

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RONEY RICARDO MENEGHETI

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM LUMINÁRIAS DESTINADAS À
ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PARANÁ**

CAMPO MOURÃO

2019

RONEY RICARDO MENEGHETI

**ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM LUMINÁRIAS DESTINADAS À
ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO - PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientador: Prof. Evandro Luís Volpato

CAMPO MOURÃO

2019



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM LUMINÁRIAS DESTINADAS À ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO – PARANÁ

por

RONEY RICARDO MENEGHETI

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 09:00h do dia 04 de julho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Roberto Widerski

((UTFPR))

**Prof. Me. Adalberto Luiz Rodrigues de
Oliveira**

(UTFPR)

Prof. Esp. Evandro Luís Volpato

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof. Dr(a) Paula Cristina de Souza

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que iluminou e guiou o meu caminho durante essa caminhada, me dando paz, saúde, discernimento e tranquilidade nos momentos difíceis.

Agradeço aos meus pais, que não mediram esforços para se dedicar na educação dos filhos, além de colaborar na minha formação.

Ao meu professor e orientador Evandro Luis Volpato pelo incentivo e orientação para que pudesse concluir a pesquisa e aprimorar os meus conceitos.

A minha família e amigos pela colaboração e compreensão com os deveres, não deixando desanimar nos momentos difíceis que surgiram ao longo da minha caminhada.

Aos demais professores da UTFPR que fizeram parte da minha graduação.

E por fim, a todos que não foram citados diretamente, mas que contribuíram de forma direta ou indiretamente para a minha formação acadêmica.

MENEGHETI, R. R. **Estudo de eficiência energética em luminárias destinadas à iluminação pública na cidade de Campo Mourão - Paraná.** 2019. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, 2019.

RESUMO

A cidade de Campo Mourão, demonstra elevados gastos com a iluminação pública, devido a mesma estar sendo iluminada por sistemas que apresentam inúmeras irregularidades, que por sua vez, podem ser resolvidos com melhorias no sistema, apresentando situações mais eficientes, método de instalação de acordo com as normas estabelecidas e melhor aproveitamento dos recursos públicos. Com essas irregularidades, em determinadas regiões ocorrem a iluminação exagerada e outras regiões sofrem com iluminação precária. Em sua maioria, a cidade está sendo iluminada por postes denominados Republicanos e por luminárias elevadas e rebaixadas, fixadas nos postes de propriedade da Copel. Em determinados casos, esse sistema apresenta desperdício de iluminação e de recurso público, devido ao fato, que esse sistema apresenta baixa eficiência e antes de receber os postes rebaixados, já havia iluminação por outro tipo de sistema mais eficiente, sendo que ao acrescentar a nova iluminação a cidade tem que honrar com os gastos dos dois sistemas iluminação. Sendo assim, ocorre o desperdício, tanto de energia elétrica e de materiais. Desse modo, o trabalho tem a finalidade de apresentar melhorias na iluminação pública de ruas e avenidas da cidade de Campo Mourão tendo o foco principal a redução do consumo de energia elétrica, reduzir os desperdícios e reduzir o valor da fatura da iluminação pública para a população. Essas melhorias, ocorrem na readaptação dessas regiões, de acordo com a nova NBR 5101, que apresenta um manual de como deve ser instalado a iluminação pública. Além disso, será feito um estudo da viabilidade econômica, após um comparativo de ruas com iluminação a vapor de sódio e ruas com lâmpadas de vapor metálico. Esses benefícios, tem a finalidade de melhorar a qualidade de vida dos munícipes, reduzir gastos com manutenção, aumentar a eficiência e evitar o desperdício de energia elétrica.

Palavras-chave: Iluminação Pública. Eficiência. Economia.

MENEGHETI, R. R. **Study of energy efficiency in luminaires for public lighting in the city of Campo Mourão – Paraná.** 2019. 57f. Course Completion Work (Bachelor Of Civil Engineering) - Federal Technological University Of Paraná, Campo Mourão, Paraná, 2019.

ABSTRACT

The city of Campo Mourão, shows high expenses with public lighting, because it is being illuminated by systems that have numerous irregularities, which in turn, can be solved with improvements in the system, presenting more efficient situations, method of installation according to with established standards and better use of public resources. With these irregularities, in some regions exaggerated lighting occurs and another regions suffer from poor lighting. For the most part, the city is being illuminated by poles named Republicans and by elevated and recessed lights, fixed on poles owned by Copel. In certain cases, this system presents a waste of illumination and of public appeal, due to the fact that this system presents low efficiency and before receiving the lowered poles, there was already lighting by another type of more efficient system, being that when adding the new lighting the city has to honor with the expense of both lighting systems. Thus, the waste, both of electric energy and of materials, occurs. Thus, the purpose of the work is to present improvements in street and street lighting in the city of Campo Mourão, focusing on reducing electricity consumption, reducing waste and reducing the amount of public lighting bills for the population. These improvements occur in the readjustment of these regions, according to the new NBR 5101, which presents a manual on how to install street lighting. In addition, an economic feasibility study will be carried out, after comparing streets with sodium vapor lighting and streets with metallic vapor lamps. These benefits have the purpose of improving the quality of life of residents, reducing maintenance costs, increase efficiency and avoid waste of electricity.

Keywords: Public Lighting. Efficiency. Economy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Termos Luminotécnicos	18
Figura 2. Temperatura de Cor	19
Figura 3. Índice de Reprodução de Cor (IRC)	19
Figura 4. Eficiência Luminosa.....	20
Figura 5. Poluição luminosa	21
Figura 6. Ofuscamento	21
Figura 7. Projeção de luminárias LED	22
Figura 8. Lâmpada de Vapor de Sódio.....	23
Figura 9. Lâmpadas LED.....	25
Figura 10. Comparativo entre vários tipos de lâmpadas	26
Figura 11. Características das fontes luminosas utilizadas em sistemas de iluminação pública	27
Figura 12. Classificação das vias públicas	28
Figura 13. Tipo de tráfego motorizado e de pedestres	30
Figura 14. Limites fotométricos para vias de tráfego motorizado e de pedestres	30
Figura 15. Arranjo das luminárias	31
Figura 16. Sistema para instalação de lâmpadas à vapor de sódio	34
Figura 17. Delineamento experimental.....	37
Figura 18. Equipamento de medição.....	38
Figura 19. Avenida Jorge Walter	39
Figura 20. Avenida Capitão índio Bandeira	41
Figura 21. Avenida Guilherme de Paula Xavier	42
Figura 22. Avenida Manoel M. de Camargo	44
Figura 23. Avenida Irmãos Pereira	45
Figura 24. Rua Nei Braga	47
Figura 25. Avenida Goioerê.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais características das lâmpadas à vapor de sódio	34
Quadro 2. Principais características dos reatores utilizados para lâmpada à vapor de sódio.....	35
Quadro 3. Principais Custos para a Instalação de lâmpadas à vapor de sódio	35
Quadro 4. Principais características das lâmpadas de LED.....	35
Quadro 5. Principais custos de instalação das lâmpadas de LED.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características da Lâmpada Vapor de Sódio.....	24
Tabela 2. Lâmpadas Instaladas em Campo Mourão	32
Tabela 3. Distribuição lateral de luz representados em projeção da Avenida Jorge Walter	40
Tabela 4. Distribuição lateral de luz representados em projeção da Avenida Guilherme de Paula Xavier	43
Tabela 5. Distribuição lateral de luz representados em projeção da Avenida Irmãos Pereira.....	46
Tabela 6. Comparação de eficiência luminosa	51
Tabela 7. Comparação do valor de compra.....	51
Tabela 8. Comparação do gasto de energia	52
Tabela 9. Comparação da variação de eficiência, valor de compra e gasto de energia	52

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IP	Iluminação Pública
VSO	Vapor Sódio
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
L	Leve
M	Médio
I	Intenso
S	Sem
Nm	Nanômetro
UV	Ultravioleta
Cd	Candela
m ²	metro quadrado
K	Kelvin
IRC	Índice de reprodução de cores
lm	Lumens
lux	Luxer
W	Watts
%	Porcentagem
kV	Quilovolts
Copel	Companhia Paranaense de Energia
DPIP	Departamento de Iluminação Pública
Hz	Hertz
Δt	Varição de temperatura
A	Ampere
kg	Quilograma
h	horas
VA	Voltampere
μf	microfaraday
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
Procel	Programa Nacional Conservação de Energia Elétrica Iluminação pública

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 Legislação e Obrigatoriedade	16
3.2 Definições de termos Luminotécnicos.....	17
3.2.1 Fluxo Luminoso	17
3.2.2 Intensidade Luminosa	17
3.2.3 Iluminância	18
3.2.4 Temperatura de Cor	18
3.2.5 Índice de Reprodução de Cor (IRC)	19
3.2.6 Luz.....	19
3.2.7 Depreciação do Fluxo Luminoso	20
3.2.8 Eficiência Luminosa.....	20
3.4 Fontes Luminosas.....	22
3.4.1 Lâmpadas a Vapor de Sódio	23
3.4.2 Lâmpadas de LED.....	24
3.5 Padronização da Iluminação Pública de acordo com NBR 5101	27
3.5.1 Vias para Iluminação	27
3.5.2 Volume de Tráfego	29
3.5.3 Topologia da iluminação publica	31
4 ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE CAMPO MOURÃO	32
5 MATERIAIS INVESTIGADOS.....	34
5.1 Custo da implantação do Sistema	34
5.1.1 Lâmpadas a Vapor de Sódio	34
5.1.1.1 Características do Sistema.....	35
5.1.1.2 Principais Custo para a Instalação	36
5.1.2 Lâmpadas de LED.....	36
5.1.2.1 Características do Sistema.....	36
5.1.2.2 Principais Custos para Instalação	37
6 METODOLOGIA	38

6.1 Delineamento experimental.....	38
6.2 Equipamento de Medição	39
7 RESULTADOS.....	41
8 CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

O uso racional da energia elétrica é fundamental para os tempos atuais, pois estamos passando por um processo de redução dos recursos para a produção de energia elétrica, além dos danos ao meio ambiente provocado por essa atividade, grandes investimentos que são necessários para a pesquisa de novas tecnologias e elevados gastos para a construção de novas fontes de energia elétrica (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Os elevados consumos de energia elétrica dos parques de iluminação pública, provocado pelo desperdício de iluminação, sistemas sucateados e por tecnologias ultrapassadas, caminha em desacordo com a sustentabilidade. Esse grande problema surgiu quando mudanças nas legislações determinou que os parques de iluminação pública devem ser controlados e administrados pelo poder público municipal (SANTANA, 2010).

Assim, como grande parte dos municípios brasileiros, Campo Mourão está passando por grande dificuldade de gestão, arrecadação e administração dos parques de iluminação pública. Devido ao fato que, em sua maioria, a cidade apresenta desperdício de iluminação, pelos sistemas ultrapassados, elevando o consumo de energia elétrica e altos gastos com manutenção. Sendo assim, faz necessárias alternativas para melhorar ou radicalizar tais problemas.

A iluminação pública, com excelente gestão, tem o poder de proporcionar uma melhora na qualidade de vida nos centros urbanos, contribuindo para o embelezamento de espaços públicos no período noturno, reduzindo assim, a taxa de criminalidade e acidentes de trânsito (SANTANA, 2010).

Com o objetivo de reduzir significativamente o gasto com energia elétrica, empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica estão sendo obrigadas a fazerem investimentos em programas de eficiência energética. Desse modo, fica ainda mais clara a necessidade de estudar melhorias para os parques de iluminação pública (CANDURA, 2005).

Ao analisar a situação de Campo Mourão, uma expressiva parcela da iluminação é realizada por postes denominados Republicanos e por iluminação rebaixada com utilização de luminárias específicas para este fim. Quanto às lâmpadas, grande parte da iluminação pública de Campo Mourão está sendo realizado por lâmpadas de Vapor de Sódio, mas em algumas ruas e avenidas, ocorreu a

substituição dessas lâmpadas por luminárias de LED (*light emitting diode*). Segundo fornecedores, o LED apresenta baixo custo de manutenção, elevada vida útil e baixo consumo de energia elétrica, além da cor da luz emitida por esse sistema apresenta maior IRC. Todavia, estudos comprovam que esses benefícios podem ser falsos, ou seja, por não ter norma regulamentadora o custo benefícios dos LED usados atualmente não é o dos melhores.

No entanto, não houve um projeto detalhado para a substituição dessas lâmpadas, gerando altos custos ao município, pela compra desnecessária de lâmpadas, uma vez que, as lâmpadas LED possuem uma intensidade luminosa e fluxo luminoso diferente das lâmpadas de Vapor de Sódio. A sua instalação errônea pode gerar um fenômeno fisiológico chamado de ofuscamento.

Sendo assim, o estudo tem com foco analisar a situação de algumas avenidas e ruas do município de Campo Mourão, com o intuito de confirmar as irregularidades existentes e avaliar a viabilidade da substituição por outra que seja mais eficiente energeticamente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo analisar a situação de algumas avenidas e ruas da cidade de Campo Mourão com intuito de estimular o uso racional da energia elétrica, viabilizar um plano de melhorias na eficiência energética e determinar quais são as alternativas para reduzir o consumo de energia elétrica e gastos com manutenção.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar aspectos da eficiência energética na iluminação pública de Campo Mourão;
- Analisar os aspectos técnicos no comparativo do atual sistema de iluminação com a tecnologia de LED;
- Apresentar, especificar e discutir melhorias que podem ser implantadas de acordo com a Nova NBR 5101, buscando melhorias para o bem-estar social.
- Analisar a viabilidade econômica e a relação custo benefício;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A busca por melhorias na qualidade de vida nos centros urbanos é de extrema importância para os municípios em geral, um dos fatores que determina uma cidade bem administrada é o seu parque de iluminação pública, pois o mesmo contribui para a segurança da população e para a segurança no trânsito noturno.

De acordo com as leis brasileiras, a responsabilidade pela organização e prestação do serviço de iluminação pública é de competência do Poder Público Municipal. Desse modo, os municípios estão enfrentando grandes dificuldades para conseguir uma boa administração, devido à falta de experiência técnica, parques sucateados e tecnologias ultrapassadas.

Desde que os municípios assumiram os parques de iluminação pública, os mesmos não apresentaram grande sucesso na implantação de sistemas mais eficientes e econômicos. O fato é que grande parte dos municípios ao fazer algum avanço em seus parques, deixaram de seguir as normas regulamentadoras vigentes emitidas pela ABNT e até mesmo sistemas sem qualquer estudo normativo.

Desse modo, grande parte dos municípios necessita de estudos para melhorar os seus parques de iluminação, implantando os conceitos de acordo com a nova norma NBR 5101, além de estudos comparativos para analisar qual o melhor sistema de iluminação (CANDURA, 2005).

Sendo assim, um bom projeto de iluminação pública deve apresentar a classificação e padronização da IP, métodos de instalação, lâmpadas e luminárias (COPEL, 2012).

3.1 Legislação e Obrigatoriedade

O serviço de iluminação pública tem a finalidade de promover claridade para os ambientes públicos em períodos noturnos ou nos escurecimentos diurnos ocasionais, essa responsabilidade segundo art. 218 da Instrução Normativa 414/2010, com redação dada pela Instrução Normativa 479/2012, ambos da Aneel, é do poder público municipal. A iluminação é responsável por consumir cerca de 20% da energia produzida em todo o território nacional. Dentro desse valor apresenta a iluminação pública e privada.

Em 2012, a Norma NBR 5101 foi atualizada, tendo assim o objetivo de apresentar quais são os melhores métodos de elaboração de um projeto iluminação pública, impondo padrões mínimos de rendimento, determinar situações de limpeza do sistema e benefícios econômicos e sociais para os cidadãos entre outros.

Em 2017, após cinco anos de atualização, a norma entrou em processo de discussão para o aprimoramento e novos critérios de projetos. Nesse procedimento, está sendo estudada a inclusão do LED, que, gradativamente, vem tomando conta das novas instalações de iluminação pública.

Um dos temas estudados nessa revisão da norma é se as lâmpadas de LED garantem um resultado satisfatório e o controle de emissão de luz ao hemisfério superior para evitar a poluição luminosa. De acordo com Faria (2014, p. 39):

[...] o LED é a tecnologia que irá substituir as tecnologias convencionais, que apesar de estar em fase de desenvolvimento, nos próximos 10 a 15 anos estará bem consolidada e contribuirá para uma iluminação sustentável, de boa qualidade, baixo consumo de energia e impactos ambientais entre outros benefícios.

3.2 Definições de termos Luminotécnicos

A seguir, estão apresentados algumas definições e termos que são de fundamental importância para a compreensão desse trabalho.

3.2.1 Fluxo Luminoso

De acordo com Silva (2006), o Fluxo luminoso pode ser entendido como a quantidade de energia radiante em todas as direções, emitida por unidade de tempo, e avaliada de acordo com a sensação luminosa produzida. Unidade: Lumém - lm | Símbolo: O.

3.2.2 Intensidade Luminosa

Segundo a Copel (2012), a intensidade luminosa é a quantidade de luz emitida por uma fonte luminosa em uma determinada direção. Utilizada em lâmpada

refletores, onde a intensidade luminosa está ligada ao ângulo de fecho. Unidade: Candelas - Cd | Símbolo: I (COPEL, 2012).

3.2.3 Iluminância

É o fluxo luminoso que incide em uma área, ou seja, a quantidade de luz que chega a um ponto. Unidade: Lux | Símbolo: E (Figura 1) (SILVA, 2006).

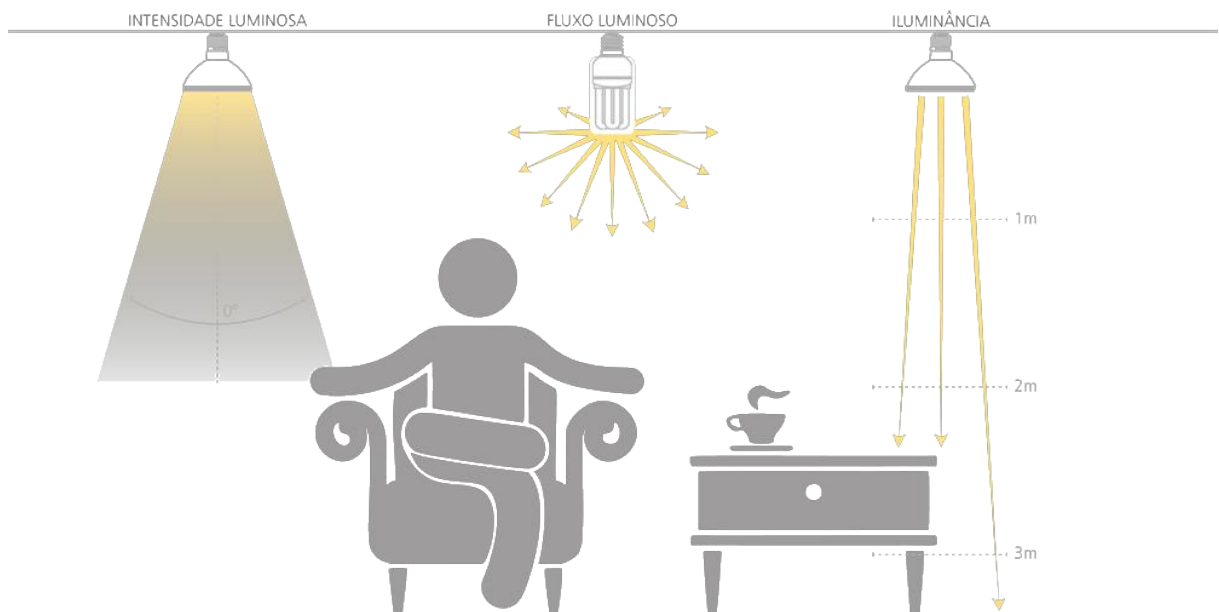


Figura 1. Termos Luminotécnicos
Fonte: Empalux, 2018.

3.2.4 Temperatura de Cor

É a aparência cromática da luz emitida por determinada fonte luminosa. Quanto mais alta a temperatura da cor, mais branca é a tonalidade da luz emitida. Este parâmetro não está relacionado com calor emitido por uma lâmpada, mas pela sensação de conforto que a mesma proporciona em um determinado ambiente. Unidade: Kelvin | Símbolo: K. As cores “quentes” possuem uma aparência avermelhadas ou amareladas e as cores “frias” são azuladas (Figura 2) (SILVA, 2006).



Figura 2. Temperatura de Cor
Fonte: Empalux, 2018.

3.2.5 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

É a relação entra a cor real de um objeto ou superfície e a aparência percebida diante de uma fonte luminosa. Esse índice varia de 0 a 100%, sendo que, quando mais próximo de 100%, maior a fidelidade e precisão das cores dos objetos (Figura 3) (SILVA, 2006; EMPALUX, 2018).



Figura 3. Índice de Reprodução de Cor (IRC)
Fonte: Empalux, 2018.

3.2.6 Luz

É uma radiação eletromagnética capaz de produzir sensação visual. Ele tem a finalidade de transmitir a sensação de ver, sendo assim ela determina a maneira como enxergamos os objetos.

3.2.7 Depreciação do Fluxo Luminoso

É a diminuição progressiva do fluxo luminoso ao longo da vida útil da lâmpada, “além da redução da iluminância do sistema de iluminação (luminárias e lâmpadas)” (SILVA, 2006).

3.2.8 Eficiência Luminosa

É calculada pela divisão entre o fluxo luminoso em lúmens e a potência consumida pela lâmpada em watts. Usa o lúmen por Watt (lm/W) como unidade de medida. Desse modo, podemos determinar que uma iluminaria é eficiente, quando a energia consumida (W) para gerar o mesmo fluxo luminoso é menor em relação a outra lâmpada (Figura 4) (SILVA, 2006).

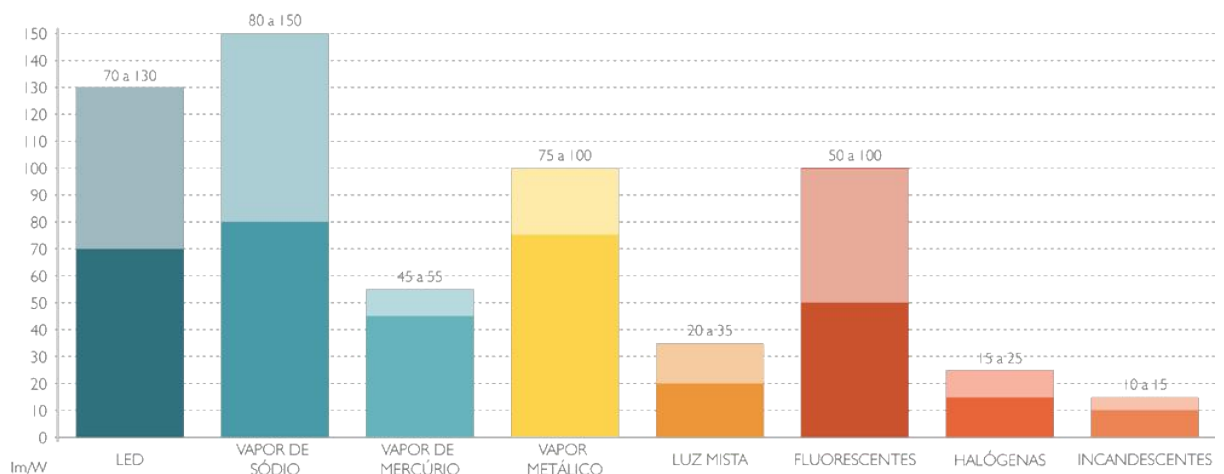


Figura 4. Eficiência Luminosa
Fonte: Empalux, 2018.

3.2.9 Poluição Luminosa

É o excesso de luz emitida pelo exagero de iluminação, gerando assim o desperdício de energia. A poluição luminosa trabalha em desacordo com a sustentabilidade, além de ter outras consequências, afetando a saúde e os ecossistemas (Figura 5).



Figura 5. Poluição luminosa
Fonte: Autor, 2018.

3.2.10 Ofuscamento

É o grupo excessivo de luz que podem gerar confusão, ou seja, é geralmente causada pela presença de uma ou mais fontes luminosas excessivamente brilhante. Faz com que a pessoa não enxerga “fique cego” ao olhar diretamente para a luz que vem a sua direção, causando desconforto, redução da capacidade ou ambos (Figura 6).

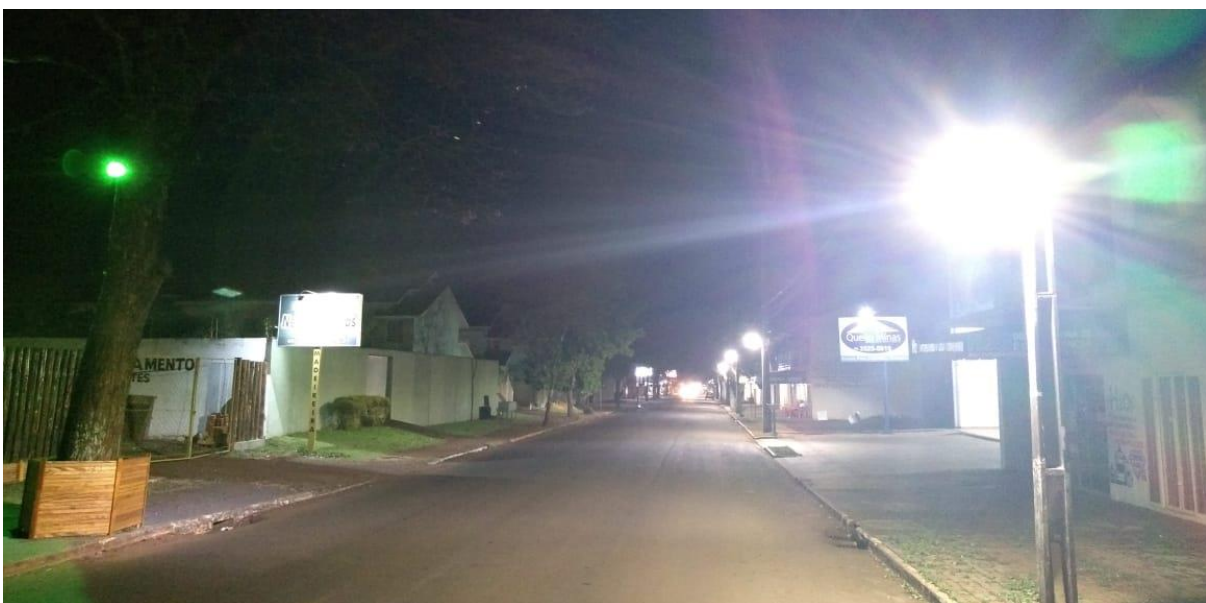


Figura 6. Ofuscamento
Fonte: Autor, 2018.

3.4 Fontes Luminosas

Os Tipos mais comuns nos parques de iluminação pública são as lâmpadas de descargas que se baseiam em propriedades emissivas do mercúrio, entre elas estão a Lâmpadas a vapor de Mercúrio e as Lâmpadas a Vapor de Sódio. Mas em contrapartida, as lâmpadas de LED estão cada vez mais, ganhando espaço nos parques de iluminação pública. A seguir, serão apresentados dois tipos de lâmpadas utilizados no sistema de iluminação pública, as lâmpadas de vapor de mercúrio e as lâmpadas de LED.

Destes pontos de iluminação pública, a maioria ainda funciona com lâmpadas de vapor de sódio, sendo considerada até pouco tempo como a tecnologia de ponta para iluminação pública. Ainda existem muitas lâmpadas a Vapor de Mercúrio e observa-se um crescente aumento de lâmpadas de LED com objetivo de tornar a iluminação sustentável (MELO, 2012).

Apesar da substituição das lâmpadas de vapor de mercúrio e de vapor de sódio por lâmpadas LED apresentarem um custo elevado, projeções apontam que o custo com iluminação pública reduzirá consideravelmente até 2020, uma vez que, as lâmpadas LED apresentam como uma das principais vantagens à alta eficiência e baixa manutenção, como demonstra a Figura 7.

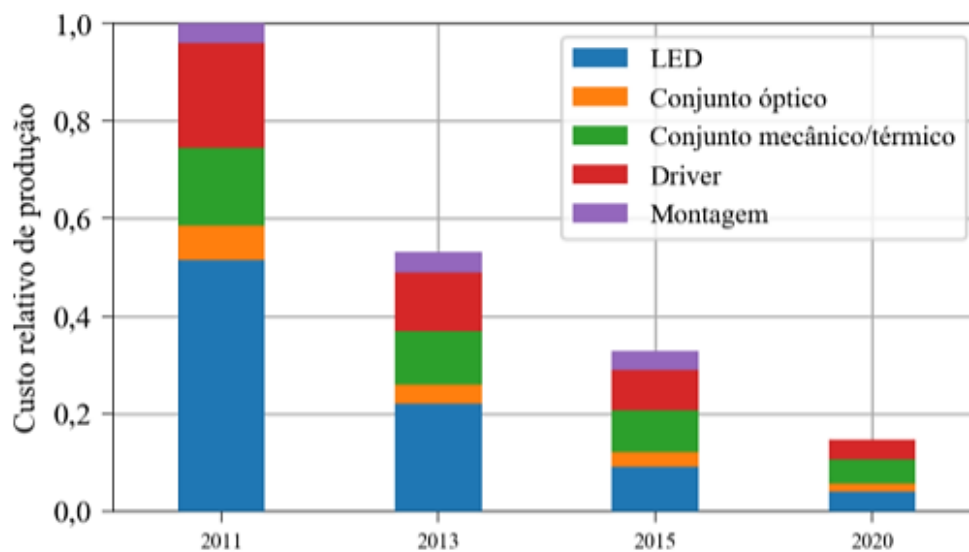


Figura 7. Projeção no custo de luminárias LED

Fonte: Nogueira et al., 2014.

3.4.1 Lâmpadas a Vapor de Sódio

A lâmpada a vapor de sódio em alta pressão utiliza um reator e um ignitor para o seu funcionamento. Esse ignitor é um componente que faz a tensão elevar-se até um nível de 3,0 a 4,5 kV, proporcionando o processo de acendimento da lâmpada. Para produzir luz, a corrente é lançada num tubo de descarga que, diferente das lâmpadas de mercúrio, é de cerâmica, pois em seu interior a sódio no lugar do mercúrio (Figura 8).

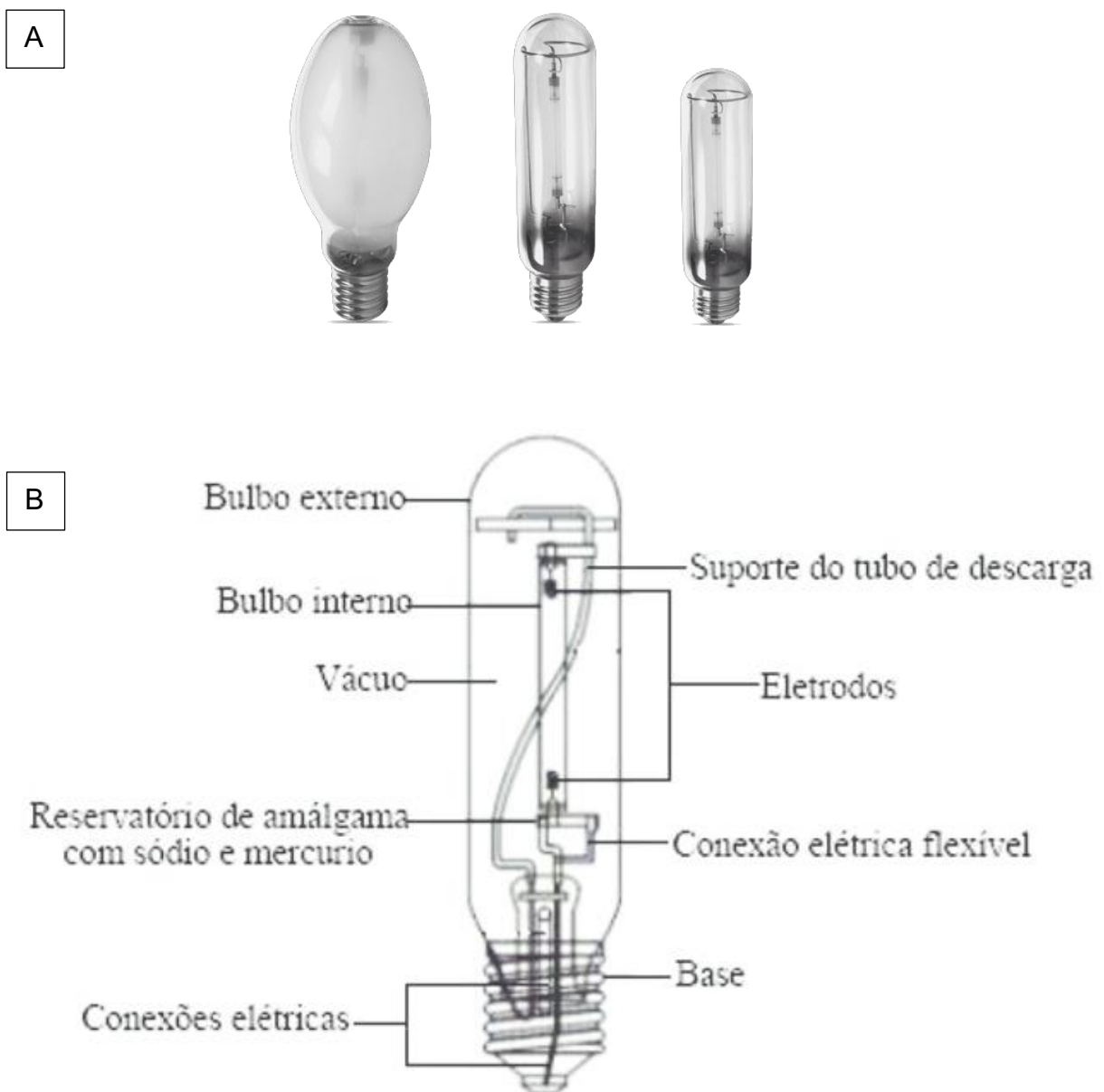


Figura 8. Lâmpada de Vapor de Sódio; (A) Tipos de Lâmpadas de vapor de sódio; (B) Esquema da lâmpada de vapor de sódio.

Fonte: Empalux, 2018.

A lâmpada emite uma luz extremamente forte e de cor amarelada monocromática, desse modo ela apresenta um baixo índice de reprodução de cor, pois distorce totalmente as cores. Sua grande vantagem é o fluxo luminoso de alta intensidade e com excelente economia de energia. Como desvantagem, necessita uso de reator, vida mediana de 28000 horas e 32000 horas e IRC: 20 a 39% (Baixo) (tabela 1).

Tabela 1. Características de Lâmpada Vapor de Sódio

CARACTERÍSTICA LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO				
ITEM	POTÊNCIA (W)	EFICIÊNCIA (lm/W)	TEMPERATURA DE COR (K)	FLUXO LUMINOSO (lm)
1	70	94	2000	6600
2	100	108	2000	10850
3	150	110	2000	17295
4	250	127	2000	33051
5	450	140	2000	56100

Fonte: Empalux, 2018.

Até 2014, devido à combinação de espectro amplo, alta eficácia e vida útil longa, aproximadamente 62% das luminárias de Iluminação Pública utilizavam lâmpadas de vapor de sódio. No entanto, com o avanço tecnológico do LED, o número de lâmpadas de vapor de sódio tem caído (ELETROBRÁS, 2014).

3.4.2 Lâmpadas de LED

As lâmpadas de LED, que significa diodo emissor de luz é um condutor de energia elétrica, que quando energizado libera fótons. Essa liberação de luz é chamada de eletroluminescência. Ao contrário das lâmpadas de Vapor de sódio, o LED é uma lâmpada livres de metais pesados, apresenta maior durabilidade e menor consumo de energia (RANGEL, SILVA; GUEDE, 2011).

Segundo Kalache et al. (2013,p. 5) “a combinação de diferentes materiais semicondutores utilizados na construção do LED influencia na produção de diferentes cores (comprimento de onda) e na eficiência do dispositivo”, por meio de uma tecnologia ecológica (Figura 9).

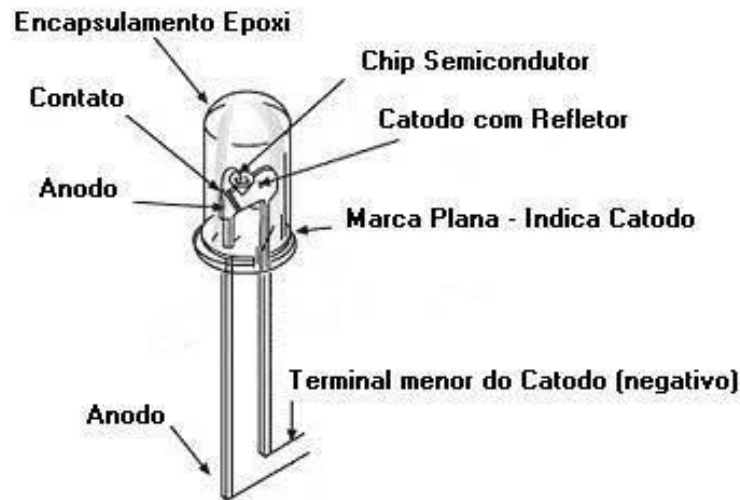






Figura 9. Lâmpada de LED
Fonte: Empalux, 2018.

Segundo Philips (2010 *apud* SANTANA, 2010, p. 32) as principais vantagens sobre as lâmpadas tradicionais (fluorescentes, vapor de sódio, vapor de mercúrio) são:

- a) Longevidade muito elevada;
- b) Baixos custos de manutenção;
- c) Maior eficiência do que as lâmpadas incandescentes e de halogênio;
- d) Acendem-se instantaneamente;
- e) Totalmente reguláveis sem variação da cor;
- f) Emissão direta da luz colorida sem filtros;
- g) Espectro de cores completo;
- h) Controle dinâmico da cor e ponto branco ajustável;
- i) Vantagens para o design;
- j) Liberdade total de design com iluminação escondida;
- k) Cores brilhantes e saturadas;
- l) Luz direcionada para sistemas mais eficientes;
- m) Iluminação robusta e resistente às vibrações;
- n) Vantagens ambientais;
- o) Sem mercúrio;
- p) Sem radiação IV ou UV na luz visível.

Comparando as lâmpadas LED com outras lâmpadas, observa-se que as lâmpadas LED apresentam maior fluxo luminoso pelo menor consumo, conseqüentemente maior economia além de alta durabilidade (Figura 10).

TIPOS DE LÂMPADAS				
A				
CONSUMO	COMUM	HALÓGENA	CFL	LED
	40 W	28 W	8 W	4 W
	60 W	42 W	12 W	6 W
	75 W	53 W	15 W	8 W
	100 W	70 W	20 W	10 W
DURABILIDADE	1 ano	1-3 anos	6-10 anos	15-25 anos
ECONOMIA	x	até 30%	até 80%	até 95%

B				
FONTE LUMINOSA	IRC (%)	EFICIÊNCIA LUMINOSA (LM/W)	VIDA MÉDIA (HORAS)	
Incandescente	100	10-15	750 - 1.000	
Halógena	100	15-35	1.500 - 2.000	
Fluorescente tubular	80-85	40-100	6.000 - 24.000	
Fluorescente compacta	80	40-80	6.000 - 24.000	
Vapor de mercúrio	40-55	45-58	9.000 - 15.000	
Vapor de sódio	22	80 - 150	18.000 - 32.000	
Vapor metálico	65 - 85	65 - 90	8.000 - 12.000	
Indução	80 - 90	80 - 110	60.000	
LED	70-95	35-130	25.000 - 100.000	
LED tubular	85	33-97	50.000	

Figura 10. Comparativo entre vários tipos de lâmpadas; (A) comparativo entre custo benefício em relação ao consumo; (B) Comparativo entre índice de IRC, eficiência luminosa e vida média

Fonte: Ramos, 2015; Sales, 2011.

3.4.3 Informações Luminotécnicas

O Gráfico apresentando a seguir tem a finalidade de fazer comparativos com as principais características das fontes luminosas utilizadas em sistemas de

iluminação pública, os valores indicados são apenas uma referência para comparação entre as tecnologias.

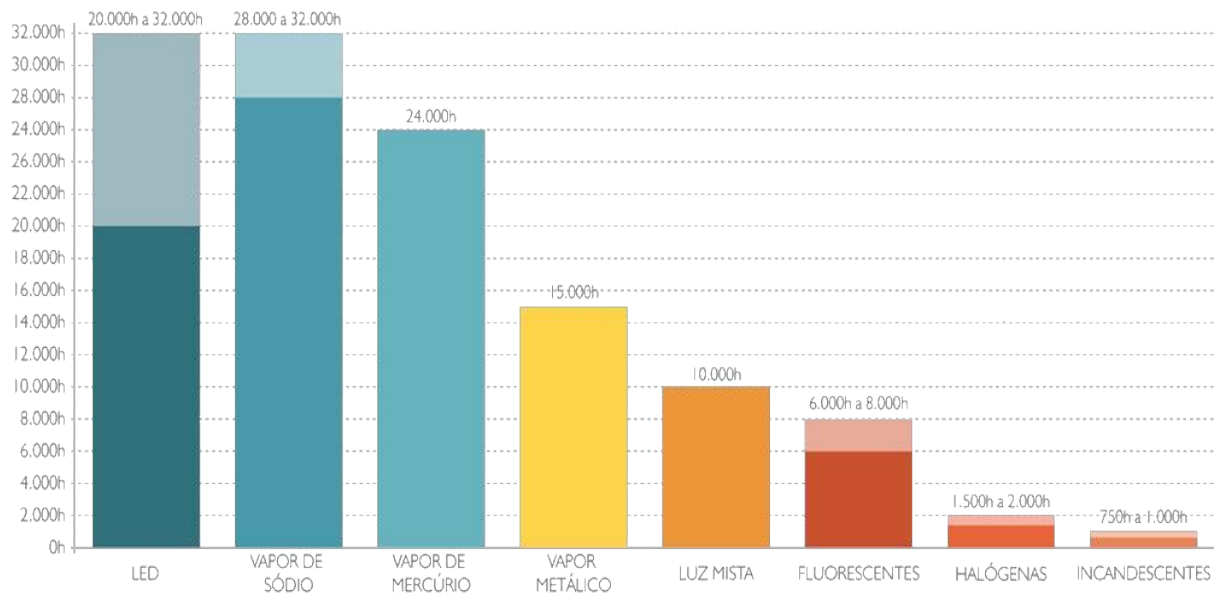


Figura 11. Características das fontes luminosas utilizadas em sistemas de iluminação pública
Fonte: Empalux, 2018.

3.5 Padronização da Iluminação Pública de acordo com NBR 5101

3.5.1 Vias para Iluminação

Para elaboração de um projeto de iluminação pública a NBR 5101 apresenta uma metodologia básica para desenvolver um projeto eficiente aplicado as vias. Esses critérios são os mínimos necessários, sendo assim, podem existir algumas alternativas que vai estar presente nesse trabalho, mais que ainda não está padronizado em norma (Figura 12).

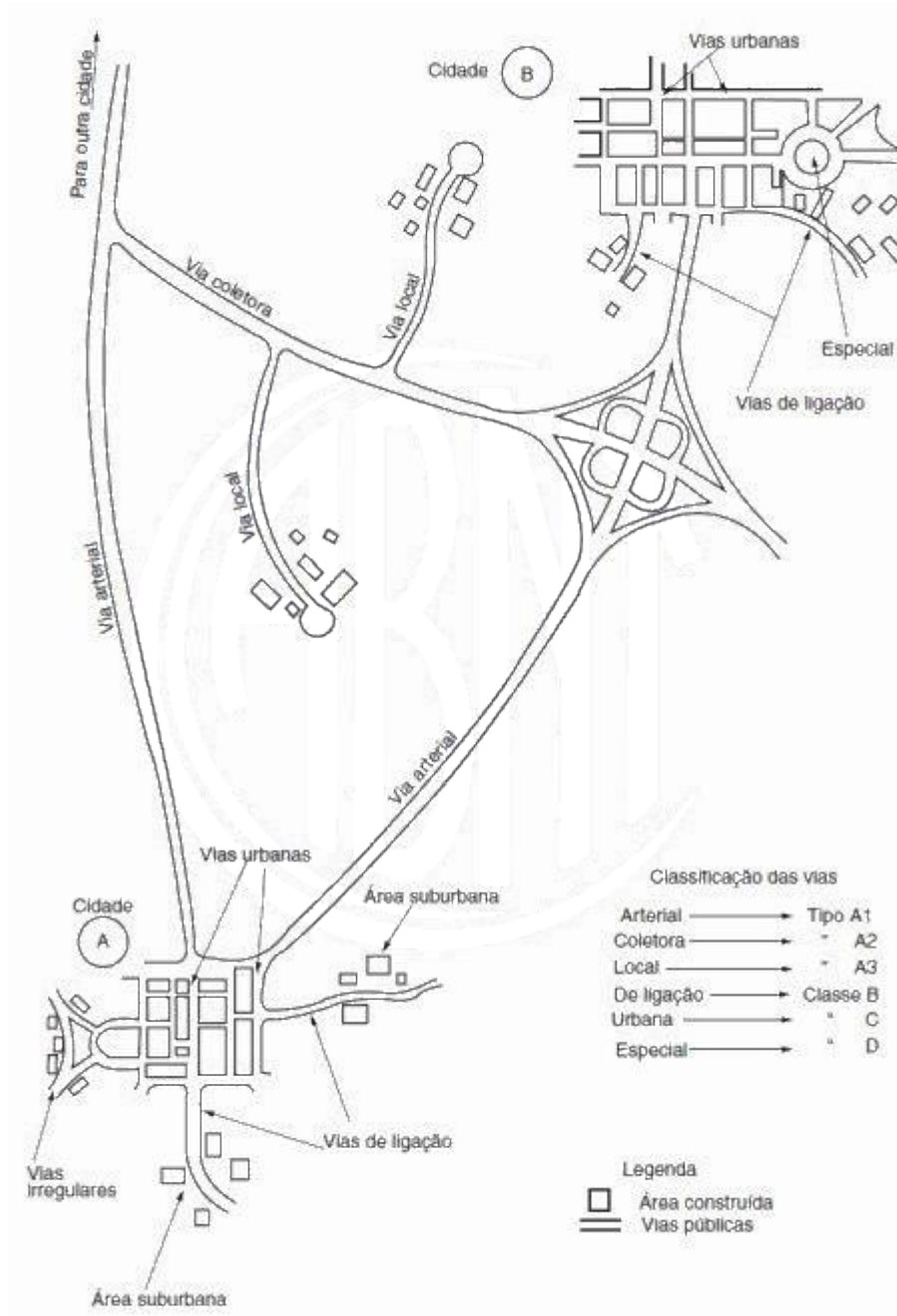


Figura 12. Classificação das Vias públicas
Fonte: Copel, 2012.

- Vias Urbanas: São aquelas, que existe tráfegos motorizados e circulação de pessoa em maior ou menor escalas. Sua principal característica é a presença de imóveis edificadas ao longo de sua extensão. Ex: avenidas, ruas, vielas ou caminho similares.
- Vias de trânsito rápido: São aquelas, que apresenta exclusividade de trânsito motorizado, onde não necessariamente existe a presença de edificações. Baixo

tráfego de pedestre e alto tráfego de veículos. Apresenta velocidade máxima de 80 km/h, sem interseções de níveis, trânsito livre e sem a travessia de pedestre.

- Vias arteriais: São aquelas, que apresenta exclusividade de trânsito motorizado e pouco acesso de tráfego, várias pistas, cruzamentos em dois planos, escoamento contínuo, elevada velocidade de operação e estacionamento proibido na pista. Geralmente não existe construções próximas e nem ofuscamento pelo tráfego e vias opostas.
- Vias coletoras: São aquelas, que apresenta exclusividade de tráfego motorizado, que se caracteriza por um volume de tráfego de movimento inferior a aquelas das vias arteriais. Elas são destinadas a distribuir e coletar trânsito que tem necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, elas possibilitam o trânsito dentro das cidades, com velocidade máxima de 40 km/h.
- Vias locais: São aquelas, que tem a finalidade de fazer o acesso a outras vias urbanas e acessos as edificações. Com grande acesso e pequeno volume de tráfego. Com velocidade máxima de 30 km/h, elas têm a finalidade de acesso local ou de áreas restritas.
- Vias Rurais: São mais conhecidas por estradas de rodagem, que muitas as vezes nem sempre apresenta exclusivamente tráfego motorizado (COPEL, 2012, p. 8-10).

3.5.2 Volume de Tráfego

O volume e tipo do tráfego também devem ser levados em consideração na elaboração de um projeto luminotécnico, tanto para pedestres quanto para veículos (Figura 13).

Classificação	Tipo de tráfego	
	Motorizado*	Pedestres
Sem	Até 500	Ocupação em ruas arteriais, exclusivas para o tráfego motorizado
Leve	501 a 1200	Ocupação em ruas residenciais médias
Médio	> 1200	Ocupação em ruas comerciais secundárias
Intenso	---	Ocupação em ruas comerciais principais

*Volume de tráfego noturno de veículos por hora, em ambos sentidos, em pista única.

Figura 13. Tipo de tráfego motorizado e de pedestres

Fonte: Copel, 2012.

“Determinado o volume do tráfego, faz-se necessário definir os parâmetros fotométricos adequados para atender a necessidade do local” (COPEL, 2012, p. 13) (Figura 14).

Descrição da via	Volume de tráfego	E_{min} (lux)	U_{min}
Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; auto-estradas	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo	Intenso	30	0,4
	Médio	20	0,3
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado	Intenso	20	0,3
	Médio	15	0,2
	Leve	10	0,2
Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial	Médio	10	0,2
	Leve	5	0,2
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadas, passeios de zonas comerciais)		20	0,3
Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, áreas de lazer)		10	0,25
Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo, passeios, acostamentos)		5	0,2
Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo, passeios de bairros residenciais)		3	0,2

Figura 14. Limites fotométricos para vias de tráfego motorizado e de pedestres

Fonte: Copel, 2012.

3.5.3 Topologia da iluminação pública

Após a definição dos termos luminotécnicos, faz-se necessário especificar os materiais e métodos de instalação e o modo de como eles devem ser utilizados. Para isso, é necessário atentar os padrões exigidos pela norma regulamentadora, além de avaliar o local (estruturas das redes elétricas existentes, postes, prédios, marquises, arborização, entre outros) e como os pontos de iluminação estão configurados (COPEL, 2012) (Figura 15).

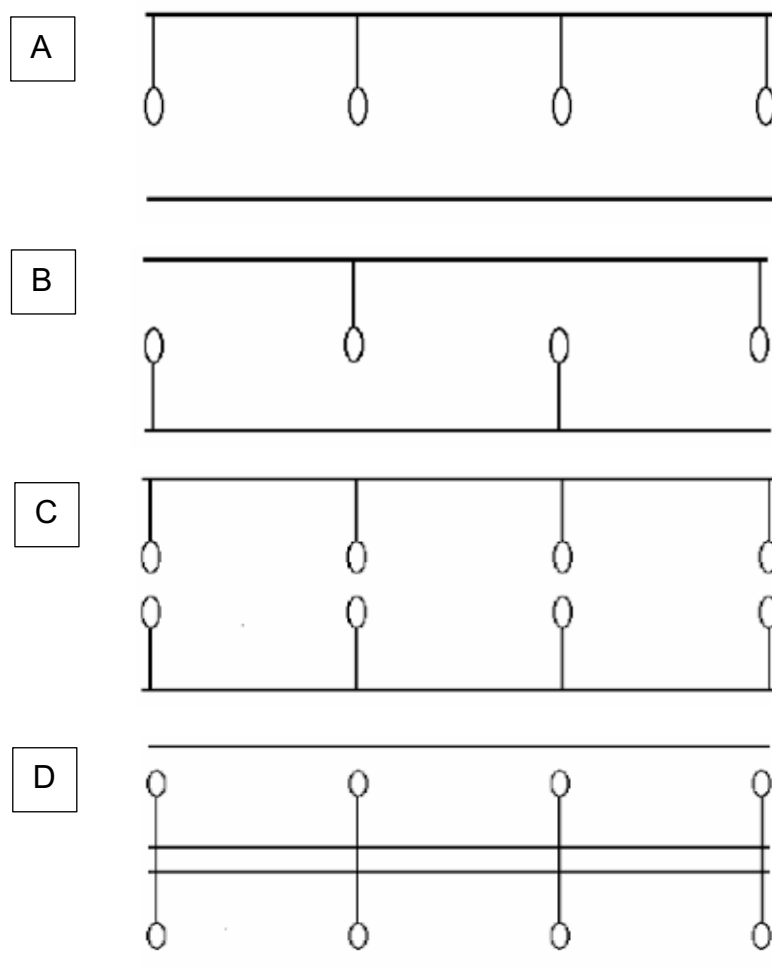


Figura 15. Arranjo das luminárias; (A) Arranjo unilateral (vias colaterais e locais, largura máxima da pista de rolamento $\leq 9\text{m}$ com tráfego motorizado leve ou médio); (B) Arranjo bilateral alternado (vias com tráfego motorizado intenso e largura de pista de rolamento de até 16m); (C) Arranjo bilateral (tráfego motorizado intenso e largura de pista de rolamento de até 18m); (D) Arranjo empregado em vias com canteiro central.

Fonte: Copel, 2012.

4 ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE CAMPO MOURÃO

A iluminação pública de Campo Mourão quase em sua totalidade está sendo feita através da lâmpada de vapor de sódio, mas por sua vez está apresentando inúmeros problemas devido à quantidade de lâmpadas queimadas e pela quantidade de regiões que estão com problemas de iluminação e outras que estão com desperdício (Tabela 2).

A quantidade de lâmpadas queimadas está relacionada com a Lei nº 8666, de 21 de junho de 1993 a “Lei de contratos e licitações”, que condiciona o processo licitatório do “menor preço” dos produtos e serviços, podendo levar a compra de produtos de baixa qualidade, gerando prejuízos na administração pública como relatado por Fernandes (2000).

Tabela 2. Lâmpadas Instaladas em Campo Mourão

Total de Lâmpadas em Campo Mourão			
ITEM	Quant.	Potência	Consumo kWh
Resumo IP Vias	12.482	4.705	820.320
Resumo IP Praças	129	2.805	12.441
Resumo IP Superpostes	185	7.870	23.120
Resumo IP Outros	240	5.154	32.215
Total	13.036	20.534	888.096

Fonte: Copel, 2017.

Esta tabela determina a quantidade de lâmpadas instaladas em Campo Mourão, esses dados, são fornecidos pela COPEL anualmente. Sendo assim, até o ano de 2017, a cidade apresenta 13.036 lâmpadas instaladas.

O estudo desse trabalho tem o objetivo de melhorar a qualidade da iluminação fornecida pela prefeitura em algumas vias da Cidade de Campo Mourão, melhorando assim as condições noturnas nos espaços públicos, gerando assim um aumento na segurança e a qualidade de vidas da população como o todo.

A cada mês que passa a divisão de iluminação pública de Campo Mourão, por meio de ofícios, informa a COPEL à relação das alterações executadas por eles nos

sistemas de iluminação, nesse caso, pode ser alterações de potência das luminárias ou até mesmo exclusão ou inclusão.

5 MATERIAIS INVESTIGADOS

O estudo apresentado nesse trabalho, visa a comparação direta entre as luminárias equipadas com lâmpada de vapor de sódio e com luminárias de LED. Desse modo, vamos analisar os devidos materiais e quais os métodos de instalação apresentando na nova NBR 5101.

É possível encontrar algumas divergências de potências, lâmpadas de diferentes tipos e grande quantidade de lâmpadas queimadas ou inativas. Esse estudo tem a finalidade de padronizar o setor de iluminação pública de Campo Mourão de acordo com a nova NBR 5101. Para ocorrer um investimento da prefeitura nessa padronização é necessário que estudo tenha uma viabilidade econômica, ou seja, o investimento dever se pagar ao passo de alguns anos.

5.1 Custo da implantação do Sistema

O sistema de IP de Campo Mourão é instalado em Rede de Baixa Tensão-BT, ou seja, rede secundaria- 220/127 Volts. Essas condições, são necessárias para que possa fornecer energia para os parques de IP da cidade.

5.1.1 Lâmpadas a Vapor de Sódio

Cada conjunto apresenta os seguintes materiais (Figura 16):

- a) Luminária
- b) Braço
- c) Reator
- d) Relé fotoelétrico
- e) Lâmpada Vapor de Sódio

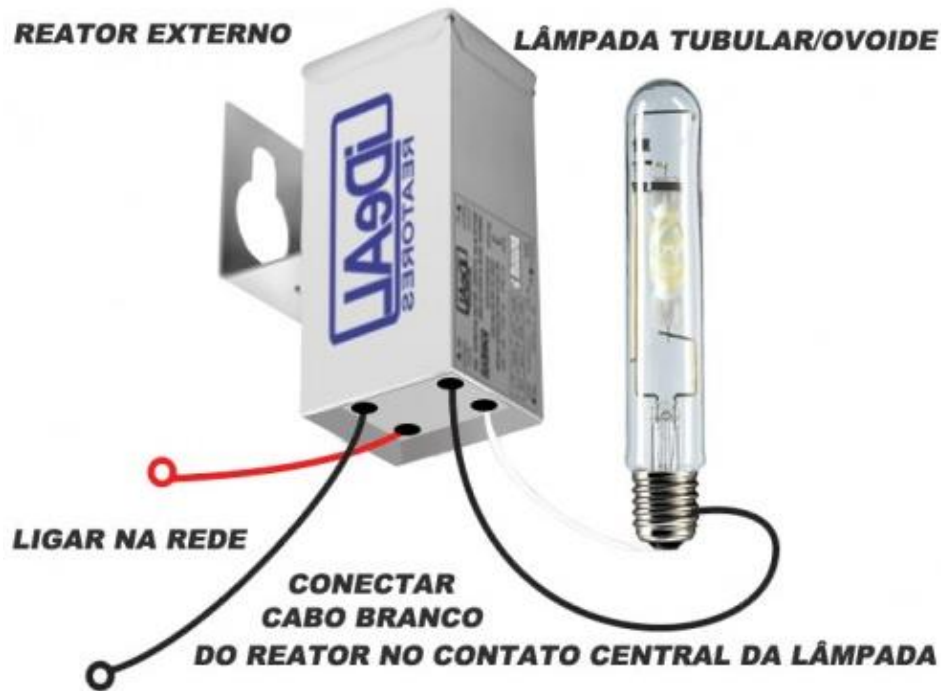


Figura 16. Sistema para instalação de lâmpadas à vapor de sódio
Fonte: Google imagens¹

5.1.1.1 Características do Sistema

O núcleo dos reatores é composto por uma bobina em fio de cobre a 200°C em chapa de silício, resinado em poliéster. Seu corpo é formado por caixa metálica de ferro, pintada ou galvanizada. Os quadros a seguir, representam as principais características das lâmpadas e dos reatores utilizados para lâmpada em questão.

Quadro 1. Principais características das lâmpadas à vapor de sódio

Característica Lâmpadas de Sódio					
ITEM	TIPO	POTÊNCIA (W)	TEMPERATURA DE COR	COR	IRC %
Lâmpada de 150w	Tubular	150	2000	difusa	>20
Lâmpada de 250w	Tubular	250	2000	difusa	>20
Lâmpada de 400w	Tubular	450	2000	difusa	>20

Fonte: Copel, 2017.

¹ Disponível em: goo.gl/YYHPsk. Acesso em: 12 de set. 2018.

Quadro 2. Principais características dos reatores utilizados para lâmpada à vapor de sódio

Característica do Reator para Lâmpadas de Sódio			
ITEM	TIPO	POTÊNCIA (W)	ALIMENTAÇÃO (V)
Reator para Lâmpada de 150w	Externo	150	220
Reator para Lâmpada de 250w	Externo	250	220
Reator para Lâmpada de 400w	Externo	450	220

Fonte: Copel, 2017.

5.1.1.2 Principais Custo para a Instalação

Quadro 3. Principais Custo para a Instalação de lâmpadas à vapor de sódio

Custo de Instalação Lâmpadas de Sódio Para Poste				
ITEM	UNID	QTDE	VALOR	VALOR
Arruela Quadrada	UNI	1	0,77	0,77
Braço BR1 Galv.	UNI	1	22,44	22,44
Cabo XLPE 2,5 mm2	M	3	2,59	7,77
Conector Cunha	UNI	2	5,615	11,23
Lâmpada VSO 250W	UNI	1	37,10	37,10
Luminária LM1	UNI	1	24,86	24,86
Parafuso RD	UNI	1	7,65	7,65
Reator VSO 250W EXT	UNI	1	73,83	73,83
Rele Fotoelétrico	UNI	1	16,91	16,91
Total				202,56

Fonte: Copel, 2017.

5.1.2 Lâmpadas de LED

5.1.2.1 Características do Sistema

Quadro 4. Principais características das lâmpadas de LED

Característica Lâmpadas de LED					
ITEM	TIPO	POTÊNCIA (W)	TEMPERATURA DE COR	COR	IRC %
Lâmpada de 150w	Quadrada	150	6000	difusa	>20

Fonte: Copel, 2017.

5.1.2.2 Principais Custos para Instalação

Quadro 5. Principais custos de instalação das lâmpadas de LED

Custo de Instalação LED para Poste				
ITEM	UNID	QTDE	VALOR	VALOR
Luminária LED Blue Pública	UNI	1	670,48	670,48
Arruela Quadrada	UNI	1	0,77	0,77
Braço BR1 Galv.	UNI	1	22,44	22,44
Cabo XLPE 2,5 mm ²	M	3	2,59	7,77
Conector Cunha	UNI	2	5,615	11,23
Parafuso RD	UNI	1	7,65	7,65
Relé Fotoelétrico	UNI	1	16,91	16,91
Total				737,25

Fonte: Copel, 2017.

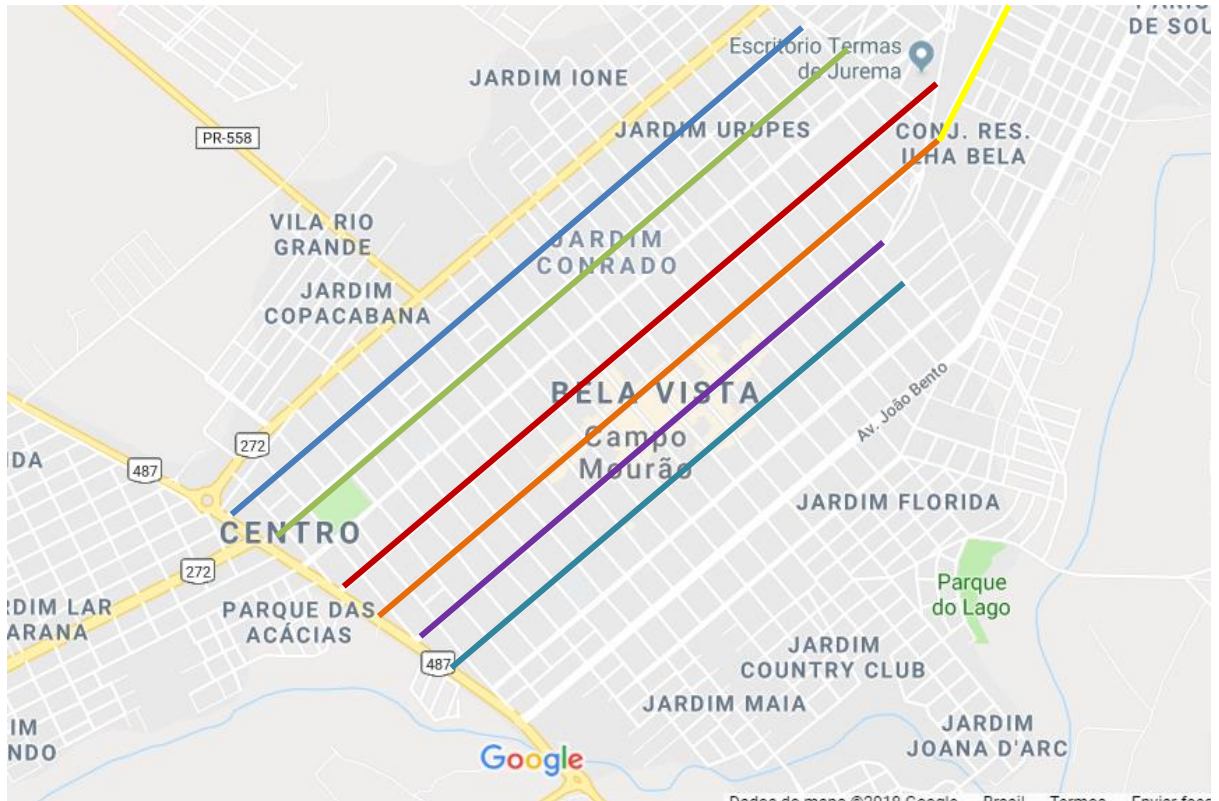
6 METODOLOGIA

Através do setor de obras de Campo Mourão e por pesquisas de campo, foram levantados alguns dados da real situação da iluminação pública dessa cidade. Com esses dados, foi possível aplicar os conceitos da NBR 5101 e analisar a viabilidade econômica da implantação da tecnologia de iluminação por LEDs, especialmente em postes elevados da Copel.

Foram discutidas alternativas que devem ser consideradas para melhorar a eficiência, observando os principais gastos de manutenção e obtenção de novas tecnologias.

6.1 Delineamento experimental

Um estudo transversal foi conduzido na cidade de Campo Mourão, Paraná no período de maio de 2018 a novembro de 2018. Com o intuito de manter a proporção no total de amostras, determinou-se que seriam analisadas a Rua Nei Braga, Avenida Jorge Walter, Avenida Irmãos Pereira, Avenida Manoel M. de Camargo, Avenida Capitão Índio Bandeira, Avenida Guilherme de P. Xavier e Avenida Goioerê. As vias urbanas são paralelas, sendo possível determinar pontos semelhantes entre elas (Figura 17).



— Avenida Jorge Walter; — Avenida Guilherme de Paula Xavier; — Avenida Goioerê;
 — Avenida Manoel M. de Camargo; — Avenida Capitão Índio Bandeira; — Avenida Irmãos
 Pereira; — Rua Nei Braga.

Figura 17. Delineamento experimental
 Fonte: Google maps²

6.2 Equipamento de Medição

O estudo apresentado nesse trabalho tem a finalidade de analisar qual é a real situação de determinar regiões de Campo Mourão. Com essa análise, vai ser comparado o sistema em questão com a introdução de um sistema com lâmpadas de LED. Desse modo, foi realizado medidas de níveis de luminosidade ambiente na faixa de 1 a 100.000 lux.

Essa medição foi realizada pelo luxímetro digital Luxer meter® modelo ICEL LD-510, que mede a intensidade luminosa desenvolvido com tecnologia de semicondutores de acordo com a curva internacional padrão de sensibilidade do olho humano. Para tanto, foi realizado medições no Pé da Lâmpada, Meio da via, fim da via e meio da calçada, a 0m, 3m, 6m e 9m de distância do poste (Figura 18).

² Disponível em: goo.gl/JWZBhA. Acesso em: 22 de out. 2018.



Figura 18. Equipamento de medição
Fonte: Icel-Manaus, 2019.

Ao fazer as medições, foram analisadas algumas condições que podem atrapalhar a pesquisa em si ou seja: regiões com muitas árvores (arborização), influência de outras iluminações, condições do tempo (nublado) e posicionamento das células. Todas as medições foram realizadas no dia 22 de novembro de 2018, o céu estava sem nuvens e estrelado.

7 RESULTADOS

Analisando os dados obtidos sobre o sistema de iluminação pública da cidade de Campo Mourão, Paraná, nas regiões estabelecidas, observa-se que a mesma possui significativo número de pontos de iluminação, no total de 1.558 lâmpadas, distribuídas em 644 postes republicados e 384 postes da Copel. A maior parcela do sistema é constituída por pontos de que lâmpadas de vapor de sódio com potência de 250 W e 400W, totalizando 904 pontos, de vapor metálico com potência de 250 W e 400W, totalizando 620 pontos, e LED de 150W, totalizando 44 pontos.

Na Avenida Jorge Walter estava instalada 220 lâmpadas de sódio de 400W e 10 lâmpadas de vapor metálico de 400W, a maioria das iluminarias utilizadas é do tipo republicana de 1 e 2 pétalas, com altura de 3 metros, a via tem largura de 6 metros com calçada de 4 metros e possui um canteiro central. Nesta Avenida há 147 postes, sendo 49 da Copel com 96 lâmpadas e 98 republicanos com 134 lâmpadas, em sua maioria, lâmpadas de vapor de sódio de 400W de cor amarela (Figura 19).





Figura 19. Avenida Jorge Walter
Fonte: Autor, 2018

Ao avaliar os níveis de luminosidade ambiente (por meio do luxímetro), nos postes republicanos com lâmpadas de vapor de sódio, observa-se que várias interferências que afetam a qualidade de iluminação pública, podendo aumentar os custos com energia elétrica, entre elas, a posição transversal de luminárias (espaçamento, posicionamento e altura) e o tipo da lâmpada.

Apesar de Schulz (2016) destacar que a iluminação rebaixada gera uma economia de 20 por cento no consumo de energia elétrica e apresenta um ganho médio de 75 por cento no fluxo luminoso, no presente estudo observa-se que o maior fluxo luminoso dos postes rebaixados ocorrem apenas no “pé da lâmpada”, tanto em postes de 1 e 2 pétalas, diminuindo gradativamente com a distância do poste, chegando a 3 lux. no meio da calçada em postes de 1 pétala (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição lateral de luz representados em projeção da Avenida Jorge Walter

Poste Republicano 1 Pétalas					
Lâmpada Vapor de Sódio	Distância do Poste	0m	3m	6m	9m
Pé da Lâmpada (Meio fio)	1,75m	120	54	17	9
Meio da Via	5,5m	18	18	11	7
Fim da Via (Meio Fio)	9,25m	7	8	5	4
Meio da Calçada	11,25m	3	4	3	3

Poste Republicano 2 Pétalas					
Lâmpada Vapor de Sódio	Distância do Poste	0m	3m	6m	9m
Pé da Lâmpada (Meio fio)	1,75m	164	104	21	12
Meio da Via	5,5m	24	28	18	10
Fim da Via (Meio Fio)	9,25m	9	9	6	6
Meio da Calçada	11,25m	5	4	8	4

Fonte: Autor, 2018.

Um fenômeno parecido ocorre na Avenida Capitão índio Bandeira, onde estão instaladas 326 lâmpadas, sendo em sua maioria de Vapor de sódio ($n=320$), distribuídas em 170 postes, destes 118 são postes republicanos e 52 são postes elevados da Copel (Figura 20).





Figura 20. Avenida Capitão índio Bandeira
Fonte: Autor, 2018

Nesta Avenida observa-se uma iluminação deficiente considerando a porcentagem do fluxo luminoso na via, e em áreas adjacentes. A falta de iluminação adequada pode prejudicar a segurança de veículos e pedestres, além de aumentar os custos com iluminação pública, uma vez que, observa-se que número excessivo de postes e lâmpadas com pouco eficiência.

No meio da via, a uma distância de 9 metros do poste republicano de 1 pétala o fluxo luminoso chega em 5 lux., e em postes de 2 pétalas, na mesma distância, o fluxo chega a 13 lux. Observa-se na figura 19, que o fluxo luminoso é direcionado para cima, em um plano horizontal verifica-se que o fluxo luminoso fica comprometido.

Já na Avenida Guilherme de Paula Xavier, estão instaladas 384 lâmpadas, sendo destas 96 de vapor de sódio e 288 de vapor metálico. A maioria das luminárias utilizadas na Avenida são do tipo republicana com prevalência de postes com 1 pétala, sendo que, em cada trecho da avenida estão dispostos 10 postes republicanos com 1 pétala, 4 postes com 2 pétalas em todos os trechos da avenida. Ainda no canteiro central há 3 postes da Copel em todos os trechos (exceto entre a Rua Rocha Pombo / Rua Panambi que contam com 4 postes) totalizando 49 postes da Copel (Figura 21).

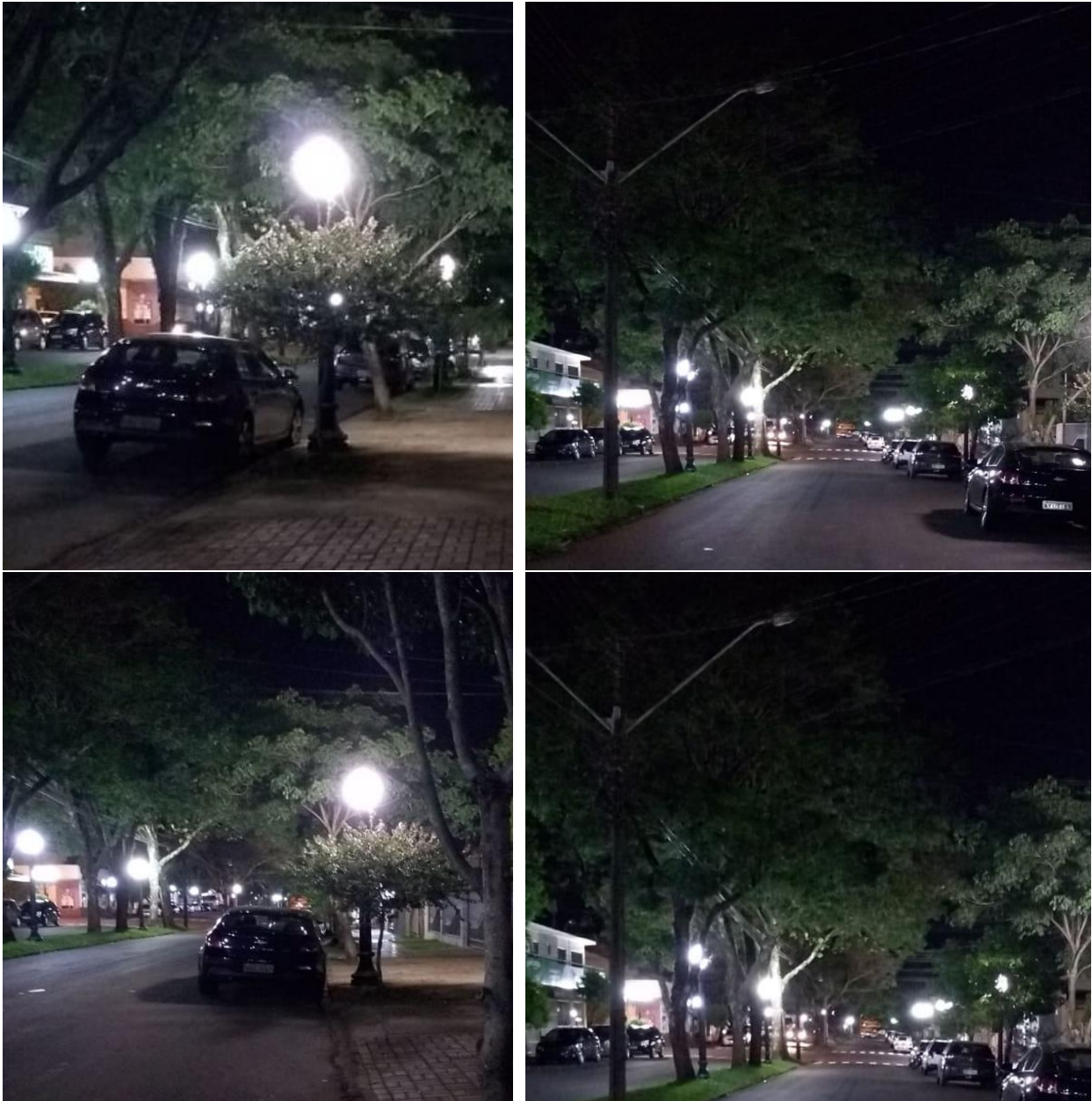


Figura 21. Avenida Guilherme de Paula Xavier
Fonte: Autor, 2018

Avaliando distribuição de intensidade luminosa longitudinal e transversal das lâmpadas de vapor metálico instaladas nos postes republicanos da Avenida Guilherme de Paula Xavier, observa-se que existe um fluxo luminoso excessivo levando em consideração os limites recomendados para a distribuição lateral de luz representados em projeção retangular da NBR 5101. Isso gera um consumo elevado e desnecessário.

Em postes republicanos de 1 pétala, instaladas lâmpadas de vapor metálico, observa-se que no “pé da lâmpada” o fluxo luminoso chega a 260 lux., além do que

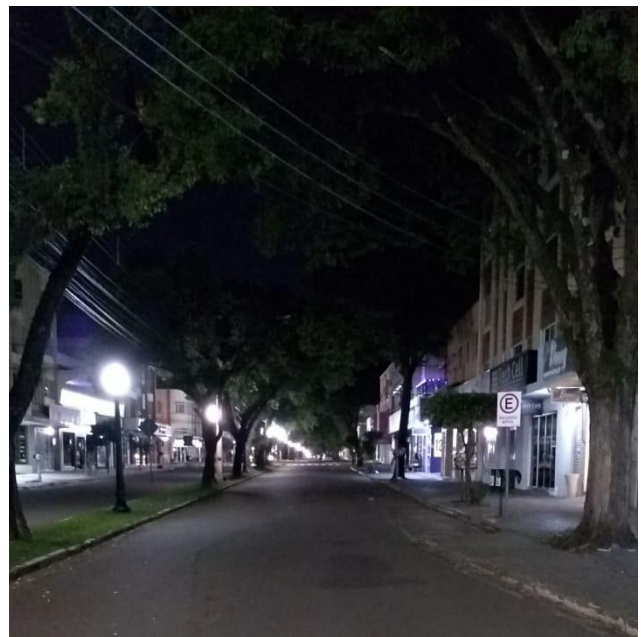
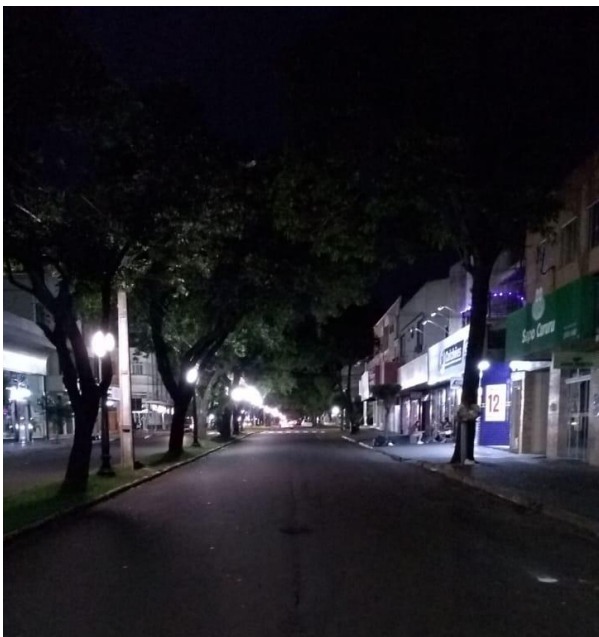
uma iluminação branca em postes rebaixados pode gerar uma poluição e desconforto visual (Tabela 4).

Tabela 4. Distribuição lateral de luz representados em projeção da Avenida Guilherme de Paula Xavier

Poste Republicano 1 Pétalas					
Lâmpada Vapor Metálico	Distância do Poste	0m	3m	6m	9m
Pé da Lâmpada (Meio fio)	1m	260	130	50	30
Meio da Via	4,75m	50	50	30	20
Fim da Via (Meio Fio)	8,5m	20	20	10	50
Meio da Calçada	10,5m	10	10	10	30

Fonte: Autor, 2018.

O mesmo problema se repete na Avenida Manoel M. de Camargo onde estão instaladas 257 lâmpadas, destas 163 são de vapor metálico (Figura 22).



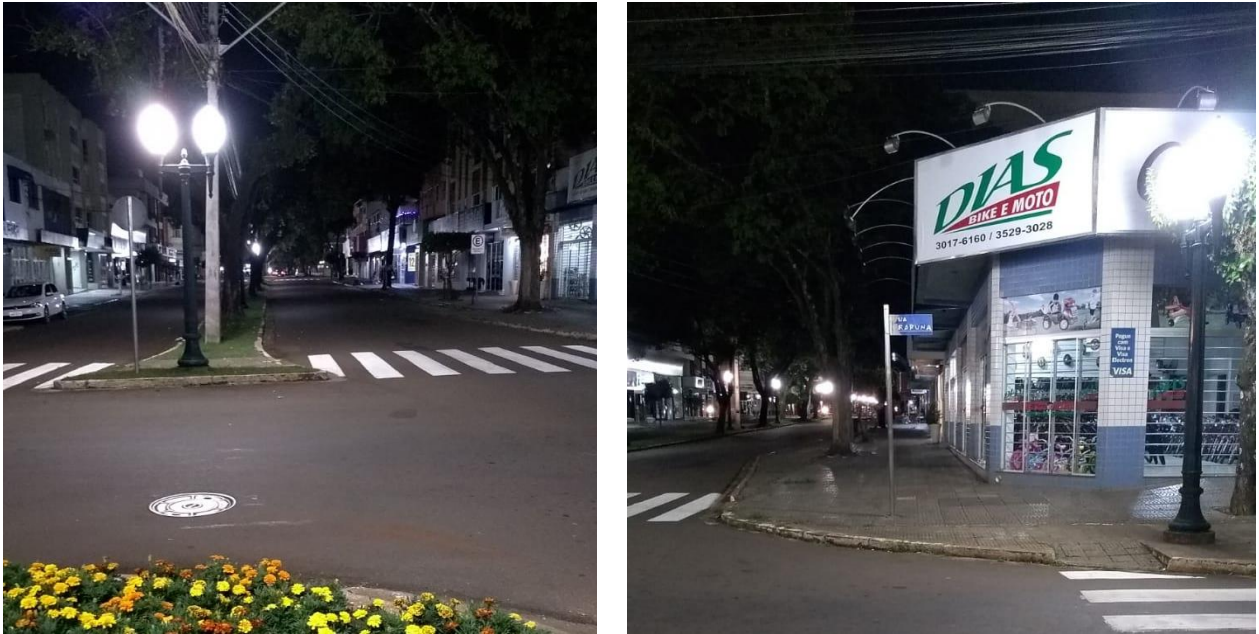


Figura 22. Avenida Manoel M. de Camargo
Fonte: Autor, 2018

A maioria das iluminarias utilizadas dessa Avenida são do tipo republicana contendo tanto com postes de 1 pétala (n=64), de 2 pétalas (n=32) e de 5 pétalas (n=7), totalizando 108 postes instaladas 163 lâmpadas. Na mesma Avenida ainda contém 58 postes elevados da Copel com 94 lâmpadas.

Observa-se que na Avenida Manoel M. de Camargo a troca por lâmpadas de vapor metálico de 400 W forneceram uma luz neutra, com fluxo luminoso intenso. Tanto que nos cruzamentos e rotatórias verificou-se que a luminância da lâmpada gera um certo ofuscamento, principalmente pela instalação de postes republicanos nos lados externos das curvas, podendo aumentar as chances de acidentes envolvendo veículos e pedestres.

Já na Avenida Irmãos Pereira estão instaladas 243 lâmpadas em um total de 162 postes, sendo em sua maioria republicanos (n=101). Um dos principais problemas encontrados na presente via é a instalação de lâmpadas de vapor metálico em postes rebaixados (Figura 23).



Figura 23. Avenida Irmãos Pereira
Fonte: Autor, 2018

As lâmpadas de vapor metálico apresentam um ótimo custo benefício para a iluminação pública, no entanto, deve ser realizado um projeto luminotécnico, pois apresentam cores brilhantes e saturadas, e quando instalado em condições inadequadas podem gerar poluição luminosa e ofuscamento como observado na presente avenida.

Outro problema é a questão do fluxo luminoso ser direcionado para cima em postes republicanos. Como observado na Figura 22, o poste elevado da Copel, com uma lâmpada de Vapor de sódio, apresenta melhor distribuição lateral de luz em

projeção retangular comparado aos postes republicanos com lâmpadas de vapor metálico.

Ao avaliar os níveis de luminosidade ambiente, verificou-se que o fluxo luminoso dos postes republicanos com lâmpadas de vapor metálico instalados na Avenida Irmãos Pereira é menor que quando comparado com postes republicanos instalados com lâmpadas de vapor de sódio, especialmente em postes republicanos de 1 pétala, chegando a 1 lux. no fim da via, numa distância de 9 metros e no meio da calçada a 6 metros (Tabela 5).

Tabela 5. Distribuição lateral de luz representados em projeção da Avenida Irmãos Pereira

Poste Republicano 1 Pétalas					
Lâmpada Vapor Metálico	Distância do Poste	0m	3m	6m	9m
Pé da Lâmpada (Meio fio)	1m	40	25	6	3
Meio da Via	4,75m	8	7	4	2
Fim da Via (Meio Fio)	8,5m	3	2	2	1
Meio da Calçada	10,5m	2	4	1	2
Poste Republicano 2 Pétalas					
Vapor metálico	Distância do Poste	0m	3m	6m	9m
Pé da Lâmpada (Meio fio)	1m	35	18	3	4
Meio da Via	4,75m	20	23	4	8
Fim da Via (Meio Fio)	8,5m	11	13	10	6
Meio da Calçada	10,5m	6	10	5	8
Poste Republicano 5 Pétalas					
Vapor metálico	Distância do Poste	0m	3m	6m	9m
Pé da Lâmpada (Meio fio)	1m	72	48	20	45
Meio da Via	4,75m	20	22	12	14
Fim da Via (Meio Fio)	8,5m	11	15	20	7
Meio da Calçada	10,5m	17	19	35	52

Fonte: Autor, 2018.

Já na Rua Nei Braga, continuação da Avenida Manoel M. de Camargo. Na presente rua estão instaladas 44 lâmpadas de LED instaladas em postes rebaixados da Copel (Figura 24).

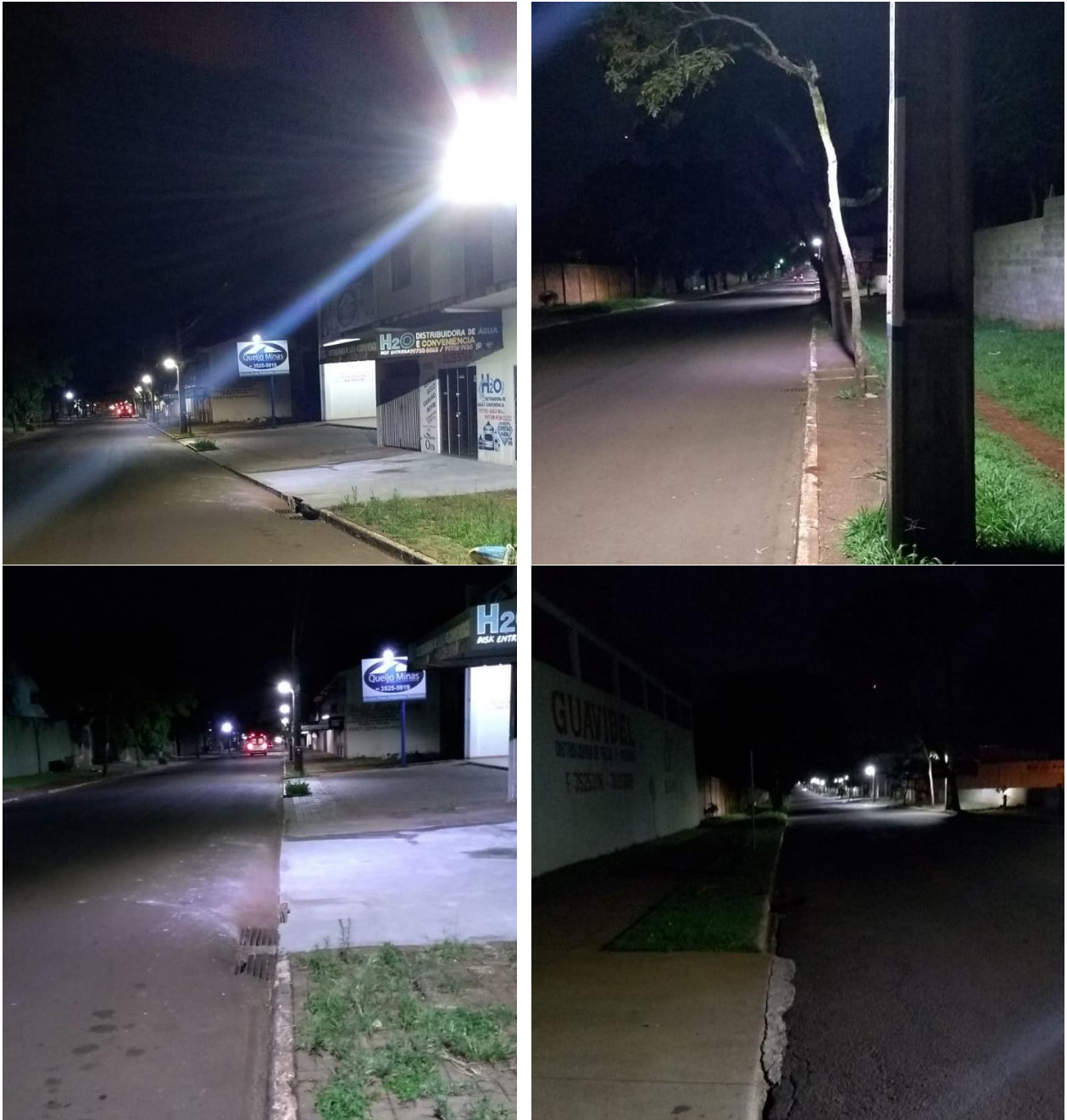


Figura 24. Rua Nei Braga
Fonte: Autor, 2018

A questão do ofuscamento e dos níveis de luminosidade das lâmpadas de LED em postes rebaixados ficam claros na Figura 23. Na Rua Nei Braga tanto no meio e

no fim da via, como no meio da calçada a 1 metro de distância do poste o lux. chega a 0. Na instalação das lâmpadas de LED na Rua Nei Braga não foram avaliadas as características fotométricas e cromáticas da lâmpada, comprometendo a segurança de veículos e principalmente de pedestres, além de aumentar o risco de acidentes causados pelo ofuscamento.

Por fim, na Avenida Goioerê, estão instaladas 84 lâmpadas, sendo todas de vapor de sódio, em postes elevados da Copel (Figura 25).



Figura 25. Avenida Goioerê
Fonte: Autor, 2018

Nesta Avenida observa-se uma iluminação eficiente considerando a porcentagem do fluxo luminoso na pista e áreas adjacentes. No entanto, em toda a extensão da Avenida, observa-se várias interferências que afetam o sistema, entre eles, a posição transversal de luminárias (espaçamento e posicionamento), tipo de lâmpada instalada e arborização, sendo necessária a implementação de um projeto luminotécnico.

No caso da Avenida Goioerê, seria possível a troca das lâmpadas de vapor de sódio por lâmpadas de vapor metálico nos postes já instalados, aumentando a segurança para veículos e, principalmente para pedestres, além de diminuir os custos com iluminação pública, uma vez que, apresentam alta eficiência luminosa, baixo custo de instalação e bom índice de reprodução de cor, além de poda de árvores para sanar o problema de iluminação pública da via.

As lâmpadas de vapor metálico têm apresentado ótimo custo benefício em relação as demais lâmpadas utilizadas para iluminação pública, considerando principalmente a falta de regulamentação da certificação de lâmpadas LED para luminárias de iluminação pública no Brasil. Apesar do avanço na pesquisa com lâmpadas LED ainda existem lacunas quanto sua durabilidade e eficiência, especialmente no que se refere as boas práticas de mercado como a rotina do produto acabado, avaliação dos espectros luminosos e temperatura de cor e avaliação dos dados elétricos.

A partir de 15 de fevereiro de 2020 passará a ser obrigatória a normatização de luminárias públicas de LED. A Portaria nº 20, de 15 de fevereiro de 2017 estabeleceu “requisitos técnicos que devem ser atendidos pelas Luminárias para Iluminação Pública Viária, utilizando Tecnologia LED” com prazo limite de 24 meses para os fabricantes e importadores comercializar, no mercado nacional, luminárias LED para iluminação pública viária. No entanto, foi prorrogado por mais 6 meses o prazo de vacância, por meio da Portaria nº 404, de 23 de agosto de 2018.

Sendo assim, o alto investimento de lâmpadas LED torna-se inviável nas condições atuais. Nas demais Avenidas observam-se diversas irregularidades, especialmente relacionadas com os postes republicanos, tanto por haver um número excessivo e como pelo fato de direcionarem o fluxo luminoso para cima, desperdiçando recurso público com um sistema com baixa eficiência. Já na rua Nei Braga, observa-se a falta do projeto luminotécnico ao substituir as lâmpadas convencionais pelo LED, que por sua vez, provoca ofuscamento e ao mesmo tempo falta de iluminação no fim da via.

Apesar da troca de lâmpadas de vapor de sódio por lâmpadas de vapor metálico nos locais em questão, observa-se que não promoveu melhorias para a iluminação pública de forma efetiva. Nesses casos, pela presença de postes elevados da Copel, que já geram custos para a Secretaria Municipal de Serviços Urbanos da cidade de Campo Mourão, seria necessário a desativação dos postes republicanos e a troca das lâmpadas de vapor de sódio por lâmpadas de vapor metálico em postes elevados da Copel, favorecendo a iluminação pública.

Considerando o sistema atual implementado na cidade de Campo Mourão, sugere-se a desativação de 1.030 lâmpadas instaladas em 688 postes republicados, isso levaria uma economia de aproximadamente 60% com iluminação pública (KW/h), as outras medidas, como a troca de lâmpadas em postes da Copel, aumentariam a

eficiência energética e diminuiriam os custos com iluminação pública, desde que avaliado as fichas técnicas das lâmpadas escolhidas.

Considerando o sistema proposto, observa-se que a substituição das lâmpadas existentes (Vapor de Sódio e LED) nos postes da Copel por lâmpadas de Vapor Metálico promoveria uma boa eficiência energética, considerando os preços das lâmpadas, o fator de recuperação do capital e os custos anualizados.

Ao realizar o cálculo da eficiência luminosa (quantidade de fluxo luminoso pela potência da lâmpada), o LED apresenta o maior desempenho devido a necessidade de ter apenas 8,2 lâmpadas de LED para ter a eficiência de 1000lm/w quando comparado com as Lâmpadas de Vapor Metálico (LVM) e Lâmpadas de Vapor de Sódio (LVDS) (Tabela 6).

Tabela 6. Comparação de eficiência luminosa

Lâmpada	Fabricante	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)	Eficiência da lâmpada (lm/W)	Nº de lamp / 1000 lm/W	Varição Eficiência
City Soul gen2 LED Large	Philips	11882	97	122,49	8,2	100,00%
Master SON-T Pia Plus 70W (LVDS)	Philips	6600	73	90,41	11,1	73,81%
Master City White CDO-TT Plus 70W (LVM)	Philips	7500	73	102,74	9,7	83,87%
Média		8660,67	81,00	105,22	9,65	78,84%

Os dados apresentados, são fornecidos pela fabricante; Para ter uma igualdade nas comparações, foi determinado a quantidade de lâmpadas para ter uma eficiência de 1000 lm/w, ou seja, para ter uma eficiência de 1000lm/W é necessário ter: 8,2 lâmpadas de LED; 11,1 lâmpadas de Vapor de sódio; 9,7 lâmpadas de vapor metálicos. Total de lâmpadas para ter uma eficiência de 1000 lm/W.

Fonte: Philips, 2019.

Entretanto, ao realizar o cálculo do valor de compra, o LED, ao ter uma variação de 100%, as outras lâmpadas apresentam uma variação de 430,36% e 483,69%, ou seja, a lâmpada LED custa muito mais que as outras lâmpadas, respeitando essas porcentagens (Tabela 7).

Tabela 7. Comparação do valor de compra

Lâmpada	Nº de lamp / 1000 lm/W	R\$ por UND	R\$ para 1000 lm/W	Variação Valor de Compra
City Soul gen2 LED Large	8,2	R\$ 737,25	R\$6.018,62	100,00%
Master SON-T Pia Plus 70W (LVDS)	11,1	R\$ 126,44	R\$1.398,50	430,36%
Master City White CDO-TT Plus 70W (LVM)	9,7	R\$ 127,84	R\$1.244,31	483,69%
Média	9,65	308,25	R\$ 2.887,14	457,03%

Os dados apresentados são fornecidos pelo fabricante. Considerando que a lâmpada de LED não tem relé e nem reator, vamos fazer um comparativo que ao queimar uma lâmpada de vapor de sódio ou vapor metálico, queima também o reator e o relé. Valor gasto para comprar as lâmpadas e ter uma eficiência de 1000 lm/W.

Fonte: Philips, 2019.

Em relação ao gasto energético, as lâmpadas de Vapor de Sódio em comparação ao LED, o LED gasta menos, no entanto, as lâmpadas de Vapor Metálico em comparação ao LED, o LED gasta mais (Tabela 8).

Tabela 8. Comparação do gasto de energia

Lâmpada	Nº de lamp / 1000 lm/W	R\$ por KWh	Energia (kWh)	R\$ por Hr	Variação Gasto de Energia
City Soul gen2 LED Large	8,2	R\$ 0,52	0,79	R\$ 0,41	100%
Master SON-T Pia Plus 70W (LVDS)	11,1	R\$ 0,52	0,81	R\$ 0,42	98%
Master City White CDO-TT Plus 70W (LVM)	9,7	R\$ 0,52	0,71	R\$ 0,37	111%
Média	9,65	R\$ 0,52	0,77	R\$ 0,40	103,17%

Dados fornecido pelo fabricante e pela Copel.

Fonte: Philips, 2019.

Com o fator de correção e com a falta de dados relacionado com a vida útil da lâmpada de LED, é necessário comparar qual seria a vida útil de uma lâmpada de LED para substituir as outras tecnologias, ou seja, para substituir a tecnologia LVM a lâmpada LED deveria ter uma vida útil média de 122074 horas de uso. Desse modo, ao comparar as tecnologias observa-se que a lâmpada de LED necessita ter uma vida útil elevada para compensar o investimento (Tabela 9).

Tabela 9. Comparação da variação de eficiência, valor de compra e gasto de energia

Lâmpada	Nº de lamp / 1000 lm/W	V.E	V.V.C	V.G.E	Vida útil Hr	Fator	Nº hrs de vida útil da LED*
CitySoul gen2 LED Large	8,2	100 %	100 %	100%	NA	100 %	
Master SON-T Pia Plus 70W (LVDS)	11,1	73 %	430 %	98%	30000	311 %	93457
Master City White CDO-TT Plus 70W (LVM)	9,7	83 %	483 %	111%	27000	452 %	122074
Média	9,65	78 %	457 %	103 %	28500	382 %	107765,219

V.E=Variação de eficiência; V.V.C=Variação do Valor da Compra; V.G.E=Variação do Gasto de Energia; *fator de correção para igualar as tecnologias.

Fonte: Philips, 2019.

Ao ser determinado uma potência diferente das apresentadas, as lâmpadas vapor metálico e vapor de sódio apresentam pouca variação de valor, na faixa de 20% a 30%. Todavia, esse fato não ocorre na lâmpada de LED, pois ao analisar uma obra pública real, assim como existente na cidade de Londrina, na qual a prefeitura vai implantar 23000 mil pontos de lâmpadas de LED, constata-se que o valor de cada ponto de LED sobe de R\$ 737,25 para R\$1.800,00. Desse modo, o fator de variação pode chegar até 1000% (LONDRINA, 2018).

Portanto, a implantação da tecnologia LED sem o devido projeto luminotécnico e sem o estudo da viabilidade econômica, a prefeitura de Campo Mourão vem fazendo um mal investimento, devido ao fato que a Lâmpada LED em comparação as outras tecnologia apresenta em sua melhor hipótese uma eficiência de até 27%, mas em contra partida, ao fazer um estudo para clarear um ambiente com eficiência de 1000 lm/w, é possível descobrir que a lâmpada LED consome mais energia, além de ser em media 382% mais cara que as outras lâmpadas (considerando que ao queimar a lâmpada também queima o rele e o reator).

Desse modo, não é viável a substituição das lâmpadas em questão pelo LED, pois ao colocar valor do investimento no tempo (usando juros) pode-se observar que as lâmpadas iram queimar antes que o investimento se pagar, sem contar que as

lâmpadas LED não apresentam norma regulamentadora, desse modo, não sabendo se os dados que os fornecedores apresentam nas fichas técnicas da lâmpada realmente são verdadeiras.

Ao analisar a real situação da cidade de Campo Mourão, nota-se que as avenidas e a rua em questão, apresentam números exagerados de lâmpadas tem uma iluminação menos eficiente em comparação com avenida Goioerê que apresenta apenas 84 lâmpadas, ou seja, a prefeitura não obteve sucesso ao apagar as lâmpadas elevada do posto da Copel e implantar as lâmpadas nos postes republicanos

8 CONCLUSÃO

A iluminação pública é extremamente necessária para o bem-estar social, pois atua na segurança pública, facilita na circulação de pedestres e automóveis, permite desfrutar o espaço público, embeleza áreas urbanas, entre outras vantagens. Ao analisar a iluminação presente na cidade de Campo Mourão, observou-se que as trocas foram realizadas com objetivo de promover o bem-estar social, no entanto, pela falta de um projeto luminotécnico, além de não alcançar tal objetivo, está havendo um elevado consumo de energia elétrica.

O foco foi um estudo inicial das trocas de lâmpadas, a fim de se obter melhores resultados, no entanto, observou-se a necessidade de mudar sistema, desativando as luminárias rebaixadas e o uso de lâmpadas, em postes elevados da Copel, mais adequadas para substituição em termos de consumo de energia e eficiência luminosa.

O Consumo kWh é relativamente menor nas lâmpadas de vapor metálico que as demais lâmpadas regulamentadas para uso de luminárias de iluminação pública, apresentando eficiência luminosa e alto índice de reprodução de cor, podendo ser utilizadas de forma efetiva na iluminação pública desde que sejam utilizadas em postes elevados.

Desse modo, sugere-se que a prefeitura use a avenida Goioerê como exemplo, fazendo uma poda nas arvores, e quando as lâmpadas forem queimando ir substituindo por lâmpadas da mesma tecnologia, porém com maior potência e eficiência, não é viável a retirada das lâmpadas dos postes da Copel e colocar postes republicanos, devem apenas melhorar o sistema que já existe.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. **Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada**. Disponível em: <

<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?Version=1.0>>. Acesso em: 08 de nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 479, de 3 de abril de 2012. **Altera a Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada**. Disponível em: <

<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2011/049/resultado/ren2012479.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5101: **Iluminação pública**. Versão corrigida: 1998. Rio de Janeiro, abr. 1992. 22 p.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria n.º 20, de 15 de fevereiro de 2017. **Dou**, 16 de fevereiro de 2017.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Portaria n.º 404, de 23 de agosto de 2018. **Dou**, 24 de agosto de 2018.

CANDURA, P. **Normas brasileiras de Iluminação pública**, 2005. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/services/DocumentManagement/FILEDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BBFA2F5EB-7B26-48D5-8CB4BD8652B49A13%7D&ServiceInstUID=%7BAE43DA-69AD-4278-B9FC41031DD07B52%7D>>. Acesso em: 2 de nov. 2018.

COPEL. **Manual de iluminação pública**. [online]. 2012. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/\\$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf)>. Acesso em: 22 de out. 2018.

COPEL. **Relatório da administração e demonstrações**. 2017. [online]. Disponível em: < <http://ri.copel.com/ptb/9799/609807.pdf>>. Acesso em: 12 de out. 2018.

ELETROBRÁS. **Eletronbras**. 2014. [Online]. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/main.asp?TeamID={EB94AEA0-B206-43DE-8FBE-6D70F3C44E57}>>. Acesso em: 12 de out. 2018.

EMPALUX. **Informações Luminotécnicas** [online]. Disponível em: <<http://www.empalux.com.br/?a1=I>>. Acesso em: 12 de out. 2018.

FARIA, A. C. **Iluminação sustentável**: os benefícios da tecnologia LED nos projetos de iluminação. 2014. 130 f. Dissertação (Mestrado Ecologia e Produção Sustentável) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2014.

FERNANDES, J. U. J. A qualidade na lei de licitações: o equívoco de comprar pelo menor preço, sem garantir a qualidade. **Jus Navigandi**, Teresina, ano 5, n. 38, 1 jan. 2000. Disponível em: <http://jus.com.br/artigos/429>. Acesso em: 12 de junho 2019.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estud. av.**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, abr. 2007.

KALACHE, N. et al. Análise comparativa de sistemas de iluminação - Viabilidade econômica da Aplicação de LED. In: **Anais...** XXXIII encontro nacional de engenharia de produção. Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro de 2013.

MELO, V. Tecnologia LED na iluminação pública. **PROCEL INFO**. 2012. Disponível em: <[LONDRINA. **A Iluminação Pública de Londrina em foco!**. \[online\]. Publicado em 07/07/2018. Disponível em: < <http://observatoriolondrina.org.br/sercomtel-iluminacao/>>. Acesso em: 12 de junho 2019.](http://www.eletronbras.com/PCI/main.asp?View={8D1AC2E8-F790-4B7E-8DDD-CAF4CDD2BC34}&Team=¶ms=itemID={E214EC9F-04D5-43D4-8C54-F49523C132AF};&ServiceInstUID={A9D6BC0A-4FEF-4175-8A84-0C9BE1FDF0DE}>>. Acesso em: 10 de nov. 2018.</p></div><div data-bbox=)

NOGUEIRA, F. J. et al. Projeto Piloto de Iluminação Pública empregando LEDs em substituição a Lâmpadas de Vapor de Sódio em Alta Pressão. In **Anais...** XX Congresso Brasileiro de Automática, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2014.

PHILIPS. **Catálogo de Produtos**. Disponível em: <http://www.lighting.philips.com.br/prof>. Acesso em: 18 de maio 2019.

RAMOS, R. R. **Lâmpadas**: tipos e diferenças. 17 de dezembro de 2015. Disponível em: <http://www.gazetainformativa.com.br/lampadas-tipos-e-diferencas/>. Acesso em: 11 de nov. 2018.

RANGEL, M. G. SILVA, P. B., GUEDE, J. R. A. LED - Iluminação de Estado Sólido. In: **Anais...** XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

SALES, R. P. LED, **O Novo Paradigma da Iluminação Pública**. Dissertação (Mestrado) Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2011.

SANTANA, R. M. B. **Iluminação pública**: uma abordagem gerencial. 2010. 95f. Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) – Universidade Salvador, UNIFACS, Salvador, 2010.

SCHULZ, E. E. W. **Iluminação pública**. Série de cadernos técnicos de agenda parlamentar. 2016. [online]. Disponível em: <<http://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/iluminacao-publica.pdf>>. Acesso em: 24 de nov. 2018.

SILVA, L. L. F da. **Iluminação pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais**. 2006. 94f. Dissertação. (Mestrado em Planejamento Energético)- Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.