

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Fernando Rodrigues

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA EM SISTEMAS DE  
ILUMINAÇÃO PÚBLICA**  
**Estudo de caso na cidade de Garopaba – SC**

Novo Hamburgo, RS  
2017

**Fernando Rodrigues**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO  
PÚBLICA – Estudo de caso na cidade de Garopaba – SC**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

Orientador: Prof. Dr. Natanael Rodrigues Gomes

Novo Hamburgo, RS  
2017

**Fernando Rodrigues**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO  
PÚBLICA – Estudo de caso na cidade de Garopaba – SC**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**.

**Aprovado em 21 de julho de 2017:**

---

**Natanael Rodrigues Gomes, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Claudio Roberto Losekann, Dr. (UFSM)**

---

**Geomar Machado Martins, Dr. (UFSM)**

Novo Hamburgo, RS  
2017

## RESUMO

### EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA – Estudo de caso na cidade de Garopaba – SC

AUTOR: Fernando Rodrigues  
ORIENTADOR: Natanael Rodrigues Gomes

Entre os fatores fundamentais para o desenvolvimento econômico de uma região está a iluminação pública, que hoje é realizada a partir da aplicação de diferentes tecnologias. A falta de padronização neste setor resulta em desperdício de energia, devido ao uso de modelos de lâmpadas com baixa eficiência. Este trabalho apresenta um estudo da eficiência energética em sistemas de iluminação pública. Por meio deste, inicialmente, avalia-se o desenvolvimento da iluminação pública e as tecnologias empregáveis, junto de informações técnicas e características de consumo energético. Apresentam-se os atuais programas de incentivo a racionalização de energia, e explana-se o conceito de Gestão Energética Municipal, de forma a entender como o país está se comportando diante ao seu crescimento econômico. Como proposta alternativa de tecnologia eficiente para iluminação pública, estuda-se as luminárias LED, concluindo com a análise de viabilidade do possível *retrofit* das atuais lâmpadas usadas para iluminação pública da Rua Prefeito João Orestes de Araújo, Avenida Central do município de Garopaba, Santa Catarina.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Iluminação Pública. LED.

## **ABSTRACT**

### **ENERGY EFFICIENCY APPLIED IN PUBLIC LIGHTING SYSTEMS – Case study in the city of Garopaba – SC**

**AUTHOR:** Fernando Rodrigues  
**ADVISOR:** Natanael Rodrigues Gomes

Among the fundamental factors for the economical development of a region it is the public lighting, which today is performed by application of different technologies. The lack of standardization in this sector results in waste of energy, due to the application of several models of low-efficiency lamps. This work presents a study of energy efficiency in public lighting systems. Initially, it is evaluated the public lighting development and the applied technologies, together the technical information and energy consumption. Following, it is showed the current incentive programs to rationalize energy, and the concept about Municipal Energy Management, in order to understand how the country is behaving according to your economic growth. As an alternative proposal of efficient technology, LED luminaires are studied, concluding with the feasibility analysis of the possible retrofit of the current lamps used by public lighting in the street Rua Prefeito João Orestes de Araújo, Central Avenue of the city Garopaba, Santa Catarina.

**Keywords:** Energy Efficiency. Public lighting. LED.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Primeiro Relato de Iluminação Pública, Campos dos Goytacazes .....	18
Figura 2 – Iluminância.....	19
Figura 3 – Temperatura de Cor.....	22
Figura 4 – Índice de Reprodução de Cor.....	23
Figura 5 – Lâmpada Vapor de Mercúrio .....	26
Figura 6 – Lâmpada a Vapor de Sódio .....	27
Figura 7 – Luminária LED para Iluminação Pública .....	28
Figura 8 – Indicação do Feixe de Luz para Luminárias na Iluminação Pública .....	30
Figura 9 – Localização da Rua Prefeito João Orestes de Araújo .....	44
Figura 10 – Composição do Sistema de Iluminação .....	46
Figura 11 – Contribuição da Iluminação de Fontes Externas na Avenida Central.....	47
Figura 12 – Baixa Arborização da Avenida .....	47
Figura 13 – Luxímetro Digital Hikari HLX-881 .....	48
Figura 14 – Pontos de Registro das Medições.....	50
Figura 15 – Luminária Instanium LED, modelo NATH-L .....	52
Figura 16 – Visão 3D – Simulação Dialux.....	53
Figura 17 – Gráfico de Valores (E) para Pista Rolante .....	54
Figura 18 – Gráfico de Valores (E) para Passeio 1 .....	54
Figura 19 – Gráfico de Valores (E) para Passeio 2 .....	54
Figura 20 – Gráfico de Valores (E) para Avenida Central .....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faixas de Temperatura de Cor .....	21
Tabela 2 – Índice de Proteção para Iluminação Pública.....	29
Tabela 3 – Níveis de Iluminância e Fatores de Uniformidade para Vias Públicas .....	32
Tabela 4 – Lâmpadas Existentes para Iluminação da Rua Pref. João Orestes de Araújo .....	45
Tabela 5 – Especificações Gerais .....	48
Tabela 6 – Medições da Iluminância.....	49
Tabela 7 – Luminária Instanium LED, modelo NATH-L.....	52
Tabela 8 – Composição do Custo Atual com Energia Elétrica .....	57
Tabela 9 – Dados Técnicos Lâmpadas aplicadas na Avenida Central de Garopaba.....	57

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise de Sensibilidade .....	60
--	----



**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
FVP	Fator de Valor Presente
GEM	Gestão Energética Municipal
h	Hora
IDMS	Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IBGE	Índice Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IRC	Índice de Reprodução de Cor
ISO	Organização Internacional para Padronização
LED	Diodo Emissor de Luz
min	Minuto
NBR	Norma Brasileira
p.	Página
PBS	PayBack Simples
PEE	Programa de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
RCB	Relação Custo Benefício
RELUZ	Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficiente
RGR	Reserva Global de Reversão
ROL	Receita Operacional Líquida
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
TIR	Taxa Interna de Retorno
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UGE	Unidade de Gestão Energética
un.	Unidade
VPL	Valor Presente Líquido

## LISTA DE SÍMBOLOS

BF	Fator de Fluxo Luminoso
cm	Centímetro
cos	Cosseno
E	Iluminância
E <sub>min</sub>	Iluminância mínima
FP	Fator de Potência
GWh/ano	Gigawatt-hora por ano
IP	Índice de Proteção
k	Kelvin
Km	Quilometro
KHz	Quilohertz
KW	Quilowatt
KWh	Quilowatt-hora
Lm	Lúmen
Lm/m <sup>2</sup>	Lumens por metro quadrado
Lm/W	Lumens por Watt
Lx	Lux
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
mm	Milímetro
MW	Megawatt
n <sup>o</sup>	Número
P	Potência Ativa
S	Potência Aparente
THD	Taxa de Distorção Harmônica
THDi	Taxa de Distorção Harmônica em Corrente
U <sub>min</sub>	Fator de Uniformidade mínimo
W	Watt
Φ	Fluxo Luminoso
%	Percentual
°C	Grau Celsius

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	PROBLEMA .....	14
1.2	OBJETIVOS .....	15
1.2.1	Objetivo Geral .....	15
1.2.2	Objetivo Específico.....	15
1.3	JUSTIFICATIVA.....	16
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	EVOLUÇÃO DA ILUMINAÇÃO .....	17
2.2	CONCEITOS DE ILUMINAÇÃO .....	18
2.2.1	Fluxo Luminoso .....	19
2.2.2	Iluminância .....	19
2.2.3	Eficiência Luminosa.....	20
2.2.4	Fator de Uniformidade .....	20
2.2.5	Uniformidade Longitudinal.....	20
2.2.6	Fator de Depreciação .....	20
2.2.7	Fator de Fluxo Luminoso .....	21
2.2.8	Ofuscamento .....	21
2.2.9	Temperatura de Cor .....	21
2.2.10	Índice de Reprodução de Cor.....	22
2.2.11	Vida Mediana .....	23
2.2.12	Distorção Harmônica .....	23
2.2.13	Fator de Potência.....	24
2.3	TECNOLOGIAS APLICADAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	25
2.3.1	Lâmpadas Incandescentes .....	25
2.3.2	Lâmpada a Vapor de Mercúrio .....	25
2.3.3	Lâmpada a Vapor de Sódio.....	26
2.3.4	Lâmpada Multivapor Metálico .....	27
2.3.5	Lâmpada Mista.....	27
2.3.6	Lâmpada Fluorescente de Indução Magnética.....	28
2.3.7	Luminárias LED.....	28
2.3.8	Reatores.....	29

<b>2.3.9 Luminárias</b> .....	29
<b>2.3.10 Braço de Apoio</b> .....	30
<b>2.3.11 Circuitos de Comando</b> .....	30
<b>2.4 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA</b> .....	30
<b>2.4.1 Classificação das Vias e Nível de Tráfego</b> .....	31
<b>2.4.2 Níveis de Iluminância e Fatores de Uniformidade</b> .....	32
<b>2.4.3 Topologia</b> .....	33
<b>3. ILUMINAÇÃO PÚBLICA EFICIENTE</b> .....	34
<b>3.1 PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS</b> .....	34
<b>3.1.1 PROCEL RELUZ</b> .....	35
<i>3.1.1.1 Resultados PROCEL 2016</i> .....	36
<b>3.1.2 Concessionárias de Energia e os Programas de Eficiência</b> .....	36
<i>3.1.2.1 Programa de eficiência energética CELESC</i> .....	37
<b>3.2 ILUMINAÇÃO COM QUALIDADE</b> .....	37
<b>3.3 GESTÃO ENERGÉTICA MUNICIPAL</b> .....	38
<b>3.3.1 Campos de Atuação</b> .....	39
<b>3.3.2 Retorno Positivo</b> .....	40
<b>3.3.3 Legislação</b> .....	41
<b>4. ESTUDO DE CASO</b> .....	42
<b>4.1 GAROPABA</b> .....	42
<b>4.2 RETROFIT</b> .....	43
<b>4.3 MEMORIAL DE CÁLCULO</b> .....	43
<b>4.3.1 Classificação do Cenário de Estudo</b> .....	43
<b>4.3.2 Levantamento do Sistema Atual</b> .....	45
<i>4.3.2.1 Equipamentos instalados</i> .....	45
<i>4.3.2.2 Condições externas</i> .....	46
<i>4.3.2.3 Medições da iluminância</i> .....	48
<i>4.3.2.4 Avaliação do sistema atual</i> .....	50
<b>4.3.3 Projeto Luminotécnico</b> .....	51
<i>4.3.3.1 Luminária proposta</i> .....	51
<i>4.3.3.2 Simulação DIALUX</i> .....	53
<b>4.3.4 Análise de Viabilidade Econômica</b> .....	55
<i>4.3.4.1 Dados iniciais</i> .....	56
<i>4.3.4.2 Método do valor presente líquido</i> .....	58

4.3.4.3	<i>Método da taxa interna de retorno</i>	60
4.3.4.4	<i>Método do payback simples</i>	61
5.	<b>CONCLUSÃO</b>	62
	<b>REFERÊNCIAS</b>	66
	<b>ANEXO A – ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA LUMINÁRIA NATH L</b>	69
	<b>ANEXO B – DIMENSÕES E DADOS FOTOMÉTRICOS DA NATHL</b>	71
	<b>ANEXO C – CÓDIGOS DE OFERTA DA NATH L</b>	72
	<b>ANEXO D – CONFIGURAÇÕES DE CÓDIGOS DA NATH L</b>	73

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o Brasil vinha apresentando um crescimento constante em seu consumo de energia elétrica, refreado recentemente devido a crise econômica presente no país. Um reflexo ao seu desenvolvimento é a demanda por energia: quanto maior for o consumo, maior é a produtividade.

A matriz energética brasileira possui como maior potencial de geração de energia elétrica as usinas hidrelétricas, que em ausência de chuvas e baixa de reservatórios é suprida por usinas regentes de fontes mais caras. As usinas termelétricas, por exemplo, quando ativadas para garantir o suprimento da demanda, junto com o aumento do custo da energia para o consumidor final, geram diversas implicações: consumo de combustíveis fósseis, liberação de poluentes na atmosfera, interferência no ecossistema, etc.

Em frente ao gradual crescimento do consumo energético, junto aos sistemas de geração e suas adversidades, programas de incentivo a racionalização de energia, aplicação de sistemas de geração sustentável e eficiência energética aos processos produtivos estão sendo desenvolvidos para diminuir a demanda no país.

No setor de iluminação pública, que está entre os pontos fundamentais para o desenvolvimento econômico de uma região e que, atualmente, é realizada a partir de diversas tecnologias, ainda há o desperdício de uma parcela significativa de energia em consequência da baixa eficiência das lâmpadas.

Para contornar esta dificuldade o país consta de algumas ações governamentais, como o Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficiente (PROCEL RELUZ), do ministério de Minas e Energia, que atua exclusivamente na coordenação de projetos para a área de eficiência energética em iluminação pública, de forma a adotar práticas que agregam valores ao setor e o transformam em mais eficientes.

Uma das práticas desenvolvidas foi a substituição integral de todos os tipos de lâmpadas existentes por lâmpadas de vapor de sódio a alta pressão, vapor metálico ou luminárias LED. De acordo com o PROCEL, desde a criação do programa PROCEL RELUZ, em 2000, a nível nacional, já foi concluída a substituição de aproximadamente 2,78 milhões de pontos de iluminação pública, que resultou no ano de 2015 uma economia equivalente a 120,67 milhões de kWh.

Dentre as substituições, o LED vem se tornando a tecnologia de maior destaque. Trata-se de um semicondutor que transforma energia elétrica em luz, proporcionando altos

índices de economia de energia ante seu baixo consumo. Inicialmente pode gerar elevado custo de implantação, contudo, há um retorno positivo levando em consideração vida útil e baixo fator de manutenção.

A solução do PROCEL RELUZ apresenta ganhos concretos quanto a economia de energia elétrica e oferece aos órgãos públicos, em especial aos administradores municipais que tem por responsabilidade assegurar a gestão da iluminação pública, um meio de potencializar a qualidade dos serviços prestados.

Diante da necessidade de combater o desperdício de energia elétrica, a Gestão Municipal de Garopaba, cidade localizada no estado de Santa Catarina, estuda a viabilidade de realizar um *retrofit* gradativo das atuais lâmpadas aplicadas na iluminação pública.

Portanto, nesta monografia, que tem como ênfase estudar as tecnologias aplicadas para a iluminação pública no país, os programas de incentivo a conservação de energia deste setor, e o *retrofit* das atuais lâmpadas por luminárias a LED, apresenta um estudo de viabilidade para a realidade do município de Garopaba. Para tal, realiza-se uma análise do sistema de iluminação pública da Rua Prefeito João Orestes de Araújo, avenida central do município.

Apresenta-se uma metodologia capaz de analisar o consumo energético presente, junto do consumo da oferta de eficiência, a aceitação da nova tecnologia as condições apresentadas por norma e, com o auxílio de ferramentas econômicas, estudar a viabilidade do projeto. Esta metodologia poderá ser reaproveitada para futuros estudos nas ruas do município de Garopaba, e para outras regiões de mesma necessidade, atentando-se para as características particulares de cada cenário.

Como proposta instigadora, explana-se o conceito de Gestão Energética Municipal, esclarecendo seu conceito e apontando benefícios, a fim de despertar o interesse pelo desenvolvimento deste órgão local.

## 1.1 PROBLEMA

Para aplicações de soluções eficazes na conservação da energia, além da necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, também se faz necessário o investimento em programas de incentivo a implantação.

Atualmente o governo obtém resultados de economia significativos com os programas já desenvolvidos. Porém, há um crescimento da demanda e é preciso uma atuação constante para contê-lo. Precisam-se enxergar os “gargalos” e inovar.

A iluminação, mesmo passando por uma transformação recente com a eliminação das lâmpadas incandescentes e a imersão do LED no mercado, possui uma parcela alta no consumo da demanda energética total. Neste âmbito, uma das atividades eficazes é o alerta para a utilização consciente da energia, e conservação diante da aplicação de lâmpadas com tecnologias mais eficientes.

No setor da iluminação pública, a administração municipal tem a responsabilidade de zelar pela sua gestão. Uma das dificuldades do setor elétrico é a atenção dos municípios para a gestão energética.

Pesquisar e divulgar o que há de mais viável no mercado é uma alternativa positiva para conscientizar a sociedade. Realizar projetos de viabilidade é um passo inicial para a concretização das ações de conservação de energia.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é avaliar o sistema de iluminação pública no país, apontando características técnicas e de eficiência das lâmpadas atualmente empregadas. Junto identificar às ações nacionais para redução de consumo deste setor e conceituar a Gestão Energética Municipal.

Como proposta de solução de potencialização da racionalização de energia, estudar a viabilidade da substituição das lâmpadas usadas para iluminação pública na Avenida Central de Garopaba, cidade localizada em Santa Catarina, por luminárias a LED.

### 1.2.2 Objetivo Específico

Avaliar as diferentes tecnologias de lâmpadas aplicadas para iluminação pública no país. Conceituar a Gestão Energética Municipal. Analisar a viabilidade da utilização de luminárias LED na iluminação pública da Avenida Central do município de Garopaba, no estado de Santa Catarina.



### 1.3 JUSTIFICATIVA

O atual cenário das lâmpadas utilizadas para iluminação pública no país consiste na aplicação, sem padronização, de diversos modelos de lâmpadas que apresentam baixo índice de eficiência e alto consumo de energia. Conforme dados levantados pela Eletrobrás, a demanda reservada para iluminação pública em todo o país corresponde a aproximadamente 4,5% da total nacional. Em meio a racionalização do consumo de energia, este quadro pode ser revertido a partir da avaliação e aplicação de novas tecnologias de lâmpadas ou luminárias mais eficientes.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Como ponto de partida, faz-se necessário elucidar que os estudos sobre fontes luminosas sempre serão alvo de discussão. Devido às evoluções tecnológicas, este mercado sempre estará em transformação, com a oferta de produtos inovadores e mais eficientes.

Numa sociedade, ainda que por motivos econômicos, vêm se tornando cultural a conservação de energia, lâmpadas com maior relação de rendimento (fluxo luminoso por potência) será o alvo dos consumidores. Portanto, antes de informações técnicas, dados de consumo e soluções econômicas, é relevante conhecer a evolução e importância da iluminação pública, composição, definições e normas deste setor.

### 2.1 EVOLUÇÃO DA ILUMINAÇÃO

A iluminação pública sempre esteve presente como um dos fatores principais para o desenvolvimento da vida em sociedade, intervindo como instrumento de cidadania. Sua aplicação oferece segurança nos trabalhos noturnos, nas práticas de lazer e no tráfego, possibilitando habitantes de usufruir do espaço público.

De acordo com Leandro Carvalho, mestre em História, anterior à colonização do Brasil, o povo indígena usava apenas da claridade de fogueiras e da lua para iluminação noturna. Somente com a chegada dos portugueses que se deu início as primeiras formas de iluminação por velas de sebo e gordura, e posteriormente, por lamparinas a base de óleos vegetais ou animal.

Por serem importados da Europa, os óleos possuíam altos custos, e para disponibilizar deste artifício em maior escala e de forma mais econômica, iniciou-se no país a produção própria de óleo para esta finalidade. Este tipo de iluminação se manteve único até o ano de 1854, quando, pela primeira vez, a cidade de São Paulo começou a se beneficiar da iluminação a gás.

As primeiras aplicações da energia elétrica para iluminação pública, relatadas em RankBrasil (Recordes Brasileiros), ocorreram após 1883, quando Campos, no Rio de Janeiro, se tornou a primeira cidade a receber energia elétrica em suas ruas, através da instalação de uma termoelétrica a vapor de 52 kW.

Figura 1 – Primeiro Relato de Iluminação Pública, Campos dos Goytacazes



Fonte: Rank Brasil.

Disponível em:

<[http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/0640/Primeira\\_Cidade\\_A\\_Receber\\_Iluminacao\\_Publica](http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/0640/Primeira_Cidade_A_Receber_Iluminacao_Publica)>.

Acesso em 28 abr. 2017.

A partir de então, com o aumento da área de distribuição, lentamente as lâmpadas elétricas foram substituindo os lampiões.

Nos dias atuais, ainda há regiões do Brasil sem distribuição de energia elétrica, logo, a iluminação pública se faz mista. Há um grande esforço do governo federal para ampliação do setor elétrico. A aplicação do programa Luz para Todos, desde 2003, vem promovendo o acesso das famílias rurais a eletricidade e acabando com a exclusão elétrica no país.

No entanto, a energia elétrica, próxima de ser única, é a principal fonte de alimentação dos postos luminosos. Sua dependência faz com que despertamos para esta realidade: a iluminação artificial, que em grande escala possui uma parcela significativa no consumo da matriz energética brasileira, torna necessária a busca constante por alternativas econômicas e eficientes, e o zelo pela conservação das fontes primárias.

## 2.2 CONCEITOS DE ILUMINAÇÃO

Para uma maior compreensão dos conceitos de iluminação, usando como base as informações fornecidas pelo Manual de Iluminação Pública da Copel e pelo Guia Técnico de Gestão Municipal do Procel, apresenta-se uma abordagem sucinta sobre os diversos aspectos dentro de um projeto luminotécnico, que visam a qualificação e quantificação da “luz”.

### 2.2.1 Fluxo Luminoso

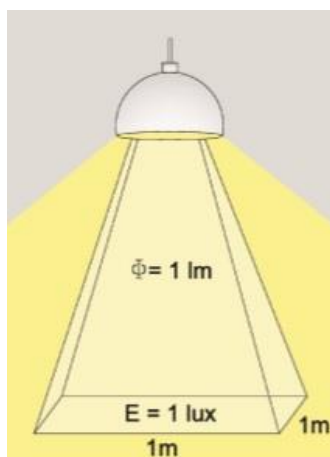
O fluxo luminoso ( $\phi$ ) corresponde a energia radiante em todas as direções, na unidade do tempo. Medida em lúmens (lm) resulta no total de luz que pode ser emitida, ou observada, por uma fonte luminosa.

Durante o período de vida útil de uma lâmpada (índiferente a tecnologia), o fluxo luminoso tem seu valor reduzido pela depreciação do material.

### 2.2.2 Iluminância

A iluminância ( $E$ ) quantifica a densidade de fluxo luminoso que incide sobre uma superfície, pela unidade de área ( $m^2$ ). A unidade de medida é o lúmen por metro ao quadrado ( $lm/m^2$ ), ou lux (lx), e seus valores podem ser obtidos a partir do aparelho de medição luxímetro.

Figura 2 – Iluminância



Fonte: Manual de Iluminação Procel.

Disponível em:

<[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL\\_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf)>. Acesso em 22 abr. 2017.

A comprovação da qualidade da iluminação em ambientes de trabalho, incluindo o nível de iluminamento para os diversos tipos de vias, é baseada na verificação deste parâmetro, atendendo os valores mínimos e máximos estabelecidos pela Norma Técnica Brasileira NBR ISO 8995-1 (Iluminação de Ambientes Internos de Trabalho).

### **2.2.3 Eficiência Luminosa**

A eficiência luminosa é o conceito aplicado na análise de rendimento entre diferentes fontes luminosas. Sua grandeza, medida em lumens por watt (lm/W), corresponde a relação do fluxo luminoso emitido pela potência elétrica consumida. Quanto maior a relação, menor será o consumo de energia.

### **2.2.4 Fator de Uniformidade**

Resulta na relação entre a iluminância mínima exigida e a média atual (obtida por medições) para uma determinada área. Seu valor adimensional corresponde a escala entre zero e um, e indica o quão uniforme se encontra a distribuição luminosa real.

Em vias públicas, diferenças acentuadas entre os dois índices expressam que o nível do fluxo luminoso está abaixo do ideal, e que o desempenho visual será prejudicado, diminuindo a segurança das áreas de circulação.

### **2.2.5 Uniformidade Longitudinal**

Numa via pública, o posicionamento das fontes luminosas geram áreas mais claras e outras mais escuras, conhecido como efeito “zebrado”.

O parâmetro de uniformidade longitudinal resulta neste efeito, que corresponde a relação entre os valores mínimo e máximo de iluminamento, junto a superfície da via, medidos ao longo de uma reta paralela ao eixo de iluminação.

### **2.2.6 Fator de Depreciação**

Fator de depreciação corresponde a degradação do fluxo luminoso, considerando o tempo de operação e o acúmulo de poeira sobre as lâmpadas e luminárias. Seu valor expressa um fator de correção para os cálculos luminotécnicos.

### 2.2.7 Fator de Fluxo Luminoso

Fator de fluxo luminoso (BF), ou fator do reator, é o valor do fluxo luminoso emitido considerando o desempenho do reator.

Quando uma lâmpada atua em conjunto ao reator, o fluxo luminoso emitido por esta será equivalente ao produto do valor luminoso nominal da lâmpada pelo rendimento do reator.

### 2.2.8 Ofuscamento

Considera-se ofuscamento o fenômeno de desconforto visual de um observador, resultante de uma fonte luminosa de luz mais intensa do que a luminosidade geral.

Na iluminação pública este fenômeno tem maior proporção no início da noite, no acionamento das fontes luminosas, repercutindo diretamente sobre a segurança do tráfego.

### 2.2.9 Temperatura de Cor

Representa a aparência da cor emitida pela fonte luminosa. Sua unidade é o kelvin (k), contudo, sua denominação não tem ligação ao calor emitido, e sim a tonalidade.

A temperatura de cor de uma lâmpada, conforme padrão Procel, pode ser denominada em fria, neutra ou quente:

Tabela 1 – Faixas de Temperatura de Cor

Descrição da luz	Temperatura de cor (k)
Morna	< 3.300
Neutra	≥3.300 e <5.000
Fria	≥5.500

Fonte: MANUAL DE ILUMINAÇÃO PROCEL.

Disponível em:

<[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL\\_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf)>. Acesso em 22 abr. 2017

Os valores variam na faixa de 1.000k (quente – luz de velas) a valores acima de 8.000k (fria – sombra ou céu muito nublado).

Figura 3 – Temperatura de Cor



Fonte: Corisectelmo Blogspot.

Disponível em: <<http://corisectelmo.blogspot.com.br/2010/10/aula-4-medir-cor-escala-de-temperaturas.html>>. Acesso em 22 abr. 2017.

As diferentes tonalidades contribuem para a correta adequação do ambiente e da atividade a ser desenvolvida. Ambientes de trabalho necessitam de cores estimulantes, e para tal, usam-se lâmpadas de tonalidade mais fria. Em contrapartida, nas áreas de descanso e relaxamento a luz quente se faz mais indicada.

### 2.2.10 Índice de Reprodução de Cor

O Índice de Reprodução de Cor (IRC) representa o grau de fidelidade das cores reais de um ambiente que uma fonte luminosa pode oferecer. Fontes luminosas com IRC de 100% indicam que a luz incidente sobre uma superfície não irá distorcer as cores.

Na imagem abaixo tem-se a representação das diferentes tecnologias de lâmpadas e o IRC aproximado que estas oferecem. Nota-se que quanto menor é o IRC, mais distorcidas ficam as cores quando comparadas ao original.

Figura 4 – Índice de Reprodução de Cor



Fonte: Daniela Correa, Arquitetura e Interiores.

Disponível em: <<http://www.danyelacorrea.com.br/tag/lampadas/>>. Acesso em 22 abr. 2017.

### 2.2.11 Vida Mediana

A vida de uma lâmpada é quantificada em horas e tem seu valor estabelecido a partir de ensaios laboratoriais, obedecendo as normas vigentes.

O tempo de vida mediana corresponde ao período (número de horas resultante) em que, durante a realização dos ensaios, metade das lâmpadas de uma amostragem pare de funcionar.

### 2.2.12 Distorção Harmônica

A taxa de distorção harmônica global (Total Harmonic Distortion – THD) representa a relação entre a soma dos valores eficazes dos componentes harmônicos de uma forma de onda pelo valor eficaz da componente fundamental.

Na iluminação pública, equipamentos eletrônicos com elevado THDi (distorção harmônica da corrente absorvida por uma carga não linear) tendem a lançar componentes harmônicas na rede, que distorcem as formas de onda da corrente do sistema elétrico. Estas harmônicas prejudicam a qualidade do sistema elétrico e interferem no correto funcionamento de outros equipamentos conectados a rede.

A THDi pode ser obtida por:



$$\text{Eq. (1):} \quad THDi = \frac{\sqrt{\sum_{j=2}^n I_j^2}}{I_1} \Rightarrow THDi_{(\%)} = 100 \times THDi$$

Onde:

$I_j$ : Valor eficaz da componente harmônica da corrente absorvida pela carga;

$I_1$ : Componente fundamental da corrente, com frequência de 60Hz;

THDi: Distorção Harmônica total da corrente, em percentual.

### 2.2.13 Fator de Potência

Fator de Potência (FP) é a razão entre potência ativa/útil (P) e potência aparente (S). Seu resultado, expresso num número adimensional entre zero e um, indica que quanto mais próximo do valor unitário mais eficiente é o circuito (equipamento, instalações, etc), pois a energia consumida está sendo transformada em trabalho com baixo índice de perdas.

Um fator de potência baixo, próximo de zero, indica que parte da energia está sendo desperdiçada (energia reativa), não realizando nenhum tipo de trabalho.

Quando as tensões e correntes do sistema elétrico não são senoidais puras, devido a imersão de harmônicas na rede, o resultado do fator de potência passa a considerar essa contribuição.

Para imersão de THDi, pode ser aplicado a equação (2) no cálculo do fator de potência. A harmônica desta natureza considera apenas as distorções na forma de onda da corrente, desprezando a da tensão.

$$\text{Eq. (2):} \quad FP = \frac{\cos \phi}{\sqrt{1+THDi^2}}$$

Caso a corrente absorvida pela carga de iluminação seja uma senoide pura, o THDi será nulo, portanto, o fator de potência se mantém como o resultado do cosseno do ângulo de defasamento entre tensão e corrente ( $\cos \phi$ ).

## 2.3 TECNOLOGIAS APLICADAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

As tecnologias empregáveis para iluminação pública, que vivem em constantes transformações, são amplamente usadas sem padronização. A divergência de maior atenção é a eficiência oferecida para a mesma aplicação.

A partir do Manual de Iluminação Pública da Copel, junto com o Guia Técnico de Gestão Energética Municipal do Procel, para um maior conhecimento das tecnologias aplicadas, listam-se as lâmpadas usadas, suas concepções e as características técnicas de cada.

### 2.3.1 Lâmpadas Incandescentes

A lâmpada incandescente foi uma das tecnologias mais populares entre as fontes luminosas existentes. A iluminação é obtida a partir da corrente elétrica que circula e aquece um filamento de tungstênio, isolado dentro de um bulbo com gases inertes, como o argônio e o nitrogênio.

Seu emprego em iluminação pública não se tornou viável devido a baixa eficiência luminosa, média de 20 lm/W, e pela baixa vida útil, aproximada em 1.000 horas, resultando em custos elevados de manutenção.

Uma de suas vantagens é o fluxo luminoso quase constante ao longo da vida útil, IRC de 100% e reprodução de cor de 2400K, proporcionando fidelidade de reprodução das cores e bem estar aos ambientes.

### 2.3.2 Lâmpada a Vapor de Mercúrio

Nesta lâmpada a concepção da luz é obtida a partir da excitação de gases pela corrente elétrica. Com a ionização de um gás inerte, há o aquecimento do bulbo que faz com que o mercúrio evapore e gere uma luz amarela. Na sequência o próprio mercúrio é ionizado. Neste processo, os elétrons livres dos dois gases colidem e geram uma luz azulada. A junção destas cores resulta na fonte de luz desta lâmpada, num aspecto de branco-azulada (cor fria).

As lâmpadas vapor de mercúrio possuem alta condutância e, portanto, requerem a aplicação de reatores para limitação de corrente elétrica.

Figura 5 – Lâmpada Vapor de Mercúrio



Fonte: Loja Elétrica.

Disponível em: <<http://www.lojaeletrica.com.br/lampada-vapor-mercúrio-250w-e40,product,235150000037,dept,0.aspx/>>. Acesso em 21 abr. 2017.

Há um tempo estas lâmpadas eram muito aplicadas para iluminação das vias públicas. Contudo, sua utilização se tornou inviável devido a tecnologias posteriormente desenvolvidas, que oferecem menor consumo para um mesmo fluxo luminoso.

Possuem boa eficiência luminosa, de até 55 lm/W, em potências que variam de 80 a 1.000 W. O acionamento não é instantâneo e o índice de reprodução de cor é médio.

### 2.3.3 Lâmpada a Vapor de Sódio

O princípio de funcionamento desta lâmpada é similar ao vapor de mercúrio, contudo, nesta tecnologia há a aplicação de Sódio, fazendo com que o sistema de acionamento necessite de um pulso de tensão na escala de quilo volts, numa ordem de tempo de micro segundos.

São lâmpadas de maior interesse na iluminação pública devido a alta eficiência, chegando até 130 lm/w, e longa vida útil. Tem como desvantagem seu baixo IRC.

No comércio, há disponíveis as lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão e alta pressão. Diferenciando-as qualitativamente, as lâmpadas de alta pressão possuem ótima eficiência luminosa, maior vida útil e baixo consumo de energia, porém, possui um maior investimento inicial. As lâmpadas de baixa pressão têm excelente eficiência luminosa e baixo custo operacional. Enquanto as lâmpadas de alta pressão são indicadas as áreas externas, as de baixa pressão são aplicadas em túneis, pátios e locais sujeitos a neblina.

Figura 6 – Lâmpada a Vapor de Sódio



Fonte: Portal Eletricista.

Disponível em: <<http://www.portaleletricista.com.br/tipos-de-lampadas/>>. Acesso em 23 abr. 2017.

Atualmente, as lâmpadas de vapor de sódio a alta pressão são as de maior interesse para iluminação das vias públicas, e vem sendo amplamente aplicadas para reposição de lâmpadas com eficiência inferior (como incandescentes, mistas e vapor de mercúrio).

#### **2.3.4 Lâmpada Multivapor Metálico**

Similar a vapor de sódio, e com o mesmo princípio ativo de funcionamento, nesta lâmpada há a adição de iodetos metálicos, que proporcionam maior IRC e eficiência luminosa.

A luz fornecida é extremamente branca e brilhante, despertando interesse para aplicações em locais onde o espaço físico precisa ser realçado e valorizado.

#### **2.3.5 Lâmpada Mista**

Lâmpadas que possuem estruturalmente um filamento e um tubo de descarga. Sua eficiência luminosa é superior apenas as incandescentes, e a vida útil encontra-se na mesma faixa. Operam em tensão de rede 220 V, sem a aplicação de reatores.

Em comparação as tecnologias existentes, são lâmpadas de baixa eficiência, com alto consumo de energia e elevado custo de manutenção, não sendo viável para iluminação.

### 2.3.6 Lâmpada Fluorescente de Indução Magnética

Lâmpadas que operam com a excitação do mercúrio e de gases nobres em seu interior, a partir da aplicação de um campo magnético externo que oscila em alta frequência (ordem de 250 kHz).

Sua maior vantagem é a alta vida útil, que se encontra em torno de 60.000 horas. Por possuir altos custos e disponibilizada em baixas potências, estas lâmpadas não são viáveis para a iluminação pública, contudo, são amplamente aplicadas em espaços de difícil acesso, reduzindo a necessidade de manutenção.

### 2.3.7 Luminárias LED

A mais recente e promissora tecnologia para iluminação tem como base de funcionamento o Diodo Emissor de Luz (LED). Trata-se de um semicondutor que, quando acionado por corrente elétrica de natureza contínua, produz luminosidade através da liberação de fótons. A luz emitida varia conforme o material da composição, podendo ser trabalhado nas diversas tonalidades da cor branca (quente a frio), vermelha, amarelo, verde e azul.

Dentre seus benefícios estão: fecho de luz bem direcionado; material livre de metais pesados; zero emissão de raios ultravioleta e infravermelho; resistência a vibração; elevado IRC; alta eficiência; alta vida mediana, próximo a 50.000 horas; etc.

Sua aplicação em iluminação pública já está sendo bem visada, contudo, seu alto custo impede uma maior evolução neste setor.

Figura 7 – Luminária LED para Iluminação Pública



Fonte: Combinado.

Disponível em: <<https://combinado.com.br/poste-de-iluminac-o-publica-led-50w-petala-bivolt.html>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

### 2.3.8 Reatores

Os reatores são aplicados em lâmpadas com o princípio ativo da produção de luz pela excitação de gases. Têm como função provocar o aumento de tensão no momento da ignição (para atender a elevada impedância) e reduzir a corrente durante o funcionamento da lâmpada. Encontram-se divididos em:

- a) Reatores eletromagnéticos: Modelos mais comuns em instalações antigas. Composta por núcleo de ferro, bobina de cobre e capacitores. Não é favorável a eficiência energética por possuir perdas elétricas, efeito flicker, carga térmica elevada e emitir ruídos audíveis.
- b) Reatores Eletrônicos: Operam em alta frequência (20 kHz a 50kHz). São mais eficientes, menos robustos, oferecem melhor rendimento e maior tempo de vida útil, porém, possui maior custo.

### 2.3.9 Luminárias

Tem por função abrigar, fixar a lâmpada e direcionar a luz. Composta por receptáculo, refletor, difusor e carcaça, este equipamento acopla a fonte luminosa e faz a distribuição espacial. A iluminação é direcionada pelo conjunto óptico que potencializa e explora o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas.

A definição de proteção das luminárias deve obedecer aos índices de proteção (IP), que são definidos de acordo com os agentes agressivos externos do ambiente onde será executada a instalação. Na Tabela 2 dispõem-se os níveis de proteção indicados para os possíveis ambientes em vias públicas.

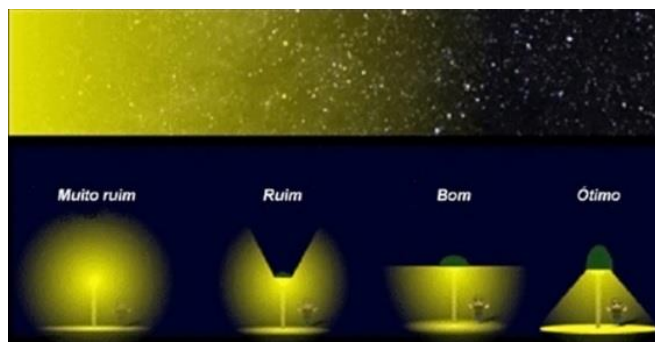
Tabela 2 – Índice de Proteção para Iluminação Pública

Local de Utilização	Grau de Proteção
Com pouca presença de poluição, pó e agentes agressivos	IP 23
Com presença média de poluição, pó e agentes agressivos	IP 44
Com forte presença de poluição, pó ou agentes agressivos	IP 54
Luminárias situadas a até 2,80m em relação ao solo	IP 44
Túneis	IP 55

Fonte: GUIA TÉCNICO PROCEL. Gestão Energética Municipal. Rio de Janeiro, p.62.

A Figura 8 apresenta a indicação ideal para a orientação do feixe de luz que, definido corretamente, proporciona melhor rendimento e reduz sensivelmente o ofuscamento.

Figura 8 – Indicação do Feixe de Luz para Luminárias na Iluminação Pública



Fonte: GOLDEN Blog.

Disponível em: < <http://www.golden.blog.br/o-impacto-da-iluminacao-publica-com-tecnologia-led-na-nossa-vida/>>. Acesso em 23 abr. 2017.

### 2.3.10 Braço de Apoio

São equipamentos de metal usados para sustentar as luminárias e servir como eletroduto na proteção dos cabos de alimentação. Seu ângulo de fixação influencia diretamente na correta distribuição do fluxo luminoso.

### 2.3.11 Circuitos de Comando

O comando da iluminação é realizado por relés fotoelétrico, que tem por função identificar o nível de iluminamento natural e acionar ou desativar as lâmpadas, conforme o período do dia, noturno e diurno, respectivamente.

## 2.4 PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Um projeto de iluminação pública, para garantir a funcionalidade do sistema, deve atender as diretrizes especificadas pela norma vigente ABNT NBR 5101/2012, Iluminação Pública – Procedimento. Conforme esta norma:

A distribuição apropriada das intensidades luminosas das luminárias é um dos fatores essenciais de iluminação eficiente em vias. As intensidades emitidas pelas luminárias são controladas direcionalmente e distribuídas de acordo com a necessidade para visibilidade adequada (rápida, precisa e confortável). Distribuições de intensidades são, geralmente, projetadas para uma faixa típica de condições, as quais incluem altura de montagem de luminárias, posição transversal de luminárias (avanço), espaçamento, posicionamento, largura das vias a serem efetivamente iluminadas, porcentagem do fluxo luminoso na pista e áreas adjacentes, mantida a eficiência do sistema.

(ABNT NBR 5101, 2012, p. 07).

A norma técnica ABNT NBR 5101/2012 fornece os requisitos mínimos para iluminação das vias públicas, objetivando sempre a segurança dos tráfegos de pedestres e veículos. No projeto ou readequação de um sistema, outras normas também podem ser recorridas:

- ABNT NBR 5461 – Iluminação, terminologia;
- ABNT NBR 15129:2012 – Luminárias para Iluminação Pública – Requisitos particulares;
- ABNT NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- ABNT NBR 5181:2013 – Sistemas de Iluminação de Túneis – Requisitos.

Devem ser recorridas também as normas com os requisitos particulares para cada tipo de lâmpada, reatores e relés. O seguimento dos padrões fornecidos resulta em padronização, proteção e melhor qualidade do sistema.

#### **2.4.1 Classificação das Vias e Nível de Tráfego**

O ponto inicial de um projeto de iluminação pública consiste na classificação da via que se pretende iluminar. As vias são definidas em urbanas, rurais, de ligação e especiais, e cada qual possui uma derivação da classificação quanto a sua finalidade.

Outro fator relevante de classificação da via tem referência ao tipo de tráfego, tanto para pedestres quanto para veículos, definidas como: sem, leve, médio ou intenso.



Os dois parâmetros devem obedecer às disposições previstas no Código de Trânsito Brasileiro, também disponível na ABNT NBR 5101, e devem ser definidos antes de identificar o melhor nível de iluminância para uma via.

#### 2.4.2 Níveis de Iluminância e Fatores de Uniformidade

O nível de iluminância e fator de uniformidade mínimo para cada tipo de via é obtido na ABNT NBR 5101 e apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Níveis de Iluminância e Fatores de Uniformidade para Vias Públicas

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, calçadões, 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

Fonte: MANUAL DE ILUMINAÇÃO PROCEL.

Disponível em:

<[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL\\_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf)>. Acesso em 23 abr. 2017

### **2.4.3 Topologia**

Por final, definido os níveis luminotécnicos para cada via, há a concepção da topologia de distribuição, que deve ser projetada a fim de atender aos valores mínimos exigidos, considerando os custos e a diversidade construtiva envolvida, como: estruturas de redes elétricas existentes, postes, prédios, marquises, arborização e demais componentes que tem potencial de interferência na construção do sistema de iluminação.

### **3. ILUMINAÇÃO PÚBLICA EFICIENTE**

Nos últimos anos, o país vem apresentando melhorias na qualidade de prestação do serviço em iluminação pública. A evolução das tecnologias de iluminação, em conjunto com a revisão de normas técnicas e ações do governo para financiamento de projetos em eficiência energética, resultaram no desenvolvimento seguro de projetos e na redução do consumo de energia destinado a este setor.

A evolução da tecnologia das lâmpadas na iluminação pública apresenta em sua história fontes luminosas inviáveis aos critérios de iluminação e de consumo, como as lâmpadas incandescentes, mistas e vapor de mercúrio. Atualmente, conforme o PROCEL RELUZ, as lâmpadas vapor de sódio e luminárias LED são as tecnologias de maior rendimento e de maior viabilidade para o setor.

Relacionado a financiamentos de projetos em eficiência energética, conforme o PROCEL, desde 1993 há aplicações de recursos da Reserva Global de Reversão (RGR) para este fim. O RGR trata-se de um fundo financeiro gerido pela Eletrobrás.

Neste âmbito há também a contribuição das Empresas Concessionárias e Permissionárias de energia, que regulamentado por lei, devem aplicar um percentual mínimo de 0,5% da Receita Operacional Líquida (ROL) em programas de eficiência energética, incluso a iluminação pública.

Outro fator relevante, previsto por constituição, é a responsabilidade dos municípios sobre a gestão dos recursos energéticos destinados a serviços públicos. A participação destes, na gestão da energia, desafia o setor elétrico no desenvolvimento de meios a estimular o combate de desperdício de energia.

#### **3.1 PROGRAMAS GOVERNAMENTAIS**

Conforme o Plano Nacional de Eficiência Energética, em acordo com dados levantados pela Eletrobrás/Procel, no ano de 2008, a parcela de consumo de energia elétrica com iluminação pública resultou em 3,96% do total faturado no país.

O avanço deste consumo não foi maior devido às ações de dois programas governamentais, essenciais para o desenvolvimento do setor: PROCEL RELUZ (Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes) e o Programa de

Eficiência Energética da ANEEL. Contudo, no ano de 2005 a ANEEL suspendeu os investimentos direcionados aos projetos de eficiência em iluminação pública.

Atualmente o país consta apenas da participação do programa PROCEL RELUZ para o financiamento exclusivo em projetos de eficiência para a iluminação pública.

Há a contribuição das Empresas Concessionárias e Permissionárias de Energia, que regulamentado por lei, devem aplicar o percentual mínimo de 0,5% da ROL em projetos de eficiência energética. Dentre as diversas áreas de atuação, a iluminação pública está inclusa.

### **3.1.1 PROCEL RELUZ**

O PROCEL RELUZ, fundado em junho de 2000, é um programa criado pelo governo federal em parceria com a Eletrobrás, a fim de promover o desenvolvimento de sistemas eficientes para a iluminação pública.

Em sua linha de atuação, tem por objetivo a promoção de projetos de eficiência energética, a valorização noturna dos espaços públicos, a redução do consumo de energia elétrica, melhorias nas condições de segurança e a qualidade de vida das cidades.

Até o ano de 2009, o PROCEL RELUZ já havia modernizado cerca de 2,2 milhões de pontos, o que resultou numa economia de 789,6 GWh/ano de consumo, e 181,8 MW de demanda no horário de ponta.

Neste mesmo período, um estudo elaborado pela PROCEL concluiu que a modernização total das lâmpadas presentes no sistema de iluminação pública, possuindo uma tecnologia de eficiência inferior as lâmpadas a vapor de sódio, resultaria numa redução de demanda de ponta de 208MW e uma economia de energia de 911 GWh/ano.

A proposta elaborada contemplava somente as lâmpadas a vapor de sódio como única fonte alternativa (em diferentes variações de potência) para a substituição das lâmpadas de inferior eficiência: vapor de mercúrio, mistas e incandescentes. No entanto, nos dias atuais, o programa já incrementa as luminárias LED como tecnologia alternativa, possibilitando um resultado maior que o calculado.

Todas as substituições são realizadas com base nos conceitos de maximizar a eficiência energética dos espaços públicos, atendendo aos níveis de iluminância compatíveis com o tipo de via, e aos índices determinados por normas técnicas brasileiras. Além das lâmpadas, todos os demais acessórios que compõem o conjunto de iluminação, quando necessário, são alvos de modernização.

### *3.1.1.1 Resultados PROCEL 2016*

De acordo com os resultados PROCEL 2016, no ano de 2015, o equivalente a economia de energia elétrica e a redução de demanda no horário de ponta, correspondeu a 120,67 milhões de kWh e 27,51 mil kW, respectivamente. Esta economia deu-se somente pelas ações desenvolvidas pela Eletrobrás, por meio do PROCEL RELUZ.

No processo de efficientização do sistema de iluminação pública, na metodologia de avaliação dos resultados anuais, destaca-se a consideração da economia durante a vida útil mínima dos equipamentos em cinco anos.

Desde 2000, em ações por todo o país, o PROCEL RELUZ já efetuou a substituição de 2,78 milhões de pontos de iluminação pública.

### **3.1.2 Concessionárias de Energia e os Programas de Eficiência**

De acordo com a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as Empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia devem aplicar o percentual mínimo de 0,5% da Receita Operacional Líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética (PEE).

Todos os projetos precisam atender os procedimentos específicos regulamentados pela Aneel, fornecidos pelo Manual dos Programas de Eficiência Energética (PROPEE).

De acordo com este manual:

O objetivo do PEE é promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Para isso, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada no âmbito desses programas. Busca-se, enfim, a transformação do mercado de energia elétrica, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica.

(PROPEE, 2013, p. 04).

Logo, projetos de eficiência energética destinados a iluminação pública enquadram-se nos objetivos do PROPEE, podendo ser financiados por este programa.

Em complemento a regulamentação da aplicação da ROL, a Lei nº 13.203, de 08 de dezembro de 2015, estabelece que do valor montante destinado a projetos em eficiência energética, 60% a 80% devem ser aplicados em consumidores rurais ou em consumidores de baixa renda, inclusos unidades cadastradas na tarifa social de energia elétrica.

### *3.1.2.1 Programa de eficiência energética CELESC*

A Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC) é a empresa de distribuição de energia elétrica que atende a região de Garopaba, cidade cenário deste estudo.

Cumprindo com as legislações nacionais, a CELESC possui uma área de gestão destinada ao atendimento exclusivo para elaboração e implantação de projetos de Eficiência Energética, em todo o território de atuação, que de acordo com a CELESC, abrange 92% do estado de Santa Catarina.

Chamado de Programa de Eficiência Energética ANEEL/CELESC, tem como maior foco a redução do desperdício de energia ao longo do dia e a redução de demanda no horário de ponta (18h30min – 21h30min). Portanto, dentre os campos de atuação, a iluminação pública é um dos alvos, e a cidade de Garopaba pode se beneficiar deste financiamento.

## 3.2 ILUMINAÇÃO COM QUALIDADE

Como descrito, a iluminação pública comporta-se como um instrumento de cidadania, pois possibilita o desenvolvimento da vida em sociedade.

Para sua correta função é necessário definir padrões. Publicada em 1992, e revisada pela última vez em 2012 (versão atualmente disponível), a NBR5101 apresenta os requisitos mínimos para projetos luminotécnicos de vias públicas.

Todo o esforço despendido com a elaboração desta norma resulta em qualidade de vida, pois se estabelecem as condições mínimas favoráveis para o correto desenvolvimento de atividades em espaço público, auxiliando no trânsito seguro e na redução dos índices de acidentes.

De acordo com a Edição 135 da revista O Setor Elétrico, a última revisão desta norma trouxe benefícios significativos para o setor, padronizando valores de iluminância mínima e fatores de uniformidade, agregando qualidade e segurança ao sistema de iluminação.

Contudo, ainda há dúvidas geradas por profissionais no desenvolvimento de projetos luminotécnicos, onde não há a contemplação detalhada por parte da norma, como iluminância vertical, condições para ciclovias, ciclofaixa, etc. Além destes fatores, a presença do LED no mercado de iluminação pública potencializa para uma nova revisão, pois geram-se questionamentos sobre a garantia de resultado de iluminação a partir desta tecnologia.

Portanto, a fim de discutir aprimoramentos e novos critérios, a norma passará por nova revisão, firmando a garantia de segurança e potencialização da qualidade com a modernização do sistema.

Outro fator relevante, e que se deve ressaltar na discussão da qualidade da iluminação pública, é a certificação compulsória do Inmetro.

A partir da portaria nº 20, publicada em 15 de fevereiro de 2017, o Inmetro disponibiliza o regulamento técnico de qualidade para luminárias para iluminação pública, objetivando estabelecer os requisitos técnicos a serem atendidos pelas luminárias, seja pela aplicação de Lâmpadas de Descarga ou por tecnologia LED, buscando maior eficiência energética e segurança na aplicação.

Para o Senhor Luciano Hass Rosito, Gerente de Vendas da Phillips Lighting, a certificação contribui para a melhoria da qualidade dos produtos, diminuindo as diferenças entre produtos disponíveis no mercado. O mesmo fomenta que com a certificação compulsória, o Inmetro pode autuar fábricas que não atendem os requisitos, e os municípios deixam de adquirir luminárias abertas e de baixa qualidade.

### 3.3 GESTÃO ENERGÉTICA MUNICIPAL

A Gestão Energética Municipal (GEM) consiste num conjunto de fundamentos, normas e ações, que visam balizar o uso da energia elétrica e controlar o seu desempenho e respectiva eficiência.

Seus objetivos são: ter domínio sobre o real consumo energético do município; promover, otimizar e coordenar operações; obter economia nas contas públicas mediante redução do consumo; aplicar ações de gestão e manutenção com a finalidade de aumentar a

vida útil das instalações e equipamentos; promover a racionalização de energia; capacitar para negociações com concessionárias; investir em sistemas mais eficientes; etc.

A GEM é subordinada a gestão do Prefeito, que desenvolve os planos de combate ao desperdício e cobre os custos do mesmo.

A construção de um órgão voltado apenas para a administração energética implica na autonomia do município em gerir o seu consumo de energia elétrica. Com a imersão desta, criam-se novas oportunidades, reduzem-se os custos e garante-se a manutenção e continuidade das ações.

### **3.3.1 Campos de Atuação**

As atividades desenvolvidas dentro da GEM são divididas e coordenadas pelas Unidades de Gestão Energética (UGEs).

A atuação das UGEs engloba:

- a) Capacitação das equipes quanto ao contrato de fornecimento de energia elétrica: Ter domínio sobre as cláusulas contratuais resulta em economia para o município. A adoção de critérios e controles podem proporcionar uma maior otimização dos contratos. O conhecimento dos direitos e deveres do consumidor e concessionária facilita a resolução de eventuais dificuldades.
- b) Estudo e aplicação de projetos eficientes para os setores de domínio da gestão pública: A GEM tem por responsabilidade o desenvolvimento de projetos de eficiência energética para iluminação pública, prédios públicos e saneamento (abastecimento de água, esgotamento sanitário e pluvial, limpeza urbana e controle de vetores).
- c) Conscientização da população local: A atuação em escolas e órgãos públicos, explicando o porquê e as formas de racionalizar o consumo de energia, traz benefícios imediatos com a redução do desperdício de energia em residências dos públicos-alvo. Posteriormente, em longo prazo, há impactos na formação do cidadão, com o enraizamento da importância do consumo consciente.



### 3.3.2 Retorno Positivo

A atuação direta de uma GEM na gestão pública implica em ganhos positivos para o município e para o setor elétrico, nas diversas formas e em distintas setorizações. Sua administração, em maior escala, também fomenta perspectivas e oportunidades para o país.

Pode-se destacar como benefícios para o município:

- a) Redução do consumo e da conta de energia elétrica: Com a implantação de projetos de eficiência nos serviços municipais há o retorno direto na redução dos custos com a economia de energia, como também nos recursos despendidos pelo município para a operação dos sistemas.
- b) Preservação do meio-ambiente: A efficientização dos setores de domínio público e as atividades de conscientização contribuem para o combate de desperdício, e em conjunto, para o uso racional dos recursos naturais, preservando o meio-ambiente.
- c) Benefícios políticos: A implantação de projetos desta natureza pode resultar em dividendos políticos.
- d) Efeito demonstração: Com a implantação das ações e a divulgação de informações, setores residencial, comercial e industrial podem se sensibilizar com questões desta natureza, aderindo aos Programas de Eficiência Energética.
- e) Melhora da capacidade de negociação do município: Com a atuação da GEM, há a potencialização nas negociações do município com fornecedores e prestadores de serviços.
- f) Benefícios para os habitantes: O retorno econômico possibilita investimentos em outras áreas prioritárias, como saúde e educação.

Para o setor elétrico, a redução do desperdício resulta em postergar os investimentos dos recursos públicos, ou privados, na ampliação do sistema de geração, transmissão e distribuição de energia, que visam atender a crescente demanda.

Expandido os benefícios, observando seu retorno a nível nacional, o país conta com a possibilidade da elaboração de uma estratégia municipal integrada, a concentração dos esforços para a economia de energia, a possibilidade de elaboração de projetos com visão global e a execução de inventários dos sistemas elétricos municipais.

### 3.3.3 Legislação

No capítulo IV, artigo 30, inciso V, a Constituição Federal atribui autonomia de legislação para os municípios sobre os serviços públicos, o que inclui a iluminação pública. Logo, a prestação de todos os serviços voltados a iluminação pública deve ser executada e fiscalizada pelo município, independente se as atividades são desenvolvidas por unidade administrativa própria ou por contratação, respeitando os princípios da licitação pública, das firmas especializadas e das concessionárias.

Nos contratos de prestação de serviço em iluminação pública devem ser fixadas: a extensão territorial; o prazo de duração do contrato; as normas e procedimentos que devem ser observados; definição de serviços de expansão e remodelação; determinação dos serviços de operação, manutenção preventiva e corretiva; regras para o fornecimento de materiais; níveis de qualidade que observam o cumprimento do iluminamento das vias, correta aplicação dos materiais pré-determinado e os prazos das atividades de execução da ampliação do sistema e manutenções. Junto deve-se apresentar a propriedade da rede, o fornecimento de energia e fixar valores financeiros para os diferentes tipos de serviço.

Com relação ao fornecimento de energia elétrica, as condições para a prestação de serviços em iluminação pública por parte das concessionárias de serviços públicos de eletricidade estão sob o regulamento da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Para tal dispõem-se das seguintes Portarias:

- Portaria N° 466 ANEEL, de 12 de dezembro de 1997 – Determina as condições gerais de fornecimento de energia elétrica;
- Portaria N° 185 DNAEE, de 17 de outubro de 1988 – Contextualiza sobre os novos contratos de demanda de energia elétrica, considerando as medidas de racionalização por parte dos consumidores;
- Portaria N° 158 DNAEE, de 17 de outubro de 1989 – Determina as condições gerais da energia elétrica destinadas à iluminação pública.
- Portaria N° 730 DNAEE, de 28 de outubro de 1994 – Fornece condições favoráveis às concessionárias de energia em investimentos e custeio em programas de eficiência energética.

## 4. ESTUDO DE CASO

A fim de atender o objetivo central desta pesquisa, apresenta-se uma metodologia de estudo para o *retrofit* das tecnologias empregáveis em sistemas de iluminação pública.

Em forma de memorial de cálculo, proporcionam-se numa visão clara e objetiva, os procedimentos necessários para a análise da substituição de lâmpadas e luminárias, com base na Pesquisa de Mestrado do Engenheiro Civil Eneir Ghisi (Desenvolvimento de uma Metodologia para Retrofit em Sistemas de Iluminação).

O estudo de caso é direcionado a cidade de Garopaba, devido as necessidades da gestão atual, que vem analisando como implantar medidas para combater o desperdício de energia elétrica, tornando mais eficientes os sistemas regidos pelo município.

### 4.1 GAROPABA

Garopaba é um município brasileiro, localizado no litoral sul do estado de Santa Catarina. Faz limite territorial ao sul com o município de Imbituba, ao norte e oeste com o município de Paulo Lopes, e a leste com o Oceano Atlântico. Segundo dados do IBGE, a população estimada no ano de 2016 era de 21.573 habitantes.

De acordo a Prefeitura Municipal, as principais atividades econômicas são, respectivamente: turismo, construção civil, pesca artesanal, serviços públicos, agricultura de subsistência, pecuária e comércio.

Seu índice de desenvolvimento municipal sustentável (IDMS) é de 0,608. Este índice, medido na escala de zero a um, trata-se da análise de indicadores fundamentais para o diagnóstico do grau de desenvolvimento de um território: sociocultural, ambiental, econômica e político institucional.

Em relação a eficiência energética, o município não possui uma Gestão Energética Municipal. No entanto, há o interesse da Prefeitura pelo investimento em projetos de conservação de energia. Atualmente, avalia-se a possibilidade de investimentos em projetos de *retrofit* das lâmpadas destinadas a iluminação pública por luminárias a LED. A elaboração de uma metodologia de análise contribuirá para o desenvolvimento destes projetos.

## 4.2 RETROFIT

Um *retrofit*, conforme Enedir Ghisi, trata-se de qualquer tipo de reforma realizada numa determinada instalação. No âmbito da eficiência energética, envolve alterações ou reformas em sistemas consumidores de energia elétrica, zelando pela sua conservação. Para os sistemas de iluminação pública, este é obtido por meio da aplicação de lâmpadas, conjuntos ópticos, acionadores e reatores energeticamente mais eficientes.

A determinação por um *retrofit* em sistemas de iluminação não se resume a substituição de lâmpadas por outra energeticamente mais eficiente. O processo de aprovação abrange a análise da tecnologia existente, os benefícios fornecidos pela nova solução, e a viabilidade econômica fornecida nesta troca.

Na análise proposta para o Município de Garopaba, visando a conservação da energia elétrica, a iluminância requerida para a atividade desenvolvida e o conforto do usuário, se prevê a substituição de todas as lâmpadas e suas luminárias por conjuntos de luminárias LED, capazes de atender satisfatoriamente os pré-requisitos para a área estudada.

A determinação pelo *retrofit* está no resultado do estudo de viabilidade técnica e econômica. Para cada Rua do Município, ou demais localidades, o projeto pode ser feito com os dados particulares de cada cenário, considerando a classificação da via e o nível de tráfego, junto aos níveis de iluminância e fatores de uniformidade, determinados por norma.

## 4.3 MEMORIAL DE CÁLCULO

Neste memorial apresentam-se descritivamente a sequência de etapas da análise de viabilidade técnica e dos cálculos econômicos, direcionados para a determinação da substituição de lâmpadas em iluminação pública por luminárias LED. Para cada novo estudo deve ser feito os procedimentos descritos.

### 4.3.1 Classificação do Cenário de Estudo

A Rua Prefeito João Orestes de Araújo, via definida como cenário de estudo, comporta-se como a Avenida Central no município de Garopaba. Sua origem se dá ao término da SC-434, e se estende até a Avenida dos Pescadores, na beira-mar da Praia do Centro.



Para ruas urbanas classificadas como via coletora e de tráfego intenso, definido pela norma NBR 5101, o nível de iluminância mínimo exigido equivale a 20 Lux, com o fator de uniformidade mínimo de 0,3.

### 4.3.2 Levantamento do Sistema Atual

O levantamento do sistema atual de iluminação artificial da Rua Prefeito João Orestes de Araújo deu-se pela visita técnica ao local nos dias 19 e 20 de junho de 2017, registrando a quantidade dos postos luminosos, as tecnologias empregadas, e a iluminância desta área, obtida através de medições.

#### 4.3.2.1 Equipamentos instalados

Na Tabela 4 apresentam-se os tipos de lâmpadas, e respectivas quantidades, aplicadas para a iluminação da Rua Prefeito João Orestes de Araújo:

Tabela 4 – Lâmpadas Existentes para Iluminação da Rua Pref. João Orestes de Araújo

Lâmpada	Potência (W)	Quantidade (un)	Potência Instalada (W)
Lâmpada Multivapor Metálico	250	36	9.000
	150	05	750
Lâmpada Vapor de Mercúrio	125	01	125
TOTAL		42	9.875

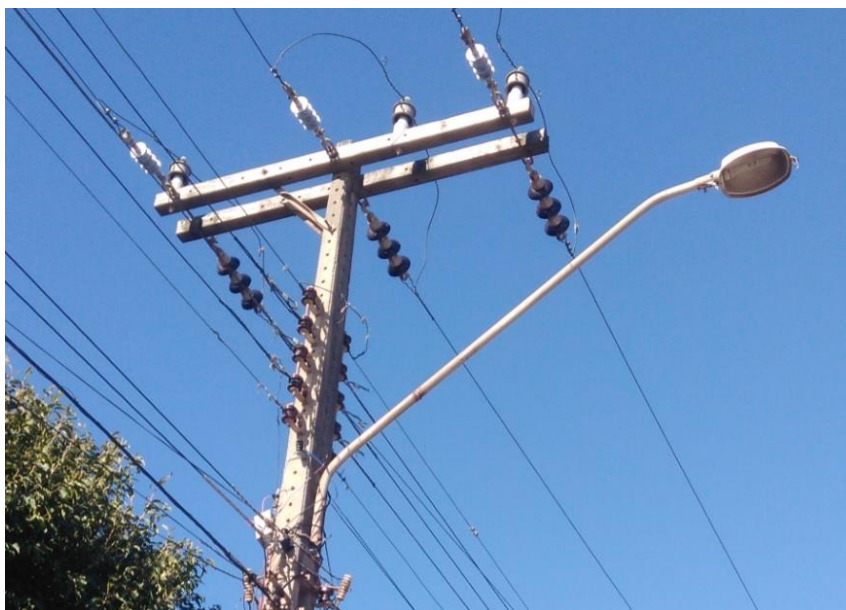
Fonte: AUTOR.

Verificou-se que todos os postos luminosos estavam acionados, sem ocorrência de lâmpadas queimadas.

A temperatura de cor definida para esta avenida é a fria. Somente nas ruas paralelas que se verifica a utilização de lâmpadas de cor quente, contudo, sua contribuição não altera, de forma significativa, a cor predominante.

Instaladas a mesma altura, as luminárias usadas são em carcaça de alumínio e sem difusor óptico, conforme Figura 10, expondo lâmpadas e receptáculo à ação do tempo, em especial a agressão da maresia.

Figura 10 – Composição do Sistema de Iluminação



Fonte: AUTOR.

Os relés fotoelétricos e reatores são fixados no poste, próximos a base do braço. O ângulo de distribuição dos braços é idêntico em todos os postos.

#### *4.3.2.2 Condições externas*

A rua é formada por construções nos dois sentidos da via. Em sua maior totalidade, os prédios possuem dois pavimentos (máximo permitido pela Prefeitura Municipal de Garopaba), com o piso térreo destinado ao uso comercial, e o primeiro pavimento (piso superior) para uso residencial.

O percentual de áreas abertas (terrenos vazios) é muito baixo, próximo de zero quando comparado ao de áreas construídas.

Desta forma, com o tipo de uso das obras e sua totalidade, há contribuições de iluminação externa em toda a extensão da via pública.

Figura 11 – Contribuição da Iluminação de Fontes Externas na Avenida Central



Fonte: AUTOR.

Não há interferências quanto ao sombreamento por vegetação. A arborização desta avenida é baixa, e as árvores presentes não interferem na iluminação. Portanto, não se faz necessário a projeção da iluminação com diferentes comprimento de braço, altura de instalação ou ângulo de projeção. Todos os postos possuem mesma metodologia de iluminação.

Figura 12 – Baixa Arborização da Avenida



Fonte: AUTOR.



#### 4.3.2.3 Medições da iluminância

Para a verificação do nível de iluminação, realizou-se a medição da iluminância real a partir do Luxímetro digital da marca Hikari, modelo HLX-881.

As medições foram executadas às 21h30min do dia 19 de junho de 2017, com condições climáticas estáveis, a temperatura de 12°C. Definiu-se este horário por a cidade estar em baixa temporada, logo, o comércio encontra-se fechado, com pouca circulação nas vias, reduzindo a contribuição de outras fontes luminosas.

Figura 13 – Luxímetro Digital Hikari HLX-881



Fonte: AUTOR.

Na Tabela 5 encontram-se as especificações gerais deste aparelho, extraídas do manual de instruções.

Tabela 5 – Especificações Gerais

Características Técnicas	
Faixa de Medição	1~50.000 Lux
Display	LCD de 3 ½ dígitos, 2000 contagens
Resolução	1 Lux
Precisão	≤10.000 Lux: $\pm 4\% \text{rdg} \pm 0.5\% \text{f.s}$ >10.000 Lux: $\pm 5\% + 10 \text{digitos}$
Repetibilidade	$\pm 2\%$
Característica de Temperatura	$\pm 0,5\% / ^\circ\text{C}$
Tempo de Leitura	0,4 seg.

Sensor	Foto diodo de silício com filtro
Temp. Ambiente de Operação	0°C a 40°C
Temp. Ambiente de Armazenagem	-10°C a 60°C
Altitude de Operação	2.000 m

Fonte: LUXÍMETRO DIGITAL HLX-881. Manual de Instruções. São Paulo, p.4.

Apresentam-se na Tabela 6 os valores das medições, e na Figura 14 os locais de registro. Para cada ponto de medição verificou-se a iluminância sob dois postes sequentes e o ponto médio entre estes.

As medições de iluminância são executadas conforme solicitação da NBR 5101. Os três valores apresentados, divididos por barras, se referem respectivamente, a uma medição no passeio onde há o posto luminoso, uma no centro da pista de rolamento, e outra no passeio oposto, na mesma direção.

Tabela 6 – Medições da Iluminância

Ponto de Medição	Iluminância (Lx)
Ponto 1	101 / 46 / 22
	04 / 07 / 12
	29 / 13 / 09
Ponto 2	31 / 16 / 10
	05 / 19 / 38
	48 / 19 / 11
Ponto 3	48 / 22 / 15
	11 / 07 / 05
	27 / 12 / 10
Ponto 4	53 / 24 / 17
	27 / 13 / 10
	28 / 14 / 10
Ponto 5	31 / 15 / 10
	04 / 05 / 08
	41 / 27 / 50
Ponto 6	86 / 28 / 13
	06 / 03 / 04
	42 / 25 / 10
Ponto 7	55 / 25 / 15
	11 / 09 / 08
	32 / 17 / 08
Ponto 8	53 / 26 / 21
	05 / 03 / 03
	49 / 27 / 31
Ponto 9	75 / 28 / 12
	04 / 04 / 03
	34 / 19 / 08

Fonte: AUTOR.

Figura 14 – Pontos de Registro das Medições



Fonte: AUTOR.

#### 4.3.2.4 Avaliação do sistema atual

Para avaliação do sistema atual, determina-se primeiramente a iluminância média, a partir da razão entre a soma dos valores medidos pela quantidade de medidas realizadas. Neste estudo, a iluminância média da via resulta em 22,04 Lux.

Conforme descrito no item 4.3.1 – Cenário de Estudo, em acordo com a NBR 5101, a iluminância mínima exigida para esta Avenida é de 20 lux. Logo, o nível de iluminação atende ao mínimo definido por norma.

Outro ponto relevante é a análise do fator de uniformidade, que corresponde a razão da iluminância mínima pela iluminância média. De acordo com a NBR 5101, o fator de uniformidade exigido para a Rua Prefeito João Orestes de Araújo equivale a 0,3.

O valor do fator de uniformidade para a Avenida Central está correspondendo a 0,13, abaixo do indicado por norma. Logo, a distribuição da iluminação não atende aos requisitos mínimos definidos.

A variação de densidade da iluminação ao longo da via, comprovado por medições e cálculos, resulta da aplicação de diferentes tecnologias de lâmpadas, da falta de difusor óptico e também, da contribuição de iluminação externa.

Para o cenário estudado, os níveis de iluminação atende, contudo, o fator de uniformidade não está adequado com o valor recomendado pela NBR 5101.

A proposta de *retrofit* tem por objetivo reduzir a potência total consumida por este sistema, ampliar o ângulo de distribuição e padronizar os níveis de iluminação.

Com esta solução, adequando com as exigências normativas, reduz-se os esforços físicos visuais dos usuários devido à variação de densidade de iluminação.

### **4.3.3 Projeto Luminotécnico**

Para garantir a confiabilidade da proposta de *retrofit*, há a necessidade da elaboração do projeto luminotécnico, onde se define qual a tecnologia a ser aplicada e, por simulação, verifica-se se o fluxo luminoso emitido pela luminária atende o nível de iluminância mínima exigida por norma.

#### *4.3.3.1 Luminária proposta*

Primeiramente, observa-se que antes da decisão da escolha final da luminária a ser aplicada, as simulações devem ser executadas, a fim de validar as condições iniciais que a iluminação precisa atender.

A proposta de *retrofit* para a Rua Prefeito João Orestes de Araújo prevê luminárias que atendam as condições mínimas (nível de iluminância e fator de uniformidade) exigidas pela norma NBR 5101.

A direção para a escolha dos modelos de teste foi a partir do nível de fluxo luminoso e potência que os modelos no mercado oferecem. Após testes, definiu-se pela aplicação de luminárias Istanium LED, modelo NATH L, que oferece 15 mil lumens de fluxo luminoso, numa potência de consumo equivalente a 138W.

De acordo com as informações construtivas fornecidas por fabricante, esta luminária é produzida em alumínio injetado a alta pressão, com difusor de vidro liso plano. O acabamento

é realizado por pintura eletrostática, na cor padrão RAL 9007 (cinza). O conjunto óptico é formado por um conjunto de módulo de 64 LEDs com lentes incorporadas.

Na Tabela 7 apresentam-se os dados técnicos detalhados.

Tabela 7 – Luminária Instanium LED, modelo NATH-L

Especificações Técnicas	
Tensão Nominal	90 a 305 Vac
Frequência	50/60 Hz
Potência	138W
Fator de Potência	> 0.95
Fluxo Luminoso	15.000 Lm
Temperatura de Cor	5.000 k
Temperatura de Uso	-30°C a +40°C
Índice de Reprodução de Cor	> 70%
Vida Útil	60.000 h
Grau de Proteção	IP66

Fonte: Techowatt.

Disponível em: <<http://tecnowatt.com.br/sitev1/portfolio-items/nath-l/>> Acesso em 27 jun. 2017

Na Figura 15 apresenta-se uma imagem ilustrativa desta luminária, atentando-se ao sistema de fixação. O conjunto pode ser instalado em ponta de braço, com diâmetro externo de 60,3mm, e possibilita o ajuste de inclinação em até 4 posições: -5°, 0°, +5°, +10°.

Figura 15 – Luminária Instanium LED, modelo NATH-L



Fonte: Tecnowatt.

Disponível em: <<http://tecnowatt.com.br/sitev1/portfolio-items/nath-l/>>. Acesso em 27 jun. 2017.

Ressalta-se que o grau de proteção correspondente é o IP66. Segundo a Segurança Industrial Equipamentos (Segind), os dois dígitos correspondem, respectivamente, a total proteção contra penetração de poeira e contato com as partes internas ao invólucro, e a proteção contra jatos de água.

Como todo o corpo (grupo óptico e equipamentos auxiliares) apresenta este índice de proteção, a luminária enquadra-se com as condições climatológicas do local a ser instalado.

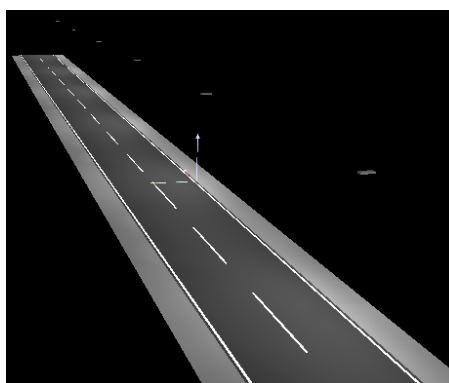
#### 4.3.3.2 Simulação DIALUX

O Dialux, conforme a Dial (empresa desenvolvedora), trata-se de um software de design da iluminação. Uma plataforma gratuita que permite projetar, calcular e visualizar a projeção da luz. A partir deste, executou-se as simulações da iluminação pública para a Avenida Central de Garopaba.

O sistema de iluminação da Rua Prefeito João Orestes de Araújo é composto por 42 postes luminosos distanciados de 30 m, distribuídos ao longo de 1,3 km. A largura da avenida corresponde a sete metros. Para os passeios considera-se a largura média de 1,5 m, em ambos os sentidos. As luminárias estão instaladas a 8 m de altura, em postes distanciados 50 cm da pista rolante, com braço de 1,5m e sem ângulo de inclinação.

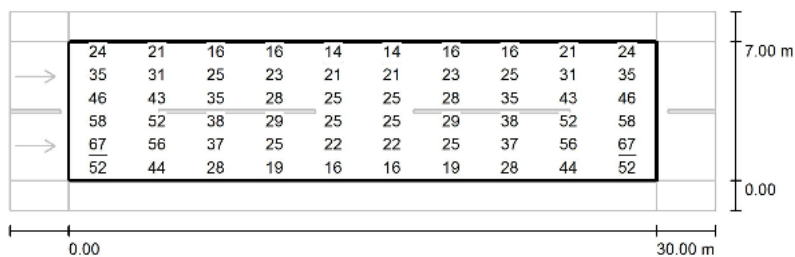
Para este cenário, com a aplicação da luminária LED NATH-L, o resultado da simulação (conforme figuras 17, 18 e 19) é positivo e atende aos requisitos mínimos exigidos por norma.

Figura 16 – Visão 3D – Simulação Dialux



Fonte: DIALUX.

Figura 17 – Gráfico de Valores (E) para Pista Rolante



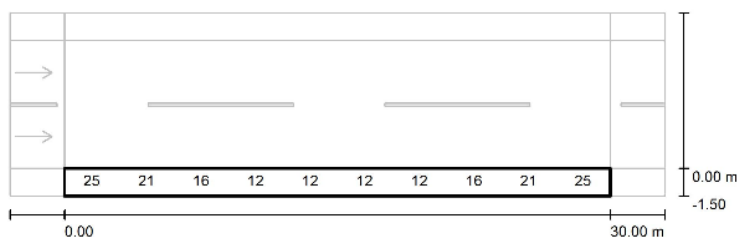
Valores em Lux, Escala 1 : 258

Grelha: 10 x 6 Pontos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
32	14	67	0.441	0.214

Fonte: DIALUX.

Figura 18 – Gráfico de Valores (E) para Passeio 1



Valores em Lux, Escala 1 : 258

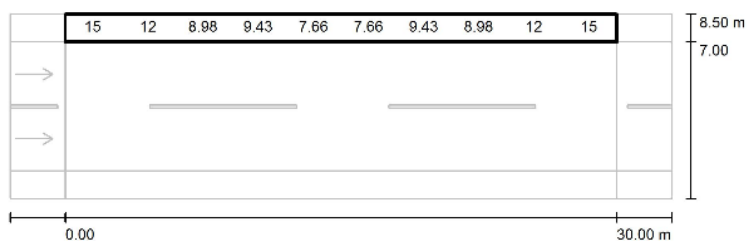
Nem todos os valores calculados podem ser representados.

Grelha: 10 x 3 Pontos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
18	9.95	35	0.563	0.285

Fonte: DIALUX.

Figura 19 – Gráfico de Valores (E) para Passeio 2



Valores em Lux, Escala 1 : 258

Nem todos os valores calculados podem ser representados.

Grelha: 10 x 3 Pontos

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
11	5.38	18	0.503	0.303

Fonte: DIALUX.

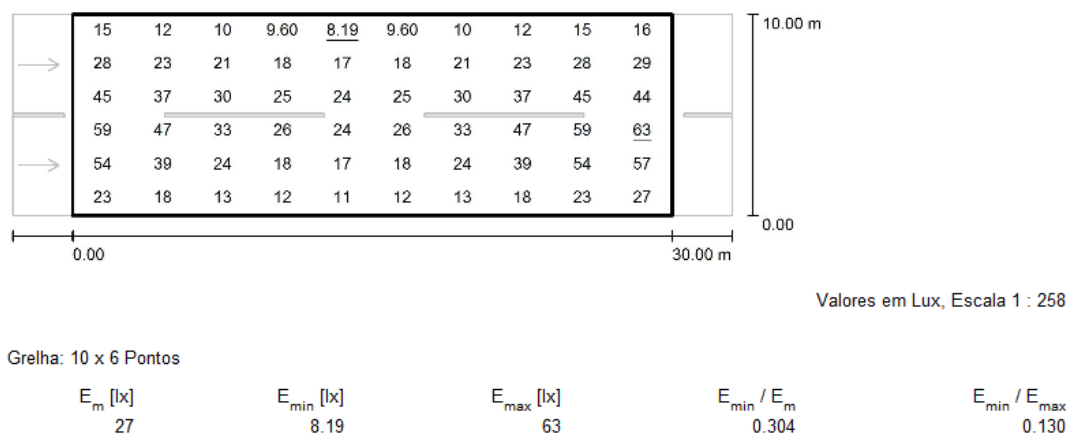
Como o Dialux não expressa valores de iluminância otimizados entre pista rolante e passeios, gerou-se relatório de simulação para os três possíveis cenários.

O valor de 32 Lux da medida de iluminância média para a pista rolante atende ao mínimo estabelecido por norma. Porém, pode-se observar que nos passeios 1 e 2 os valores de iluminância média são 18 Lux e 11 Lux respectivamente, abaixo do indicado.

Contudo, a avaliação do sistema não pode ser feita separadamente. Faz-se necessário avaliar os valores como um único conjunto: pista rolante e passeios. Desta forma, para adequar as necessidades deste estudo, considera-se que a pista rolante possui 10m de comprimento (7m reais acrescidos de 3m de passeios), e o posto de iluminação está a -2,5m do passeio, a fim de adequar os valores de iluminância para as áreas medidas.

Na Figura 20 se expressa os novos resultados, e verifica-se que com esta luminária a iluminância média resulta em 27 Lux, com um fator de uniformidade de 0.304, atendendo aos requisitos mínimos exigidos pela NBR 5101.

Figura 20 – Gráfico de Valores (E) para Avenida Central



Fonte: DIALUX.

#### 4.3.4 Análise de Viabilidade Econômica

A análise econômica proporciona a avaliação do potencial de conservação da energia elétrica. Com esta, verifica-se o quão viável economicamente será o projeto, determinando se a economia proposta cobrirá o investimento.

Para validar a viabilidade do investimento, aplicam-se as ferramentas econômicas: método do valor presente líquido, método da taxa interna de retorno e payback simples.



Os métodos apresentados têm como base o manual Elektro de Eficiência Energética.

#### *4.3.4.1 Dados iniciais*

Conforme apresentado no item 4.3.2.1 – Equipamentos instalados, o sistema de iluminação da Rua Prefeito João Orestes de Araújo é formado por 42 lâmpadas: 36 unidades de vapor metálico na potência de 250W; 05 unidades vapor metálico em 150W; 01 unidade vapor de mercúrio em 125W. Todo o sistema de iluminação pública da Avenida Central resulta numa potência instalada equivalente a 9.875 W.

Para o seu funcionamento, o horário de acionamento destas lâmpadas é às 17h40min, logo ao pôr-do-sol, e são desativadas às 06h40min, quando o dia amanhece. Portanto, todas as unidades operam 13 horas por dia, o que equivale a 390 horas de operação mensal (considerando 30 dias).

A fim de determinar o consumo mensal divide-se a potência total instalada por 1000 (transformar em KW) e multiplica-se pelo tempo de operação. Desta forma, o consumo da Avenida Central equivale a 3.851 KWh ao mês.

De acordo com a estrutura tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica da Aneel, esta instalação enquadra-se como Grupo B (atendimento em tensão igual ou inferior a 2,3KV) e subgrupo B4 (atendimento de iluminação pública). Pelo fato da iluminação não ser de atendimento pela concessionária local, o subgrupo estendido é do tipo B4-a (atendimento para iluminação pública – rede de distribuição).

Para o subgrupo tarifário B4-a, conforme apresentado na página virtual da concessionária, a CELESC aplica a tarifa de R\$0,2372800 para cada KWh consumido. O valor de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) sobre este grupo corresponde a 25%.

O custo mensal com energia elétrica resulta do produto entre a tarifa cobrada do grupo e a potência total consumida ao decorrer do mês. Seguindo este método, o custo mensal com energia para operação da iluminação da Avenida Central de Garopaba equivale a R\$ 913,82.

De acordo com a Consultoria Tributária Silney, o valor de R\$913,82 corresponde a 75% do valor real a ser cobrado, ou seja, tarifa sem a aplicação dos 25% de ICMS. Para aplicação do imposto, divide-se valor tarifado por 75% (100% - 25%). Desta forma, o valor da fatura de energia elétrica para operação deste sistema resulta em R\$1.218,43.

Tabela 8 – Composição do Custo Atual com Energia Elétrica

Dados		
Potência Total Instalada	P	9.875 W
Tempo de operação Mensal	t	390 h
Consumo mensal	$E=(P \times t)/1000$	3.851 KWh
Tarifa KWh	T	0,23728 R\$
Custo Total Mensal	$C=E \times T$	913,82 R\$
ICMS	i	25 %
Fatura	$F = C/(100\%-i)$	1.218,43 R\$

Fonte: AUTOR.

As lâmpadas atualmente aplicadas possuem diferentes tempos de vida útil, e diferentes níveis de fluxo luminoso. Baseado no Guia Técnico de Gestão Energética Municipal, tendo em vista a variação de dados técnicos entre fabricantes, apresentam-se na Tabela 8 os valores de tempo de vida útil e fluxo luminoso para cada tecnologia aplicada.

Tabela 9 – Dados Técnicos Lâmpadas aplicadas na Avenida Central de Garopaba

Dados		
Vapor Metálico 150W	Vida Útil (h)	15.000
	Fluxo Luminoso (lm)	10.500
Vapor Metálico 250W	Vida Útil (h)	10.000
	Fluxo Luminoso (lm)	19.000
Vapor de Mercúrio 125W	Vida Útil (h)	15.000
	Fluxo Luminoso (lm)	6.200

Fonte: GUIA TÉCNICO PROCEL. Gestão Energética Municipal. Rio de Janeiro, p.59.

Para a solução de *retrofit*, com base nas informações técnicas fornecida por catálogo de fabricante, a vida útil e a potência da luminária LED correspondem, respectivamente, a 60 mil horas e 138W. Como o tempo de operação mensal é de 390 horas, pode-se afirmar que, a partir da razão entre a vida útil e o tempo de operação mensal, esta luminária tem 153 meses de vida útil, o que compreende o período de 12,8 anos.

Esta proposta prevê apenas a substituição das lâmpadas existentes por luminárias LED. Com 42 luminárias de 138W, operando 13 horas por dia, a nova instalação possuirá o consumo total equivalente a 2.260 KWh/mês. Aplicando a tarifa sobre este consumo, junto ao valor de ICMS, o novo valor de consumo será de R\$ 715,14.

Em resposta ao *retrofit*, a economia mensal direta, que equivale a diferença entre o consumo atual pelo consumo proposto, resulta em R\$503,29 mensais, ou R\$6.039,48 anuais.

#### 4.3.4.2 Método do valor presente líquido

O método do Valor Presente Líquido (VPL) avalia a viabilidade de projetos, transferindo para o momento presente todas as variações esperadas no caixa, em seu período de desenvolvimento, descontando a taxa mínima de atratividade.

Uma metodologia que transfere para a data zero todos os custos e despesas esperados em um novo projeto, com desconto da taxa de juros a qual é direcionada.

Para determinar o VPL pode-se aplicar a Equação 3.

$$\text{Eq. (3):} \quad VPL = -I + A \cdot FVP(i, n)$$

Onde:

I: Investimento de capital;

A: Custo evitado / benefício auferido;

FVP(i,n): Fator de Valor Presente.

O Fator de Valor Presente (FVP) transporta para zero o valor futuro do capital deste investimento, levando em consideração a taxa de juros sobre o período de aplicação.

O FVP é obtido a partir da Equação 4.

$$\text{Eq. (4):} \quad FVP(i, n) = \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

Onde:

i: Taxa de juro;

n: número de período (em meses, semestre, anos, etc.).

O valor final para o VPL pode resultar em três situações de análise diferentes:

- a) Valor de VPL maior que zero. Indica que o projeto pode ser aceito, pois haverá retorno sobre o investimento.
- b) Valor de VPL igual a zero. Neste caso haverá somente a modernização do sistema. Não haverá retorno sobre o investimento, como também não há despesas extras sobre o capital investido.
- c) Valor de VPL menor que zero. O projeto deve ser rejeitado, pois ao longo do tempo, os custos serão maiores com o novo sistema proposto.

Neste estudo de caso, devido a grande diferença dos valores de custo de produtos disponíveis no mercado (variações entre R\$700,00 a R\$1.800,00 para luminárias com potência de 120W a 150W), determina-se qual o preço a ser pago pela luminária (independente o tipo de negociação comercial) para que o projeto seja aceitável economicamente.

Para tal, aplicam-se os dados disponíveis sobre a Equação 3, considerando que o investimento corresponde ao produto entre o Preço Pago pela Luminária (PPL) e a quantidade necessária (42 unidades).

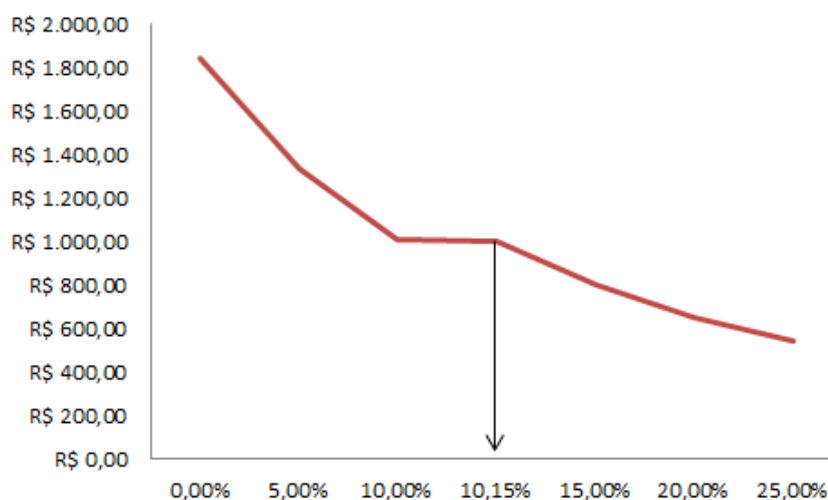
Nota-se que este procedimento irá zerar o valor de VPL, igualando o investimento aplicado ao retorno prometido. Portanto, deve-se interpretar o resultado final como o preço teto máximo a ser pago pelas luminárias. Valores acima corresponderão a VPL negativo.

A taxa de juros considerada no cálculo equivale a Taxa Selic ou Taxa Básica de Juros, que de acordo com a Receita Federal, corresponde à taxa equivalente do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (Selic) para títulos federais. O valor da Taxa Selic atual (referência em junho de 2017), conforme o Banco Central do Brasil, equivale a 10,15%.

Desta forma, aplica-se no cálculo o valor de VPL nulo, o investimento igual ao preço do produto pela sua quantidade ( $PPL \times 42$ ), o benefício auferido equivalente a R\$6.039,48 anuais, e taxa de juros de 10,15%, no período de 12,8 anos (vida útil dos equipamentos). O valor final, que determina o preço máximo a ser pago pelo produto, resulta em R\$1.005,70.

Seguindo esta metodologia, apresenta-se no Gráfico 1 o comportamento do custo unitário da luminária NATH-L em diferentes variações da taxa de atratividade.

Gráfico 1 – Análise de Sensibilidade



Fonte: AUTOR.

Baseando no resultado do valor de VPL para a taxa Selic atual (10,15%), verifica-se que o projeto somente será viável economicamente se o valor pago for inferior ou igual a R\$1.005,70 por luminária, ou inferior a 7,28 R\$/Watt (Custo por Watt para a luminária NATH-L 138W).

#### 4.3.4.3 Método da taxa interna de retorno

A Taxa Interna de Retorno (TIR) corresponde a taxa de juros que torna equivalente as receitas de um projeto com o seu investimento, ou seja, a taxa de juros que torna nulo o Valor Presente Líquido do projeto. Corresponde então, a taxa de remuneração do capital investido num projeto. Para determinar tal, deve-se aplicar a Equação 5.

$$\text{Eq. (5):} \quad TIR = \frac{A}{I}$$

Analisando o valor obtido, a TIR deve ser maior que a taxa mínima de atratividade. Se for menor, o projeto deve ser desconsiderado.

O valor obtido também pode ser expresso como uma Relação Custo-Benefício (RCB). Para os procedimentos do Programa de Eficiência Energética da ANEEL, aplica-se o RCB

como critério de viabilidade, e define-se que este deve ser inferior ou igual a 0,8, para tornar o projeto atrativo.

Para este estudo, considerando que o preço máximo pago pela unidade de luminária seja R\$1.000,00, o investimento total será de R\$42.000,00. Portanto, com o retorno anual correspondendo a R\$6039,48, o valor para TIR resulta em 0,14 (14%), indicando que este projeto é viável, pois está acima da taxa mínima de atratividade (Taxa Selic) e inferior a 0,8, atendendo a relação custo benefício.

#### 4.3.4.4 Método do *payback simples*

O PayBack Simples (PBS) compreende ao método destinado para avaliação do tempo de retorno de investimento. A partir deste determina-se o prazo necessário para recuperar o capital investido.

Deve-se considerar que se aplica este método apenas para projetos que não possuem variação do fluxo de caixa, ou seja, projetos com retornos periódicos do investimento não variáveis.

Este método não deve ser aplicado como parâmetro de seleção entre alternativas diferentes. Para obtenção do PBS aplica-se a Equação 6.

$$\text{Eq. (6):} \quad PBS = \frac{I}{A}$$

Neste estudo, considerando o investimento de R\$42.000,00, e o retorno anual de 6039,48, o capital investido será restituído no período de 07 anos, ou seja, ao final de 07 anos todo o valor aplicado no *retrofit* será reembolsado em forma de economia de energia.

Considerando que a vida útil desta luminária é de 12,8 anos neste cenário de estudo, conclui-se que o investimento será restituído e continuará fornecendo resultados positivos economicamente.

## 5. CONCLUSÃO

Atualmente, percebe-se um grande esforço governamental para o desenvolvimento de ações que tornam processos e produtos mais eficientes, independente a natureza. Uma evolução lenta, mas de caráter gradativo, desencadeada por fatores que assombram comprometer a produtividade: crise energética.

Não somente em impactos econômicos, as soluções de projetos eficientes vêm colaborando para o desenvolvimento sustentável. Reunindo desta forma, interesses mútuos entre economia e sociedade.

Para o setor de iluminação pública, que está entre os fatores fundamentais de crescimento de uma região, nota-se que as soluções de eficiência energética proporcionadas por investimentos governamentais vêm fornecendo retorno positivo.

Os resultados apresentados pelo PROCEL para o ano de 2015, por exemplo, com o programa PROCEL RELUZ, mostram que houve uma redução de 120 GWh de consumo de energia, e 27 MW de redução da demanda no horário de ponta somente com a iluminação pública. Reduções de consumo que resultam da modernização de postos luminosos.

Além do programa PROCEL RELUZ, que impacta diretamente neste setor, as ações da Aneel com o PROPEE, o desenvolvimento e atualização de normas técnicas específicas para a iluminação, e a implantação das Gestões Energéticas Municipais, contribuem com parcelas significativas no desenvolvimento eficiente da iluminação pública.

Para os projetos de efficientização da iluminação, as soluções aplicadas focam na substituição das lâmpadas por tecnologias mais eficientes, modernizando o conjunto complementar (luminárias, acionadores e relés) quando necessário. A tecnologia alvo era as lâmpadas a vapor de sódio de alta e baixa pressão, contudo, ao decorrer do seu progresso, um novo segmento da iluminação começou a tomar espaço como alternativa mais eficiente: Luminárias LED.

Criando consistência no mercado, o LED se fortalece na iluminação convencional e de sinalização. Hoje é a tecnologia de maior promessa para economia de energia, junto a benefícios destacáveis, como: alta eficiência, maior vida útil, resistência a vibração, elevado IRC, não emissão de raios ultravioleta e infravermelho, etc.

Porém, nota-se que o LED está em constante crescimento, e gera questionamentos quanto a sua viabilidade.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, percebeu-se que há no mercado diversos modelos direcionados para aplicação do LED na iluminação pública. Contudo, o fator econômico destas luminárias mostrou-se ser o de maior impedimento para sua aplicação.

Dentre os modelos ofertados, com potência de consumo em até 150 W, é possível encontrar valores variando entre R\$700,00 e 1.800,00R\$. Valores que afetam diretamente o interesse por compra do consumidor, tendo em vista a possibilidade de aplicar lâmpadas de mesma intensidade de fluxo luminoso por menor preço de custo.

Conforme relatado, lâmpadas de menor preço tendem ao maior consumo energético. Portanto, neste ponto, diante da promessa de economia com energia, geram-se dúvidas sobre o quão viável é o investimento em iluminação pública por luminária LED.

A validação do investimento em *retrofit* através das ferramentas econômicas tornou-se uma das chaves principais para tomadas de decisão. Neste estudo de caso, com a substituição de lâmpadas vapor metálico por luminária LED Instanium NATH-L, há uma oferta de economia em 6 mil reais anuais, somente com a troca dos 42 postos luminosos da Avenida Central de Garopaba.

Contudo, o preço unitário máximo de compra calculado para este modelo não alcança a média dos valores encontrados no mercado. Logo, há a probabilidade do preço da luminária ser maior que o orçamento permitido, inviabilizando economicamente o projeto.

Como, em sua maior totalidade, as luminárias são importadas, deve-se tomar como nota que a compra em grande proporção, ou importação direta, reduz os valores a serem pagos pelo produto. A execução de *retrofit* de luminárias em maior escala, com um planejamento estratégico para substituição gradativa, resultará em maior impacto econômico.

Cabe ressaltar que as luminárias LED destinadas a iluminação de vias públicas podem ser aplicadas em outros segmentos, com diferente taxa de tarifas. A tarifa aplicada neste estudo de caso enquadra-se na de menor custo, logo, nas aplicações em instalações de maior tarifa a margem viável para compra será maior, potencializando a viabilidade econômica do projeto.

Diante deste impasse, conclui-se que investir em projetos de *retrofit* em iluminação pública de forma parcial, elaborando isoladamente o estudo para avenidas de pequena extensão, o resultado pode não ser viável economicamente devido ao alto preço a ser pago pela luminária. Contudo, aumentando o potencial de economia para projetos de maior extensão, junto a elaboração de uma plano de compra, pode-se chegar a viabilidade econômica, tendo em vista que há uma consistente promessa de economia de energia.



Outro fator relevante, e que requer atenção, diz-se respeito a viabilidade técnica. Para validação das exigências mínimas da NBR 5101, as luminárias selecionadas foram simuladas no software Dialux. Durante simulações, notou-se que uma das maiores dificuldades estava em encontrar modelos com amplo alcance de iluminação. Em sua maior totalidade, o conjunto óptico focava apenas a região central sobre a área de instalação, deixando zonas escuras no intervalo médio entre dois postos de iluminação. Em virtude disto, a exigência normativa mínima para iluminância média e fator de uniformidade somente era suprida quando simulado por luminárias de maior potência, reduzindo a viabilidade econômica.

Em muitos casos em que a luminária apresentou menor valor de aquisição, não era disponibilizado a marca do produto, tampouco arquivos para simulação (indiferente simulador). O baixo custo pode atender a viabilidade econômica, porém, no ato da instalação, pode não oferecer as condições técnicas necessárias.

Conclui-se que junto a análise econômica, a viabilidade técnica é fundamental na tomada de decisão. Para atender aos requisitos mínimos definidos por norma, a fim de garantir a qualidade da prestação de serviço em iluminação, o fator técnico não pode ser descartado quando a promessa econômica for altamente atrativa.

Deve-se frisar que atualmente as luminárias LED para iluminação pública encontram-se em processo de certificação pelo Inmetro. Neste ano, em 15 de fevereiro, foi publicada a portaria nº 20, que trata dos requisitos de avaliação de conformidade e regulamentação técnica da qualidade.

Luminária certificada é a garantia de produto eficiente e de maior qualidade. Portanto, quando não certificadas pelo Inmetro, atenta-se para luminárias com certificação internacional, a fim de aumentar a confiabilidade na compra do produto.

Por fim, pelo fato da pesquisa direcionar-se a um sistema de responsabilidade das Prefeituras, é válido discutir a importância do investimento em Gestão Energética Municipal. A administração exclusiva dos recursos energéticos destinados aos serviços públicos promove qualidade e economia.

Estudos de *retrofits*, similares ao apresentado neste trabalho, possuem maior impacto quando desenvolvidos por uma unidade de gestão energética local, pois aumenta a possibilidade de soluções e ações.

Para as análises de viabilidade de substituição das lâmpadas por luminárias LED, é função da unidade de gestão energética especializar-se no assunto, a fim de criar autonomia e, por consequência, ampliar as oportunidades para o setor. Como forma de facilitar o desenvolvimento dos trabalhos, pode-se criar uma planilha eletrônica capaz de analisar o

cenário estudado, coletando dados do atual sistema e transformando-os em respostas para o estudo, como a apresentação da configuração atual (classificação da avenida, potência instalada, custo de operação, etc.) e resultados da análise de econômica (a partir da definição inicial da luminária proposta). Esta planilha será uma ferramenta de auxílio para suavizar os trabalhos diante a demanda das diversas configurações de avenidas.

Com a atuação nos diversos setores, ampliando a visão para esta gestão, percebe-se que os benefícios não se resumem apenas a redução das contas pagas pelo poder público. A atuação da GEM promove independência e autonomia, estendida aos cidadãos envolvidos, com o retorno da economia para investimentos em outras áreas do município e a disseminação da conceituação do consumo eficiente. Em maior escala, a economia de energia colabora com a postergação de investimentos no setor elétrico, e contribui diretamente com a preservação do meio-ambiente.

## REFERÊNCIAS

ANEEL PROPEE. Agência Nacional de Energia Elétrica, Programa de Eficiência Energética. **Regulamentação Atual**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 17 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Estrutura Tarifária para o Serviço de Distribuição de Energia Elétrica**. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20\(2\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Sum%C3%A1rio%20Executivo%20(2).pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101**. Iluminação Pública – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2012. 43 p.

Banco Central do Brasil. Dados Diários, disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdiarios.asp>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

CELESC. Celesc Distribuição S.A., disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/index.php/celesc-distribuicao>>. Acesso em: 27 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. **Tarifas**. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/index.php/duvidas-mais-frequentes/1140-tarifa>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

Combinado. Refletor Iluminação Pública , disponível em: < <https://combinado.com.br/poste-de-iluminacao-publica-led-50w-petala-bivolt.html> >. Acesso em: 23 abr. 2017.

Consultoria Tributária Silnev. ICMS Cálculo por Dentro, disponível em: <<http://www.silnev.com.br/ICMSCALCULOPOORDENTRO.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

COPEL. Companhia Paraense de Energia. **Manual de Iluminação Pública**. Disponível em: <[http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manualis/manual\\_de\\_iluminacao\\_publica\\_copel\\_companhia\\_paraense\\_de\\_energia.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manualis/manual_de_iluminacao_publica_copel_companhia_paraense_de_energia.pdf) >. Acesso em: 20 fev. 2017.

COR. Corisectelmo Blogspot, disponível em: <<http://corisectelmo.blogspot.com.br/2010/10/aula-4-medir-cor-escala-de-temperaturas.html>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

Danyela Correa. Arquitetura e Interiores, disponível em: <<http://www.danyelacorrea.com.br/tag/lampadas/>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

DIAL. DIALUX, disponível em: < <https://www.dial.de/en/dialux/> >. Acesso em: 23 jun. 2017.

ELEKTRO. Manuais Elektro de Eficiência Energética. Disponível em: <[https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/novo\\_segmento\\_industrial\\_adm\\_energia-09-06-2014\\_dupla.pdf](https://www.elektro.com.br/Media/Default/DocGalleries/Eficientiza%C3%A7%C3%A3o%20Energ%C3%A9tica/novo_segmento_industrial_adm_energia-09-06-2014_dupla.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2017.

Garopaba. Dados Município, disponível em: <<http://www.garopaba.sc.gov.br/municipio/index/codMapaItem/7743#.WUfbGmjyIU>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

GHISI, Enedir. Desenvolvimento de uma Metodologia para Retrofit em Sistemas de Iluminação, Florianópolis: UFSC, 1997 (Dissertação de Mestrado). 305p.

Golden. O Impacto da Iluminação Pública com Tecnologia LED na nossa vida, disponível em: <<http://www.golden.blog.br/o-impacto-da-iluminacao-publica-com-tecnologia-led-na-nossa-vida/>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

Google Maps. Localização Rua Prefeito João Orestes de Araújo, disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/R.+Pref.+Jo%C3%A3o+Orestes+de+Ara%C3%BAjo,+Garopaba+-+SC,+88495-000/@-28.027854,-48.6228227,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9526d198d9a5ce91:0x4ed844dc396e4850!8m2!3d-28.027854!4d-48.620634>>. Acesso em: 12 jun. 2017.

GUIA TÉCNICO PROCEL. **Gestão Energética Municipal**. Subsídios ao Combate do Desperdício de Energia Elétrica / Rio de Janeiro, ELETROBRAS.

HIKARI. Luxímetro Digital. **Manual de Instruções**. Disponível em: <<http://www.hikariferramentas.com.br/luximetro-digital/hlx-881/272/104/>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População Garopaba**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sc/garopaba/panorama>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

Lightingnow. Inmetro publica portaria para certificação de luminárias destinadas a iluminação pública, disponível em: <<http://lightingnow.com.br/blog/inmetro-publica-portaria-para-certificacao-de-luminarias-destinadas-a-iluminacao-publica>>. Acesso em: 16 ago. 2017.

Loja Elétrica. Lâmpada Vapor Mercúrio, disponível em: <<http://www.lojaeletrica.com.br/lampada-vapor-mercurio-250w-e40,product,2351500000037,dept,0.aspx>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

MARTELETO, Douglas Coelho. Avaliação do Diodo Emissor de Luz (LED) para Iluminação de Interiores. Rio de Janeiro: Escola Politécnica UFRJ, 2011 (TCC). 96 p.

MITSIDI PROJETOS. A crise Energética Iminente: Visão Geral de um Cenário de Secas, disponível em: <<http://www.mitsidi.com/a-crise-energetica-iminente-visao-geral-de-um-cenario-de-secas/?lang=pt-br>> Acesso em> 20 fev. 2017.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Manual de Iluminação**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL\\_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf](http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2017.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

PEE CELESC. Programa de Eficiência Energética ANEEL/CELESC, disponível em: <<http://site.celesc.com.br/peecelesc/index.php/o-programa>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

Portal Eletricista. Tipos de Lâmpadas e sua Relação Custo-benefício, disponível em: <<http://www.portaleletricista.com.br/tipos-de-lampadas/>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

PROCEL INFO. **Resultados Procel 2016**. Ano base 215. Disponível em: <[http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2016/docs/rel\\_procel2016\\_web.pdf](http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2016/docs/rel_procel2016_web.pdf)>. Acesso em: 14 mai. 2017.

PROCEL RELUZ. Iluminação Pública e Semafórica Eficientes. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID={7E96D3C4-3C88-4E16-831D-CEBD4E39EA9B}&ServiceInstUID={46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1}>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

RankBrasil. Recordes Brasileiros, disponível em: <[http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/0640/Primeira\\_Cidade\\_A\\_Receber\\_Iluminacao\\_Publica](http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/0640/Primeira_Cidade_A_Receber_Iluminacao_Publica)>. Acesso em: 28 abr. 2017.

Receita Federal do Brasil. Taxa de Juros Selic, disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>>. Acesso em: 23 jun. 2017.

RODRIGUES, Fernando. ESPINDOLA, Maicon Rodrigo. Geração Solar para Edifícios Comerciais. Palhoça: UNISUL, 2014 (TCC). 111 p.

SANTOS, Pedro Paulo. Eficiência Energética na Iluminação Pública. IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2013.

Segurança Industrial Equipamentos. Grau IP, disponível em: <[http://www.segind.com.br/mc/explo/grau\\_ip.pdf](http://www.segind.com.br/mc/explo/grau_ip.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2017.

TARGET. Luminárias LED em Iluminação Pública, disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/materias-tecnicas/2016/06/08/3953/luminarias-led-em-iluminacao-publica-tem-que-seguir-norma-tecnica-quanto-ao-seu-desempenho>>. Acesso em: 05 mai. 2017.



## ANEXO A – ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA LUMINÁRIA NATH L

**TECNOWATT**  
ILUMINAÇÃO

Luminária LED Pública

### NATH L



#### Aplicação

Para iluminação em vias públicas, viadutos, pontes, passarelas, pistas de Cooper, vias de acesso em condomínios residenciais e industriais, pátios, parques, praças, jardins e estacionamentos.

#### MATERIAIS

Corpo: Alumínio injetado a alta pressão;

Difusor: Vidro liso plano;

Conjunto óptico: Módulos de 64 LEDs com lentes incorporadas;

Equipamento auxiliares: Driver LED corrente constante incorporado à luminária. Dimerizável 0-10V;

Tomada para relé fotoelétrico ou para Telegestão: Opcional

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

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

Tensão Nominal: 90 a 305Vac - 50/60Hz; - Para funcionamento em outros níveis de tensão consultar.

Fator de potência: >0.95

Temperatura de uso: -30°C a +40 °C;

Índice de Reprodução de Cor: >70%

Vida Útil: 60.000hrs

Grau de proteção: IP66 – Grupo Óptico – Equip. Auxiliares

Peso: 12.7 Kg a 13.7 Kg

Instalação: Ponta de braço: Diâmetro externo de 60,3mm com possibilidade de ajuste de inclinação de -5°, 0°, +5°, +10° e

Topo de poste: Diâmetro externo de 60,3mm com possibilidade de ajuste de inclinação de 0°, +5°, +10°.

#### MANUTENÇÃO

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

#### ACABAMENTO

Acabamento: Pintura eletrostática – Cor Padrão: RAL 9007 (Cinza)

Fábrica: R. Trajano de Araújo Viana, 1.228 | Cinco Contagem | MG | CEP 32010-090 | Tel. (+55) 31 3359-8248

Escritório: Av. Paulista, 1.159 | Conj. 1.016 | Bela Vista | São Paulo | SP | CEP 01311-200 | Tel. (+55) 11 3836-6984

[www.tecnowatt.com.br](http://www.tecnowatt.com.br)

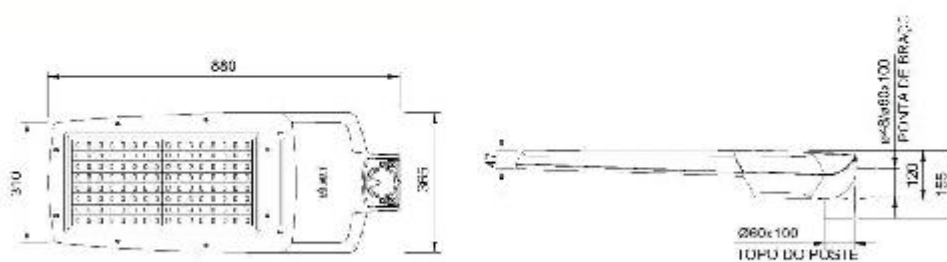
## ANEXO B – DIMENSÕES E DADOS FOTOMÉTRICOS DA NATHL

# TECNOWATT

ILUMINAÇÃO

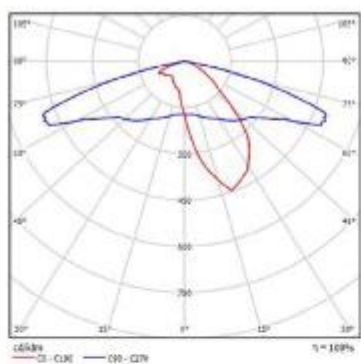
## Luminária LED Pública

### DIMENSIONAL

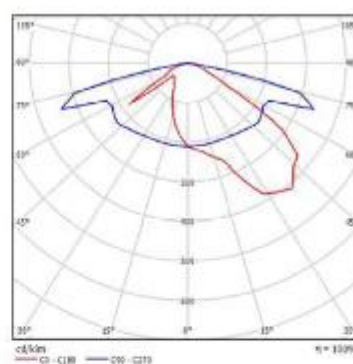


### DADOS FOTOMÉTRICOS

Óptica 2MR



Óptica 3MR





## ANEXO C – CÓDIGOS DE OFERTA DA NATH L

# TECNOWATT

ILUMINAÇÃO

## Luminária LED Pública

## CÓDIGOS DE OFERTA

COD. PRODUTO	LEDs	POTÊNCIA	lm/W	FLUXO LUMINOSO	CÓDIGO PARA CATÁLOGO
TW4001246	64	138	114	15.709	NATLXSGTFR2MR_DL138W700IA2251-10C1GY9007
TW4001251					NATLXTGTFR2MR_DL138W700IA2251-10C1GY9007
TW4001277					NATLXGGTFR2MR_DL138W700IA2251-10C1GY9007
TW4001247	64	163	108	17.667	NATLXSGTFR2MR_DL163W800IA2251-10C1GY9007
TW4001250					NATLXTGTFR2MR_DL163W800IA2251-10C1GY9007
TW4001276					NATLXGGTFR2MR_DL163W800IA2251-10C1GY9007
TW4001248	64	190	100	19.000	NATLXSGTFR2MR_DL190W950IA2251-10C1GY9007
TW4001249					NATLXTGTFR2MR_DL190W950IA2251-10C1GY9007
TW4001232					NATLXGGTFR2MR_DL190W950IA2251-10C1GY9007
TW4001267					NATLXSGTFR3MR_DL190W950IA2251-10C1GY9007
TW4001272					NATLXTGTFR3MR_DL190W950IA2251-10C1GY9007
TW4001279					NATLXGGTFR3MR_DL190W950IA2251-10C1GY9007
TW4001405	128	233	116	27.090	NATLXTGTFR2MR_DL233W600IA2251-10C1GY9007
TW4001406					NATLXGGTFR2MR_DL233W600IA2251-10C1GY9007
TW4001407					NATLXSGTFR2MR_DL233W600IA2251-10C1GY9007
TW4001408					NATLXPGTFR2MR_DL233W600IA2251-10C1GY9007
TW4001409					NATLXUGTFR2MR_DL233W600IA2251-10C1GY9007
TW4001410					NATLXTGTFR3MR_DL233W600IA2251-10C1GY9007
TW4001252	128	274	112	30.569	NATLXSGTFR2MR_DL274W700IA2251-10C1GY9007
TW4001255					NATLXTGTFR2MR_DL274W700IA2251-10C1GY9007
TW4001263					NATLXGGTFR2MR_DL274W700IA2251-10C1GY9007
TW4001266			108	29.553	NATLXSGTFR3MR_DL274W700IA2251-10C1GY9007
TW4001271					NATLXTGTFR3MR_DL274W700IA2251-10C1GY9007
TW4001264					NATLXGGTFR3MR_DL274W700IA2251-10C1GY9007
TW4001253	128	302	108	32.758	NATLXSGTFR2MR_DL302W750IA2251-10C1GY9007
TW4001254					NATLXTGTFR2MR_DL302W750IA2251-10C1GY9007
TW4001275					NATLXGGTFR2MR_DL302W750IA2251-10C1GY9007
TW4001265			109	33.061	NATLXSGTFR3MR_DL302W750IA2251-10C1GY9007
TW4001270					NATLXTGTFR3MR_DL302W750IA2251-10C1GY9007
TW4001278					NATLXGGTFR3MR_DL302W750IA2251-10C1GY9007

Fábrica: R. Trajano de Araújo Viana, 1.228 | Cinco Contagem | MG | CEP 32010-090 | Tel. (+55) 31 3359-8248

Escritório: Av. Paulista, 1.159 | Conj. 1.016 | Bela Vista | São Paulo | SP | CEP 01311-200 | Tel. (+55) 11 3836-6984

[www.tecnowatt.com.br](http://www.tecnowatt.com.br)

## ANEXO D – CONFIGURAÇÕES DE CÓDIGOS DA NATH L

# TECNOWATT

I L U M I N A Ç Ã O

## Luminária LED Pública

NATLXT	NATLXG	NATLXS	NATLXP	NATLXU
NATSXT	NATSXG	NATSXS	NATSXP	NATSXU







Com tomada para Relé Fotocontrolador

Com tomada para Telegestão

Sem Tomada

Com tomada para Relé Fotocontrolador e Shorting Cap (incluso)

Com tomada para Relé Telegestão e Shorting Cap (incluso)

### CONFIGURAÇÃO DE CÓDIGOS DE OFERTA

<p>NATLXT: Luminária NATH Modelo Instantâneo LED 2, tamanho L, Função Lateral e Topo de Poste Ø260,3mm, com tomada para Relé Fotocontrolador</p> <p>NATLXG: Luminária NATH Modelo Instantâneo LED 2, tamanho L, Função Lateral e Topo de Poste Ø260,3mm, com tomada para Telegestão</p> <p>NATLXS: Luminária NATH Modelo Instantâneo LED 2, tamanho L, Função Lateral e Topo de Poste Ø260,3mm, sem tomada</p> <p>NATLXP: Luminária NATH Modelo Instantâneo LED 2, tamanho L, Função Lateral e Topo de Poste Ø260,3mm, com tomada para Relé Fotocontrolador e Shorting Cap</p> <p>NATLXU: Luminária NATH Modelo Instantâneo LED 2, tamanho L, Função Lateral e Topo de Poste Ø260,3mm, com tomada para Telegestão e Shorting Cap</p>		MODELO																								
<p>GTF Valor Pico, Temperatura Temperatura</p>		DIFUSOR																								
<p>R Cabo elétrico para conexão à Rede Elétrica</p> <p>C Controlador para conexão à Rede Elétrica Controlador</p>		CABO																								
<p>2WR Óptica II / Médio</p> <p>3WR Óptica I / Médio</p>		ÓPTICA																								
<p>DL 5000K</p> <p>NCL 4000K</p> <p>MDL 3000K</p>		TEMPERATURA DE COR K																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td>138W700</td> <td>18W 700mA</td> <td>(15709) Luminária(50000K)</td> <td>64 LEDs</td> </tr> <tr> <td>162W950</td> <td>16,2W 950mA</td> <td>(17267) Luminária(50000K)</td> <td>64 LEDs</td> </tr> <tr> <td>160W950</td> <td>16,0W 950mA</td> <td>(19000) Luminária(50000K)</td> <td>64 LEDs</td> </tr> <tr> <td>237W600</td> <td>23,7W 600mA</td> <td>(27090) Luminária(55000K)</td> <td>128 LEDs</td> </tr> <tr> <td>294W700</td> <td>29,4W 700mA</td> <td>(30569) Luminária(50000K)</td> <td>128 LEDs</td> </tr> <tr> <td>302W750</td> <td>30,2W 750mA</td> <td>(32760) Luminária(50000K)</td> <td>128 LEDs</td> </tr> </table>	138W700	18W 700mA	(15709) Luminária(50000K)	64 LEDs	162W950	16,2W 950mA	(17267) Luminária(50000K)	64 LEDs	160W950	16,0W 950mA	(19000) Luminária(50000K)	64 LEDs	237W600	23,7W 600mA	(27090) Luminária(55000K)	128 LEDs	294W700	29,4W 700mA	(30569) Luminária(50000K)	128 LEDs	302W750	30,2W 750mA	(32760) Luminária(50000K)	128 LEDs		POTÊNCIA DO CGLN, ÓPTICO (W)
138W700	18W 700mA	(15709) Luminária(50000K)	64 LEDs																							
162W950	16,2W 950mA	(17267) Luminária(50000K)	64 LEDs																							
160W950	16,0W 950mA	(19000) Luminária(50000K)	64 LEDs																							
237W600	23,7W 600mA	(27090) Luminária(55000K)	128 LEDs																							
294W700	29,4W 700mA	(30569) Luminária(50000K)	128 LEDs																							
302W750	30,2W 750mA	(32760) Luminária(50000K)	128 LEDs																							
<p>RA25 Equipamento Eletrônico a 220V, 50/60Hz, com DMX de 12V em sistema circuito</p>		EQUIPAMENTO																								
<p>1-15 Potência 110W</p> <p>2K Drive Dimmerável Pré-Programado</p> <p>TK Dimmer</p>		CONTROLE																								
<p>Class I</p>		PROTEÇÃO ELÉTRICA																								
<p>RAL9007 RAL9007 Pó de Poliéster</p>		ACABAMENTO																								

NAT --- GTF --- --- --- W --- IA225 --- CL ---

Fábrica: R. Trajano de Araújo Viana, 1.228 | Cinco Contagem | MG | CEP 32010-090 | Tel. (+55) 31 3359-8248

Eseritório: Av. Paulista, 1.159 | Conj. 1.016 | Bela Vista | São Paulo | SP | CEP 01311-200 | Tel. (+55) 11 3836-6984

[www.tecnowatt.com.br](http://www.tecnowatt.com.br)