2006).

Desde as antigas lanternas a óleo até a eminência dos LEDs existe uma correlação com o desenvolvimento da humanidade e se confunde com a evolução da iluminação. Isso ocorreu porque a invenção da lâmpada elétrica implicou um grande salto para o mundo da iluminação. Partindo da incandescente, passando pelas lâmpadas a vapor de mercúrio a vapor de sódio, a multivapores metálicos, pelas lâmpadas de indução e chegando aos LEDs, percebe-se uma transformação radical nos conceitos de iluminação da mesma forma que as transformações da sociedade ditam mudanças no modo de vida e na organização social (SETOR ELÉTRICO, 2009).

Atualmente, a iluminação pública continua se desenvolvendo e emprega um papel essencial para a população, desde a segurança, visibilidade, bem-estar social, ou mesmo o cartão de visita para cidades turísticas valorizando edifícios e obras públicas (ABNT 5101:2018). Como afirma Benya (2004), "a iluminação exterior oferece o único manto de segurança que cobre quase todos os tipos de propriedades ou edificações".

A iluminação pública possui como uma das suas finalidades, o fornecimento de visibilidade para o trânsito de veículos em rodovias e ruas, para os pedestres nas calçadas, em parques, praças ou até mesmo em pátios de estacionamento.

Diante disso, Lima (2019) afirma que:

[...] além de proporcionar iluminância suficiente para oferecer segurança ao trânsito de veículos e de pedestres, facilitar a manutenção da lei e da ordem e definir hierarquia de vias e eixos de referência, o resultado que ainda se espera da iluminação pública é a de destacar, tornar visível e valorizar obras com significado importante para a cidade. A apreciação e utilização dos espaços somente será satisfatória se houver iluminação condizente.

Diante do crescimento populacional, a necessidade da iluminação pública aumenta, o uso sem critérios de luminárias e refletores adequados, não gerando um direcionamento racional de luz, do qual não possui um controle de ofuscamento, podendo denominar assim como poluição luminosa. Ainda sob a perspectiva de Lima (2019). O autor apresenta no Brasil os projetos de iluminação das cidades normalmente que são elaborados pelos órgãos governamentais, na intenção de buscar um menor custo de investimento e condições mínimas de uso.

Assim, entende-se que a ótica mais comum adotada é o da Norma Brasileira - NBR 5101, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, de forma que os

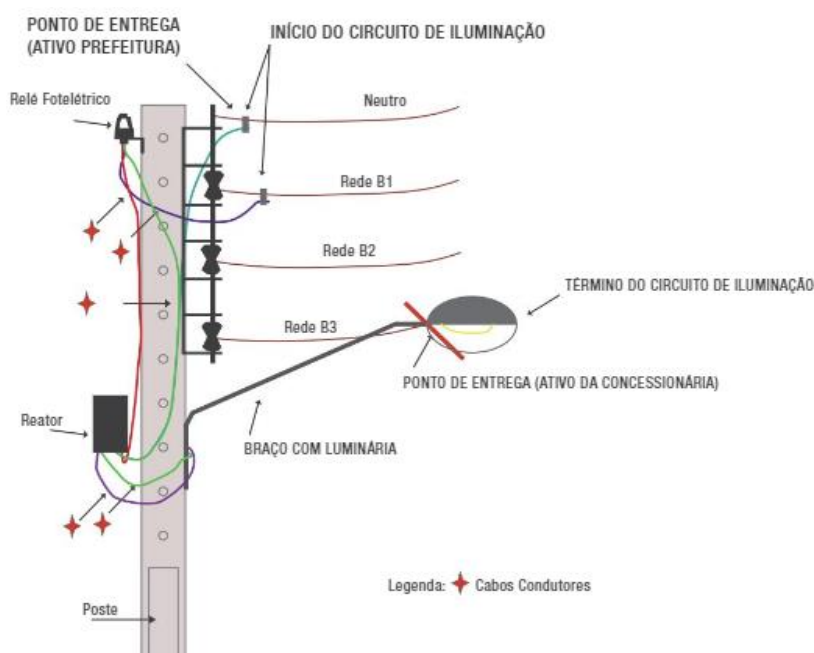
cálculos são realizados na intenção de propiciar os conceitos luminotécnicos determinada pela norma, sem a preocupação com o ambiente arquitetônico.

## 2.2 COMPONENTES BÁSICOS DE UM SISTEMA DE IP

O sistema de iluminação pública é caracterizado, não apenas pelo tipo e potência da lâmpada utilizada, mas por todo um conjunto de equipamentos que juntos são responsáveis por constituir a fonte luminosa. Para Siqueira (2019), são de responsabilidade dos municípios 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.

A Figura 1 tem como finalidade representar o funcionamento do esquema de um sistema de iluminação pública.

Figura 1- Esquema de um sistema de iluminação pública.



(Fonte: Confederação nacional dos municípios, 2013).

Posto isso, serão detalhados alguns dos principais equipamentos que compõem a iluminação pública.

### **2.2.1 Braços de sustentação**

São elementos importantes, geralmente metálicos, têm como sua função principal manter a luminária na posição e altura desejada, interligando o poste a luminária e ainda servem como eletroduto para os cabos de alimentação. Os braços podem ser de tamanho e ângulos de inclinação diversos e devem ser resistentes mecanicamente para suportar o peso das luminárias e os esforços provocados por elas sob ação de diferentes intensidades de ventos e vibrações, além de serem fabricados com proteção contra corrosão.

### **2.2.2 Reatores**

O reator é definido como o componente que tem a função de limitar a corrente elétrica a ser fornecida para a lâmpada garantido que ela não queime, assim esse equipamento auxilia no acionamento e controle de lâmpadas, sendo importante frisar que seu uso está relacionado a lâmpadas de descarga que produzem luz a partir da excitação de gases ionizáveis. Nesse sentido, existem dois tipos de reatores, os eletromagnéticos e os eletrônicos, que possuem princípios de funcionamento distintos.

Os reatores eletromagnéticos podem ser usados em ambientes internos e externos. É importante enfatizar que para essa pesquisa os reatores externos são mais relevantes por fazerem parte de um sistema de iluminação pública. Eles são normalmente compostos por um indutor, um ignitor e um capacitor para atuar na correção do fator de potência. Esse tipo de reator tem se tornado cada vez menos comum no mercado da iluminação, especialmente após a introdução e popularização dos reatores eletrônicos, atualmente esses foram colocados em desuso.

Os reatores eletrônicos, assim como ilustra a Figura 2, são compostos basicamente por fontes chaveadas em alta frequência, na casa de  $(10^3)$  Hz, que limitam a passagem de corrente para a lâmpada. Distinto dos reatores eletromagnéticos, esses tipos de reatores não necessitam de ignitores e de grandes capacitores para correção do FP. Outro aspecto vantajoso é o controle de outros parâmetros elétricos da lâmpada, conferindo a ela maior vida útil e maior rendimento ao conjunto.

Figura 2 - Reator Eletrônico para lâmpada de sódio 250W.



Fonte: (Intral Iluminação, 2010).

À vista disso, torna-se essencial citar também os ignitores, que são dispositivos eletrônicos auxiliares utilizados juntamente com o reator com a função de gerar um pulso de tensão da ordem de 5000 V, necessário para acionar lâmpadas a vapor de sódio e a vapor metálico, como demonstra a Figura 3.

Figura 3 – Ignitor.



Fonte: (Philips, 2015).

Na Figura 4, pode-se observar outro dispositivo também importante, o relé fotoelétrico, que tem como critério de referência para seu funcionamento um horário pré-definido, um movimento ou nível de iluminância. Os relés podem ter três princípios de funcionamento diferentes: térmico, magnético e eletrônico. Para a iluminação pública, atualmente o uso mais comum de relés fotoelétricos se dão com acionamentos magnéticos e eletrônicos por conta do baixo custo e boa durabilidade.

Figura 4 - Relé fotoelétrico.



Fonte: (Intral iluminação, 2010).

Com o avanço da tecnologia, os reatores não fazem mais parte de novos projetos de iluminação pública que utilizam dispositivos LED. Dessa maneira, o driver surge como um único equipamento que detém diversas funções. Isso posto, esse dispositivo consiste em um equipamento eletrônico simples que possui um comportamento semelhante ao de uma resistência, cuja principal função é limitar a passagem de corrente para o LED. Sem ele qualquer oscilação de tensão de alimentação na entrada do circuito poderia gerar oscilações de corrente consideráveis e queimar o LED.

Além disso, o driver também funciona como um tipo de controle dos LEDs, deixando-os em níveis adequados, controlando assim a intensidade do fluxo luminoso. Ele é, portanto, um dispositivo fundamental à longevidade desse tipo de lâmpada. Por ser um equipamento de baixíssimo consumo de energia elétrica, o seu valor de potência já vem normalmente incluso na potência total de uma luminária desse tipo. Outra função também presente é a telecomunicação que pode ser incorporada por redes 3g/4g/WIFI.

### 2.2.3 Modelos de Lâmpadas

Com a evolução da tecnologia, é perceptível que os dispositivos mencionados geram impactos negativos para o meio social e ambiental. Nessa perspectiva, pode-se dizer que desde o início do uso da eletricidade para alimentação de sistemas de iluminação pública houve muitas mudanças nas tecnologias empregadas, especialmente no que diz respeito à evolução das lâmpadas.

De todas as lâmpadas utilizadas em sistemas de iluminação artificial, a incandescente demonstrada na Figura 5, é provavelmente a mais conhecida. Ela produz luz a partir da passagem de corrente elétrica por um filamento, geralmente fabricado de tungstênio, que aquece emitindo uma luz de cor normalmente amarelada. Esse pequeno circuito é montado dentro de um bulbo com gases inertes para postergar a queima do filamento.

Por serem lâmpadas com baixos níveis de eficiência energética e luminosa, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) decidiu proibir gradativamente a fabricação e comercialização das lâmpadas incandescentes no Brasil. Desde 2012 as lâmpadas de maior potência vêm sendo retiradas de circulação, sendo os últimos modelos fabricados e comercializados no dia 30 de junho de 2016.

Figura 5 - Lâmpada incandescente.



Fonte: (Philips, 2015).

A lâmpada a vapor de mercúrio representada na Figura 6, possui princípio de funcionamento similar às demais lâmpadas de descarga, em que, a partir da descarga elétrica em um tubo contendo um gás, a luz é produzida. A única diferença é o tipo de gás utilizado em sua composição, que, neste caso, é formado por iodetos metálicos (ROSITO, 2009).

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% (ROSITO, 2009b). 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, 2009).

Figura 6 -Lâmpada a vapor de mercúrio.



Fonte: (Philips, 2015).

A lâmpada a vapor de sódio tem princípio de funcionamento semelhante a vapor de mercúrio, tendo como diferença básica a adição do sódio. Para seu funcionamento, além do reator, é necessário o uso de um ignitor, que tem o objetivo de promover a partida na lâmpada (ROSITO, 2009b).

A lâmpada emite uma luz amarelada, o que costuma deixar a vegetação com aparência de queimada, e causar um desconforto visual, resultado do baixo índice de reprodução de cor, na faixa dos 25%, sua principal desvantagem. Sua eficiência é considerada alta, podendo chegar a 140 lm/W, dependendo da potência e da qualidade de tecnologia empregada na fabricação. Possui uma vida útil maior que os modelos anteriormente apresentados, variando entre 16.000 e 32.000 horas (ROSITO, 2009).

Por possuir vida útil superior aos outros modelos de lâmpada exibidos, é o tipo mais utilizado na iluminação pública e externa, em locais onde a reprodução de cor não é um fator muito relevante (NETO, 2017). Na Figura 7 é possível observar o modelo dessa lâmpada.

Figura 7- Lâmpada a vapor de sódio.



Fonte: (Procel, 2021).

A lâmpada de vapor multi metálico na Figura 8, é uma evolução da tecnologia empregada na lâmpada a vapor de mercúrio, embora seja fisicamente semelhante à de vapor de sódio. O princípio de funcionamento é o mesmo, contudo são adicionados iodetos metálicos à sua composição resultando em uma fonte luminosa mais eficiente e com melhor IRC. Por emitir uma luz muito brilhante, essa lâmpada é usada em locais onde se busca o embelezamento urbano.

Figura 8 - Lâmpada a vapor multi metálico.



Fonte:(Glight, 2016).

As lâmpadas de indução têm como princípio básico de funcionamento a aplicação de campos magnéticos externos oscilantes de alta frequência (250 kHz) para excitação do mercúrio e dos gases nobres em seu interior. Ela tem um tempo de vida útil de aproximadamente 60.000 horas, o que favorece seu uso em áreas de difícil acesso, como túneis, contudo possuem alto valor comercial e baixos valores de potência, o que dificulta seu uso na iluminação pública.

De todas as luminárias utilizadas em iluminação pública, a LED provavelmente é a que tem evoluído mais nos últimos anos. Com uma tecnologia de acionamento diferente das demais lâmpadas, o LED é um dispositivo eletrônico composto por materiais semicondutores que produzem luz visível quando energizados com polaridade correta. Eles operam em baixas tensão e corrente, por isso não podem ser ligados diretamente à rede de energia elétrica. Para evitar a queima por oscilações de corrente e garantir uma vida duradoura ao LED é preciso que seja ligado a ele um equipamento eletrônico limitador de corrente, o driver, que será apresentado nas próximas subseções.

A lâmpadas LED, demonstrada na Figura 9, além de apresentar uma economia de energia considerável em relação às outras lâmpadas, têm uma vida útil elevada (pelo menos 50000 h), alta eficiência luminosa (pelo menos 80 lm/W), elevado IRC (maiores que 70 %), grande variedade de temperaturas de cor (de branco quente a branco frio) e resistência a vibrações.

Figura 9 - Luminária LED.



Fonte: (Procel, 2021).

## **2.3 CONCEITOS DE LUMINOTÉCNICA**

Para estimar um padrão ideal de iluminação pública para cada ambiente, conforme o seu perfil de uso, é preciso conhecer um pouco sobre os principais conceitos de luminotécnica usados nessas análises.

### **2.3.1 Fluxo luminoso**

O fluxo luminoso é compreendido como a quantidade total de luz ou potência de radiação produzida por uma fonte luminosa e emitida igualmente em todas as direções, por segundo. Sua unidade é o lúmen (lm).

### **2.3.2 Iluminância**

A iluminância (ou o iluminamento) de uma superfície pode ser definida como o fluxo luminoso incidente sobre uma unidade de área dessa superfície, a mesma pode ser medida por um instrumento eletrônico simples e muito conhecido por quem trabalha com diagnósticos energéticos, o luxímetro. A medida de iluminância deve ser feita na altura do plano de trabalho, que pode variar entre 80 cm e 1,0 m, conforme o padrão de uso do local. A sua unidade é o lux (lx) e seu valor pode ser encontrado pela Equação 1:

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (1)$$

Onde  $\phi$  é o fluxo luminoso (lm);

A é a área da superfície (m<sup>2</sup>).

### **2.3.3 Intensidade luminosa**

A intensidade luminosa pode ser definida como a concentração de luz irradiada ou valor de energia radiante emitida em determinada direção, por segundo. Sua unidade é a candela (cd).

### 2.3.4 Luminância

A luminância é definida como a intensidade luminosa por unidade de área. Ela está diretamente relacionada à luminosidade percebida por um observador, ou seja, à luz refletida por uma superfície que chega aos olhos humanos. Sua unidade é a candela por metro quadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) e ela pode ser encontrada pela Equação 2:

$$L = I \cdot A \quad (2)$$

Na qual:  $I$  é a intensidade luminosa ( $\text{cd}$ );

$A$  é a área da superfície ( $\text{m}$ )

### 2.3.5 Eficiência luminosa

A eficiência luminosa corresponde à razão entre o fluxo luminoso total emitido por uma determinada fonte e a potência dessa fonte. Em outras palavras, ela diz quanto eficiente uma luminária é converter a energia elétrica que consome em luz. Sua unidade é o lúmen por Watt ( $\text{lm}/\text{W}$ ) e ela pode ser calculada pela Equação 3:

$$\eta = \frac{\phi}{P} \quad (3)$$

Na qual:  $\phi$  é o fluxo luminoso ( $\text{lm}$ );

$P$  é a potência ativa ( $\text{W}$ ).

### 2.3.6 Fator de potência

O fator de potência é definido pela razão entre a potência ativa ( $P$ ), dada em Watt ( $\text{W}$ ), e a potência aparente ( $S$ ), dada em Volt-Ampère ( $\text{VA}$ ), de um determinado circuito ou equipamento elétrico. O resultado é um número adimensional entre zero e um. Quanto mais próximo da unidade, mais eficiente será o consumo de energia. São considerados eficientes os dispositivos ou sistemas com valores de FP iguais ou superiores a 0,92. Ele pode ser calculado pela Equação 4:

$$FP = P/S \quad (4)$$

### **2.3.7 Temperatura de cor correlata**

A temperatura de cor correlata indica a cor aparente da luz emitida por uma fonte luminosa, medida em graus Celsius. Quanto mais alto for o valor da temperatura de cor, mais branca será a luz emitida. Luzes com TCC fria estimulam o cérebro humano e deixam o indivíduo mais atento reduzindo, conseqüentemente, a possibilidade de ele se envolver em acidentes. As luminárias convencionais podem variar a sua temperatura de cor entre 2700°K (muito quente) e 5000°K (muito fria).

### **2.3.8 Índice de reprodução de cores**

O índice de reprodução de cor de uma fonte luminosa pode ser compreendido como o valor de correspondência, em percentual, entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte luminosa (PROCEL, 2002). Uma luz artificial com bom IRC deve possibilitar a reprodução de cores da forma mais próxima possível da luz natural (sol).

## **2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Compreende-se por eficiência energética as ações de inúmeras naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender às demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transporte e uso em processos (MME, 2011). Em síntese, ela tem como objetivo principal o atendimento às necessidades econômicas de uma nação usando a menor quantidade de energia primária (recursos naturais renováveis e não renováveis), dessa forma reduzindo os impactos sobre o meio ambiente. Sob esse ponto de vista, vale citar que um dos objetivos da Agenda 2030 está relacionado em facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa. Nessa lógica,

[...] as medidas destinadas à concretização destes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável devem abranger várias áreas de atividade [...] uma vez que estas, quando concebidas de acordo com os princípios da eficiência energética e do cuidado ambiental, podem contribuir para o desenvolvimento urbano sustentável e reduzir o impacto ambiental (ZHOVKYA, 2020)

Nessa acepção, “a eficiência energética é um importante vetor no atendimento à demanda futura de energia, já que contribui para a segurança energética, competitividade econômica e redução de impactos ambientais” (KRUGER&RAMOS, 2016, apud BERNARDES *et al*, 2020). Ela tem se tornado uma ferramenta cada vez mais importante na sociedade atual e está sendo aplicada na minimização do consumo de eletricidade para a iluminação pública nos municípios do Brasil por meio do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) (BERNARDES *et al*, 2020).

A partir dos choques do petróleo da década de 1970 e das discussões ambientais da década de 1990, a eficiência energética ganhou projeção mundial e passou a fazer parte da política energética de inúmeros países da Europa, Estados Unidos, Brasil e outros (GESEL, 2011). Ao longo das décadas, foram implementados vários programas de eficiência energética no Brasil, sendo um dos principais, o Programa de Eficiência Energética (PEE).

No setor Elétrico Brasileiro, o Plano Nacional de Energia (PNE) 2030, publicado em 2007 e elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), estima uma redução de demanda de 5% com ações autônomas de EE, por iniciativa própria do mercado, e outros 5% através do progresso induzido pelas ações do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEE).

Por esse ângulo, as ações de EE visam a modificação ou aperfeiçoamento tecnológico dos processos produtivos, entretanto podendo interferir também no comportamento da entidade por meio do melhoramento da organização, da conservação dos bens e da gestão dos insumos energéticos. As atividades que devem ser contempladas pelo plano de EE devem ser todas aquelas que, em termos finais, tenham um custo inferior ao necessário para suprir a energia elétrica poupada.

No Brasil ocorreu algo semelhante ao que ocorreu em outros países do mundo no final da década de 1980, mesmo que de forma um pouco tardia e menos acelerada. A crise do petróleo fez surgir programas de incentivo à substituição dos combustíveis fósseis e de eficiência do consumo de energia elétrica. Essas questões aliadas à preocupação ambiental impulsionaram os programas de EE e de energias renováveis no país. A primeira ação brasileira de promoção da eficiência energética foi a criação do Programa CONSERVE, em 1981, vinculado ao Ministério da Indústria e Comércio (MIC) (RIBEIRO, 2005).

Por esse motivo, no tópico a seguir será detalhado as políticas públicas de eficiência energética, intuindo uma melhor explicação.

#### **2.4.1 POLÍTICAS PÚBLICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

A primeira iniciativa do poder público para incentivar o uso de medidas de eficiência energética em nível nacional ocorreu em 1981, com a criação do Programa Conserve. Esse programa visava promover a conservação de energia na indústria, o desenvolvimento de produtos eficientes e a substituição de energéticos importados por fontes nacionais. No ano seguinte, foi lançado o Programa de Mobilização Energética (PME), caracterizado por um conjunto de ações dirigidas para incentivar o uso de medidas de conservação de energia e, especialmente, substituir derivados de petróleo por fontes renováveis de energia (MME, 2011).

Nos anos seguintes, houve avanços relevantes no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). O governo lançou o programa de certificação de eficiência energética para edifícios comerciais, públicos e de serviços em 2009, e para os edifícios residenciais, em 2010. Em 2009, também foi lançada a certificação de eficiência energética de veículos automotores. Tanto a certificação dos edifícios quanto a dos veículos é feita como parte do PBE, estando a primeira sob responsabilidade do Procel e a segunda, do Conpet.

Complementarmente à criação de programas e leis, o lançamento de planos nacionais foi importante medida para apoiar o planejamento e execução de medidas de conservação de energia. Entre os planos mais relevantes que versam sobre o assunto estão o Plano Nacional de Energia 2030 (MME, 2007) e o Plano Nacional de Eficiência energética (MME, 2011).

Outro fato importante é que a energia elétrica recebe destaque, especialmente no que diz respeito a relações comerciais mundiais, e foi notável o crescimento da consumação desse insumo. Dessa forma, se tornou necessário repensar o consumo mais eficiente de energia para o consumo futuro da sociedade, com isso ocorreu o incentivo do surgimento de políticas voltadas para EE em todo o cenário mundial e nacional. Sob esse ponto de vista, é importante apresentar os panoramas da EE no Brasil, exibindo as principais iniciativas governamentais e os órgãos de certificação brasileiros.

### **2.4.2 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM**

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) estimula a inovação e evolução tecnológica dos produtos e funciona como instrumento para estimular a fabricação de aparelhos e equipamentos mais eficientes, seja em relação ao consumo de energia, seja para o consumo de combustível ou para água. Além de desempenho, o Programa também estabelece requisitos de segurança para os produtos, de modo que seja minimizada a possibilidade de um acidente de consumo (GOV, 2017).

O Programa está vinculado ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e é coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). O programa foi criado em 1984 e seu objetivo

é prover os consumidores de informações que lhes permitissem avaliar o consumo de energia dos 37 equipamentos eletrodomésticos e selecionar, no ato da compra, aqueles de maior eficiência em relação ao consumo, possibilitando reduzir investimentos governamentais em novas unidades geradoras e redução do consumo para a população em geral (MME, 2011).

Atualmente a adesão dos fabricantes de produtos vendidos no Brasil ao programa é voluntária, contudo, seu projeto prevê que com o passar dos anos, ela passará gradualmente a ser compulsória. Isso porque o PBE tem apresentado um mecanismo poderoso de conservação de energia, justificado pelo fato de dar ao consumidor final a possibilidade de uma compra segura e incentivar, de modo indireto, a cultura de aquisição de equipamentos eficientes.

### **2.4.3 Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)**

No final de 1985, por meio de uma portaria interministerial dos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). O Programa, que tem a coordenação do MME e é operacionalizado pela Eletrobras, foi instituído com a função de promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais (MME, 2011).

O PROCEL é constituído por diversos subprogramas internos que visam a economia de energia elétrica nos setores de iluminação pública e semafórica (Reluz), gestão municipal (GEM), educação, edificações públicas e privadas (Edifica), saneamento ambiental (Sanear), indústria, informação (Info) e desenvolvimento

tecnológico. Entre o período de sua instalação e o ano de 2008, o Programa economizou acumuladamente cerca de 32,9 TWh de energia, reduzindo a demanda na ponta em aproximadamente 9.538 MW, valores que resultaram em uma economia de investimento evitados da ordem de R\$ 22,8 bilhões (PROCEL, 2017).

#### ***2.4.4 Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (RELUZ)***

O Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes (PROCEL RELUZ) foi criado no ano 2000 com o objetivo de promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de iluminação pública, bem como a valorização noturna de espaços públicos urbanos, contribuindo para redução do consumo de energia elétrica, melhoria das condições de segurança pública e a qualidade de vida nas cidades brasileiras (MME, 2011).

Até o ano de 2009 o Programa havia promovido a substituição de cerca de 2,2 milhões de pontos de IP em todo Brasil, isso proporcionou uma economia de consumo de energia elétrica de 789,6 GWh/ano e de 181,8 MW de demanda no horário de ponta do sistema elétrico (MAIA, 2018).

### **3. RESULTADOS**

#### ***3.1 ESTUDO DE CASO PARA MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE ROSANA-SP***

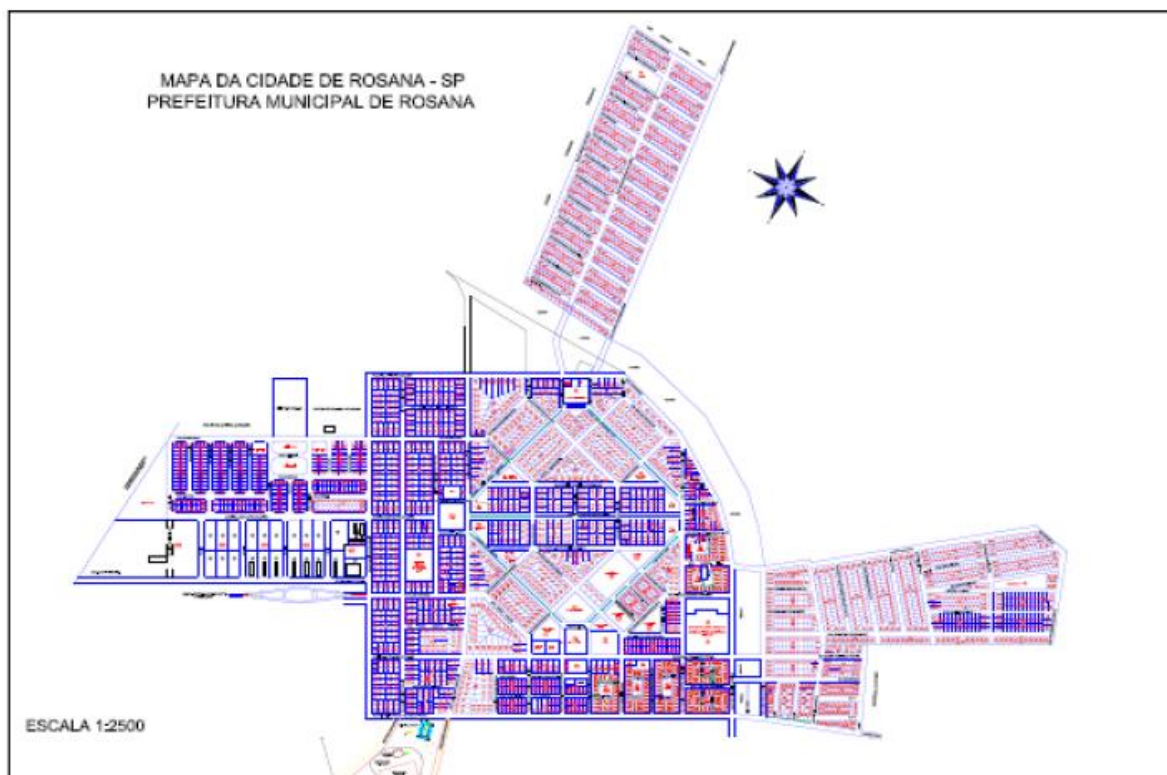
Para a execução de projetos vinculados a Engenharia de Energia é necessário que se realize um estudo com a finalidade de englobar todos os aspectos internos e externos que afetam de modo direto ou indireto a realização dele. Dessa maneira, esse capítulo aborda um estudo de caso da iluminação pública (IP) do município de Rosana-SP cujo intuito está em apresentar aspectos geográficos e socioeconômicos, mostrar um panorama do atual sistema de IP, propor um novo sistema com consumo mais eficiente, e por fim contabilizar a economia de energia na qual expõe a análise financeira da implementação do projeto.

#### ***3.2 PANORAMA HISTÓRICO***

Em 1950 a cidade de Rosana foi fundada e participou da implantação dos planos de construção de um Ramal Ferroviário pela Companhia de Estrada de Ferro Sorocabana. O rio Paraná foi um grande aliado para o transporte por balsa e para a ferrovia, que deu continuidade no Estado do Mato Grosso do Sul até a cidade de Dourados - MS.

O município de Rosana fica localizado no interior do estado de São Paulo, na região do Pontal do Paranapanema, distante cerca de 750 km da capital. A cidade está inserida numa região de tríplice divisa entre os estados do Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo tendo uma área territorial de aproximadamente 744 km<sup>2</sup>. Em seguida apresenta-se a Figura 10 que ilustra o mapa do município de Rosana.

Figura 10 - Município de Rosana.



(Fonte: Setor de Engenharia subprefeitura de Rosana, 2020).

Um fato relevante para o desenvolvimento do município foi a construção da Usina Hidrelétrica (UHE) Porto Primavera, a empresa depois de realizar alguns estudos, decidiu construir uma cidade. Na década de 70, de modo que conseguisse alojar trabalhadores das duas grandes obras implantadas em seu tríplice fronteiro, a Companhia Energética de São Paulo (CESP) criou a 12 km da cidade de Rosana, o núcleo urbano de Porto Primavera, como ilustra a Figura 11 a seguir:

Figura 11 – Primavera.

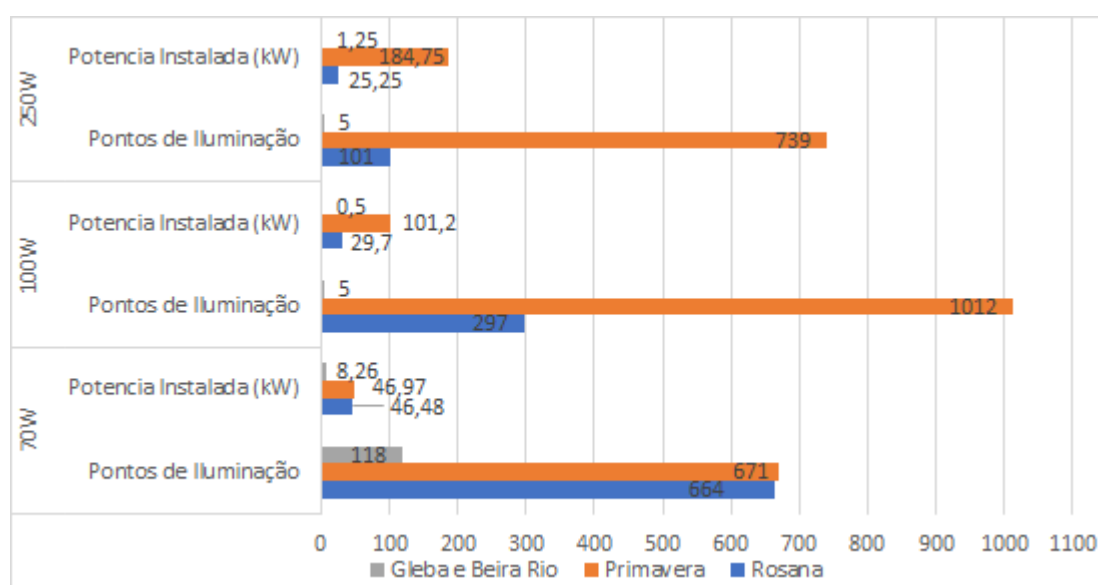


(Fonte: Setor de Engenharia subprefeitura de Rosana, 2020).

### 3.3 A ILUMINAÇÃO PÚBLICA MUNICIPAL

Atualmente o sistema de iluminação pública do município de Rosana é composto por lâmpadas de vapor de sódio de potências correspondentes à 70W, 100W e 250W distribuídos por Rosana, Primavera, Setor 1, 2, e 3 da Gleba e o bairro Beira Rio totalizando 3.612 pontos de iluminação. O Gráfico 1 mostra a quantidade de pontos existentes em cada localidade e a respectiva potência instalada.

Figura 12 - Distribuição dos pontos de iluminação pública e potência instalada por localidade do município.



(Fonte: Oliveira, 2021).

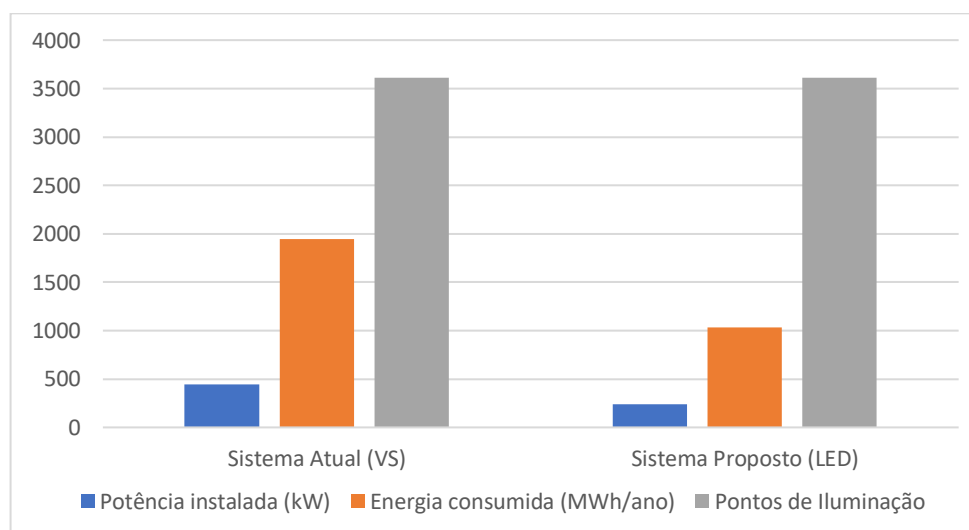
A partir da Figura 12 é notável que o distrito de Primavera é o líder em quantidade de pontos de iluminação ante todas as potências apresentadas, sendo o maior consumidor de iluminação pública, detendo 2/3 da potência instalada total do município. Em seguida, temos a cidade de Rosana na qual possui menos da metade de pontos de iluminação do distrito de Primavera e pouco menos de 1/3 da potência instalada total.

Por fim, temos os setores 1,2 e 3 da Gleba e o bairro Beira Rio, sendo ao todo 128 pontos de iluminação pública, esse baixo número comparado às outras localidades se deve pelo fato de serem bairros rurais com pouca infraestrutura e uma quantidade menor de moradores.

Nesse sentido, cabe dizer que o projeto de eficiência energética deste trabalho foi elaborado com base no Manual de Elaboração do Programa de Eficiência Energética, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), aprovado pela Resolução Normativa nº 300, de 12 de fevereiro de 2008, em conformidade com o item 5.1 “Sistema de Iluminação”, de forma a considerar o sistema atual existente na cidade (Vapor de Sódio), o sistema proposto com luminárias LEDs e os resultados esperados.

Na Figura 13 é apresentada uma comparação entre os dois sistemas de iluminação pública, a potência instalada, a energia consumida e a quantidade total de luminárias pelos dois sistemas.

Figura 13 - Sistema Atual X Sistema Proposto.

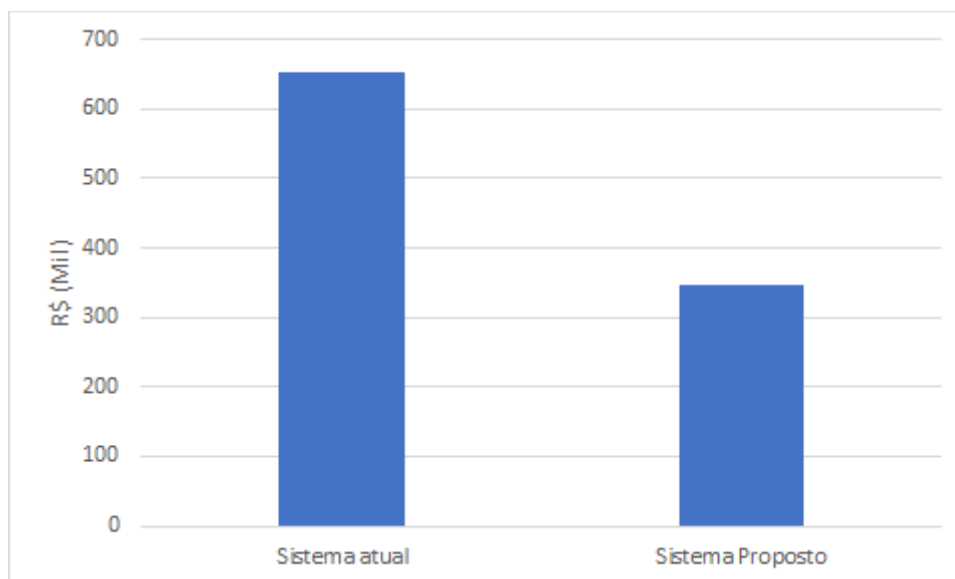


(Fonte: Oliveira, 2021).

É possível visualizar uma redução de aproximadamente 50% da potência instalada e conseqüentemente da energia consumida. Assim, é perceptível que a quantidade de pontos de iluminação pública não se altera em nenhum dos sistemas.

A partir do exposto acima pode-se mencionar a Figura 14, da qual trata do benefício financeiro obtido apenas pela redução da energia consumida do atual sistema de iluminação de lâmpadas a vapor de sódio, pelo sistema proposto por luminárias LED.

Figura 14 - Custo anual da energia.



(Fonte: Oliveira,2021).

Tal redução é notável por ser equivalente a aproximadamente metade do custo atual com iluminação pública.

Para elaboração dos dados apresentados nas Figuras 12, 13 e 14 utilizou-se as Equações 5, 6 e 7 :

$$P_i = \frac{(P_l \cdot Q)}{1000} \quad (5)$$

$$\text{Energia consumida (Mwh/ano)} = \frac{(P_i \cdot T \cdot 365 \text{ dias})}{1000} \quad (6)$$

$$\text{Custo anual da energia ( R\$)} = P_i \cdot T \cdot 365 \cdot \text{Preço da Energia(R\$)} \quad (7)$$

Sendo:

Potência da Luminária:  $P_l$

Quantidade de Lâmpadas:  $Q$

Potência Instalada:  $P_i$

Tempo de funcionamento:  $T$

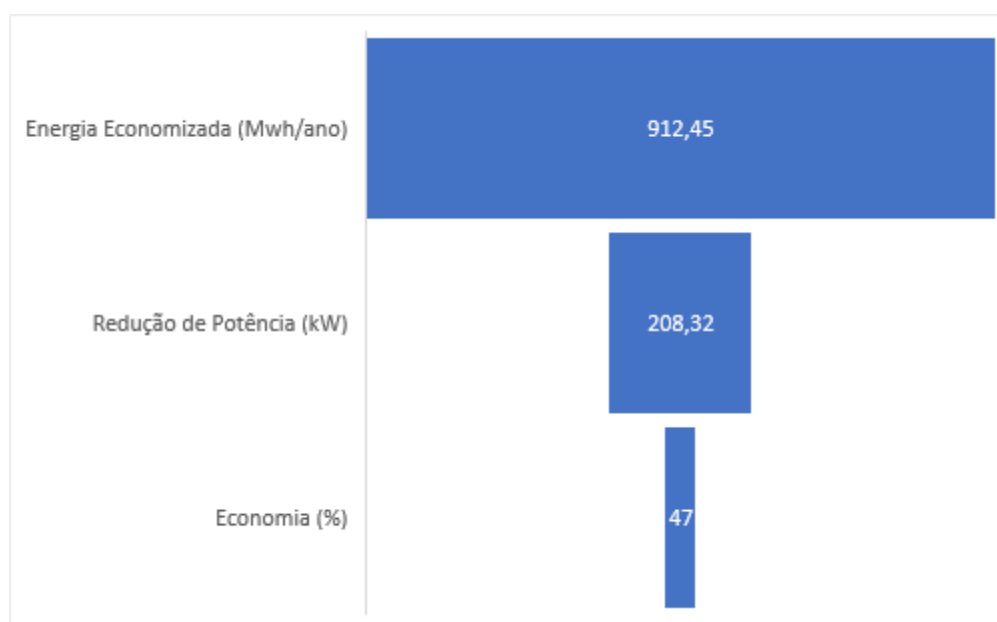
Onde :

-*Tempo de funcionamento(h)* é definido como 12h de acordo com manual de eficiência energética da ANEEL 2008

-*Preço da Energia (R\$)* é definido pela distribuidora Elektro e a tabela de tarifação de baixa tensão encontra-se no Anexo 1, sendo de R\$/kWh 0,33303 a tarifação do subgrupo B4b-bulbo da Lâmpada para baixas tensões.

Assim a Figura 15 traz os resultados esperados com a troca das lâmpadas de Vapor de Sódio por luminárias LED equivalentes.

Figura 15 - Resultados Esperados.



(Fonte: Oliveira,2021).

Pode-se observar números promissores em relação à eficiência energética proposta com o sistema de iluminação LED, no qual reduz 912,45 Mwh/ano de energia e uma redução de potência de 208,32 kW, isso corresponde a uma economia de 47%.

### **3.4 ANÁLISE ECONÔMICA**

O estudo de viabilidade financeira do projeto foi feito a partir da avaliação do custo das luminárias LED por fornecedor, o ônus da mão de obra. Tendo esse investimento contabilizado, utilizou-se de indicadores financeiros propostos neste trabalho para uma avaliação coesa ao longo do tempo.

### 3.5 CUSTO DA AQUISIÇÃO DAS LUMINÁRIAS E MÃO DE OBRA

Para a realização de um estudo de caso mais robusto e concreto fez-se uma pesquisa com 4 fornecedores de luminárias LED que possuem o selo PROCEL, garantindo a legitimidade das especificações técnicas e eficiência dos equipamentos e podem ser encontrados nos Anexos 2, 3, 4 e 5 deste trabalho.

Para definição dos custos com a aquisição de luminárias é apresentado abaixo o quadro abaixo que traz o orçamento inicial de cada fornecedor.

Quadro 1- Orçamentos obtidos no mercado

Fornecedor I			
Potência da luminária	Preço R\$	Qtd	Total
Luminária 30W	539,06	1453	786.254,18
Luminária 53W	524,69	1314	689.442,66
Luminária 150W	738,35	845	623.660,70
		Total	2.096.602,59
Fornecedor II			
Potência da luminária	Preço	Qtd	Total
Luminária 30W	388,66	1453	564.722,98
Luminária 50W	409,41	1314	537.964,74
Luminária 147W	1248,57	845	1.055.041,65
		Total	2.157.729,37
Fornecedor III			
Potência da luminária	Preço	Qtd	Total
Luminária 30W	266,94	1453	389.863,82
Luminária 60W	373,43	1314	490.687,02
Luminária 150W	769,50	845	650.227,50
		Total	1.528.778,34

Fornecedor IV			
Potência da luminária	Preço	Qtd	Total
Luminária 30W	373,23	1453	542.303,19
Luminária 60W	419,12	1314	550.723,68
Luminária 150W	524,16	845	442.915,20
		Total	1.535.942,07

(Fonte: Oliveira,2021).

Para determinar o custo geral com a mão de obra foi contabilizado o valor (R\$) por hora de serviço prestado (h) de um eletricista e mais um ajudante. Os valores base para o cálculo foram encontrados no Boletim Referencial de Custos – Tabela de Serviços, da Companhia Paulista de Obras e Serviços (CPOS), Versão 175.

Supondo que o serviço de troca de luminárias demore 30 minutos e a intenção é trocar 3.612 pontos, assim ambos profissionais levariam ao todo 1806 horas para a realização completa do serviço. Com isso constrói-se a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Custo Mão de Obra.

	Valor(R\$)/Serviço(h)	Total de horas trabalhadas(h)	Total (R\$)
Eletricista	9,55	1806	17.247,30
Ajudante	6,55	1806	11.829,30
Total			29.076,60

(Fonte: Oliveira,2021).

### 3.6 VIABILIDADE FINANCEIRA

Primeiramente é importante ressaltar que foi necessária a adequação das potências das luminárias no cálculo da eficiência energética, devido ao mercado não conter exatamente as potências teóricas escolhidas pelo autor e esse fato ter direta relação com a viabilidade financeira do estudo aqui exposto.

A partir do programa Excel foram mensurados quatro indicadores de viabilidade de projetos comumente utilizados na área de gerência de projetos, sendo eles: Taxa mínima de atratividade (TMA), Taxa interna de retorno(TIR), Valor presente líquido(VPL) e Payback composto.

Para o cálculo da TMA foram levados em conta 3 fatores, a taxa de juros Selic utilizada como base de cálculo para títulos do governo ou mesmo para títulos de renda fixa estabelecida em 4,25% ao ano, pelo Comitê de Política Monetária (COPOM) em 16 de junho de 2021. O risco do investimento estipulado em 1% pelo autor por se tratar de um projeto simples e a liquidez do projeto que também foi avaliada em 1% para base de cálculo. Dessa forma, a taxa mínima de atratividade é admitida em 6,25% ao ano.

A TIR é calculada pelo próprio programa, correlacionando o investimento inicial e os descontos proporcionados pela eficiência energética que são convertidos no fluxo de caixa do projeto ao longo da vida útil do equipamento, sendo que nenhuma outra taxa seja contabilizada.

O VPL também é calculado pelo Excel, porém com uma fórmula que relaciona a TMA com o valor monetário obtido pela eficiência energética do projeto, de modo que a intenção do indicador é estimar os ganhos futuros com o impacto da descapitalização ao longo dos anos.

Já o Payback composto é calculado por uma divisão onde o numerador é a subtração entre o ano que o investimento foi pago e valor presente acumulado do mesmo ano, já o denominador é o valor presente líquido do ano posterior.

A partir do software (referência direito o Excel) foi possível construir planilhas de cálculo, as quais foi crível obter a Tabela 9 que trata dos indicadores financeiros obtidos para cada fornecedor levando em consideração o orçamento inicial juntamente com o custo da mão de obra estipulada.

Tabela 2 - Indicadores de viabilidade financeira obtidos de cada fornecedor

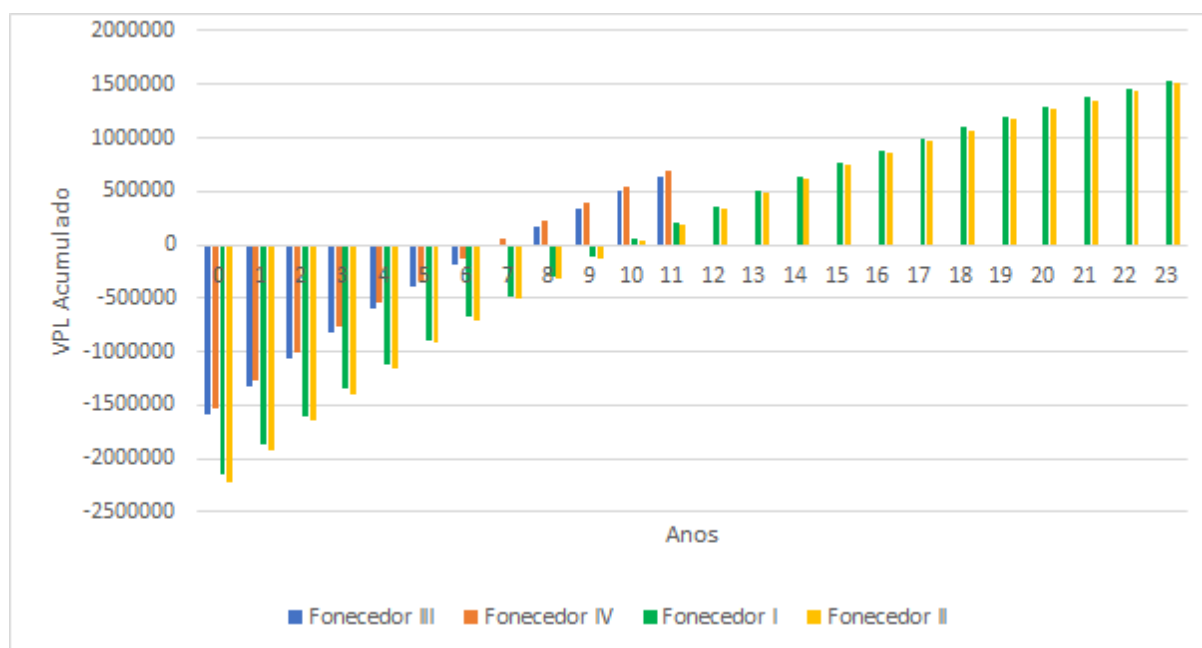
Fornecedores	Vida útil(anos)	VPL Acumulado(R\$)	TIR(%)	Payback(anos)
I	23	1.538.132,82	13	9,4
II	23	1.510.050,76	13	8,7
III	11	783.649,57	14	6,9
IV	11	834.624,45	14	6,6

(Fonte: Oliveira,2021).

Como resultado da Tabela 2 temos o VPL acumulado ao longo da vida útil de cada equipamento fornecido. Além disso, a Taxa Interna de Retorno sobre o investimento de todos os fornecedores é maior que a Taxa Mínima de Atratividade e maior que a Taxa de Juros Selic atual. Outra análise que foi feita é o Payback para as luminárias LED de vida útil igual a 23 anos que se dá antes da metade de sua vida útil, diferentemente das luminárias de 11 anos que o Payback se dá após a metade de sua vida útil.

Com a elaboração da Tabela 2 foi possível a construção da Figura 16, no qual faz a projeção dos saldos financeiros, relacionado com os indicadores VPL e Payback a longo da vida útil dos equipamentos apresentados por cada fornecedor.

Figura 16 -Projeção de retorno sobre o investimento de todos os fornecedores.



(Fonte: Oliveira,2021).

Com base na Figura 16, podemos ter uma estimativa do custo inicial para implementação do projeto para cada fornecedor. À vista disso, foi realizada uma análise macroscópica da situação em que é possível afirmar a vantagem sobre aquisição das luminárias de maior vida útil. Isto é, pode-se dizer que o aproveitamento econômico é maior ao longo do tempo comparada às luminárias de menor vida útil.

#### 4. CONCLUSÃO

Pode-se dizer que essa monografia cumpriu os seus objetivos gerais e específicos, trazendo resultados cabais adequados diante das referências bibliográficas que dizem respeito à eficiência energética e a iluminação pública, conforme apresentado anteriormente.

Tendo como base a arrecadação do município de Rosana no ano de 2020, a implementação do projeto corresponde de 1,7% a 2,5% do total arrecadado. Posto isso, entende-se que o custo total para implementação do projeto foi variável devido ao levantamento feito com quatro fornecedores, sendo que dois fornecedores apresentam um equipamento com vida útil de 102.000h e o custo total contabilizando o serviço de mão de obra foi de R\$2.154.755 e R\$2.215.882, respectivamente. Já em relação aos fornecedores III e IV a vida útil do equipamento apresentado é de 50.000h com um orçamento total de R\$1.586.931 e R\$1.535.956.

No âmbito da eficiência energética municipal, os resultados afirmam que haverá uma redução de 47% da potência instalada que gera uma economia anual em energia de 912,45 MWh. Contudo, é significativo lembrar que o sistema atual consome 1.946,3 MWh/ano e essa redução traz uma economia monetária anual de R\$305.941,67 para os cofres do município.

Outro fato importante a ser mencionado está relacionado aos indicadores de viabilidade financeira que se mostraram promissores pelo fato do Valor Presente Líquido de todos os fornecedores serem positivos, a TIR estar na média de 14% e o Payback próximo a meia vida das luminárias. Assim, sendo possível reafirmar a implementação do novo projeto de IP.

Dessa forma, fica evidente que o projeto possui conceitos razoáveis de originalidade devido à falta de projetos na região onde está localizado o município de Rosana, também pode ser visto a aplicabilidade do mesmo pelo custo relativamente baixo mediante a arrecadação anual do município, assim a relevância que se dá no âmbito econômico, energético e social.

## 5. REFERÊNCIAS

BERNADES, Drielly Mazzarim; CELESTE, Wanderley Cardoso; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz. Eficiência energética na iluminação pública urbana: revisão bibliográfica dos equipamentos e tecnologias. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e606973957-e606973957, 2020.

CASTRO, Nivalde J. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA E O PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: [http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/48\\_TDSE42.pdf](http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/48_TDSE42.pdf). Acesso em: 15 jun. 2021.

DA SILVA, Lourenço Lustosa Fróes; LUSTOSA, Lourenço. Iluminação Pública no Brasil: Aspectos energéticos e institucionais. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2006.

DA SILVA, Lourenço Lustosa Fróes; LUSTOSA, Lourenço. Iluminação Pública no Brasil: Aspectos energéticos e institucionais. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2006.

ELETOBRAS CGT ELETROSUL. CGEET. Disponível em: <http://www.eletrosul.gov.br/a-empresa/quem-somos/historico/cgtee>. Acesso em: 14 de jul.2021.

FONSECA, Dhebora Christina Ferreira da. **Eficiência Energética Da Iluminação Pública Automatizada**: estudo de caso na cidade de Caruaru. Estudo de caso na cidade de Caruaru. 06/10/2016. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_234\\_364\\_29766.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_234_364_29766.pdf). Acesso em: 15 out. 2021.

GUIMARÃES. **Livro Física 3 anos- Eletromagnetismo, Física moderna**. 16/09/2018. Disponível em: [https://issuu.com/yasmina.a.a.n/docs/fisica-v3-guimar\\_es-piqueira-carron](https://issuu.com/yasmina.a.a.n/docs/fisica-v3-guimar_es-piqueira-carron). Acesso em: 15 jun. 2021.

[http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45044/3/2018\\_tcc\\_esmaia.pdf](http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45044/3/2018_tcc_esmaia.pdf). Acesso em: 12 maio 2021.

Iluminação Pública - Guia do Gestor. 2003. Disponível em: [https://issuu.com/cepam/docs/\\_cartilha\\_ilumina\\_\\_\\_o\\_web\\_](https://issuu.com/cepam/docs/_cartilha_ilumina___o_web_). Acesso em: 15 jun. 2021.

LIMA, Leandro Campos. **ILUMINAÇÃO PÚBLICA HISTÓRIA, TECNOLOGIAS E APLICAÇÕES**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LOPES, Leonardo Barbosa. Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública. **UFRJ, Rio de Janeiro**, 2014.

MASCARO, Lucia Elvira Alicia Raffo de. A iluminação do espaço urbano. **Arqtexto. n. 8 (2006), p. 20-27**, 2006.

ME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Plano Nacional de Energia 2030. Brasília, 2007.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA . Plano Nacional de Eficiência Energética. Brasília, 2011.

SANTOS, Eduardo Ribeiro dos. A iluminação pública como elemento de composição da paisagem urbana. 2005.

SÃO PAULO. ELETROBRAS. **PROCEL**. 2017. Disponível em: [http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/docs/rel\\_procel2017\\_web.pdf](http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/docs/rel_procel2017_web.pdf). Acesso em: 12 jun. 2021.

SÃO PAULO. MINISTÉRIO DA ECONOMIA. (org.). **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem-pbe/qual-o-objetivo-do-programa-brasileiro-de-etiquetagem-pbe>. Acesso em: 12 maio 2021.

SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto. **Ciência, tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica.** 15/03/2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/mzxknTRyQvxGrsQbSNwXgHt/?lang=pt>. Acesso em: 15 jun. 2021.

## 6. ANEXOS

## Anexo 1 - Tarifação de baixa tensão

TABELA DE TARIFAS DE ENERGIA ELÉTRICA GRUPO B			
	VIGÊNCIA: 27/08/2020 A 26/08/2021 RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 2.762 DE 25 DE AGOSTO DE 2020		
DESCRIÇÃO	TUSD (R\$/kWh)	TE (R\$/kWh)	TARIFA
<b>B4a- Rede de Distribuição</b>			
Consumo Ativo	0,16619000	0,13908000	0,30527000
Consumo Reativo Excedente		0,25288000	0,25288000
<b>B4b- Bulbo da Lâmpada</b>			
Consumo Ativo	0,18130000	0,15173000	0,33303000
Consumo Reativo Excedente		0,25288000	0,25288000

(Fonte: Elektro, 2021)

## Anexo 2 - FORNECEDOR TECNOWATT

## INFORMAÇÕES TÉCNICAS:

Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)*	(lm/W)	Temperatura de Cor	Índice de Reprodução de Cor	Óptica/Lente	Peso (Kg)	Dimensão C x L x H (mm)
100	11.700	117	4000K 5000K	>75	2MR	7,00	550x270x120
113	12.769	113			2MR		
130	14.300	110			2MR		
147	15.435	105			RB_		
180	19.800	110			RB_		
200	21.400	107			RB_		

\*Fluxo luminoso útil da luminária em condições normais de funcionamento.

(Fonte: Tecnowatt, 2021).

**Descrição técnica:**

**Corpo:** Alumínio injetado a alta pressão.

**Difusor:** Vidro liso plano temperado transparente.

**Equipamento auxiliares:** Driver de corrente constante incorporado internamente à luminária. (On/Off ou 0-10V).

**Tomada para relé fotoelétrico ou para Telegestão:** Opcional.

**Dispositivo de fechamento:** Fechamento através de parafusos na parte frontal e abertura por alavanca na parte posterior do grupo óptico.

**Dissipação:** Aletas no próprio corpo da luminária para dissipação do calor.

**Tensão Nominal:** 90 a 305Vac - 50/60Hz.

**Fator de potência:** >0.95

**Temperatura de uso:** -30°C a +40°C

**Índice de Reprodução de Cor:** >75

**Manutenção do fluxo luminoso:** 102.000hrs

**Eficiência Energética:** Classe A

**Resistência a Impactos:** IK08

**Instalação:** Ponta de braço: Diâmetro externo de 48,3mm a 60,3mm com possibilidade de ajuste de inclinação de -5°; 0°; +5°; +10° e Topo de poste: Diâmetro externo de 48,3mm a 60,3mm com possibilidade de ajuste de inclinação de 0°; +5°; +10°.

**Grau de proteção:** IP66 para o corpo óptico e alojamento dos equipamentos auxiliares.

**Classe da Luminária:** Classe 1.

**Manutenção:** Acesso aos módulos de LED pela parte frontal da luminária e ao Driver e DPS pela parte superior da luminária. Em condições de manutenção os módulos de LED e Driver poderão ser substituídos.

**Acabamento:** Pintura eletrostática – Cor Padrão Cinza Munsell N6,5. Outras cores sob consulta.

**Segurança:** Equipamento proteção contra sobtensões de 10kV/12kA ligado em série, incorporado à luminária.

## INFORMAÇÕES TÉCNICAS:

	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)*	(lm/W)	Temperatura de Cor	Índice de Reprodução de Cor	Óptica/Lente	Peso (Kg)	Dimensão C x L x H (mm)
	30	3.710	124	3000K	>70	RT_	2,50	527x106x76
	40	4.835	121					
	50	6.100	122					
	60	7.090	118					
	19	3.003	158	4000K	>70	RT_	2,50	527x106x76
	21	3.173	151					
	28	4.432	158					
	30	3.810	127					
	35	4.900	140					
	40	5.055	126					
	50	6.375	128					
	60	7.399	123					
	64	8.238	129					
	72	8.922	124					
	80	9.730	122					
	19	2.945	155	5000K	>70	RT_	2,50	527x106x76
	21	3.163	151					
	28	4.347	155					
	30	3.910	130					
	35	4.885	140					
	40	5.095	127					
	50	6.465	129					
	60	7.505	125					
	64	8.179	128					
	72	8.868	123					
	80	9.630	120					

\*Fluxo luminoso útil da luminária em condições normais de funcionamento.  
(Fonte: Tecnowatt, 2021).

**Descrição técnica:**

**Corpo:** Alumínio injetado a alta pressão.

**Tampa alojamento:** Alumínio injetado a alta pressão.

**Difusor:** Fechamento do conjunto óptico em Policarbonato Transparente Lenticular.

**Equipamento auxiliares:** Driver de corrente constante incorporado à luminária. (On/Off ou 0-10V).

**Tomada para relé fotoelétrico ou para Telegestão:** Opcional.

**Dissipação:** Aletas no próprio corpo da luminária para dissipação do calor.

**Tensão Nominal:** 90 a 305Vac/50-60Hz (Luminárias C/ TG) ou 108 a 305Vac/50-60Hz (Luminárias ST/ CT)

**Fator de potência:** >0.95

**Temperatura de uso:** -30°C a +50°C

**Índice de Reprodução de Cor:** >70

**Manutenção do fluxo luminoso:** 102.000hrs

**Eficiência Energética:** Classe A

**Resistência a Impactos:** IK09

**Instalação:** Em ponta de braço com diâmetro externo de 25,4mm, 33,7mm e 48,3mm. Para diâmetro externo de 60,3mm é necessário aplicação de adaptador (não fornecido).

**Grau de proteção:** IP66 para o corpo óptico e alojamento dos equipamentos auxiliares. Possui filtro de alívio de pressão interna.

**Sistema de Autolimpeza:** A luminária possui saída de água para autolimpeza com a água da chuva.

**Classe da Luminária:** Classe 1.

**Manutenção:** Através da abertura da tampa de alumínio injetado, localizada na parte inferior da luminária, pela retirada de 4 parafusos.

**Acabamento:** Pintura eletrostática – Cor Padrão Cinza Munsell N6,5. Outras cores sob consulta.

**Segurança:** Equipamento proteção contra sobtensões de 10kV/12kA ligado em série, incorporado à luminária.

## Anexo 3 - FONECEDOR SXLIGHTING

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

MODELO	SX-INLPI030	SX-INLPI053	SX-INLPI070	SX-INLPI106	SX-INLPI159	SX-INLPI180	SX-INLPI213	SX-INLPI266
Potência do Sistema	30W	53W	70W	100W	150W	180W	200W	250W
Fluxo Luminoso do LED (@Tj25°C)	5.184 lm	8.395 lm	11.760 lm	15.840 lm	23.760 lm	28.200 lm	31.680 lm	39.600 lm
Fluxo Luminoso da Luminária (@Tj65°C)	4.320 lm	6.996 lm	9.800 lm	13.200 lm	19.800 lm	23.760 lm	26.400 lm	33.000 lm
Eficiência Luminosa da Luminária	144 lm/W	132 lm/W	140 lm/W	132 lm/W	132 lm/W	132 lm/W	132 lm/W	132 lm/W
Corrente de Consumo	0,14 A	0,24 A	0,32 A	0,45 A	0,68 A	0,82 A	0,91 A	1,14 A
Fator de Potência	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Temperatura de Cor	5.000 K							

MODELO	SX-INLPI030	SX-INLPI053	SX-INLPI070	SX-INLPI106	SX-INLPI159	SX-INLPI213	SX-INLPI266
Potência do Sistema	30W	53W	70W	100W	150W	200W	250W
Fluxo Luminoso do LED (@Tj25°C)	5.184 lm	8.805 lm	11.760 lm	16.800 lm	25.200 lm	33.120 lm	42.000 lm
Fluxo Luminoso da Luminária (@Tj65°C)	4.320 lm	7.338 lm	9.800 lm	14.117 lm	20.973 lm	27.888 lm	35.042 lm
Eficiência Luminosa da Luminária	144 lm/W	138 lm/W	140 lm/W	140 lm/W	140 lm/W	138 lm/W	140 lm/W
Corrente de Consumo	0,262 A	0,484 A	0,703 A	0,976 A	1,203 A	0,976 A	1,203 A
Fator de Potência	0,97	0,99	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98
Temperatura de Cor	4.000 K						

Ângulo de Abertura Padrão	Tipo II média - Conforme NBR 5101	
Índice de Reprodução de Cor	> 75	
Frequência de Operação	50 ~ 60 Hz	
Harmônica	< 10%	
Dimerização para Telegestão	1 ~ 10 v	
Grau de Proteção <small>Opcional com fator de consultor</small>	IP66 (óptico e compartimento driver)	
Proteção Antissurto	10 kV   10 kA	
Tensão de Operação	202~254 Vac (padrão) / Bivolt	
Vida Útil da Luminária	100.000h	
Vida Útil - L70	>102.000h	
Tipo de Proteção	Curto-Circuito, Sobretensão, Sobrecorrente, Sobreaquecimento	
Refrator	PMMA / Vidro	
Quantidade de Módulos	1 a 5	
Equivalência	150 W / 250 W	400 W / 500 w
Opicional Base Relé	3 e 7 pinos	

(Fonte: Sxlighting, 2021).

# CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

4.000 K	MODELO V01   ~145 lm/W	SX-INLPP020	SX-INLPP030	SX-INLPP050	SX-INLPP070	SX-INLPP100	SX-INLPP120	SX-INLPP150
	Potência do Sistema	22W	30W	52W	74W	100W	120W	150W
Fluxo Luminoso do LED (@Tj25°C)	3.612 lm	4.536 lm	8.031 lm	11.588 lm	15.876 lm	19.051 lm	23.004 lm	
Fluxo Luminoso da Luminária (@Tj65°C)	3.344 lm	4.200 lm	7.436 lm	10.730 lm	14.700 lm	17.640 lm	21.300 lm	
Eficiência Luminosa da Luminária	152 lm/W	140 lm/W	143 lm/W	145 lm/W	143 lm/W	147 lm/W	142 lm/W	
Corrente de Consumo	0,136 A	0,136 A	0,227 A	0,318 A	0,454 A	0,545 A	0,681 A	
4.000 K	MODELO V02   ~170 lm/W	SX-INLPP020	SX-INLPP030	SX-INLPP050	SX-INLPP070	SX-INLPP100	SX-INLPP120	SX-INLPP150
	Potência do Sistema	20W	31W	50W	70W	100W	120W	150W
Fluxo Luminoso do LED (@Tj25°C)	3.542 lm	5.524 lm	9.342 lm	13.230 lm	18.224 lm	22.291 lm	28.998 lm	
Fluxo Luminoso da Luminária (@Tj65°C)	3.280 lm	5.115 lm	8.650 lm	12.250 lm	17.800 lm	20.640 lm	26.850 lm	
Eficiência Luminosa da Luminária	164 lm/W	165 lm/W	173 lm/W	175 lm/W	178 lm/W	172 lm/W	179 lm/W	
Corrente de Consumo	0,136 A	0,136 A	0,227 A	0,318 A	0,454 A	0,545 A	0,681 A	
5.000 K	MODELO V01   ~135 lm/W	SX-INLPP020	SX-INLPP030	SX-INLPP050	SX-INLPP070	SX-INLPP100	SX-INLPP120	SX-INLPP150
	Potência do Sistema	22W	30W	51W	74W	100W	120W	150W
Fluxo Luminoso do LED (@Tj25°C)	3.469 lm	4.536 lm	7.710 lm	11.189 lm	15.336 lm	18.403 lm	22.680 lm	
Fluxo Luminoso da Luminária (@Tj65°C)	3.212 lm	4.200 lm	7.140 lm	10.360 lm	14.200 lm	17.040 lm	21.000 lm	
Eficiência Luminosa da Luminária	146 lm/W	140 lm/W	140 lm/W	140 lm/W	142 lm/W	142 lm/W	140 lm/W	
Corrente de Consumo	0,136 A	0,136 A	0,227 A	0,318 A	0,454 A	0,545 A	0,681 A	
5.000 K	MODELO V02   ~170 lm/W	SX-INLPP020	SX-INLPP030	SX-INLPP050	SX-INLPP070	SX-INLPP100	SX-INLPP120	SX-INLPP150
	Potência do Sistema	20W	31W	50W	70W	100W	120W	150W
Fluxo Luminoso do LED (@Tj25°C)	3.456 lm	4.960 lm	8.964 lm	12.474 lm	18.576 lm	22.291 lm	27.864 lm	
Fluxo Luminoso da Luminária (@Tj65°C)	3.200 lm	5.357 lm	8.300 lm	11.550 lm	17.200 lm	20.640 lm	25.800 lm	
Eficiência Luminosa da Luminária	160 lm/W	160 lm/W	166 lm/W	165 lm/W	172 lm/W	172 lm/W	172 lm/W	
Corrente de Consumo	0,136 A	0,136 A	0,227 A	0,318 A	0,454 A	0,545 A	0,681 A	
Temperatura de Cor	4.000 K   5.000 K (Padrão)							
Ângulo de Abertura Padrão	Tipo II Conforme NBR 5101							
Índice de Reprodução de Cor	> 75							
Frequência de Operação	50 ~ 60 Hz							
Fator de Potência	> 0,95							
Harmônica	< 10%							
Dimerização para Telegestão	1 ~ 10 v							
Grau de Proteção	IP66 (óptico e compartimento driver)							
Proteção Antissurto	10 kV   10 kA							
Tensão de Operação	202~254 Vac (padrão) / 95~260 (Bivolt) / 110~277 (Bivolt)							
Vida Útil da Luminária	100.000h							
Vida Útil - L70	102.000h							
Tipo de Proteção	Curto-Circuito, Sobretensão, Sobrecorrente, Sobreaquecimento							
Refrator	Policarbonato							
Quantidade de Módulos	1							
Equivalência	até 150 W		250 W		até 400 W		até 1.000 W	
Opcional Base Relé	3 e 7 pinos							

(Fonte: Sxlighting, 2021).

## Anexo 4 - FORNECEDOR EMPALUX

**CARACTERÍSTICAS**

Modelo Luminárias	Sarin
Grau de proteção*	IP66
Resistência a impacto**	IK08

\* NBR 60598

\*\* NBR 62262

	Sarin 30	Sarin 60	Sarin 100	Sarin 150	Sarin 200
Modelos	LP03036	LP06036	LP10036	LP15036	LP20036
Potência (W)	30	60	100	150	200
Lumens (lm)	3.000	6.000	10.000	15.000	20.000

(Fonte: Empalux, 2021).

**DESCRIÇÃO**

- Tensão de funcionamento Full Range de 85 - 265 VAC.
- Luminária LED com corpo em liga de alumínio injetado.
- Ideal para instalações de 4 a 12 metros de altura.
- Fixação com parafusos tipo Allen em aço inox.
- Indicado para substituir conjunto de lâmpadas vapor de sódio ou vapor metálico de 70W, 100W, 150W, 250W e 400W.
- Dispensa uso de drivers ou equipamento auxiliar.
- Vida 50.000 horas.
- Temperatura de cor 6.000K.
- Eficiência acima de 100 lm/W.
- Índice de reprodução de cor (IRC) >70%.
- Conjunto LED SMD.
- Pode ser fornecida com protetor de surto auxiliar contra descargas atmosféricas (DPS) de até 10kV/10kA.
- 1 ano de garantia.

## Anexo 5 - FORNECEDOR INBRAX

## LUMINARIAS LED INBRAX

CÓDIGO	MODELO	FLUXO LUMINOSO (lm)	TEMP. DE COR (K)	COR DA LUZ	ÂNGULO DE ABERTURA	EFICIÊNCIA (lm/W)	POTÊNCIA (W)	TENSÃO (V)	CORRENTE (A)	FATOR DE POTÊNCIA
IN.LUMLED.PUB	Luminárias para ambientes externos	6000 / 12000 18000 / 24000	2700K à 6500K	Branco Quente Branco Branco Frio	120°	120	50 / 100 / 150 200	220	0,35 / 0,70 / 1,05 1,4 / 1,75	0,92
IN.LUMLED.INT	Luminárias para ambientes internos	6000 / 8000 12000 / 18000 24000	2700K à 6500K	Branco Quente Branco Branco Frio	90° / 120°	98 à 125	50 / 64 / 100 128 / 170 / 200	220	0,35 / 0,70 / 1,05 1,4 / 1,75	0,92
IN.LUMLED.HB	Luminárias High Bay	8000 16000 / 24000	2700K à 6500K	Branco Quente Branco Branco Frio	90°	125	64 / 128 192	220	0,70 / 1,4	0,92
IN.LUMLED.PG	Luminárias para Postos de Gasolina	8000 / 12000 16000 / 24000	2700K à 6500K	Branco Quente Branco Branco Frio	90°	88 à 125	64 / 100 128 / 200	220	0,70 / 1,4	0,92

ESTAMOS DESENVOLVENDO NOVAS LUMINÁRIAS E PRODUTOS LED, ENTRE EM CONTATO E SAIBA MAIS!  
FABRICAMOS DRIVER ELETROMAGNÉTICO PARA SUBSTITUIÇÃO DO DRIVER ELETRÔNICO QUEIMADO, CONSULTE NOSSOS VALORES.

(Fonte: Inbrax, 2021).

