



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE SOBRAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

RANIERI DONATO ARAÚJO JUNIOR

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE LUMINÁRIAS
LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE
MASSAPÊ-CE

SOBRAL
2023

RANIERI DONATO ARAÚJO JUNIOR

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE LUMINÁRIAS
LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE
MASSAPÊ-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do
Campus de Sobral da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau
bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Prof^ª. Ma. Nilena Brito Maciel Dias

SOBRAL
2023

RANIERI DONATO ARAÚJO JUNIOR

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE LUMINÁRIAS
LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE
MASSAPÊ-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do
Campus de Sobral da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau
bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em: 14/07/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Ma. Nilena Brito Maciel Dias (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. André dos Santos Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcelo Marques Simões de Souza
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha mãe Ilani Marques.

Ao meu pai Ranieri Araújo (in memoriam).

À minha avó Maria Deusimar (in memoriam).

À minha avó Aila Joana (in memoriam).

Ao meu avô Raimundo Nonato.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força e coragem para me manter nesta jornada.

Ao meu pai Ranieri Donato Araújo, por toda uma vida dedicada à família, a quem devo tudo o que conquistei e por ser a pessoa que sou hoje, não há palavras que expressem a gratidão em ter tido um pai como ele. Obrigado por todo o amor, carinho e ensinamentos dedicados.

À minha mãe Ilani Marques, por todo o incentivo e motivação nos momentos difíceis e por toda a dedicação e esforço pelo meu melhor.

À minha avó Maria Deusimar, por todo amor a mim dedicado e por toda felicidade ao me receber sempre de braços abertos com aquele abraço aconchegante.

Ao meu avô Raimundo Nonato e ao meu tio Evaristo, por todo o apoio, torcida, Às minhas tias Ilaneide e Ilaneyva, e ao meu tio Douglas, por toda a preocupação, conselho, força e por me darem ânimo para continuar com conversas descontraídas.

Aos meus avós, José Americo e Aila Joana, por toda a rectividade e por todo o carinho e amor que dedicaram a mim.

À Prof. Ma. Nilena Dias e aos Prof. Dr. André dos Santos Lima, pelas suas importantes orientações, pela paciência, confiança, otimismo e palavras de incentivo e inspiração. Gratidão por todo o auxílio e ensinamentos que permitiram que eu pudesse estar concluindo este trabalho.

A todos os amigos especialmente, Sthefany Barbosa, Alissandra Vasconcelos e Wesllen Vasconcelos, colegas, professores e todos que fazem parte do curso de Engenharia Elétrica - UFC, que estiveram presentes e fizeram parte de todo esse processo.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

J1a Junior, Ranieri Donato Araújo.
ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLEMENTAÇÃO DE LUMINÁRIAS LED
NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA : ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE MASSAPÊ-CE /
Ranieri Donato Araújo Junior. – 2023.
57 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus
de Sobral, Curso de Engenharia Elétrica, Sobral, 2023.
Orientação: Profa. Ma. Nilena Brito Maciel Dias.

1. LED. 2. Análise econômica. 3. Iluminação pública. I. Título.

CDD 621.3

RESUMO

O presente estudo, desenvolve uma análise de viabilidade econômica da implantação de luminárias LED, em substituição das luminárias de vapor metálico, em trechos do sistema de iluminação pública do município de Massapê – CE. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade econômica da implantação de luminárias LED em trechos do sistema de iluminação pública de Massapê. A metodologia empregada conceitualiza os equipamentos utilizados na iluminação pública afim de compreender o seu funcionamento, analisar as vantagens do LED em relação as lâmpadas de vapor metálico e analisar, através de simulações, a viabilidade econômica da substituição com as ferramentas TIR (Taxa Interna de Retorno) e *payback*. A partir de uma pesquisa de caráter exploratório, com base em fontes primárias e secundárias e abordagem qualitativa e quantitativa, o estudo mostra que a substituição das luminárias gera uma redução de 56,47% da demanda de energia elétrica mensal nas ruas, praças e avenidas analisadas. Levando em consideração o valor que será economizado, incluindo os custos de mão de obra para instalação das luminárias e desconsiderando custos de manutenção, através das simulações de viabilidade econômica com as ferramentas TIR e *payback*, será possível analisar se o projeto será economicamente viável ou não.

Palavras-chave: LED. Análise econômica. Iluminação pública.

ABSTRACT

This study aims to develop a feasibility study for the introduction of LED luminaires, replacing metallic vapor luminaires in part of the public lighting system of the city-state of Masape Che. In this sense, this work has the general objective of identifying the main factors that justify the replacement of current metal halide lamps by LED lamps. Therefore, it is necessary to conceptualize the equipment used in public lighting to understand its operation, analyze the advantages of LEDs in relation to metallic vapor lamps and analyze, through simulations, the economic viability of replacing it with IRR (Internal Rate of Return). tools and refund. Based on exploratory research, based on primary and secondary sources and with a qualitative and quantitative approach, the study shows that the replacement of light fixtures will mean a reduction of 56.47% in the monthly demand for electricity in the streets, squares and avenues analyzed. considering the amount that will be saved and including the costs of labor, thanks to the economic feasibility simulations with the TIR and recovery tools,it will be possible to analyze whether the project will be economically viable or not.

Keywords: LED. Economic analysis. Street lighting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 —	Conceitos luminotécnicos	17
Figura 2 —	Representação da eficiência luminosa (lm/W) de diferentes tipos de lâmpadas	18
Figura 3 —	Temperatura de cor	19
Figura 4 —	Sistema de um circuito de iluminação pública	20
Figura 5 —	Luminária	20
Figura 6 —	Braço de sustentação da luminária	21
Figura 7 —	Relé fotocélula	23
Figura 8 —	Esquema de um reator externo	24
Figura 9 —	Funcionamento de um LED	25
Figura 10 —	Luminária LED COB	27
Figura 11 —	Luminária LED SMD	28
Figura 12 —	Mapa do estado do Ceará	31
Figura 13 —	Praças selecionadas para o levantamento	32
Figura 14 —	Planta baixa da Praça Coronel João Pontes	33
Figura 15 —	Planta baixa da Praça Coronel João Pontes	34
Figura 16 —	Planta baixa da Praça da Fujita	34
Figura 17 —	Planta baixa da praça da Rodagem	35
Figura 18 —	Ruas e avenidas escolhidas para o levantamento	36
Figura 19 —	Planta baixa da Av. Senador Ozires Pontes	36
Figura 20 —	Planta baixa da Av. Major José Paulino	37
Figura 21 —	Planta baixa da Av. do Cruzeiro	38
Figura 22 —	Planta baixa da Rua Balneário da Alvorada	38
Figura 23 —	Luminária LED escolhida	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Comparativo das lâmpadas aplicadas na iluminação pública	26
Tabela 2 — Descrição dos pontos de iluminação pública nas praças analisadas	35
Tabela 3 — Descrição dos pontos de iluminação pública nas avenidas analisadas	39
Tabela 4 — Dados técnicos das lâmpadas a serem retiradas.	39
Tabela 5 — Descrição das luminárias LED	41
Tabela 6 — Demanda de potência ativa das luminárias de vapor metálico	41
Tabela 7 — Demanda de potência ativa das luminárias de LED	42
Tabela 8 — Estimativa do consumo de energia do sistema atual	42
Tabela 9 — Estimativa do consumo de energia do sistema com LED	43
Tabela 10 — Comparativo entre luminárias lâmpada VM e luminárias LED	45
Tabela 11 — Custos para execução	46
Tabela 12 — Orçamento do projeto de substituição das luminárias	47
Tabela 13 — Cálculo da taxa interna de retorno	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIS	Ativo Imobilizado em Serviço
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CD	Candela
COB	Chip on Board (chip integrado na placa)
COFINS	Contribuição pra Financiamento de Seguridade Social
h	Hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias
INBRAEP	Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante
IP	Iluminação Pública
IRC	Índice de Reprodução de Cor
kWh	Quilowatt-hora
LED	Light Emitting Diodo
lm	Lúmen
Lux	Iluminância
m	Metro
MME	Ministério de Minas e Energia
PIS	Programa de Integração Social
PNE	Plano Nacional de Energia
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RMS	Região Metropolitana de Sobral
SENGE-CE	Sindicato dos Engenheiros no Estado do Ceará
SMD	Surface Mounted Device (dispositivos montados em superfície)
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Ceará
TE	Tarifa de Energia
TIR	Taxa Interna de Retorno
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
VM	Vapor Metálico
VPL	Valor Presente Líquido
W	Watts

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Conceitos Luminotécnicos	16
2.1.1	<i>Intensidade Luminosa</i>	17
2.1.2	<i>Fluxo Luminoso</i>	17
2.1.3	<i>Iluminância</i>	17
2.1.4	<i>Luminância</i>	17
2.1.5	<i>Vida útil</i>	18
2.1.6	<i>Eficiência Luminosa</i>	18
2.1.7	<i>Temperatura de cor</i>	18
2.1.8	<i>Índice de reprodução de cor</i>	19
2.2	Componentes do sistema de iluminação pública	19
2.2.1	<i>Luminária</i>	20
2.2.2	<i>Braço de sustentação da luminária</i>	21
2.2.3	<i>Lâmpada</i>	21
2.2.3.1	<i>Lâmpada mista</i>	22
2.2.3.2	<i>Lâmpada de vapor mercúrio</i>	22
2.2.3.3	<i>Lâmpada de vapor sódio</i>	22
2.2.3.4	<i>Lâmpada de vapor metálico</i>	23
2.2.4	<i>Relé fotocélula</i>	23
2.2.5	<i>Reator</i>	23
2.2.6	<i>Suportes</i>	24
2.2.7	<i>Condutores</i>	24
2.3	LEDs na iluminação pública	25
2.3.1	<i>Luminárias LEDs</i>	26
2.3.1.1	<i>Luminária LED COB</i>	27
2.3.1.2	<i>Luminária LED SMD</i>	27
2.3.2	<i>Retrofit</i>	28
2.4	Indicadores de viabilidade econômica	28
2.4.1	<i>Tempo de retorno simples (Payback)</i>	29
2.4.2	<i>Taxa interna de retorno (TIR)</i>	29
3	ESTUDO DE CASO	31
3.1	O município de Massapê	31
3.2	Situação atual	32
3.3	Luminárias LEDs a serem instaladas	40
3.4	Comparativo entre o modelo atual e novas luminárias LEDs	41

4	VIABILIDADE ECONÔMICA	44
4.1	Payback	47
4.2	Taxa interna de retorno (TIR)	47
5	CONCLUSÃO	49
5.1	Trabalhos Futuros	49
	REFERÊNCIAS	50
	ANEXO A — ORÇAMENTO DAS LUMINÁRIAS LED	56

1 INTRODUÇÃO

A iluminação de ruas, regiões periféricas e centros urbanos, tem a importante função de inibir a violência sendo um indicador de desenvolvimento em comunidades de baixa renda, que, no Brasil, convivem com a carência de infraestrutura urbana (FIDALGO, 2007). De acordo com Bertuzzi (2021), a relação entre a iluminação pública e a criminalidade estão diretamente associadas, onde, devido a falta de luminosidade adequada, bairros periféricos em que a iluminação pública é negligenciada, além de apresentarem menor sensação de segurança, apresentam maiores índices de criminalidade se comparados aos bairros periféricos em que possuem melhor iluminação noturna. Tendo como base a opinião dos autores, verifica-se a importância de um serviço de iluminação pública bem planejado e focado em benefícios para a população.

Segundo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (2017), o parque de iluminação pública do Brasil representa cerca de 4,3% do consumo total de energia elétrica do país, comprometendo assim entre 3% e 5% do orçamento dos municípios. Assim, de acordo com Kevin Alix, gerente de desenvolvimento de negócios da empresa ENGIE, é possível gerar uma economia de até 70%, sendo a substituição de lâmpadas de vapor metálico pelos modelos de LED (*Light Emitting Diode*) a principal medida para melhorar a eficiência da iluminação pública, onde, segundo ele, os preços das luminárias LED caíram pela metade nos últimos cinco anos, tornando a tecnologia ainda mais atraente (ENGIE, 2021).

Luminárias com tecnologias à base de vapores metálicos (de mercúrio e de sódio) que utilizam tubos de vidro e gás interno, segundo o BNDES, por mais que apresentem uma baixa eficiência luminosa e energética, baixa vida útil e alto percentual de falhas, ainda são predominantes no parque luminotécnico brasileiro, requerendo assim, manutenção e substituições frequentes. Além disso, contêm materiais tóxicos em sua composição, causando impacto ambiental no descarte (BNDES, 2017).

Sendo assim, tendo como base as lâmpadas utilizadas no modelo atual, a luz LED, apesar do maior custo para implementação, apresenta uma vida útil muito longa, promovendo assim, uma redução da necessidade de manutenção, aumento da economia e preservação do meio ambiente (SILVA, 2012).

Discutir a viabilidade econômica da implantação de luminárias LED no sistema de iluminação pública de Massapê - Ceará justifica-se pelo fato de que, além de um menor consumo, as luminárias de LED apresentam uma maior durabilidade se comparadas às lâmpadas de vapor metálico presentes no sistema

atual (SILVA,2012). Assim, é possível notar que, se viável, a implantação de luminárias LED pode impactar direta ou indiretamente na redução dos custos mensais de iluminação pública, na sustentabilidade e na segurança da cidade. Outras vantagens são a diminuição dos descartes de metais pesados no meio ambiente provenientes da manutenção de lâmpadas de vapor metálico (SILVA, 2012) e da diminuição de áreas escuras devido a melhor eficiência de iluminação. Para tanto, é preciso conceituar os equipamentos utilizados na iluminação pública para compreender o seu funcionamento, identificar quais as vantagens do LED em relação as lâmpadas de vapor metálico e analisar, através de simulações, a viabilidade econômica da substituição com as ferramentas TIR (Taxa Interna de Retorno) e *payback* onde contemplam todas as atividades e custos envolvidos no projeto.

Sendo assim, o presente trabalho tem como problema de pesquisa o estudo da viabilidade econômica da substituição das atuais lâmpadas de vapor metálico presentes no sistema de iluminação pública de Massapê por luminárias LED. E como objetivo geral analisar a viabilidade econômica da implantação de luminárias LED em trechos do sistema de iluminação pública de Massapê. Para alcançar o objetivo geral, os objetivos específicos serão: realizar o levantamento de dados em campo dos pontos de iluminação pública estudados, apresentar estudos das vantagens das luminárias LED em relação as lâmpadas de vapor metálico presentes no local, identificar os principais fatores que justifiquem a a referida situação.

O presente estudo consiste em uma pesquisa de caráter exploratório, que, segundo Gil (2002, p.41):

(...) tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Pode envolver levantamento bibliográfico ou entrevistas com pessoas experientes no problema pesquisado. Geralmente, assume a forma de pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Então, será realizado um levantamento de dados em campo para estimar o consumo de energia elétrica de partes do sistema de iluminação pública do município de Massapê. Essa estimativa permite analisar a viabilidade da implementação de luminárias LED nestes determinados trechos. Sendo os resultados apresentados de forma qualitativa e quantitativa. A planificação da pesquisa inclui, em primeiro lugar, o levantamento de dados secundários, que reúne a revisão de literatura com base em livros, produções acadêmicas e conteúdos publicados por especialistas. Por fim, com o auxílio de ferramentas econômicas, é realizado o estudo de viabilidade para a implementação das luminárias LED.

Com o intuito de analisar e apresentar os resultados propostos, este trabalho foi dividido em cinco capítulos, sendo este o primeiro, a introdução. No capítulo 2

temos o referencial teórico, onde são apresentados os principais conceitos e características necessários para a compreensão da iluminação pública e da tecnologia LED. O capítulo 3 apresenta o estudo de caso de parte do parque de iluminação pública do município de Massapê, onde foram obtidos dados técnicos necessários para analisar a viabilidade econômica da implementação de luminárias LED. No capítulo 4 é realizada a análise de viabilidade econômica do projeto, através da utilização dos indicadores de viabilidade financeira TIR e *payback*. Por fim, o capítulo 5, que é destinado à conclusão do trabalho, onde são apresentadas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados conceitos de diferentes autores sobre a iluminação pública, as tecnologias utilizadas nela e os conceitos das ferramentas econômicas necessárias para o desenvolvimento deste projeto.

De acordo com a regulamentação 1000 da Aneel, a iluminação pública (IP) é um serviço que provê claridade para os logradouros públicos, de forma periódica, contínua ou eventual (BRASIL, 2021). Caracteriza-se pela iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, passagens subterrâneas, jardins, vias, estradas, entre outras áreas públicas e definidas por meio de legislação específica, exceto o fornecimento de energia elétrica que tenha por objetivo qualquer forma de propaganda ou publicidade, ou para realização de atividades que visem a interesses econômicos.

De acordo com Froés (2006), lâmpadas de vapor de sódio e mercúrio passaram a integrar o sistema de IP brasileiro desde 1960 e perdura até os dias atuais. Por serem uma iluminação que precisam de muita manutenção, torna-se necessário uma revitalização do sistema de IP atual.

Com intuito de promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício, foi instituído em 30 de dezembro de 1985, pela Portaria Interministerial nº 1.877, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobras. Esse programa promove a implantação de projetos de iluminação pública que substituam lâmpadas e luminárias por modelos de maior durabilidade, menor consumo de eletricidade e melhor iluminação (PROCEL, 2020).

Por não possuir filamento, o LED produz mais luz visível do que calor comparado a lâmpada incandescente com economia de até 50% da energia em relação às fontes tradicionais (NOVICKI; MARTINEZ, 2008).

Tendo em vista a sua eficiência energética, espera-se que o LED substitua todos os atuais sistemas de IP, trazendo uma redução significativa no consumo de energia elétrica. Assim, o *retrofit*, que consiste em realizar alterações ou reformas nos sistemas consumidores de energia elétrica, nos sistemas de iluminação pública para lâmpadas de LED já é um grande avanço se tratando de conservação dos recursos energéticos (BERNARDES, 2020).

2.1 Conceitos Luminotécnicos

Para a compreensão de quais métricas são necessários para comparação entre as lâmpadas, sob o aspecto de qualidade e quantidade de luz, é preciso

entender os conceitos luminotécnicos e elétricos que serão apresentados a seguir. A figura 1 apresenta ainda, a forma como acontece cada um destes conceitos.

2.1.1 *Intensidade Luminosa*

Expressa em candelas (cd), a intensidade luminosa é a medida do fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto partindo de uma fonte de luz com refletor ou de uma luminária (OSRAM, 2014).

2.1.2 *Fluxo Luminoso*

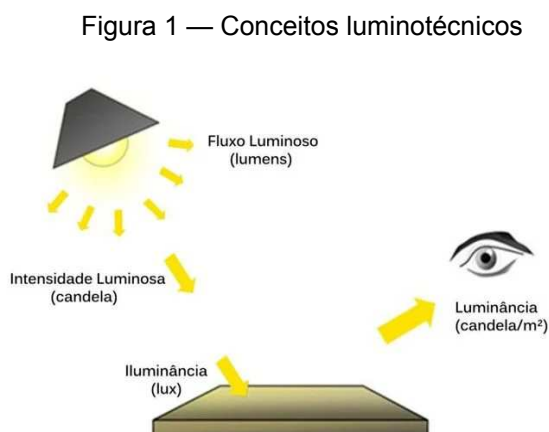
O Fluxo luminoso é a medida da quantidade de energia produzida por uma fonte luminosa em todas as direções. A sua unidade de medida é o lúmen (lm), (PEREIRA, 2001).

2.1.3 *Iluminância*

Iluminância, expressa em lux, é definida pelo fluxo luminoso que incide em uma determinada superfície a uma certa distância da fonte. O lux é dado por lúmen por metro quadrado (lm/m^2) (PEREIRA, 2001).

2.1.4 *Luminância*

Expressa em lux, a iluminância é a intensidade luminosa refletida ou produzida por uma superfície aparente. Sua unidade é candela por metro quadrado (cd/m^2) (PEREIRA, 2001).



Fonte: Grado Iluminação.

2.1.5 *Vida útil*

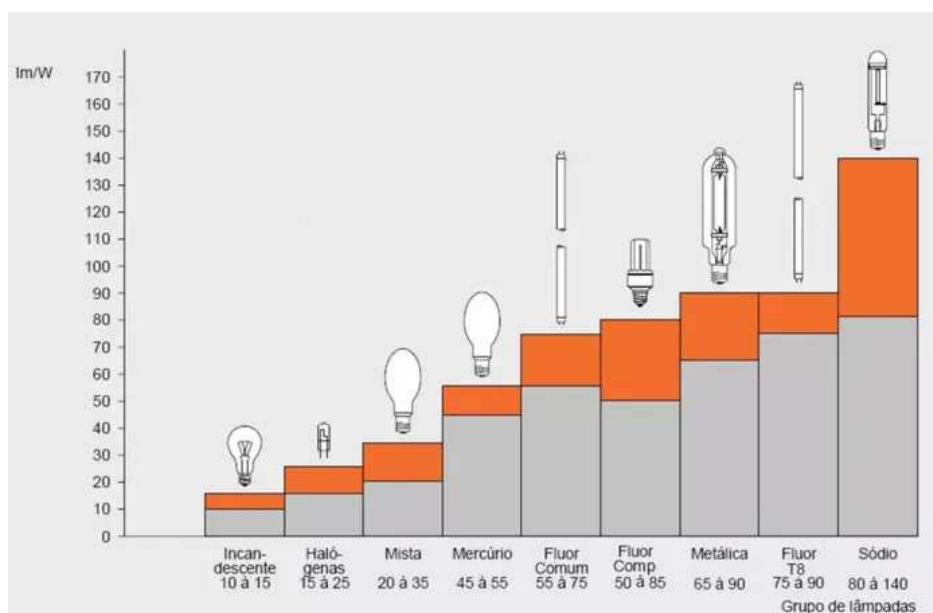
A vida útil de uma lâmpada é definida pelo tempo em horas (h) até a depreciação de um percentual do seu fluxo luminoso. A depreciação varia de 10% a 30%, indo até o momento em que a lâmpada atinge cerca de 70% da quantidade de luz emitida no seu valor inicial (ROSITO, 2009).

Sendo assim, quanto maior for o a vida útil de uma lâmpada, menor a necessidade de manutenção e menor o gasto com a aquisição de novas lâmpadas.

2.1.6 *Eficiência Luminosa*

Quanto mais eficiente uma lâmpada é, menor será o seu consumo de potência em watts. Logo, a eficiência luminosa é dada pelo quociente do fluxo luminoso (lm) pela potência consumida em watts (W) (KRUGER, 2016). Na figura 2 observam-se a eficiência luminosa dos diferentes tipos de lâmpadas.

Figura 2 — Representação da eficiência luminosa (lm/W) de diferentes tipos de lâmpadas



Fonte: Pro Inova (2019).

Dada a figura 2, observa-se que a lâmpada mais eficiente seria a de sódio, o que em termos de consumo ela seria a mais viável.

2.1.7 *Temperatura de cor*

A temperatura de cor indica a cor que aparente da fonte luminosa, fazendo com que a lâmpada tenha uma tonalidade mais alaranjada, remetendo a uma

temperatura mais quente, ou uma tonalidade mais azulada, remetendo a uma temperatura mais fria, sendo ela quantificada em graus Kelvin, figura 3 (KRUGER, 2016).

Figura 3 — Temperatura de cor



Fonte: Plug Design (2019).

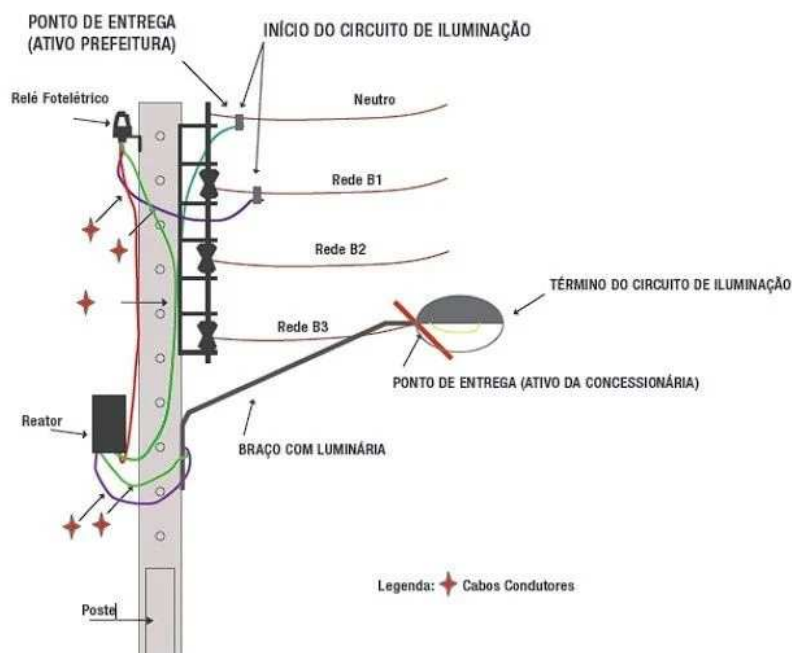
2.1.8 *Índice de reprodução de cor*

O Índice de Reprodução de Cor (IRC) representa a qualidade na qual as cores serão reproduzidas por uma fonte luminosa independentemente da temperatura de cor da fonte, sendo quantificado em porcentagem onde uma fonte luminosa com IRC de 100% apresenta as cores com a máxima fidelidade e precisão do real (COPEL, 2012).

2.2 Componentes do sistema de iluminação pública

O sistema de iluminação pública atual, considerado como Ativo Imobilizado em Serviço (AIS), segundo o Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal (CEPAM) é de responsabilidade dos municípios, sendo caracterizado por um conjunto de equipamentos responsáveis por constituir uma fonte luminosa, como pode ser observado pela figura 4. Neste caso, esses são luminárias, lâmpadas, relés fotocélulas, reatores, braço de sustentação da luminária, suportes e condutores (CEPAM, 2013).

Figura 4 — Sistema de um circuito de iluminação pública



Fonte: CEPAM - Fundação Prefeito F. Lima (2013).

A seguir, será relatada a função de cada um dos equipamentos.

2.2.1 *Luminária*

As luminárias, figura 5, são equipamentos destinados a proteger a lâmpada em seu interior contra variações climáticas e a conexão elétrica entre as lâmpadas e a rede. Possuem diversos modelos de luminárias, podendo ela ser, aberta ou fechada, espelhada ou não. Esses últimos fatores influenciam a compra das luminárias para iluminação pública, uma vez que eles interferem no seu desempenho (AGUERA, 2015).

Figura 5 — Luminária



Fonte: SPPOSTES.

2.2.2 Braço de sustentação da luminária

O braço de sustentação de uma luminária tem a função de sustentá-la na altura e posição desejada, servindo ainda como um eletroduto para a condutores. Pode ser encontrado em diversos comprimentos e inclinações (AGUERA, 2015). Na figura 6 é apresentado um modelo de braço de sustentação da luminária.

Figura 6 — Braço de sustentação da luminária



Fonte: RJ MONTAGENS ELETROTÉCNICA LTDA.

2.2.3 Lâmpada

No contexto de iluminação, as lâmpadas possuem a principal função, a de iluminar. As lâmpadas podem possuir potências diversas, podendo ser, incandescentes, de vapor sódio, vapor metálico, mercúrio ou mista, de formatos tubular ou ovoide. Elas ainda podem variar de acordo com as suas especificações, em fluxo luminoso, vida útil, eficiência e temperatura de cor (AGUERA, 2015).

Na iluminação pública, as lâmpadas se dividem em incandescentes e de descarga, sendo diferenciadas pelo fenômeno físico que produz o fluxo luminoso. As lâmpadas incandescentes marcaram o início da IP no Brasil, com baixo rendimento, cerca de 17 lm/W, porém foram substituídas por novas tecnologias, apesar de possuírem IRC de 100. Já as de descarga podem ser classificadas como, incandescentes de baixa pressão ou lâmpadas de descarga de alta intensidade (HID – *high intensity discharge*) (BRASIL et al., 2011).

As lâmpadas de descarga de alta intensidade são constituídas por um bulbo de vidro contendo em seu interior dois eletrodos e gases inertes, elementos de terras raras e vapores de metal, para produzir uma descarga em arco, agitando os vapores e gerando assim uma fonte luminosa. Os tubos delas são de quartzo nas

lâmpadas mistas, vapor de mercúrio e vapor metálico. Nas lâmpadas de vapor sódio, que contém vapor de mercúrio ou mercúrio metálico em alta pressão o tubo é de descarga de óxido de alumínio (POLANCO, 2007).

2.2.3.1 *Lâmpada mista*

São lâmpadas que possuem filamento incandescente, mas possuem o vapor de mercúrio em sua estrutura. Foram desenvolvidas como alternativa para substituição de lâmpadas incandescentes, uma vez que não precisam de reatores para o seu funcionamento. Apesar de possuírem melhor rendimento do que as lâmpadas incandescentes, por volta de 25 lm/W, são inferiores às lâmpadas de vapor de mercúrio e possuem IRC de 61 a 63 (BRASIL et al., 2011).

2.2.3.2 *Lâmpada de vapor mercúrio*

Apesar de ser bastante utilizada para iluminação das vias públicas de baixo tráfego, a lâmpada de vapor mercúrio vem sendo substituída por lâmpadas mais eficientes. Uma desvantagem deste tipo de lâmpada é o seu baixo IRC, onde na escala de 0 a 100, corresponde a 55, proporcionando uma pior reprodução de cores nos ambientes que ela ilumina. (NOVICKI; MARTINEZ, 2008).

As lâmpadas de vapor mercúrio dependem de reatores para o seu funcionamento, que se baseia na produção de luz através da corrente elétrica que provoca a excitação de gases em um tubo. Apresentam eficiência de até 55 lm/W, possuem alta depreciação de seu fluxo luminoso e vida útil de até 15.000 horas, sendo consideradas pouco eficientes (ROSITO, 2009).

2.2.3.3 *Lâmpada de vapor sódio*

Apesar do funcionamento semelhante a lâmpada de vapor de mercúrio, a lâmpada a vapor sódio necessita do reator e um ignitor, que tem a função de promover a partida da lâmpada que normalmente já vem embutido nos reatores próprios para este tipo de lâmpada. A principal desvantagem desse tipo de lâmpada é o seu IRC, em torno de 25%, que, por emitir uma luz amarelada, pode causar desconforto visual. No entanto, as lâmpadas de vapor de sódio possuem uma eficiência alta, podendo chegar a 140 lm/W, dependendo da potência e da qualidade de sua fabricação. A vantagem principal que a torna uma lâmpada bastante utilizada na iluminação pública é sua vida útil, indo de 16.000 a 32.000 horas (ROSITO, 2009).

2.2.3.4 Lâmpada de vapor metálico

Assim como as lâmpadas anteriores, a lâmpada de vapor metálico funciona com a passagem de corrente elétrica através de um tubo de descarga. Essas lâmpadas possuem mercúrio sob alta pressão combinado a iodeto de potássio. São lâmpadas bastante utilizadas na iluminação pública devido ao seu IRC > 65, onde a luz emitida é de cor branco-natural. Ainda possuem uma alta eficiência luminosa, por volta de 90 lm/W, e um tempo de vida útil reduzido, de cerca de 15.000 horas (BRASIL et al., 2011).

2.2.4 Relé fotocélula

O relé fotocélula tem a finalidade de acionar lâmpadas ao anoitecer e desligá-las ao amanhecer, sendo amplamente utilizadas no sistema de iluminação pública (BORGES, 2015). Na figura 7 é apresentado um modelo de relé.

Figura 7 — Relé fotocélula



Fonte: Eletrosul.

2.2.5 Reator

O Reator é um equipamento limitador da corrente na lâmpada para garantir que suas características elétricas de funcionamento sejam respeitadas, garantindo assim o correto funcionamento da lâmpada. Esse componente é fundamental para garantia da vida útil sugerida pelo fabricante da lâmpada. Eles podem ser do tipo interno ou externo e variam de acordo com a potência da lâmpada. Por ser necessário um capacitor e ignitor, alguns modelos já embutem componentes (DEMAPE, 2015).

Na figura 8, é possível ver o esquema de como ocorre a ligação do reator nos demais equipamento.

Figura 8 — Esquema de um reator externo



Fonte: Judy Materiais Elétricos .

Os reatores eletromagnéticos, de acordo com Castro (2012), utilizam normalmente ligas de FeSi como material ferromagnético no núcleo, apesar de ter um bom desempenho, este material apresenta várias perdas, podendo chegar a 10% da lâmpada. Com isso, para a alimentação do conjunto lâmpada reator seria necessário um aumento de 10% na potência necessária para o seu devido funcionamento. (CASTRO, 2012)

2.2.6 **Suportes**

Suportes são todos os componentes necessários para que os componentes anteriores sejam instalados e fixados corretamente, sendo eles, base para o relé fotocélula, parafusos, porcas, arruelas de pressão para fixação no poste, abraçadeiras para fixação do braço de sustentação, terminal de pressão para fixar os condutores, paredes ou marquises (AGUERA, 2015).

2.2.7 **Condutores**

Os condutores são os principais componentes dos fios e cabos elétricos responsáveis por alimentar o circuito de IP. É preciso que o condutor tenha a menor resistência possível garantindo assim, uma baixa queda de tensão ao longo do seu comprimento (KU CHIN HSIN; IMAI, 2014).

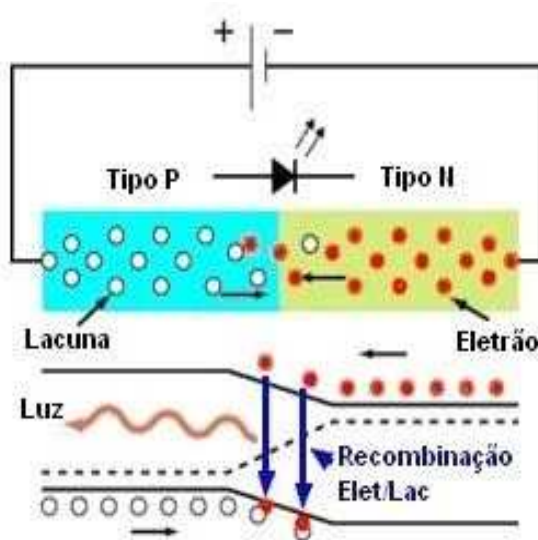
2.3 LEDs na iluminação pública

O LED é um dispositivo eletrônico semiconductor que, ao ser polarizado, através de uma recombinação de lacunas e elétrons, faz com que a energia armazenada pelos elétrons se disperse em forma de calor ou luz. Por não possuir filamento como nas lâmpadas convencionais, o LED não tem desperdício de energia elétrica através da dissipação de calor que o filamento gera, tornando possível um aumento da luz visível e gerando uma economia de energia de até 50% se comparada às fontes convencionais (NOVICKI; MARTINEZ, 2008).

A polarização do LED é uma junção p-n de um semiconductor, onde ao receber uma carga, se tornam levemente carregados positivamente, quando há ausência de elétrons, ou levemente carregados positivamente, quando há elétrons livres. Assim, a junção p-n se dá através da junção de dois tipos de materiais, um com lacunas (positivo) e outro com elétrons (negativo) sendo necessária uma energia polarizada externa para a combinação de elétrons e lacunas liberarem fótons e produzirem uma luz monocromática (LOPES, 2014).

Na figura 9 é possível ver como ocorre o funcionamento interno do LED, onde é demonstrada a junção p-n e como acontece a recombinação de lacunas e elétrons.

Figura 9 — Funcionamento de um LED



Fonte: Eletrônica Pt .

Na iluminação, os LED que mais são utilizados são os de cor branca, denominados por PC-LEDs (*Phosphor converted LEDs*), que podem ser de alto brilho ou de alta potência. Os de alto brilho, HB-LEDs (*High Brightness LEDs*), operam em baixa potência com correntes nominais em torno de 20 mA, já os de alta

potência, (*High Power LEDs*), operam com correntes nominais entre 300 mA até 1,5 A, possuindo assim um maior fluxo luminoso e melhor eficiência luminosa (RODRIGUES et al, 2011).

Ainda, segundo Laubsch (2010), as luminárias LEDs possuem uma longa vida útil, excelente resistência mecânica, alto índice de reprodução de cores, possibilidade de controle de sua intensidade luminosa (dimerização) e capacidade de emissão de luz branca, viabilizando a utilização desses dispositivos para a iluminação pública.

Tabela 1 — Comparativo das lâmpadas aplicadas na iluminação pública

Tipo de lâmpada	Eficiência luminosa (lm/W)	Índice de reprodução de cor (IRC)	Vida útil da lâmpada (h)
Vapor de sódio de alta pressão (HPS)	80 - 150	24	15.000 - 24.000
Vapor metálico	70 - 130	96	8.000 - 12.000
Vapor de mercúrio	35 - 65	40	10.000 - 15.000
LEDs	70 - 160	70 - 90+	25.000 - 50.000

Fonte: Adaptado de MME - Ministério de Minas e Energia (2018).

Na tabela 1 é possível ver um comparativo, realizado pelo MME, das lâmpadas que são aplicadas no sistema de iluminação pública atual. Nota-se que as lâmpadas tipo LED se destacam em todos os parâmetros analisados, com maior destaque para sua vida útil, que é superior as demais.

2.3.1 Luminárias LEDs

Em relação as demais lâmpadas presentes no mercado, as luminárias LED, que de acordo com Nivicki; Martinez (2008), são compostas por quatro equipamentos, sendo eles: LED, fonte de alimentação, lentes e dissipador de calor. Vale salientar ainda, que diferente de algumas lâmpadas convencionais, os LED não necessitam de reator, uma vez que eles possuem um *driver*.

Sendo assim, a função de cada um dos equipamentos de uma luminária LED será:

1. LEDs – Responsável pela emissão de fluxo luminoso. (COPEL, 2012);
2. *Driver* – Sistema que alimenta os LEDs, sendo um circuito eletrônico chaveado em alta frequência (ALMEIDA, 2013). Funciona como um conversor de energia, transformando a tensão alternada, que vem da rede, em tensão contínua garantindo assim a proteção da luminária ao entregar uma corrente

sem picos (BRLUX, 2021).;

3. Lente – Utilizada para que haja um melhor controle da iluminação, possibilitando assim um direcionamento do fluxo luminoso e uma melhor distribuição do feixe de luz (NOVICKI; MARTINEZ, 2008);

4. Dissipador de calor – Necessário para uma melhor transferência de calor entre o LED e o ambiente preservando assim as características luminosas dos LEDs e ampliando sua vida útil (NOVICKI; MARTINEZ, 2008).

Na iluminação pública são utilizados dois modelos de luminárias LED, podendo ser SMD (do inglês *Surface Mounted Device*, dispositivos montados em superfície) ou COB (*Chip on Board*, chip integrado na placa).

2.3.1.1 Luminária LED COB

Sendo a tecnologia mais recente, de acordo com a Qluz (2021), essa luminária é, figura 10, composta por chip LEDs agregados em módulos únicos. Assim, o seu formato em uma única peça luminosa emite um fluxo luminoso em uma determinada área, sendo mais indicado para iluminação de destaque. O COB é multidirecional, provendo uma iluminação uniforme, porém com um ângulo de abertura de 160 graus. Sua principal vantagem é a sua melhor gestão para flutuações elétricas e boa resistência para altas temperaturas e vibração.

Figura 10 — Luminária LED COB



Fonte: Techluxx do Brasil.

2.3.1.2 Luminária LED SMD

O LED SMD, diferente do LED convencional, é fabricado para montagem em

superfície, em que o diodo é montado e soldado sobre uma placa de circuito com alta densidade de componentes (FERREIRA, 2014).

A principal diferença do SMD é a sua maior abrangência de distribuição de luz, já que se trata de um conjunto de LEDs associados em uma placa de circuito integrado, o que possibilita uma maior durabilidade. Diferentemente do COB, o SMD apresenta um ângulo de abertura de 360°, sendo assim capaz de emitir um fluxo luminoso omnidirecional (QLUZ, 2021).

Figura 11 — Luminária LED SMD



Fonte: TecnoLED.

2.3.2 *Retrofit*

O *retrofit*, segundo Rodrigues (2017) é uma técnica de revitalização, que na iluminação reduz o consumo através da substituição de componentes tecnologicamente obsoletos por outros mais recentes e eficientes. A provação de um *retrofit* se dá pela análise da tecnologia existente, os benefícios acarretados pelos novos equipamentos a serem utilizados e a viabilidade econômica fornecida nesta substituição.

Apesar da eficiência energética na iluminação pública ir além de simplesmente substituir lâmpadas convencionais por luminárias LED, o *retrofit* nos sistemas de IP já representa um grande avanço para a conservação de recursos energéticos.

2.4 Indicadores de viabilidade econômica

Os indicadores de viabilidade financeira são ferramentas a serem utilizadas por investidores para facilitar a tomada de decisão em investimento, sendo possível ponderar seus riscos e benefícios.

2.4.1 *Tempo de retorno simples (Payback)*

O tempo de retorno simples (*Payback*) corresponde ao período de tempo necessário para se recupere totalmente o investimento realizado. Para calcular este indicador é preciso determinar o valor do investimento inicial e a economia anual relativa ao investimento (SAMANEZ, 2002).

O valor do investimento inicial será a quantia a ser investida no projeto, já a economia anual do projeto será a diferença entre os valores de entrada e saída durante o período do investimento. Assim, é preciso subtrair os custos e despesas geradas, que nos permitirá possuir um fluxo de caixa líquido. O tempo de retorno será o período necessário para que o fluxo de caixa líquido atinja o custo investido inicialmente. Desta forma, o *payback* é calculado de acordo com a equação (1):

$$Payback = \frac{InvestimentoInicial}{FluxodeCaixaLíquidoAnual} (anos) \quad (1)$$

Onde:

Investimento Inicial = Valor investido no projeto (R\$);

Fluxo de Caixa Líquido Anual = Economia gerada pelo projeto no período de 1 ano (R\$/ano).

2.4.2 *Taxa interna de retorno (TIR)*

A taxa interna de retorno (TIR) é uma medida de rentabilidade para análise sw investimento, dada pela taxa de desconto, expressa em percentual. Essa aponta se um projeto de investimento terá lucro ou prejuízo em um determinado período (SAMANEZ, 2002).

O cálculo da TIR é dada pela da obtenção da taxa de desconto que iguala o valor presente dos fluxos de caixas futuros ao investimento inicial. A fórmula se dará da seguinte forma:

$$\sum_{T=0}^N \frac{FC_T}{(1 + TIR)} - InvestimentoInicial = 0 \quad (2)$$

Onde:

Σ = Somatório de todos os fluxos de caixas futuros;

FC_T = Fluxo de caixa gerado no período T;

TIR = Taxa interna de retorno (%);

Investimento Inicial = Valor investido no projeto (R\$).

Apesar do cálculo da TIR se dar pela equação acima, onde são utilizadas técnicas matemáticas de aproximação, atualmente muitas ferramentas de softwares e planilhas eletrônicas possuem funções próprias para realizar o cálculo da TIR a partir dos valores inseridos.

A TIR será considerada vantajosa, o que indica um investimento rentável, caso ela seja maior que o custo de capital. Esse último se trata do custo de financiamento do investimento, que inclui o custo de empréstimos e custo de oportunidade de investir em alternativas semelhantes (TOTVS, 2021).

3 ESTUDO DE CASO

Foi desenvolvido um estudo de caso com a finalidade de eficiência luminotécnica da IP do município de Massapê - CE. Tal estudo envolve a substituição das luminárias convencionais por luminárias LEDs em avenidas e praças, respeitando às características do traçado urbano, valorizando a cultura e a imagem noturna da cidade. Para isso, foi realizado um levantamento de cargas e tipos de lâmpadas dos pontos de IP, considerando que a substituição ocorrerá na condição de *retrofit*, mantendo as propriedades presentes na instalação atual.

3.1 O município de Massapê

Localizado no estado do Ceará, Massapê pertence à Região Metropolitana de Sobral (RMS). De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), uma população estimada de 39.341 habitantes em seus 567.780km². Na figura a seguir, podemos ver através de marcação em vermelho, onde o município encontra-se situado no estado.

Figura 12 — Mapa do estado do Ceará



Fonte: Abreu (2006).

O sistema de iluminação pública do município de Massapê, possui um parque estimado em 3157 pontos, em sua grande maioria lâmpadas de vapor sódio,

totalizando 2847 lâmpadas deste tipo onde 2527 destas são lâmpadas de 70W (Prefeitura de Massapê, 2021). Considerando-se que as lâmpadas presentes no mercado são mais eficientes, pode-se afirmar que a IP da cidade encontra-se defasada.

3.2 Situação atual

Para o estudo de caso, foram selecionadas as principais praças e avenidas com um maior fluxo de pessoas e que possa gerar um maior impacto social e visual no município.

Ao todo foram selecionadas quatro praças e uma rua e quatro canteiros centrais das principais avenidas da cidade. Em cada uma delas realizou-se uma visita para o levantamento de dados em que foram mapeadas a quantidade de pontos luminosos, quantidade de luminárias presentes, potências e tipos de lâmpadas.

Na figura 13 encontram-se marcadas no mapa do município de Massapê as quatro praças selecionadas para a realização de levantamento e substituição das luminárias.

Figura 13 — Praças selecionadas para o levantamento

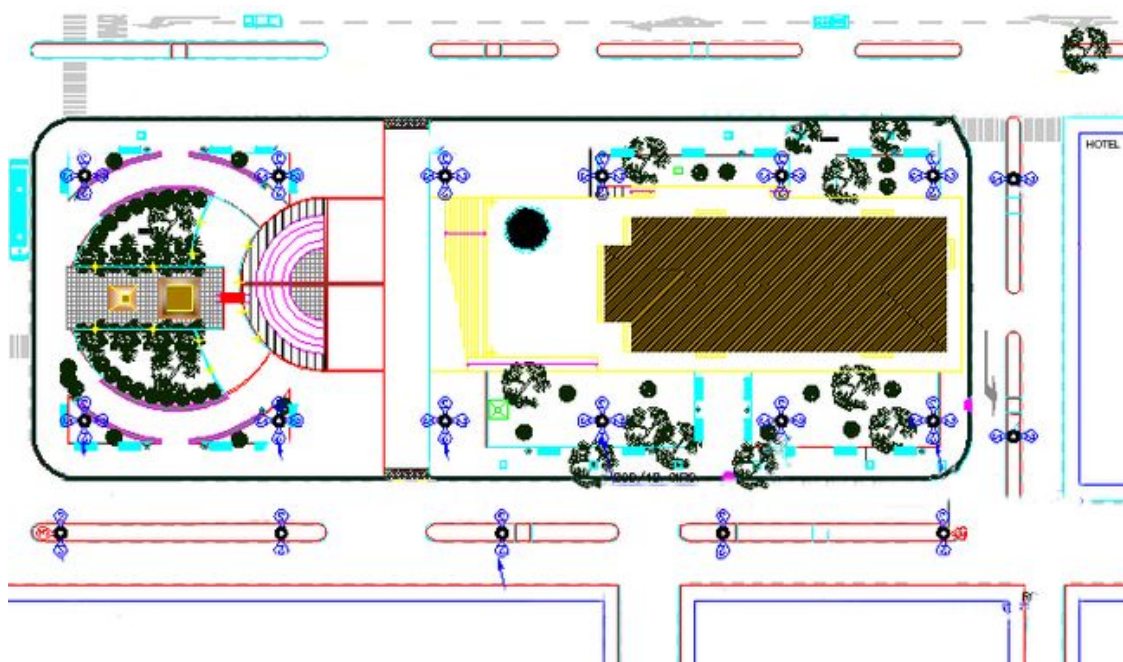


Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (2013).

Nesta figura, foram utilizados marcadores de diferentes cores para cada praça. No marcador azul, encontra-se a praça Coronel João Gomes, onde está localizada a igreja matriz do município, no marcador amarelo a praça Francisca Terezinha Florêncio, no marcador laranja a praça da Fujita e no marcador verde a

praça da Rodagem.

Figura 14 — Planta baixa da Praça Coronel João Pontes

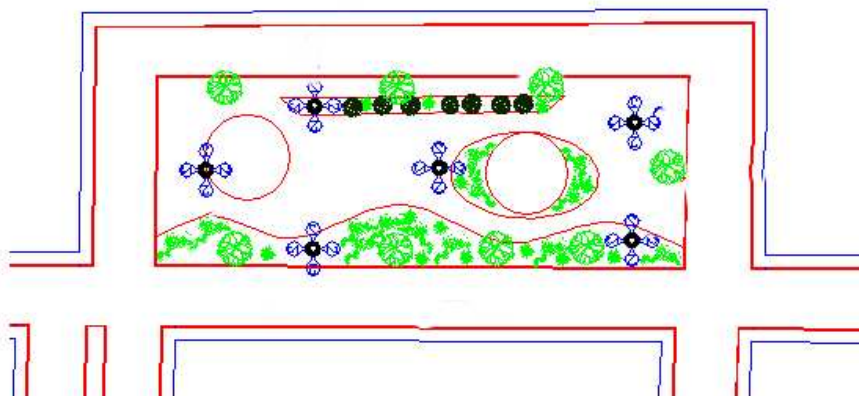


Fonte: O autor (2023).

A planta da Praça Coronel João Pontes está apresentada na figura 14. Nesta, temos a disposição dos pontos de iluminação, bem como nas demais, pelos círculos na cor azul. Além dos pontos de iluminação presentes na praça também foram contabilizados os pontos dos canteiros centrais do seu entorno, ao todo, a praça, incluindo os canteiros laterais, conta com 62 luminárias com lâmpadas de vapor metálico de 250W. Todos os dados levantados podem ser observados na tabela 2.

A planta baixa da praça Francisca Terezinha Florêncio, está apresentada na figura 15.

Figura 15 — Planta baixa da Praça Coronel João Pontes

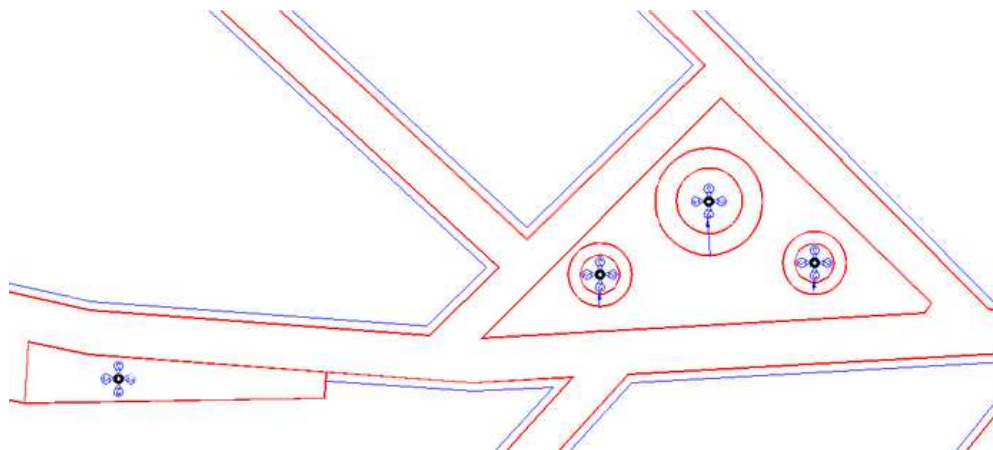


Fonte: O autor (2023).

Nessa praça foram contabilizados seis postes, cada um com quatro luminárias, um total vinte e quatro luminárias com lâmpadas de vapor metálico de 250 W.

Na figura 16 temos a planta baixa da praça da Fujita.

Figura 16 — Planta baixa da Praça da Fujita

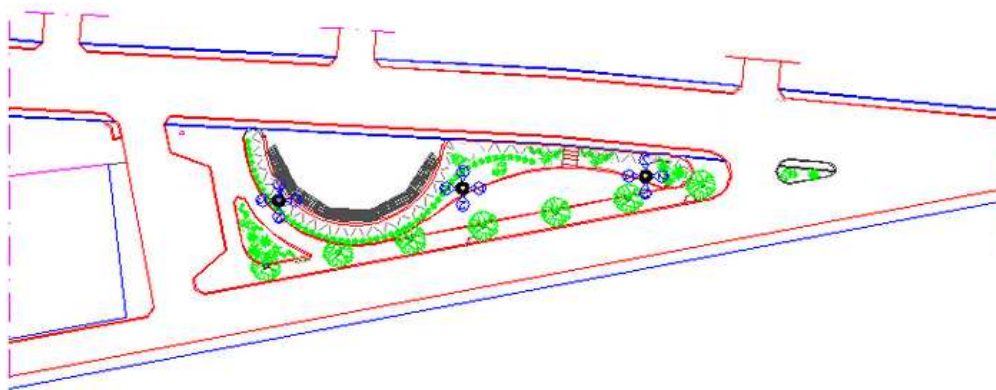


Fonte: O autor (2023).

Nessa praça foi contabilizado um pequeno canteiro lateral. Ao todo são quatro postes cada um com quatro luminárias com lâmpadas de vapor metálico de 250 W, totalizando dezesseis lâmpadas.

Por fim, temos na figura 17 a praça da Rodagem.

Figura 17 — Planta baixa da praça da Rodagem



Fonte: O autor (2023).

Como podemos observar pela planta baixa acima, a praça da rodagem possui três postes, cada um com quatro luminárias com lâmpadas de vapor metálico de 250 W, um total de doze lâmpadas. Todos os dados levantados podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2 — Descrição dos pontos de iluminação pública nas praças analisadas

Praça	Tipo de lâmpada	Fabricante	Potência nominal (W)	Perdas no reator (W)	Fluxo luminoso (lm)	Quantidade
Praça Coronel João Pontes	Vapor Metálico	Demape	250	23	20.000	62
Praça Francisca Terezinha Florêncio	Vapor Metálico	Demape	250	23	20.000	24
Praça da Fujita	Vapor Metálico	Demape	250	23	20.000	16
Praça da Rodagem	Vapor Metálico	Demape	250	23	20.000	12
					Total de luminárias	114

Fonte: O autor (2023).

Foi também destacado no mapa do município uma rua e quatro as avenidas para o levantamento e substituição das luminárias. Vale salientar que, nessas avenidas, foram consideradas apenas as luminárias dos canteiros centrais. Através

da figura a seguir, é possível observar a localização das avenidas, essas identificadas no mapa por cores distintas.

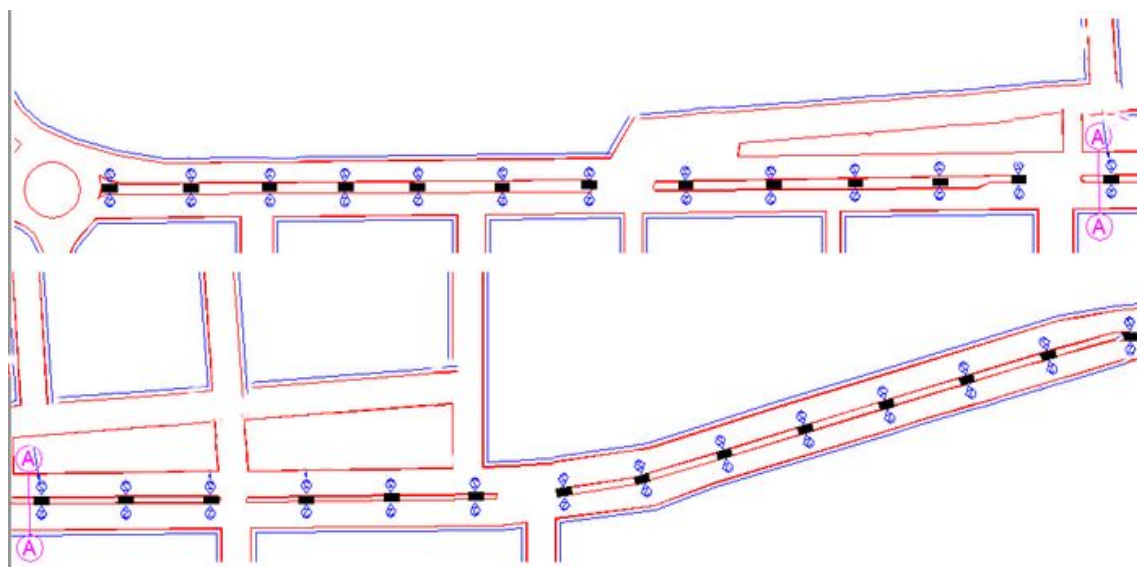
Figura 18 — Ruas e avenidas escolhidas para o levantamento



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro (2013).

A avenida Senador Ozires Pontes, representada em vermelho da figura 18, apresenta um grande fluxo de veículos, pois situa-se na região central da cidade. É possível observar como os pontos luminosos distribuem-se nessa através da figura 19.

Figura 19 — Planta baixa da Av. Senador Ozires Pontes

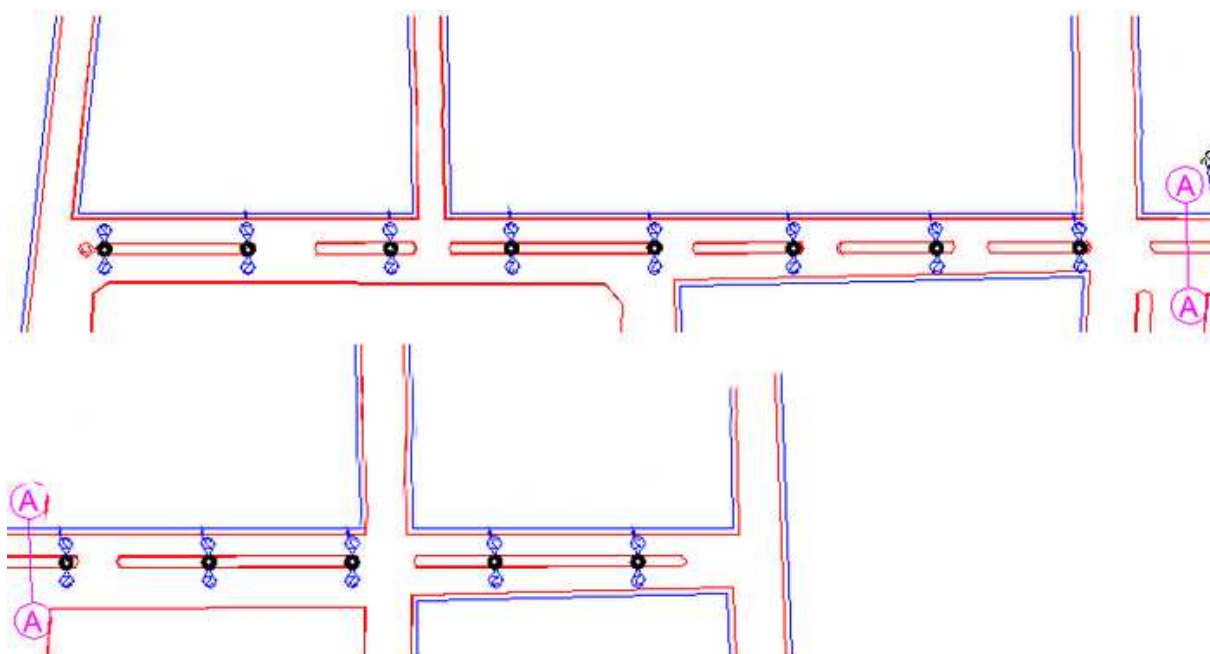


Fonte: O autor (2023).

Em toda extensão de seu canteiro central, a avenida conta com vinte e seis postes, cada um com duas luminárias contendo uma lâmpada de vapor metálico de 250 W, totalizando cinquenta e duas luminárias.

Já para a avenida Major José Paulino, representada em laranja na figura 18 e cuja planta está disposta na figura 20, temos em seu canteiro central conta com treze postes, sendo doze deles com duas luminárias e lâmpadas de 250 W. O poste restante possui três luminárias, também com lâmpadas de 250 W, totalizando vinte e sete luminárias.

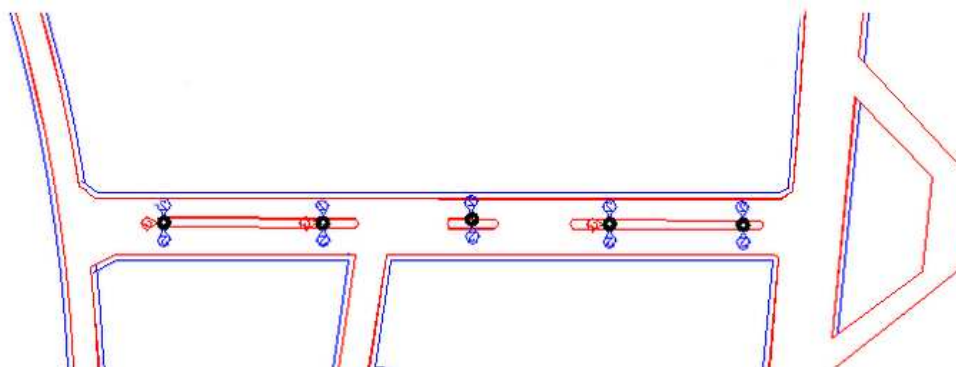
Figura 20 — Planta baixa da Av. Major José Paulino



Fonte: O autor (2023).

A Av. do Cruzeiro, representada em azul da figura 18, dá acesso ao hospital do município. O canteiro central desta avenida conta com cinco postes onde três deles possuem três luminárias contendo lâmpadas de 250 W e duas possuindo duas luminárias com lâmpadas também de 250 W. Sua distribuição pode ser melhor observada através da sua planta na figura 21.

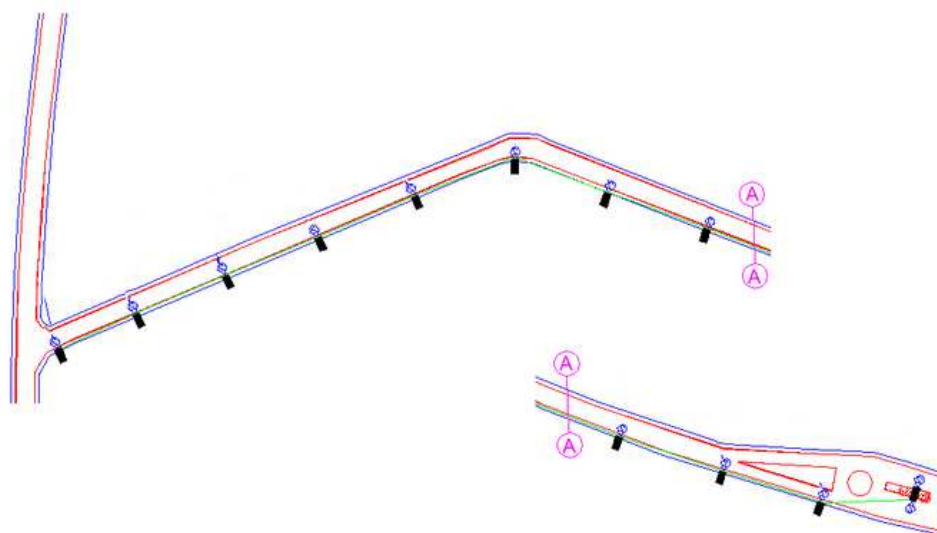
Figura 21 — Planta baixa da Av. do Cruzeiro



Fonte: O autor (2023).

A Rua Balneário da Alvorada, representada pelo trecho em amarelo da figura 18, foi escolhida devido ao seu grande fluxo de pessoas com finalidade esportiva, caminhada ou corrida, durante o fim da tarde e à noite. Ao todo, a rua conta com doze postes onde onze deles possuem uma única luminária com uma lâmpada de 400 w e um posta com quatro luminárias com lâmpadas de 400 W, totalizando quinze luminárias. A distribuição da rua pode ser melhor observada através da sua planta na figura 22.

Figura 22 — Planta baixa da Rua Balneário da Alvorada



Fonte: O autor (2023).

Por último, temos o canteiro da Av. Manoel Bezerra, representada pelo trecho em verde da figura 18, que possui onze postes, cada um com duas luminárias com lâmpadas de 250 W, totalizando vinte e duas luminárias.

Os dados consolidados das Ruas e Avenidas podem ser observados na

tabela 3.

Tabela 3 — Descrição dos pontos de iluminação pública nas avenidas analisadas

Avenidas	Tipo de lâmpada	Fabricante	Potência nominal (W)	Perdas no reator (W)	Fluxo luminoso (lm)	Quantidade
Av. Senador Ozires Pontes	Vapor Metálico	Demape	250	23	20.000	52
Av. Major José Paulino	Vapor Metálico	Demape	250	23	20.000	27
Av. do Cruzeiro	Vapor Metálico	Demape	400	29	35.000	13
Rua Balneário Alvorada	Vapor Metálico	Demape	400	29	35.000	15
Av. Alto da Boa Vista	Vapor Metálico	Demape	250	23	20.000	22
					Total de luminárias	102

Fonte: O autor.

Para fins de comparação, temos ainda, na tabela 4, informações técnicas retiradas das especificações das lâmpadas de vapor metálico presentes nos trechos escolhidos para o levantamento.

Tabela 4 — Dados técnicos das lâmpadas a serem retiradas.

Lâmpadas Vapor Metálico	250W	400W
Temperatura de cor	5.000 K	5.000 K
Fluxo luminoso total	20.000 lm	35.000 lm
Eficiência luminosa	80 lm/W	86 lm/W
Índice de Reprodução de Cor	65	65
Vida Útil	15.000 horas	15.000 horas

Fonte: Adaptado de Demape.

Como podemos observar nas tabelas 3 e 4, as lâmpadas presentes no atual são apenas de potências de 250 W e 400 W, onde as lâmpadas de 250 W correspondem a 86% das lâmpadas presentes nos trechos levantados enquanto que

as de 400 W correspondem a apenas 14%.

3.3 Luminárias LEDs a serem instaladas

Foi definida para substituição das lâmpadas de vapor metálico as luminárias LED SMD, por possuírem uma maior abrangência de luz e durabilidade.

Uma vez definido o modelo de luminária, foi necessário encontrar fornecedores a fim de obter-se orçamentos e definir-se modelos de luminárias que melhor se adequem ao problema e às especificações da tabela 4.

Assim, foi escolhida, da empresa LED's do Brasil, luminárias LED SMD da marca Gaya de 50 W, 100 W, 150 W e 200 W.

Figura 23 — Luminária LED escolhida



Fonte: O autor (2023).

Uma vez que, a maioria das luminárias presentes no atual sistema de iluminação pública são do tipo aberta, modelo no qual, segundo Rosito (2009), está obsoleto, possuindo um rendimento luminotécnico entre 45% e 55%, optou-se por adotar, para a escolha das luminárias LED, uma perda do fluxo luminoso total entre 45% e 55%.

Assim, para a substituição das luminárias com lâmpadas de 250 W e 400 W foram escolhidas as luminárias LED's de 100 W e 200 W. As informações técnicas das luminárias escolhidas para a substituição podem ser observadas na tabela a seguir.

Tabela 5 — Descrição das luminárias LED

Luminárias LED	100W	200W
Fluxo luminoso	9.000 lm	20.000 lm
Eficiência	90 lm/W	100 lm/W
Vida útil	25.000 horas	25.000 horas
Equivalência	250W	400W
Preço unitário	R\$ 305,00	R\$ 448,00

Fonte: Adaptado de AtacadãoLED.

3.4 Comparativo entre o modelo atual e novas luminárias LEDs

Este tópico tem como finalidade fazer um comparativo entre a demanda e o consumo de energia elétrica antes e depois das luminárias de vapor metálico das praças, ruas e avenidas a serem substituídas por luminárias LED, afim de que seja comprovada a real economia que justificará a substituição. Para isto, temos na tabela a seguir a demanda de potência presente no modelo atual.

Tabela 6 — Demanda de potência ativa das luminárias de vapor metálico

	Tipo de lâmpada	Quantidade	Potência nominal (W)	Perdas no reator (W)	Potência + Perdas no reator (W)	Potência total (W)
Praças	Vapor Metálico	114	250	23	273	31.122
Ruas e Avenidas	Vapor Metálico	74	250	23	273	20.202
Ruas e Avenidas	Vapor Metálico	28	400	29	429	12.012
					Carga instalada (W)	63.336

Fonte: O autor.

De acordo com a tabela 6, todos os 216 pontos previstos na substituição apresentam uma carga instalado de 63,34 kW. Para o cálculo da demanda de potência das luminárias LED, será considerada ainda a eficiência do *driver*. Devido o fornecedor não apresentar a eficiência do *driver* das luminárias LED escolhidas, iremos considerar que a eficiência do driver será de 87%, uma vez que ele deve garantir uma eficiência entre 83% e 93%, desta forma, haverá um aumento de 13% da potência ativa consumida pelas luminárias LED (BRLUX, 2021). Tendo como

base os mesmos fatores analisados na tabela 6, após a substituição por luminárias LED, teremos uma redução significativa da carga instalada, como é possível observar na tabela 7.

Tabela 7 — Demanda de potência ativa das luminárias de LED

	Tipo de luminária	Potência nominal (W)	Potência ativa (W)	Quantidade	Potência total (W)
Praças	LED	100	113	114	12.882
Ruas e Avenidas	LED	100	113	74	8.362
Ruas e Avenidas	LED	200	226	28	6.328
				Carga instalada (W)	27.572

Fonte: O autor (2023).

Tendo como base a carga instalada prevista após a instalação das luminárias LED presente na tabela 6 que é de 27,572 kW, este valor representaria uma diminuição de 56,47% da potência ativa consumida pelas luminárias de vapor metálico. A diminuição é um pouco mais significativa quando consideramos apenas as praças, que a uma redução de 58,61% da carga instalada, já considerando apenas as praças e avenidas a redução é de 54,45%. Assim, torna-se possível realizar uma estimativa de consumo de energia elétrica dos dois sistemas.

Tabela 8 — Estimativa do consumo de energia do sistema atual

Tipo de Luminária	Local	Potência Instalada (kW)	Horas/Dia (horas)	kWh (Dia)	kWh (Mês)	MWh (Ano)
Luminárias VM	Praças	31,122	11,87	369,418	11.082,54	134,8376
Luminárias VM	Ruas e Avenidas	32,214	11,87	382,356	11.470,69	139,5601
	Total	63,336	11,87	751,775	22553,24	274,3977

Fonte: O autor (2023).

Através da tabela 8 foi realizada uma estimativa do consumo de energia elétrica diário, mensal e anual do sistema de iluminação atual, em que estão instaladas as lâmpadas de vapor metálico. Para o consumo diário considerou-se a Resolução Normativa 1000 da Agência Nacional de Energia Elétrica

(ANEEL)(BRASIL, 2021), onde o tempo referente a utilização diária para iluminação pública é de 11 h e 52 min, correspondendo assim ao valor de 11,87h (ANEEL, 2021). O consumo mensal foi estimado multiplicando o consumo diário em kWh por 30 e a estimativa do consumo anual multiplicando o consumo diário por 365.

Tabela 9 — Estimativa do consumo de energia do sistema com LED

Tipo de Luminária	Local	Potência Instalada (kW)	Horas/Dia (horas)	kWh (Dia)	kWh (Mês)	MWh (Ano)
Luminárias LED	Ruas e Avenidas	14,690	11,87	174,370	5.231,11	63,6452
Luminárias LED	Praças	12,882	11,87	152,909	4.587,28	55,8119
	Total	27,572	11,87	327,280	9.818,39	119,4571

Fonte: O autor (2023).

Na tabela 9, foi realizada uma estimativa do consumo de energia elétrica diário, mensal e anual do sistema de iluminação com as luminárias LED instaladas, os considerou-se a Resolução Normativa 1000 da ANEEL (BRASIL, 2021) assim como na tabela 8. Comparando então o consumo estimado entre as luminárias de vapor metálico e as luminárias LEDs, após a substituição dos 216 pontos de iluminação analisados haveria uma redução de 12.734,85 kWh consumidos por mês e 154,941 MWh por ano.

4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Apesar de apresentarem uma série de vantagens, a adoção das luminárias LED pode implicar em um custo inicial mais elevado, o que pode gerar dúvidas acerca de sua viabilidade econômica. Nesse sentido, será realizada uma análise que considere o custo de sua aquisição e de operação, bem como os benefícios econômicos em que serão considerados os custos de instalação e desconsiderados os custos de manutenção após o projeto ser executado.

Para uma análise mais precisa dos custos envolvidos no consumo de energia elétrica, bem como para avaliar a viabilidade econômica de investimentos em equipamentos e sistemas que visam reduzir o consumo de energia, é importante conhecer o preço do quilowatt-hora (kWh). O preço do kWh varia de acordo com a tarifa estabelecida pela concessionária de energia elétrica, podendo ser diferente de acordo com o horário de uso, o tipo de consumidor, a região geográfica, entre outros fatores.

A concessionária, para o cálculo do consumo em R\$/kWh, utiliza duas tarifas que são a Tarifa de Energia (TE) e a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD). Em se tratando da ENEL, concessionária responsável pela geração, distribuição e comercialização de energia elétrica no estado do Ceará (ENEL, 2023), o valor total do kWh no estado do Ceará, incluindo o Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias (ICMS) e tributos como Programa de Integração Social (PIS) / Contribuição pra Financiamento de Seguridade Social (COFINS), é calculado com a seguinte equação:

$$ValortotaldokWh = (TE + TUSD) * (1 + ICMS + PIS/COFINS) \quad (3)$$

Os valores de ICMS e PIS/COFINS podem variar dependendo do consumo mensal de energia elétrica, mas para esta situação, utilizaremos as alíquotas vigentes em abril de 2023 no estado do Ceará, que, para consumo superior 140kWh é de 27% de tributos referentes ao ICMS, 1,65% referente aos PIS e 7,6% referente ao COFINS (ENEL, 2023).

A Lei Nº 473, de 30 de dezembro de 2002 (MASSAPÊ, 2002), que instituiu a contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP) no município de Massapê, tendo como base de cálculo da CIP, de acordo com o Art. 4º, a tarifa de Iluminação Pública B4b, tarifa aplicável ao fornecimento de energia elétrica para a IP, R\$/MWh vigente, aplicada pela concessionária responsável pela distribuição de energia que é, em R\$/kWh, de 0,24824 para TE e 0,17737 para TUSD (ENEL, 2023).

Assim, o valor total do kWh no estado do Ceará, incluindo ICMS, PIS/COFINS

e a tarifa de Iluminação Pública B4b vigente, é:

$$ValordokWh = (0,2483 + 0,1774) * (1 + 0,27 + 0,0165 + 0,076) = 0,5799reais \quad (4)$$

Portanto, tendo que o valor total do kWh pela tarifa de Iluminação Pública B4b, incluindo ICMS e PIS/COFINS, é de R\$0,5799, e que, através dos dados obtidos na tabela 7 que apontam uma redução de 12.734,85 kWh por mês no consumo de energia ativa após a substituição dos 216 pontos de iluminação analisados para a implementação de luminárias LED, haverá uma economia de R\$7.384,94 por mês. Por consequência, haverá uma redução do consumo de energia de 154,941MWh por ano, representando uma economia de R\$89.850,29 como podemos observar através da tabela 10.

Tabela 10 — Comparativo entre luminárias lâmpada VM e luminárias LED

Fatores	Lâmpadas VM	Luminárias LED
Potência (W)	250/400	100/200
Vida útil (h)	15.000	25.000
Consumo mensal (kWh)	22.553,23	9.818,39
Gasto mensal (R\$)	R\$ 13.078,62	R\$ 5.693,68
Consumo anual (MWh)	274,3977	119,4571
Gasto anual (R\$)	R\$ 159.123,23	R\$ 69.273,17
Economia mensal com LED (kWh)	12.734,85	
Economia mensal com LED (R\$)	R\$7.384,94	
Percentagem de economia mensal (%)	56,47%	
Economia anual com LED (MWh)	154,9406	
Economia anual com LED (R\$)	R\$89.850,06	
Percentagem de economia anual (%)	56,47%	

Fonte: O autor (2023).

Para a obtenção do custo necessário para a instalação das luminárias LED, precisaremos levar em consideração alguns fatores, sendo eles: o tempo necessário para a execução, o valor da mão de obra e os custos com os equipamentos necessários para a realização do projeto.

Com base no conhecimento em campo do autor, uma equipe de iluminação pública com a mão de obra qualificada consegue realizar a substituição de três luminárias num prazo de duas horas. Sendo necessária a substituição de 216 luminárias no projeto, fica previsto um prazo de 144 horas para a execução total do projeto, uma vez que a jornada de trabalho diária prevista por lei pela Constituição

Federal, em seu art. 7.º, é de 8 horas diárias e 44 horas semanais, poderemos estimar que o tempo necessário será de 3,27 semanas. Para contabilizar possíveis imprevistos, como chuvas, ou problemas que podem acarretar em algum atraso da obra, será considerado o prazo de quatro semanas para a execução total do projeto.

Uma equipe iluminação pública básica segundo o Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante (INBRAEP) conta com os seguintes profissionais (INMBRAEP, 2023):

1. Engenheiro eletricista: tem por função gerenciar e administrar atividades relacionadas à manutenção em sistemas elétrico supervisionando e verificando o cumprimento das atividades programadas;
2. Eletricista montador: realizará a substituição das luminárias, garantindo sua instalação correta de maneira segura e eficaz;
3. Motorista/Eletricista: tem por função dirigir o veículo e auxiliar o eletricista montador, aplicando todas as normas previstas na segurança do trabalho.

Como a obra tem o prazo de um mês, consideraremos o piso salarial para cada um dos profissionais obtido. De acordo com o Sindicato dos Engenheiros no Estado do Ceará (SENGE-CE, 2022), o piso salarial para um engenheiro eletricista no estado do Ceará, era de R\$ 8.800,00 para uma jornada de 40 horas semanais. Já o piso salarial para eletricistas no Ceará, de acordo com o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado do Ceará (Sinduscon-CE), é de R\$ 1.745,79 para uma jornada de 44 horas semanais. Já para o eletricista que irá dirigir o veículo, haverá um abono de 10% no salário, totalizando R\$1.920,336.

Para a execução da obra, torna-se ainda necessário um veículo que possua um cesto aéreo, para a elevação do eletricista até o poste, o aluguel mensal de um veículo deste tipo custa R\$8.000,00. Consideramos ainda R\$2.000,00 para custos como gasolina, pequenas peças e afins.

Tabela 11 — Custos para execução

Serviço	Custo	
Engenheiro Eletricista	R\$	8.800,00
Eletricista Montador	R\$	1.745,79
Motorista/Eletricista	R\$	1.920,34
Aluguel Veículo	R\$	8.000,00
Combustível	R\$	2.000,00
Total	R\$	22.466,13

Fonte: O autor (2023).

Para a realização do cálculo do custo necessário para a implementação das 216 luminárias LED, considerando a substituição em forma de *retrofit*, como explicado anteriormente e considerando custos de mão de obra, através dos valores fornecidos pela LED's Brasil, onde as luminárias LED de 100W custam R\$305,00 e as luminárias LED de 200W custam R\$448,00, que podem ser consultados no ANEXO A, podemos estimar através da tabela 12 o valor aproximado do projeto.

Tabela 12 — Orçamento do projeto de substituição das luminárias

Itens	Preço total (R\$)
Gaya - 100 W (188un)	R\$ 57.340,00
Gaya - 200 W (28un)	R\$ 12.544,00
Mão de Obra	R\$ 22.446,13
Preço total (R\$)	R\$92.330,13

Fonte: O autor (2023).

4.1 Payback

O investimento inicial do projeto, em que foram considerados apenas os custos das luminárias, que foi apresentado na tabela 12, será de R\$92.330,13, onde, após a substituição, haverá uma economia anual de 154,9406MWh resultando em uma redução de R\$89.850,06 nas despesas do município. Assim, realizando o cálculo do *payback* simples, o tempo de recuperação do capital investido será de:

$$Payback = \frac{(InvestimentoInicial)}{(Fluxodecaixaanual)} = \frac{92.330,13}{89.850,06} = 1,0276anos \cong 1ano e 11dias \quad (5)$$

Após o cálculo do *payback*, vemos que, o tempo de recuperação do capital investido seria de 1,076 anos, que convertendo, teríamos um retorno em um ano e onze dias. Se considerarmos a vida útil dos equipamentos instalados, que é de 25 mil horas de acordo com o fabricante, e que eles irão funcionar 11,87 horas diariamente, as luminárias irão funcionar por aproximadamente 5,77 anos o que prova ser um investimento bastante vantajoso.

4.2 Taxa interna de retorno (TIR)

Para o cálculo da TIR, é necessário identificar os fluxos de caixa associados ao investimento, onde será incluído o custo do inicial do projeto, que será o valor necessário para a aquisição das luminárias LED, e os fluxos de caixa de serão gerados por ele, que será a economia de energia elétrica proveniente da

substituição das luminárias. Além disso, precisamos calcular o valor presente líquido (VPL) dos fluxos de caixa, que é a soma dos fluxos de caixa futuros descontados pelo custo do investimento, utilizando uma taxa de desconto apropriada. A taxa de desconto aplicada será a mesma definida no Plano Nacional de Energia (PNE) de 8% a.a (oito por cento ao ano) (ENEL, 2022).

Realizamos o cálculo da TIR, onde os resultados podem ser observados na tabela 13, em que foi considerado o retorno do investimento para o horizonte de 6 anos, quando seria necessária a substituição das luminárias tendo em vista a vida útil das mesmas.

Tabela 13 — Cálculo da taxa interna de retorno

Investimento inicial	R\$ 69.884,00
Taxa de desconto	8%
Tempo (ano)	Fluxo de caixa
0	-R\$ 92.330,13
1	R\$ 89.850,06
2	R\$ 89.850,06
3	R\$ 89.850,06
4	R\$ 89.850,06
5	R\$ 89.850,06
6	R\$ 89.850,06
TIR	95,57%

Fonte: O autor (2023).

Através da tabela 13, podemos observar que a taxa interna de retorno (TIR) para este projeto de implementação de luminárias LED em praças e avenidas do município de Massapê apresenta um valor de 95,57%, que representa um valor bem superior ao da taxa de juros para investimentos em projetos de iluminação pública, tal valor representa uma excelente expectativa de retorno financeiro, uma vez que o projeto se pagaria em um prazo de pouco mais de um ano após sua execução.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho identificaram-se os principais fatores que justificam a substituição das atuais luminárias de vapor metálico presentes em trechos do sistema de iluminação pública do município de Massapê - CE por luminárias LED, onde, além do custo das luminárias da marca Gaya escolhidas, foram considerados os custos de mão de obra para a implementação do projeto, vale salientar que os custos de manutenção após o projeto ser executado foram desconsiderados.

De acordo com os resultados obtidos, é possível afirmar que, uma vez que a realização do *retrofit* dos 216 pontos de iluminação levantados propicia uma redução de 154,9406 MWh de potência ativa consumida por ano. Tal economia produz um tempo de retorno do investimento (*payback*) com prazo de 1 ano e 11 dias, sendo a vida útil das luminárias LED escolhidas maior que 5 anos obteve-se uma taxa interna de retorno de 95,57%.

Logo, esse estudo mostrou que a substituição das luminárias de vapor metálico por refletores LED é viável, com impacto econômico positivo nos custos decorrentes do consumo de energia elétrica da iluminação pública do município de Massapê.

5.1 Trabalhos Futuros

Sugere-se, para trabalhos futuros, a realização de um estudo luminotécnico nas ruas e avenidas selecionadas e um levantamento do custo de manutenção que será gerado pelas luminárias substituídas, para que este custo possa ser considerado em análises de viabilidade econômicas futuros.

REFERÊNCIAS

ABREU, Raphael. **Município de Massapê Ceará**. Wikipédia. 2006. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Massap%C3%AA#/media/Ficheiro:Ceara_Municip_Massape.svg. Acesso em: 12 abr. 2023.

AGUERA, Roger Saraiva. **Cenário Brasileiro da Iluminação Pública**. 68 p Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

ALMEIDA, Pedro S. . **Requisitos de Acionamento e Projetos de Drivers parLED's integrados a luminárias destinadas à iluminação pública: ILUMEXPO 2013**, Juiz de Fora, jun 2013.. Disponível em: <https://feirasindustriais.com.br/>. Acesso em: 13 abr. 2023.

ATACADÃOLED. **LUMINARIA LED POSTE PUBLICA 150W SMD MEGAACE**. AtacadãoLED. Fortaleza. Disponível em: <https://loja.atacadaoled.com.br/luminaria-led-poste-publica-150w-smd-megaace.html>. Acesso em: 15 mar. 2023.

BANCO MUNDIAL. **Iluminando Cidades Brasileiras: modelos de negócios para iluminação pública com eficiência energética**. Open Knowledge. 2017. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29537>. Acesso em: 9 nov. 2022.

BERNARDES, D. M; CELESTE, W. C ; DINIZ CHAVES, G. de L. **Energy efficiency in urban public lighting: literature review of equipment and technologies**. : Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e606973957, 2020.. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3957>. Acesso em: 6 dez. 2022.

BERTUZZI, Felipe Buller. A Influência da Iluminação Pública na Segurança Urbana Noturna. **Paisag. Ambiente: Ensaios**, São Paulo, v. 32, n. 48, 2021.

BNDES. **Iluminação Pública**. BNDES. Disponível em: <https://hubdeprojetos.bndes.gov.br/pt/setores/Iluminacao-Publica>. Acesso em: 12 nov. 2022.

BORGES, Genivaldo Carneiro. **Aplicações da física na eletrônica: relé fotoelétrico**, f. 45. 2015 Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Licenciatura Plena em Física) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, 2015.

BRASIL, Yllara Maria Gomes de Matos *et al.* ANÁLISE DO SISTEMA LOGÍSTICO REVERSO DE LÂMPADAS DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO SUL CEARENSE. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, n. X. 2011, Belo Horizonte, 2011. 14 p.

BRASIL. **Constituição**. República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF. Senado Federal, 1988. Disponível em:

<https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10641213/artigo-7-da-constituicao-federal-de-1988>. Acesso em: 22 jun. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia/Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa n. 1000, de 06 de dezembro de 2021. **Diário Oficial da União**, Distrito Federal, 20 de dezembro de 2021.

BRLUX. **DRIVER DE LED: O QUE É E COMO FUNCIONA**. BRLux. Disponível em: <https://brluxled.com.br/driver-de-led-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 22 jun. 2023.

CASTRO, Felipe Nóbrega de; LUCIANO, Benedito Antonio. Capítulo X Eficiência energética em sistemas de iluminação pública. **Revista O Setor Elétrico**, São Paulo, p. 38-47, 2012.

CEPAM - FUNDAÇÃO PREFEITO F. LIMA. **Iluminação Pública**: Guia do Gestor. Secretária de energia do estado de São Paulo, São Paulo, 2013.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Manual de iluminação pública**. Curitiba: Copel distribuições, 2012. 44 p.

DEMAPE. **Produtos**: Lâmpada HID. Demape. Disponível em: <https://demape.com.br/>. Acesso em: 7 mar. 2023.

DEMAPE. **Reatores**. Demape Energia Solar e Iluminação. Itaiba, 2015. Disponível em: <http://www.demape.com.br>. Acesso em: 11 dez. 2022.

ELETROSUL. **RELÉ FOTOCÉLULA TEMPORIZADO 4/6 HORAS MARGIRIU**. Eletrosul. Cascavél. Disponível em: <https://www.eletrosul.com.br/materiais-eletricos/rele-fotocelula-temporizado-46-horas-margirius>. Acesso em: 12 dez. 2022.

ELETRÔNICA PT . **LED, Díodo Emissor de Luz**. Eletrônica Pt . Disponível em: <https://www.electronica-pt.com/led>. Acesso em: 12 dez. 2022.

ENEL. **Plano Nacional de Energia (PNE)**: Taxa de Desconto. 2022. Disponível em: <https://enel-ce.chamadapublica.com.br/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20PROPEE%3F,efici%C3%Aancia%20energ%C3%A9tica%20regulados%20pela%20ANEEL..> Acesso em: 31 mai. 2023.

ENEL. **TARIFA DE FORNECIMENTO - BAIXA TENSÃO**. ENEL. 2023. Disponível em: <https://www.enel.com.br/content/dam/enel-br/megamenu/taxas,-tarifas-e-impostos/Tarifas-ENEL-CE-bandeira-VERDE-Julho22.pdf>. Acesso em: 31 mai. 2023.

ENGIE. **Eficiência da iluminação pública gera economia de até 70%**. ENGIE. 2021. Disponível em: <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

FERREIRA, Juliana Zandona. **ESTUDO COMPARATIVO ENTRE LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES T8 E TUBULARES DE LED** Monografia (CURSO

DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ , Curitiba, 2014.

FIDALGO, F; FERREIRA, G; TIRYAKI, G. F. Iluminação Pública em Salvador: gestão, eficiência e o papel do agente regulador. *In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE REGULAÇÃO*. 2007, Recife, 2007.

FRÓES DA SILVA , Lourenço Lustosa. **ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL: ASPECTOS ENERGÉTICOS E INSTITUCIONAIS**. Rio de Janeiro, 2006 Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GOOGLE EARTH PRO . **Imagem satélite do município de Massapê**. Massapê, Ceará, 2013. 1x300m. Disponível em: earth.google.com. Acesso em: 6 fev. 2023.

GRADO ILUMINAÇÃO. **Conceitos Básicos de Iluminação: INTENSIDADE LUMINOSA**. Grado Iluminação. São Paulo. Disponível em: <https://www.gradoiluminacao.com.br/artigos/conceitos-basicos-de-iluminacao/>. Acesso em: 5 dez. 2022.

IBGE. **MASSAPÊ**. IBGE. BRASIL, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/massape/panorama>. Acesso em: 20 abr. 2023.

IMBRAEP - INSTITUTO BRASILEIRO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE (BRASIL). **Equipe Básica de Manutenção de Iluminação Pública Fonte: Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante - INBRAEP**. Santa Catarina, 2022. Disponível em: <https://inbraep.com.br/publicacoes/equipe-basica-de-manutencao-de-iluminacao-publica/>. Acesso em: 21 jul. 2023.

JUDY MATERIAIS ELÉTRICOS . **REATOR LAMP VAPOR SÓDIO METÁLICO EXTERNO 150W**. Judy Materiais Elétricos . Salvador. Disponível em: <https://judycabos.com.br/produto/reator-lamp-vapor-sodio-metalico-externo-150w-r-pc/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

KRUGER, CRISTIANE ; RAMOS, LUCAS FEKSA. Iluminação pública e efficientização energética. **Resvista Espaço Acadêmico**, Santa Maria, v. 16, p. 37-49, out. 2016.

KU CHIH HSIN, ANA LIVIA; IMAI , FERNANDO. **ESTUDO DE CASO COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES ELÉTRICOS PROPOSTOS PELAS NORMAS NBR 5410 E NBR 15920 EM CIRCUITOS DAS INSTALAÇÕES DA UTFPR, CÂMPUS CURITIBA** . Curitiba, 2014 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Laubsch, A , M. Sabathil, J. Baur, M. Peter and B. Hahn, "High-Power and High-Efficiency InGaN-Based Light Emitters," in *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 57, no. 1, pp. 79-87, Jan. 2010, doi: 10.1109/TED.2009.2035538.

LOPES, Leonardo Barbosa. **UMA AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA LED NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**. 81 p Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

MASSAPÊ (Cidade). Prefeitura Municipal de Massapê. Lei n. 473, de 29 de dezembro de 2022. **Diário Oficial da União**.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA . **Iluminação pública: Programas e políticas públicas**: Orientações para gestores municipais. 2018. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/sef/livreto-iluminacao-publica_2018_02_19.pdf. Acesso em: 13 dez. 2022.

NOVICKI, Jackson Merise; MARTINEZ, Rodrigo. **LEDS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Paraná Curitiba, Curitiba, 2008.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. 2014. 28 p. Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2022.

PEREIRA, Roberto Carlos. **A QUALIDADE NA ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**: Estudo da iluminação espacial e do brilho das superfícies. 135 p Dissertação (PÓS GRADUÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PLUG DESIGN. **COMO ESCOLHER A TEMPERATURA DE COR IDEAL PARA SUA LUMINÁRIA?**: Temperatura de Cor. Plug Design. 2019. Disponível em: <https://plugdesign.com.br/temperatura-cor/>. Acesso em: 10 dez. 2022.

POLANCO, Sara Leonor Cambeses. **A Situação da Destinação Pós-consumo de Lâmpadas de Mercúrio no Brasil** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2007.

PREFEITURA DE MASSAPÊ. **Projeto Básico**. Massapê . 2021. Disponível em: https://massape.ce.gov.br/arquivos_download.php?pg=licitacao&id=500&subid=3021. Acesso em: 24 mai. 2023.

PRO INOVA. **Dicionário da Iluminação: EFICIÊNCIA LUMINOSA**. Pro Inova. 2019. Disponível em: <https://pro-inova.com/tag/curva-de-distribuicao-de-intensidade-luminosa/>. Acesso em: 5 dez. 2022.

PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA . **O Programa**. ProcelInfo. 2020. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=%7B505FF883%2DA273%2D4C47%2DA14E%2D0055586F97FC%7D>. Acesso em: 17 nov. 2022.

QLUZ. **Qual tipo de LED é melhor? COB ou SMD?**. QLUZ. Palhoça - SC, 2021. Disponível em: <https://www.qluzpalhoca.com.br/qual-tipo-de-led-e-melhor-cob-ou-smd/>. Acesso em: 19 abr. 2023.

RJ MONTAGENS ELETROTÉCNICA LTDA. **BRAÇO PARA LUMINÁRIA**. RJ Montagens Eletrotécnica. São Bento do Sul. Disponível em: <https://rjmontagenseletrotecnica.com.br/produto/braco-para-luminaria/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

RODRIGUES, C. R. B. S.; ALMEIDA, P. S.; JORGE, J. M.; SOARES, G. M.; PINTO, D.P.; BRAGA, H. A. C. Experimental Characterization Regarding Two Types Of Phosphorconverted White High-brightness LEDs: Low Power And High Power Devices. In: Power Electronics Conference (COBEP), 2011 Brazilian. IEEE, p. 734-740, 2011. ..

RODRIGUES, Fernando. **Eficiência energética aplicada em sistemas de iluminação pública**.: Estudo de caso na cidade de Garopaba - SC Monografia (Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos) - Universidade Federal de Santa Maria, Novo Hamburgo, RS, 2017.

ROSITO, Luciano Haas. Capítulo III Componentes da iluminação pública. **Revista O Setor Elétrico**, São Paulo, p. 18-24, mar. 2009.

SAMANEZ, Carlos Patrício. Matemática Financeira: Aplicações à análise de investimentos. 3ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

SANTOS, Igor Moreira *et al.* **Viabilidade Econômica da Aplicação da Tecnologia LED nos Parques de Iluminação Pública**: Estudo de Caso Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2016.

SENGE-CE SINDICADO DO ENGENHEIROS NO ESTADO DO CEARÁ. **CARTEIRA DE TRABALHO E PREVIDÊNCIA SOCIAL – CTPS**. SENGE.CE. Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://sengece.org.br/orientacoes-trabalhistas/>. Acesso em: 7 jul. 2023.

SILVA, Mauri Luiz da . **Led - a Luz dos Novos Projetos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2012. 144 p.

SINDUSCON-CE SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO CEARÁ. **CONVENÇÃO COLETIVA**. Sinduscon-CE. Fortaleza. Disponível em: <https://sindusconce.com.br/convencao-coletiva/>. Acesso em: 7 jul. 2023.


SPPOSTES. **RPF 155 Luminária Pública**. SPOSTES. Disponível em: <https://www.sppostes.com.br/rpf-155-luminaria-publica/>. Acesso em: 11 dez. 2022.

TECHLUXX DO BRASIL. **Luminária Pública**: Luminária LED 100W. Techluxx do Brasil . Disponível em: <https://techluxx.com.br/p/categoria/171a701ca54511e7be65ea6d08442f44>. Acesso em: 13 dez. 2022.

TECNOLED. **LUMINÁRIA PÚBLICA LED SMD 100W BRANCO FRIO IP67**. TecnoLED. Santa Efigênia. Disponível em: <https://tecnoled.com.br/produtos/luminaria-publica-led-smd-100w-branco-frio-ip67/>. Acesso em: 13 dez. 2022.

TOTVS. **Custo de Capital: Descubra o que é e como calcular.** TOTVS. 2021.
Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/negocios/custo-de-capital/>. Acesso em: 25 mai. 2023.

ANEXO A — ORÇAMENTO DAS LUMINÁRIAS LED

	CNIP-COMERCIO NACIONAL DE ILUMINAÇÃO PUBLICA LTDA BR 116 KM 4, 489 - CIDADE DOS FUNCIONARIOS FORTALEZA - CE - CEP: 60823105 - Fone: 85-38790600 visite nosso site: email:		PROPOSTA: 00012261 DATA: 17/03/2023 Página: 1							
	CLIENTE: 9682-PREFEITURA MUNICIPAL DE MASSAPE ENDEREÇO: R. MAJ. JOSÉ PAULINO BAIRRO: CENTRO PONTO REF.: ARQUITETO:		CPF/CNPJ: 07598691000116 No: 191 CIDADE: MASSAPE-CE FONE: VENDEDOR: NATALIA CNIP							
NÃO É DOCUMENTO FISCAL - NÃO COMPROVA PAGAMENTO - NÃO É VALIDO COMO RECIBO E COMO GARANTIA DE MERCADO										
Dados da Proposta:										
Condição Pagamento	Forma de Pagamento	Total dos Produtos:	69.884,00							
Prazo de Entrega	Validade da Proposta	Total dos Descontos:	0,00							
	03 DIAS	Total Líquido:	69.884,00							
		Quant. de Itens:	2							
Observações										
Código	Ref.	Produto	Cor	LJ	Quant.	Preço Unit	Vlr. Bruto	% Desc	Vlr. Desc	Vlr. Líquido
LUMINARIA PUBLICA CLASSE A										
6890000030541	50	LUMINARIA PUBLICA DE LED 100W	BRANCA	10	188,00	305,00	57.340,00	0,00	0,00	57.340,00
6890000013452	200W	LUMINARIA PUBLICA DE LED 200W	BRANCA	10	28,00	448,00	12.544,00	0,00	0,00	12.544,00
SUB-TOTAL DO GRUPO:					216,00		69.884,00		0,00	69.884,00
SUB-TOTAL DO AMBIENTE:					216,00		69.884,00		0,00	69.884,00
Observações										
1 - Autorizo a cessão parcial ou integral do crédito nas vendas a prazo. O crédito será sujeito a aprovação do financeiro.										
2 - Serviços de frete será cobrado taxa de 0,00 e para localidades fora de FORTALEZA será por conta do cliente.										
3 - o prazo máximo de armazenagem será de 0 dias, apartir da data do pagamento da compra. após esse período será cobrado uma taxa de 0,00 ao dia sobre o valor da mercadoria. Em caso de içamento da mercadoria, os custos serão por conta do cliente.										
4 - lâmpadas de led terão garantia de 01 ano										
Pelo exposto, Acreditamos ter Apresentado a V.S.A. a mais completa e flexível proposta, ao tempo em que colocamos nossa Diretoria e equipe técnica ao pleno dispor para esclarecimentos adicionais e novas composições de propostas que eventualmente sejam necessárias.										
Prazer em atendê-lo.										
Atenciosamente,										
Usuário: NATALIA RKV Data/Hora: 17/03/2023 11:54:47										
NATALIA CNIP					PREFEITURA MUNICIPAL DE MASSAPE					