

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**DIRETRIZES NORMATIVAS E LEGAIS PARA
AQUISIÇÃO DE LUMINÁRIAS VIÁRIAS COM
DIODOS EMISSORES DE LUZ PELAS
ADMINISTRAÇÕES MUNICIPAIS EM AMBIENTE
SUSTENTÁVEL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Ronaldo Silveira Funchal

Santa Maria, RS
2017

Ronaldo Silveira Funchal

**DIRETRIZES NORMATIVAS E LEGAIS PARA AQUISIÇÃO DE LUMINÁRIAS
VIÁRIAS COM DIODOS EMISSORES DE LUZ PELAS ADMINISTRAÇÕES
MUNICIPAIS EM AMBIENTE SUSTENTÁVEL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Processamento de Energia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Elétrica**

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Dalla Costa

Santa Maria, RS, Brasil.
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Funchal, Ronaldo Silveira

Diretrizes normativas e legais para aquisição de luminárias viárias com diodos emissores de luz pelas administrações municipais em ambiente sustentável / Ronaldo Silveira Funchal.- 2017.

171 p.; 30 cm

Orientador: Marco Antônio Dalla Costa

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, RS, 2017

1. Engenharia Elétrica 2. Iluminação pública com LED
3. Gestão Pública 4. Sustentabilidade I. , Marco Antônio Dalla Costa II. Título.

© 2017

Todos os direitos autorais reservados a Ronaldo Silveira Funchal. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Av. Roraima/nº1000/ Campus UFSM/ Bairro Camobi, Santa Maria – RS/ CEP 97105-900, Prédio 07 NUPEDEE Anexo CT, GEDRE.

Email: ronfunchal@yahoo.com.br

Ronaldo Silveira Funchal

**DIRETRIZES NORMATIVAS E LEGAIS PARA AQUISIÇÃO DE LUMINÁRIAS
VIÁRIAS COM DIODOS EMISORES DE LUZ PELAS ADMINISTRAÇÕES
MUNICIPAIS EM AMBIENTE SUSTENTÁVEL**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Processamento de Energia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Elétrica**

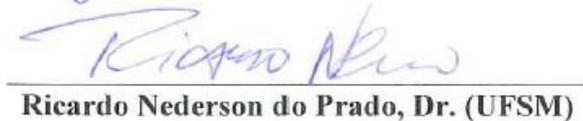
Aprovado em 02 de março de 2017:



Marco Antônio Dalla Costa, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



André Luis Kirsten, Dr. (UFSC)



Ricardo Nederson do Prado, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2017

*À minha esposa Laura Maria, mãe, companheira,
incentivadora, apoiadora
e luz no meu caminho.*

“A real tragédia da vida é quando os homens têm medo da luz”

Platão

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha esposa Laura, que muito me motivou para a realização deste sonho.

A José Carlos Anziliero Amaral, na condição de administrador do município de Três Passos, pela oportunidade proporcionada, acreditando no trabalho desenvolvido para aprimoramento da gestão municipal.

Agradeço aos colegas e docentes do Grupo de Pesquisa em Iluminação – GEDRE pelo apoio e compartilhamento dos conhecimentos técnicos.

Ao professor Dr. Marco Antônio Dalla Costa pela amizade, orientação e conselhos no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores e discentes do mestrado, pela troca de experiências e de conhecimentos nesta caminhada.

Aos funcionários do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica - NUPEDDE e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - PPGEE e à Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade e qualidade dos conhecimentos adquiridos para o meu aperfeiçoamento técnico e profissional.

Finalmente, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho ou para a minha formação.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Santa Maria

DIRETRIZES NORMATIVAS E LEGAIS PARA AQUISIÇÃO DE LUMINÁRIAS VIÁRIAS COM DIODO EMISSOR DE LUZ PELAS ADMINISTRAÇÕES MUNICIPAIS EM AMBIENTE SUSTENTÁVEL

AUTOR: RONALDO SILVEIRA FUNCHAL
ORIENTADOR: MARCO ANTONIO DALLA COSTA
Santa Maria – RS, 02 de março de 2017.

A aplicação da tecnologia LED na iluminação pública é recente no Brasil, suscitando dúvidas na especificação, aquisição, viabilidade econômica e ambiental. Com a adoção de iluminação pública LED, as licitações deverão atender a novas especificações técnicas, a manutenção deverá ser modificada e o descarte das lâmpadas retiradas deverá minimizar o impacto ambiental. Uma análise da evolução tecnológica da iluminação pública e das legislações e normas para implantação da tecnologia LED é apresentada, bem como uma avaliação dos requisitos técnicos para especificação das luminárias. O processo de licitação e casos de impugnação envolvendo luminárias públicas LED é discutido. Para fundamentar o estudo, é realizada a análise de viabilidade em que lâmpadas vapor de sódio são substituídas por lâmpadas de estado sólido em uma praça localizada na cidade de Três Passos-RS. Como principais resultados da modernização e adaptação tecnológica, verificaram-se a redução da fatura mensal de energia, maior durabilidade, menor manutenção devido à redução nas trocas das lâmpadas, melhoria nos índices de luminosidade e benefícios ambientais como a diminuição do indicador de emissão do dióxido de carbono equivalente e da contaminação com mercúrio. A contribuição deste trabalho é o de apresentar as diretrizes para especificar luminárias públicas LED, atendendo os requisitos normativos e legais em vigência, servindo de referência para os agentes públicos municipais envolvidos com a iluminação pública.

Palavras-chaves: Gestão Pública. Iluminação pública com LED. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Master Thesis
Post-Graduation Program in Electrical Engineering
Federal University of Santa Maria

NORMATIVE AND LEGAL GUIDELINES FOR ACQUISITION OF LED STREET LIGHT LUMINAIRES FOR THE MUNICIPAL ADMINISTRATIONS IN SUSTAINABLE ENVIRONMENT

AUTHOR: RONALDO SILVEIRA FUNCHAL
ADVISOR: MARCO ANTONIO DALLA COSTA
Santa Maria – RS, 02 de março de 2017.

The application of LED technology in street lighting is recent in Brazil, raising doubts in the specification, acquisition, economic and environmental viability. With the adoption of LED street lighting, bids must meet the new technical specifications, maintenance should be modified and disposal of withdrawals lamps should minimize environmental impact. An analysis of the technological evolution of public lighting and the legislation and standards for the implementation of LED technology is presented, as well as an evaluation of the technical requirements for the specification of luminaires. The bidding process and cases of dispute involving public LED lamps is discussed. To support the study, the feasibility analysis is performed in which sodium vapor lamps are replaced by solid-state lamps in a square located in Tres Passos-RS. The main results of modernization and technological advance are the reduction in the monthly bill of energy, greater durability, lower maintenance due to the reduction in lamp exchanges, improvement in levels of brightness and environmental benefits such as the reduction of the carbon dioxide equivalent indicator and mercury contamination. The contribution of this work is to present the guidelines to specify LED public lighting, meeting the legal and regulatory requirements in force, serving as a reference for local public officials involved in public lighting.

Keywords: Public Management, Public Luminaires with LED. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O espectro eletromagnético e o espectro visível.....	37
Figura 2 - Curva de sensibilidade espectral relativa do olho humano.....	39
Figura 3 - Visão mesópica: comparação entre luminárias LED e VSAP.....	40
Figura 4 - Diagrama de cromaticidade CIE 1931.....	41
Figura 5 - Temperatura de Cor Correlata.	42
Figura 6 - Ofuscamento indireto e direto.....	45
Figura 7 - Estrutura e distribuição espectral da lâmpada multivapores metálicos.	50
Figura 8 - Estrutura e distribuição espectral das lâmpadas vapor de sódio de alta pressão.	52
Figura 9 - Evolução comparativa da eficácia luminosa.....	53
Figura 10 - Evolução do mercado mundial de iluminação viária com LED.	53
Figura 11 - Obtenção da luz branca em PC - LEDs.	54
Figura 12 - Exemplo de luminária pública LED	55
Figura 13 - Distribuição das intensidades luminosas longitudinais (verticais).	59
Figura 14 - Representação da distribuição das intensidades transversais (laterais).	59
Figura 15 - Representação do controle de intensidade luminosa.	61
Figura 16 - Método de cálculo de compatibilidade com a arborização.....	64
Figura 17 - Representação da luminária pública para o método do fluxo luminoso.	78
Figura 18 - Representação da luminária pública - método das intensidades luminosas.....	79
Figura 19 - Exemplo de curva isolux.....	80
Figura 20 - Exemplo de curva de distribuição luminosa.	81
Figura 21 - Exemplo de curva de isoluminância.	82
Figura 22 - Tela inicial do simulador DIALuxevo versão 4.12.....	84
Figura 23 - Tela inicial do simulador RELUx Profissional.....	85
Figura 24 - Local do estudo de caso - cenário inicial.....	87
Figura 25 - Projeto da Praça Reneu Mertz	88
Figura 26 - Iluminância ponto a ponto simulada com a luminária ZL-3360 de 100 W	91
Figura 27 - Iluminância ponto a ponto simulada com a luminária Maestra 153 W	93
Figura 28 - Iluminância ponto a ponto simulada com a luminária ZL-3312 150 W.....	94
Figura 29 - Iluminância ponto a ponto simulada com a luminária Evolve ERS1	95
Figura 30 - Simulação 3D do projeto luminotécnico com luminárias viárias LED.	97
Figura 31 - Simulação da iluminância - resultados esperado e posição dos postes.....	98

Figura 32 - Luminária viária LED adquirida.	121
Figura 33 - Implantação das luminárias LED	122
Figura 34 - Praça Reneu Mertz - cenário atual.	123
Figura 35 - Curva de distribuição de intensidade luminosa da luminária ZL-3312.	125
Figura 36 – Comparação visual entre o cenário inicial e o atual para o estudo de caso.	127
Figura 37 – Comparação da emissão luminosa entre luminária HID e LED.....	130

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição por tipo de lâmpadas na iluminação pública no Brasil (2015)	48
Tabela 2 - Iluminância média mínima e uniformidade - tráfego de veículos.....	61
Tabela 3 - Iluminância média mínima e uniformidade - tráfego de pedestres.	62
Tabela 4 - Resultados da simulação inicial	90
Tabela 5 - Parâmetros das luminárias utilizadas nas simulações	92
Tabela 6 - Resultados da simulação – Cenário I	93
Tabela 7 - Resultados da simulação – Cenário II	94
Tabela 8 - Resultados da simulação – Cenário III.....	95
Tabela 9 - Parâmetros da luminária viária LED para inclusão no termo de referência.....	98
Tabela 10 - Parâmetros fotométricos da lâmpada VSAP.	124
Tabela 11 - Parâmetros fotométricos da luminária ZL-3312	124
Tabela 12 - Medições das intensidades luminosas nos cenário inicial e atual.	126
Tabela 13 - Comparação das intensidades luminosas para a luminária LED.....	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação da eficiência energética para tecnologia LED.	68
Quadro 2 – Modalidades de licitação.	70
Quadro 3 – Limites de valores conforme a modalidade de licitação.	71
Quadro 4 – Características gerais da luminária viária LED.	110
Quadro 5 – Características mecânicas da luminária LED.	111
Quadro 6 – Características elétricas e ópticas da luminária LED.	111
Quadro 7 – Características térmicas e de resistência ao meio.	112
Quadro 8 – Características fotométricas.	112
Quadro 9 – Características de durabilidade.	113
Quadro 10 – Características do controlador.	113
Quadro 11 – Características de identificação.	114
Quadro 12 – Relação dos ensaios técnicos.	115
Quadro 13 – Garantia, recebimento e critérios de devolução.	116
Quadro 14 – Resumo das análises comparativas de iluminância e uniformidade.	129
Quadro 15 – Resumo das análises comparativas	137

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIS	Ativo Imobilizado em Serviço
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANSI	<i>American National Standards Institute</i> - Instituto Nacional Americano de Padrões
CE	<i>Conformité Européene</i> - Conformidade Européia
CEN	<i>European Committee for Standardization</i> – Comitê Europeu de Padronização
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CF	Constituição Federal
CIE	<i>Commission Internationale de l'Eclairage</i> - Comissão Internacional de Iluminação
CIP	Contribuição de Iluminação Pública
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> - Instituto Alemão para Normalização
ELETRORÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
EMI	<i>Electromagnetic interference</i> - Interferência eletromagnética
EMC	<i>Electromagnetic compatibility</i> - Compatibilidade eletromagnética
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação da Energia
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> – Agência de Proteção Ambiental
FCC	<i>Federal Communications Commission</i> - Comissão Federal de Comunicações
GEE	Gases de Efeito Estufa
HPS	<i>High pressure sodium</i> – Sódio de alta pressão
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> – Comissão Internacional de Eletrotécnica
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> - Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos

IESNA	<i>Illuminating Engineering Society of North America</i> - Sociedade de Engenharia de Iluminação da América do Norte
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IRC	Índice de Reprodução de Cores
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> - Organização Internacional para Padronização
LED	<i>Light-emitting diode</i> – Diodo emissor de luz
LPS	<i>Low pressure sodium</i> – Sódio de baixa pressão
MVM	Multivapores metálicos
PBE	Padrão Brasileiro de Etiquetagem
PC	<i>Phosphor-converted</i> – Fósforo convertido
PPP	Parceria Público Privada
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RCE	Redes Cidades Eficientes
RGB	<i>Red, Green and Blue</i> – Vermelho, verde e azul
SI	Sistema Internacional de Unidades
SSL	<i>Solid State Light</i> – Luz de estado sólido
TCC	Temperatura de Cor Correlata
TCU	Tribunal de Contas da União
THD	Taxa de Distorção Harmônica
VM	Vapor de mercúrio
VSAP	Vapor de sódio de alta pressão
US-EPA	<i>US Environmental Protection Agency</i> - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América
UV	Ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS

H	Altura da fonte luminosa
ω	Ângulo sólido
A	Ampère
B	Blue - azul
cd	Candela
λ	Comprimento de onda
k_n	Constante dependente do regime de operação visual
h	Constante de Planck
CE_m	Consumo total de Energia elétrica do mês
$CEEAE$	Custo da Energia Elétrica Anual Economizada
CME	Custo de Manutenção Evitada
$CMANP_{VASP}$	Custo de Manutenção do Ponto com luminária VSAP
$CMATP_{VASP}$	Custo dos Materiais do Ponto com luminária VSAP
CUL_{LED}	Custo Unitário da Luminária LED
$V'(\lambda)$	Curva de sensibilidade espectral para o regime escotópico
$V(\lambda)$	Curva de sensibilidade espectral para o regime fotópico
d	Distância
$J(\lambda)$	Distribuição espectral de potência da fonte luminosa
η	Eficácia luminosa
P	Potência ativa
EE	Energia Economizada
Q	Potência reativa
E_s	Emissão de CO _{2eq}
st	Esterradiano
FE_m	Fator de Emissão médio
FP	Fator de potência
ϕ	Fluxo luminoso
f	Frequência
G	Green – verde
Hz	Hertz
E	Iluminância ou iluminamento

E_{med}	Iluminamento médio
$E_{mín}$	Iluminamento mínimo
I	Intensidade luminosa
J	Joule
lm	Lúmen
L	Luminância
lx	Lux
m	Metro
μ	Micro
n	Nano
NLP	Número de Lâmpadas
NLE	Número de Lâmpadas Existentes
NP	Número de Pontos
NRE	Número de Reatores Existentes
PLE	Potência da Lâmpada Existentes
PLP	Potência da Lâmpada Proposta
PRE	Potência dos Reatores Existentes
km	Quilômetro
km/s	Quilômetros por segundo
kWh	Quilowatt-hora
R	<i>Red</i> – vermelho
RD	Redução da Demanda
S/P	<i>Scotopic/Photopic</i> - escotópico/fotópico
s	Segundo
S	Superfície
TE	Tarifa de Energia
$TUSD$	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
THDi	Taxa de distorção harmônica de corrente
THDu	Taxa de distorção harmônica de tensão
T	Tempo de utilização das lâmpadas
VU_{LED}	Vida Útil da luminária LED
VU_{VASP}	Vida Útil da luminária VSAP
V	Volt
W	Watt

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	31
1.1	Contextualização	31
1.2	Definição do problema e contribuição do trabalho	33
1.3	Resultados esperados	34
1.4	Delimitações do trabalho	34
1.5	Organização textual	35
2	CONCEITOS INICIAIS.....	37
2.1	O espectro eletromagnético	37
2.2	A visão humana	38
2.3	Visão fotópica, mesópica e escotópica.....	38
2.4	Composição das cores	40
2.5	Temperatura de Cor Correlata (TCC).....	41
2.6	Índice de Reprodução de Cores (IRC).....	42
2.7	Fluxo luminoso (ϕ)	42
2.8	Eficácia luminosa (η)	43
2.9	Intensidade luminosa (I)	43
2.10	Iluminamento ou Iluminância (E).....	44
2.11	Luminância (L)	44
2.12	Ofuscamento	45
2.13	Fator de potência	46
2.14	Taxa de distorção harmônica (THD).....	46
2.15	Fontes de luz empregadas na iluminação viária	47
2.15.1	Lâmpadas vapor de mercúrio (VM)	48
2.15.2	Lâmpadas multivapores metálicos (MVM).....	49
2.15.3	Lâmpadas Vapor de Sódio de Alta Pressão (VSAP).....	51
2.15.4	Luminárias com Diodos Emissores de Luz (LED).....	53
2.16	Conclusões parciais	56
3	NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS À ILUMINAÇÃO VIÁRIA.....	57
3.1	Principais normas técnicas e portarias relacionadas à iluminação viária	57
3.1.1	Fundamentos da norma ABNT NBR 5101:2012	57
3.1.1.1	Classificação das vias	58

3.1.1.2	Classificação das luminárias quanto às distribuições luminosas	58
3.1.1.3	Controle de distribuição de intensidade luminosa	60
3.1.1.4	Iluminância média e fator de uniformidade	61
3.1.1.5	Iluminação para os espaços públicos com predominância de pedestres	62
3.1.1.6	Verificação das iluminâncias por medições com luxímetro	62
3.1.1.7	Compatibilidade com a arborização	63
3.1.2	Os padrões LM-80-08, LM-79-08 e TM-21-11	64
3.1.3	A portaria INMETRO no. 20/2017	65
3.1.3.1	Requisitos técnicos de segurança	66
3.1.3.2	Requisitos técnicos de desempenho	67
3.1.3.3	Ensaio de conformidade	69
3.2	Principais legislações relacionadas à iluminação viária	69
3.2.1	Legislações relacionadas à gestão dos ativos de iluminação pública	69
3.2.2	Fundamentos da Lei no. 8.666/1993	70
3.2.2.1	Modalidades, limites e dispensa de licitação	70
3.2.2.2	Sanções administrativas conforme a Lei 8.666/1993	72
3.2.3	Fundamentos da Lei no. 12.305/2010	72
3.3	Metodologia para elaboração do projeto luminotécnico e do termo de referência	73
3.3.1	Metodologia para elaboração do projeto luminotécnico viário	73
3.3.2	Composição do termo de referência	74
3.4	Conclusões parciais	75
4	PROJETO LUMINOTÉCNICO PARA ILUMINAÇÃO VIÁRIA COM LEDs	77
4.1	Introdução	77
4.2	Projeto luminotécnico - métodos de cálculo	77
4.2.1	Método do fluxo luminoso	77
4.2.2	Método das intensidades luminosas	79
4.2.3	Método baseado nas curvas de distribuição luminosa	80
4.2.4	Método das luminâncias	82
4.3	Softwares para projetos de iluminação viária	83
4.3.1	Software DIALux	83
4.3.2	Software RELux	84
4.3.3	Software AGi32	85
4.4	Projeto luminotécnico do estudo de caso	86
4.4.1	Cenário inicial	86

4.4.2	Levantamento de campo e definição do tipo de obra	87
4.4.3	Classificação do tráfego.....	89
4.4.4	Classificação das distribuições de intensidades luminosas das luminárias	89
4.4.5	Condições de iluminância e uniformidade	89
4.4.6	Simulação computacional.....	90
4.4.6.1	Parâmetros das luminárias LED empregados nas simulações.....	91
4.4.6.2	Cenário I - simulação com a luminária LED Maestra 153 W	93
4.4.6.3	Cenário II - simulação com a luminária LED ZL-3312 150 W.....	94
4.4.6.4	Cenário III - simulação com a luminária LED Evolve ERS1 J2C 152 W.....	95
4.4.6.5	Avaliações dos resultados das simulações.....	96
4.5	Resultados esperados para a iluminância	97
4.6	Especificações básicas para aquisição das luminárias viárias LED	98
4.7	Conclusões parciais	99
5	TERMO DE REFERÊNCIA PARA LUMINÁRIA VIÁRIA LED.....	101
5.1	Finalidade do termo de referência	101
5.2	A diferença entre termo de referência e projeto básico	101
5.3	Elementos do termo de referência	102
5.3.1	Descrição do objetivo	102
5.3.2	Normas técnicas e legislações aplicáveis	102
5.3.3	Justificativa da contratação.....	102
5.3.4	Especificação do objeto	103
5.3.5	Condições de entrega.....	103
5.3.6	Fiscal do contrato	104
5.3.7	Sanções	104
5.3.8	Disposições finais	104
5.4	Tecnologias opcionais incorporadas às luminárias	105
5.5	Casos de impugnações e questionamentos do termo de referência em licitações	107
5.6	Termo de referência para o estudo de caso.....	108
5.6.1	Objetivo	109
5.6.2	Justificativa.....	109
5.6.3	Normas técnicas aplicáveis.....	109
5.6.4	Especificações técnicas.....	110
5.6.5	Condições de entrega.....	114
5.6.6	Fiscal do contrato	116

5.6.7	Sanções.....	116
5.6.8	Orçamentos prévios.....	117
5.6.9	Disposições finais	117
5.7	Conclusões parciais.....	117
6	ESTUDO DE CASO.....	119
6.1	Introdução – definição do estudo	119
6.2	Comparação com trabalhos correlatos	119
6.3	A licitação realizada para o estudo de caso.....	120
6.4	Instalação das luminárias	121
6.5	Análise comparativa.....	123
6.5.1	Análise das características fotométricas	124
6.5.1.1	Parâmetros fotométricos e de vida na situação inicial	124
6.5.1.2	Parâmetros fotométricos e de vida no cenário atual	124
6.5.1.3	Análise comparativa da iluminância e uniformidade.....	126
6.5.2	Análise comparativa de demanda e energia conservada	130
6.5.3	Análise econômica da manutenção	131
6.5.3.1	Considerações sobre a manutenção de luminárias públicas.....	131
6.5.3.2	Custo de manutenção evitada.....	132
6.5.4	Análise do retorno do investimento	133
6.5.5	Avaliação da sustentabilidade	134
6.5.5.1	Avaliação da emissão do dióxido de carbono equivalente evitado.....	135
6.5.5.2	Avaliação da quantidade de mercúrio evitado	135
6.5.6	Conclusões parciais.....	136
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	139
	BIBLIOGRAFIA	141
	ANEXO A – EDITAL DA LICITAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	149
	ANEXO B – MANUAL DO USUÁRIO – LUMINARIA LED DO ESTUDO DE CASO..	163
	ANEXO C – LEIS, PORTARIAS E NORMAS APLICÁVEIS À LUMINARIA LED.....	165
	APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO	169
	APÊNDICE B – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	171

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo contextualiza a iluminação pública e descreve a discussão do problema existente neste segmento da engenharia elétrica. Apresenta os objetivos para a solução do problema detectado, as justificativas para o estudo, os resultados esperados, as limitações e a estrutura do trabalho.

1.1 Contextualização

A iluminação pública é um dos mais importantes equipamentos urbanos. O espaço público bem iluminado permite a interação social noturna em parques, praças, passeios, áreas de alimentação ao ar livre, propiciam o tráfego de pedestres e veículos com segurança, inibindo a criminalidade.

A resolução normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL nº. 414/2010 define a iluminação pública como serviço público, sendo uma infraestrutura urbana essencial de responsabilidade dos municípios.

Com a resolução ANEEL nº. 479/2012, a transferência dos ativos para o serviço de iluminação pública, passa totalmente a ser de responsabilidade dos municípios. Portanto, os municípios que não tinham sob sua competência a manutenção do parque de iluminação pública passam a gerir os ativos resultando em grandes impactos operacionais e financeiros, tais como a implantação de equipes de projetos de iluminação pública, manutenção, ferramental adequado, necessidade de treinamentos específicos e veículos especiais. E ainda, os ativos recebidos podem se constituir de luminárias e acessórios com tecnologia ultrapassada.

Existem 5.570 municípios no Brasil, contando com mais de 18 milhões de pontos de iluminação pública (RCE, 2016). Há, portanto, um enorme potencial para o emprego de tecnologias ecoeficientes, como as luminárias públicas LED, do inglês *Light Emitting Diode*, já consolidadas em outros países, mas pouco disseminada no Brasil.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 88,4 % dos municípios brasileiros possuem menos de 50.000 habitantes e, portanto, o tamanho das zonas urbanas é pequeno e conseqüentemente o número de vias com iluminação pública também é reduzido (IBGE, 2016). No entanto, estas comunidades não possuem meios de viabilizar a modernização da iluminação pública, por não terem formas de financiamento, nem recursos

humanos para a elaboração do projeto luminotécnico e especificação de produtos com tecnologia viária LED.

Uma saída, principalmente para estes municípios, é a implantação da Contribuição de Iluminação Pública - CIP. A resolução da ANEEL nº. 479/2012 estabelece que o custeio do serviço de iluminação pública será feito pela CIP.

A CIP tem por objetivo garantir a continuidade dos serviços pelo pagamento do consumo de energia elétrica do parque de iluminação pública instalado, da manutenção dos pontos existentes e da modernização e melhoramento do nível tecnológico, objetivando a eficiência energética e contribuindo para a segurança do trânsito de veículos e pedestres.

Portanto, a criação via lei municipal da CIP, deve ser feita por cálculo atuarial bem elaborado a fim de atender o que consta na resolução ANEEL nº. 479/2012, porém sem onerar em demasia os contribuintes locais. Esta é uma fonte de recursos públicos importante principalmente para os pequenos municípios, que deve ser bem gerenciada para realizar a manutenção e a modernização do parque de iluminação pública.

Para os municípios de maior porte, a complexidade dos serviços de iluminação pública é muito superior, pois envolvem redes de distribuição de energia elétrica exclusiva, equipes de manutenção, veículos guindautos, entre outros itens que requerem elevados investimentos para a manutenção dos pontos existentes e modernização tecnológica.

Uma das alternativas para municípios de maior porte são a terceirização e as Parcerias Públicas Privadas (PPP), mas que exigem uma gestão complexa e uma estrutura de fiscalização dedicada.

Um dos instrumentos importantes para atendimento da transparência e do controle da sociedade é a lei de licitações. A lei federal nº. 8.666/1993 instituiu normas sobre licitações e contratos para obras, compras, permissões, alienações e serviços. Esta lei tem por objetivo garantir a isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a administração municipal e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável.

Os procedimentos dos certames licitatórios para aquisição de luminárias públicas, equipamentos e acessórios deverão atender o que reza no art. 37 da Constituição Federal (C.F., 1988), que preconiza os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório e do julgamento objetivo.

O combate ao desperdício de energia elétrica na iluminação pública, modernizando tecnologicamente os pontos existentes, significa sensibilidade para a questão ambiental e de

apoio aos princípios preservacionistas (ELETROBRÁS, 2012). A utilização de tecnologias eficientes, como luminária pública LED, colabora para um modelo sustentável.

A substituição de lâmpadas e luminárias obsoletas ou de elevado consumo de energia elétrica, a adoção de tecnologias de telecomando e ações que resultem na redução da carga instalada, são interessantes para o sistema elétrico e benéfico para a conservação da energia.

Estas ações são possíveis com a tecnologia LED, pois permitem reduzir a carga instalada, o consumo de energia elétrica e conseqüente redução nos valores das faturas de energia elétrica. Ainda, diminuem o impacto no horário de ponta sendo uma inovação já adotada em muitos países.

1.2 Definição do problema e contribuição do trabalho

A especificação das lâmpadas de descarga, para fins de aquisição por parte dos municípios já está consolidada. Portanto, para efetuar a aquisição das lâmpadas e acessórios, especialmente das lâmpadas vapor de sódio de alta pressão e de multivapores metálicos, a descrição dos requisitos técnicos de segurança e requisitos técnicos de desempenho estão bem fundamentadas nas normas brasileiras, proporcionando segurança jurídica e técnica para este tipo de licitação.

A tecnologia LED para a iluminação pública é uma excelente alternativa, pois tem por vantagens uma maior eficiência energética, não contém mercúrio, apresenta alto índice de reprodução de cores, tem maior vida útil e menor custo operacional.

No entanto, para a adoção desta tecnologia por parte das municipalidades, as normas e requisitos técnicos da tecnologia de iluminação pública LED devem estar bem definidos. As exigências normativas e especificações técnicas devem constar nos editais públicos, sob pena de responsabilização legal dos agentes públicos em caso de inconsistências ou requisitos de desempenho incompletos ou inadequados.

Este será o foco deste trabalho: apresentar uma sistematização do processo de aquisição de luminárias públicas LED, proporcionando aos responsáveis técnicos e demais envolvidos nos processos licitatórios, os requisitos de segurança e desempenho que garantam um produto de qualidade e que atenda o interesse social e ambiental.

Justifica-se este trabalho devido à ocorrência de impugnações, questionamentos e conflitos jurídicos em licitações que visam à substituição gradativa dos pontos de iluminação viária com lâmpadas de descarga por luminárias LED no Brasil.

A portaria nº. 478/2013 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO propôs o regulamento técnico para luminárias com lâmpadas de descarga e LED direcionada à iluminação pública viária. No entanto, como a referida portaria está sob consulta pública, não estando em vigor, faz-se necessário um estudo sobre os requisitos técnicos para a especificação de luminárias públicas viárias LED evitando-se insegurança técnica e jurídica, foco deste trabalho.

1.3 Resultados esperados

Através do estudo de caso, espera-se que o processo de análise de viabilidade, aquisição e implantação de luminárias públicas LED na Praça Reneu Geraldino Mertz no município de Três Passos, Rio Grande do Sul, atenda os requisitos técnicos de segurança e de desempenho.

Outro resultado esperado é de que durante a licitação para aquisição das luminárias viárias LED, seja atendida a Lei Federal nº. 8.666/1993, evitando-se impugnações por parte dos participantes, decorrentes de exigências técnicas ou documentações incompatíveis com a lei de licitações.

Presume-se, de imediato, a redução no consumo de energia na relação lumens/watt, melhoria no índice de reprodução de cores, facilidade de execução na instalação e contribuição para a sensação de segurança no local.

Espera-se que esses resultados contribuam para que as licitações de luminárias públicas LED atendam os princípios da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório e do julgamento objetivo.

Busca-se também, atender o decreto federal nº. 7.746/2012 que estabelece critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações públicas.

1.4 Delimitações do trabalho

O trabalho tem por delimitação a análise das normas e legislações aplicáveis à licitação de luminárias pública LED, bem como da viabilidade econômica deste equipamento.

Foge do escopo, o aprofundamento tecnológico do funcionamento do LED, do conversor e do detalhamento do projeto luminotécnico. Estes assuntos serão tratados de forma apenas para contribuir para a compreensão do estudo de caso.

A especificação da tecnologia LED para aplicação na iluminação pública viária é destinada prioritariamente aos pequenos municípios brasileiros, normalmente desprovidos de responsáveis técnicos na área da engenharia elétrica, visando evitar responsabilizações e inconsistências nos processos licitatórios e nos contratos administrativos.

1.5 Organização textual

Os demais capítulos dessa dissertação estão estruturados a seguir.

No segundo capítulo, é realizada uma revisão bibliográfica sobre os conceitos luminotécnicos e das fontes de luz aplicadas à iluminação viária.

O terceiro capítulo trata dos principais aspectos das normas e legislações relacionadas à iluminação viária. A lei de licitações é discutida e a metodologia do projeto luminotécnico e do termo de referência é apresentada.

Já no quarto capítulo, os métodos de cálculo e os principais simuladores utilizados no projeto luminotécnico são mostrados. O projeto luminotécnico do estudo de caso é realizado.

A descrição do termo de referência para luminárias viárias LED é tratada no capítulo quinto. Aspectos sobre questionamentos e impugnações de licitações devido a erros no termo de referência são discutidos. Ainda neste capítulo, o termo de referência para utilizar na licitação das luminárias LED destinadas ao estudo de caso é definido.

No sexto capítulo é realizado um estudo de caso onde luminárias LED são implantadas em uma praça. Para concluir o trabalho, análises comparativas entre o cenário inicial e final são examinadas abrangendo estudos de demanda, energia, desempenho, manutenção, retorno do investimento e de sustentabilidade.

O capítulo sétimo apresenta as conclusões e considerações finais do presente trabalho.

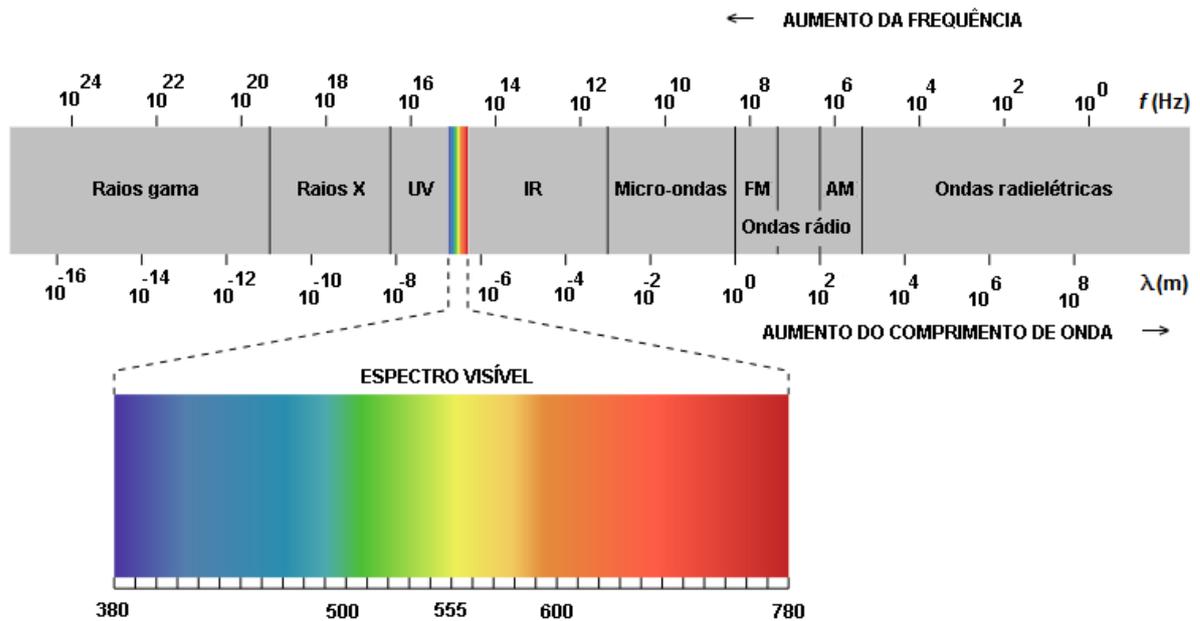
2 CONCEITOS INICIAIS

Inicialmente serão abordados os conceitos básicos da luminotécnica com intuito de revisar e subsidiar a fundamentação teórica do trabalho. As características principais das fontes de luz empregadas atualmente no Brasil são descritas.

2.1 O espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético é extremamente amplo, conforme pode ser observado na Figura 1. A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é constante e igual a $3 \cdot 10^8$ km/s, diferindo por sua frequência (f) e por seu comprimento de onda (λ). O espectro visível, conhecido como luz, corresponde a uma pequena fração do espectro eletromagnético.

Figura 1 - O espectro eletromagnético e o espectro visível.



Fonte: ((site <http://factmyth.com>, 2016) - adaptado)¹

¹ Disponível em: <<http://factmyth.com/factoids/visible-light-is-electromagnetic-radiation>>. Acesso em 10 nov. 2016.

Como há uma relação inversa entre f e λ , tem-se que quanto maior o comprimento de onda, menor a frequência e vice-versa. O espectro visível está entre 380 a 780 nm, aproximadamente, e nesta faixa a radiação eletromagnética sensibiliza as células do olho humano.

Em 1905, Einstein propôs que a radiação eletromagnética (ou a luz) é quantizada, sendo a quantidade elementar o fóton (HALLIDAY, 2016). Um fóton surge quando ocorre a transição de um elétron entre dois estados de energias diferentes. O elétron ao passar de uma camada mais interna para uma mais externa recebe energia, e ao retornar para o estado inicial emite a energia correspondente a essa diferença na forma de radiação eletromagnética.

2.2 A visão humana

Para observarem-se as características dos objetos, tais como cor, volume e forma, há necessidade de iluminá-los por uma fonte de luz, artificial como as lâmpadas ou natural como o sol. É necessário também que o objeto esteja dentro do campo de visão do observador.

O olho compõe-se basicamente da íris que é um diafragma (quantifica a incidência da luz na retina), do cristalino (age como uma lente ajustável), da fóvea central (região altamente especializada para a visão de alta resolução) e do nervo óptico (transmite os estímulos ao cérebro). A retina e a fóvea central são formadas por terminações nervosas celulares denominadas cones e bastonetes, de diferentes sensibilidades à intensidade da luz e à frequência ou cor (GUERRINI, 2008).

Os cones estão situados na fóvea, no centro da retina e decrescem nas regiões próximas. São responsáveis pela detecção da forma e da cor, ou seja, pela visão fotópica, não sendo sensibilizados em níveis muito baixos de iluminação.

Os bastonetes permitem a visão na penumbra, ou visão escotópica, onde desaparece a sensação da cor. As células bastonetes possuem uma sensibilidade muito maior que os cones, no entanto, concentram-se na periferia da retina e são adaptadas para ambientes com luminosidade reduzida e não são sensíveis às cores.

2.3 Visão fotópica, mesópica e escotópica

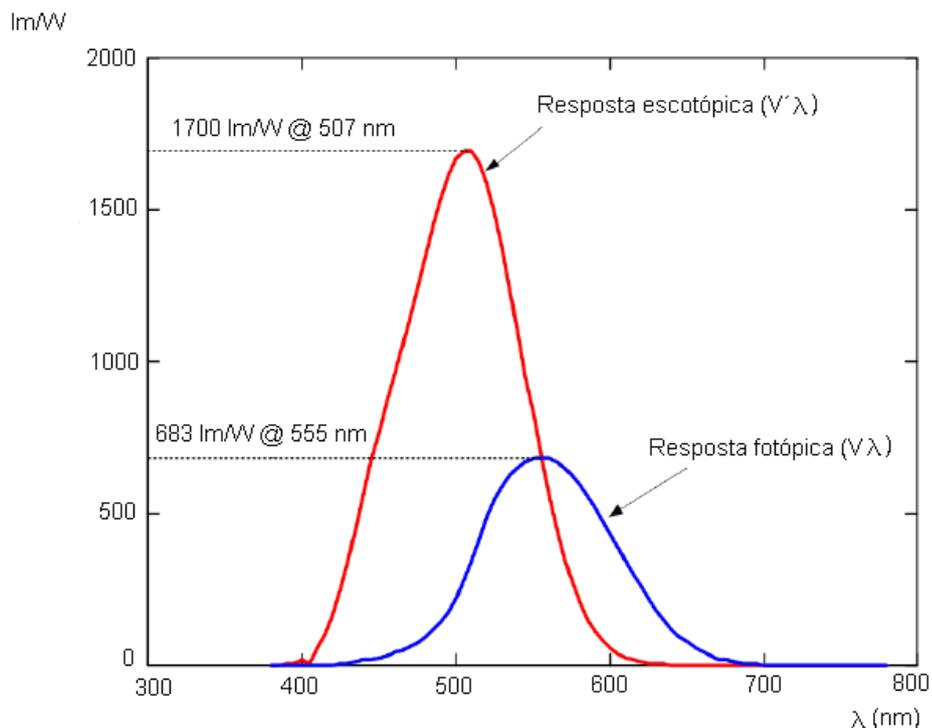
Há três categorias da visão: escotópica, representado por $V'(\lambda)$, mesópica e fotópica representado por $V(\lambda)$ (BOMMEL, 2015).

Para projetos de iluminação de vias públicas, os níveis de luminância são baixos. Logo, onde os níveis de luminância são mais baixos, a resposta mesópica, ou mesmo a escotópica baixa, pode representar melhor a realidade da sensibilização do olho humano para estas aplicações (BOMMEL, 2015).

O documento CIE 191:2010 (*Technical report: recommended system for mesopic photometry base on visual performance*) apresenta a correção do fluxo luminoso fotópico (lúmens) para o fluxo luminoso efetivo (lúmens efetivo) (NOGUEIRA, 2013). No entanto, a utilização de modelos mesópicos é complexa devido à necessidade de adaptação de grandezas fotométricas, não sendo adotado nas normas brasileiras nem utilizado nas simulações de situações práticas, onde o sistema fotópico ainda é o mais empregado. Neste trabalho, os critérios da norma brasileira ABNT NBR 5101:2012 e da fotometria clássica foram adotados.

Pela Figura 2, verifica-se que a máxima sensibilidade do olho humano passa de 555 nm (visão fotópica) para 507 nm em baixos níveis de luminância (visão escotópica). A curva referente à visão fotópica é denominada de curva internacional de visibilidade espectral relativa e os valores de máxima sensibilidade absoluta variam de 683 lm/W, na visão fotópica, para 1.700 lm/W, na visão escotópica (MOREIRA, 1982).

Figura 2 - Curva de sensibilidade espectral relativa do olho humano.



Fonte: ((BOMMEL, 2015) – adaptado)

Na Figura 3, observa-se a importância da visão mesópica. À direita, tem-se uma rua iluminada por luminárias vapor de sódio de alta pressão e à esquerda por luminárias LED. Em condições mesópicas, uma fonte de luz branca, aparecerá mais brilhante do que a fonte de luz amarela, mesmo que tenham o mesmo fluxo luminoso. Este efeito, portanto, terá implicações na avaliação da luminária escolhida.

Figura 3 - Visão mesópica: comparação entre luminárias LED e VSAP.



Fonte: ((OSRAM, 2016a) – adaptado)

Devido à complexidade da utilização dos modelos mesópicos, é comum nos projetos de iluminação viária o emprego da fotometria clássica, não considerando a dinâmica do sistema visual.

2.4 Composição das cores

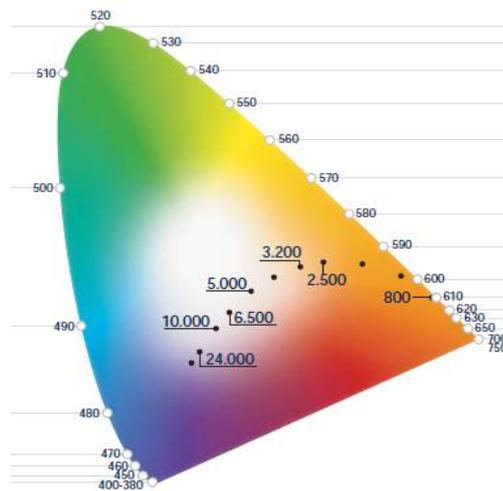
A CIE (*Comission Internationale de l'Eclairage* - Comissão Internacional de Iluminação) em um documento de 1931 expressou a composição de cores em três componentes denominados *tristimulus*.

Os cones possuem três aparelhos distintos relativos ao vermelho (*R*), ao verde (*G*) e ao azul (*B*) sendo que cada aparelho possui sensibilidade luminosa como uma função do

comprimento de onda. Assim, obtém-se a cor branca quando as três sensibilidades fundamentais fossem igualmente excitadas.

Na Figura 4 é apresentado o diagrama de cromaticidade CIE 1931, onde uma cor do espectro pode ser representada de forma bidimensional com coordenadas (x; y). Há limitações no diagrama de cromaticidade, sendo uma delas a não representação fiel do sistema da visão de cores percebido pelo olho humano.

Figura 4 - Diagrama de cromaticidade CIE 1931.



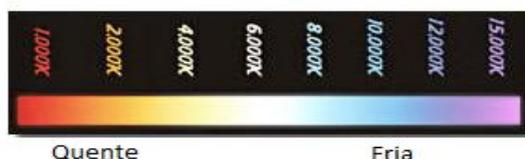
Fonte: INDALUX (2017)

2.5 Temperatura de Cor Correlata (TCC)

A temperatura de cor correlata (TCC) indica qual seria a temperatura de um corpo negro que emitiria uma luz de cor similar à da fonte analisada. A unidade de medida no Sistema Internacional de unidades é o kelvin (K). O fato de ser medida em kelvin justifica-se por se tratar-se de uma analogia com a cor da luz emitida pelo corpo negro quando aquecido a uma determinada temperatura.

A cor “quente” tem temperatura baixa (amarelo) e a cor “fria” tem temperatura alta (azul-esverdeado). Na Figura 5 é apresentada uma representação da Temperatura de Cor Correlata.

Figura 5 - Temperatura de Cor Correlata.



Fonte: ((site <http://aquainsight.blogspot.com.br>, 2016) – adaptado)²

2.6 Índice de Reprodução de Cores (IRC)

O índice de reprodução de cor (IRC) de uma fonte luminosa artificial é a medida da cor real de uma superfície e sua aparência a ser iluminada pela fonte artificial (GUERRINI, 2008). Segundo definição da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, o IRC corresponde à avaliação quantitativa do grau de aproximação entre a cor psicofísica de um objeto iluminado pelo iluminante sob ensaio, e a do mesmo objeto iluminado pelo iluminante de referência, sendo o estado de adaptação cromática considerado de maneira correta. Quanto maior o índice (em porcentagem), mais fiel é a reprodução de cores.

2.7 Fluxo luminoso (ϕ)

A sensibilidade do olho humano varia conforme o comprimento de onda da radiação, não sendo viável a comparação das radiações pela potência elétrica. O que ocorre é que quantidades iguais de fluxo radiante monocromático de comprimento de ondas diferentes despertam sensações visuais diferentes.

Define-se fluxo luminoso como a quantidade de energia radiante emitida por unidade de tempo, avaliada de acordo com a sensação luminosa produzida, sendo a unidade de medida o lúmen (lm) (GUERRINI, 2008). Se uma luz monocromática emite uma potência de 1/683 W no comprimento de onda de 555 nm, tem fluxo luminoso de 1 lm (SCHUBERT, 2006). A definição é dada pela equação (1),

$$\phi = k_n \int_{380}^{780} V_n(\lambda) \cdot J(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

² Disponível em: <<http://aquainsight.blogspot.com.br/2009/07/iluminacao-temperatura-de-cor.html>>. Acesso em 11 nov, 2016.

onde k_n é a constante dependente do regime de operação visual valendo 683 lm/W para o regime fotópico e 1.700 lm/W para o escotópico. Esta constante quantifica a magnitude do pico de sensibilidade visual em cada regime de operação, pois para cada condição, diferentes células do olho humano são consideradas e, portanto, com valores distintos.

A função $J(\lambda)$ dada em W/nm, é a distribuição espectral de potência da fonte luminosa. Os limites de integração desta curva correspondem à limitação de sensibilidade da visão humana para o espectro visível (380 a 780 nm).

2.8 Eficácia luminosa (η)

A eficácia de uma fonte de luz é a razão entre o fluxo luminoso emitido e a potência absorvida pela fonte, segundo a equação (2),

$$\eta = \frac{\phi}{P} \quad (\text{lm/W}) \quad (2)$$

onde ϕ é o fluxo luminoso (lm) e P é a potência absorvida (W).

A eficácia luminosa é um parâmetro importante para escolha das lâmpadas. A partir da relação da equação (2) é possível concluir qual fonte de luz é mais eficaz.

2.9 Intensidade luminosa (I)

A intensidade luminosa é relação entre o fluxo luminoso elementar $d\phi$ que emana de uma fonte luminosa e se propaga com ângulo sólido $d\omega$, na direção α , tendo por unidade a candela (cd), que significa no latim, vela. Esta relação é definida pela equação (3).

$$I_\alpha = \frac{d\phi}{d\omega} \quad (3)$$

A intensidade luminosa é uma das grandezas base do sistema internacional de unidades (SI). Ela é uma grandeza vetorial que representa a energia luminosa projetada na direção radial, a partir de um centro comum. A medição da intensidade luminosa pressupõe que a fonte de luz seja puntiforme (NOGUEIRA, 2014).

Na prática, pode-se considerar uma fonte de luz puntiforme se a distância de medição for pelo menos cinco vezes maior do que a maior dimensão da fonte.

2.10 Iluminamento ou Iluminância (E)

A iluminância é a razão entre o fluxo luminoso incidente ($d\phi$) em lúmen, pela superfície iluminada S (m^2), cuja unidade é o lux (lx) obtida pela equação (4),

$$E = \frac{d\phi}{dS} \quad (4)$$

É uma grandeza muito importante na especificação de projetos luminotécnicos, sendo empregada no estudo da distribuição luminosa sobre superfícies. Os valores de iluminância são fixados pela ABNT NBR 5101:2012.

Para determinação do iluminamento horizontal pelo método ponto por ponto, a Lei de Lambert estabelece que o iluminamento varie na razão direta da intensidade luminosa e na razão inversa do quadrado da distância (GUERRINI, 2008), conforme a equação (5).

$$E = \frac{I \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} \quad (5)$$

onde h (m) é a altura da fonte luminosa, I a intensidade luminosa (cd), γ é o ângulo do plano vertical em relação ao eixo fotométrico da luminária. O iluminamento E é dado em lux (lx) e para medições, emprega-se o instrumento denominado luxímetro que efetua medições diretas de iluminância em ambientes com iluminação natural ou artificial. (COSTA, 2013).

2.11 Luminância (L)

A luminância é a razão entre a intensidade luminosa e a área aparente vista pelo observador e representada pela equação (6),

$$L = \frac{dI}{dS \cdot \cos \alpha} \quad (6)$$

onde L é a luminância em cd/m^2 , I é intensidade luminosa irradiada pela superfície em candelas, S é a superfície iluminada vista pelo observador em m^2 e α é o ângulo da direção de observação.

A luminância é uma grandeza que caracteriza a visibilidade de superfícies iluminadas. A idéia de profundidade de um objeto é gerada devido às diferentes luminâncias de suas partes, pois a maior ou menor quantidade de luz refletida fornece a noção de relevo (GUERRINI, 2008).

2.12 Ofuscamento

O ofuscamento (exemplos na Figura 6) está ligado com a sensação de claridade ou brilho, podendo ser direto ou refletido (indireto). O ofuscamento depende da posição do observador em relação ao eixo de visão, sendo a solução para este problema a adoção de luminárias relacionadas à tarefa visual e de modelos que inibam esse desconforto.

Figura 6 - Ofuscamento indireto e direto.



Fonte: ((site <http://www.climatempo.com.br>³ e site <http://www.blogsoestado.com>⁴, 2016) - adaptado).

Entre os fatores que resultam no ofuscamento desconfortável, está a intensidade luminosa emitida pela fonte luminosa, a luminância média da superfície da via, a altura entre o nível do olho do observador e a luminária, além do número de luminárias por quilômetro (PHILIPS, 1986)

³ Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/participe/10122/muita-chuva-a-noite-inundacao-no-mesmo-local-de-sempre>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

⁴ Disponível em: <<http://www.blogsoestado.com/zecasoares/2012/02/12/mais-brilho-no-centro-historico-de-sao-luis/>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

2.13 Fator de potência

Segundo a resolução normativa 414/2010 da ANEEL, o fator de potência (FP) é a razão entre a potência elétrica ativa (P) e a raiz quadrada da soma dos quadrados da potência ativa e reativa (Q) consumidas em um mesmo período especificado. O valor do fator de potência é obtido pela equação (7),

$$FP = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (7)$$

O fator de potência é um número adimensional entre 0 e 1. As perdas de energia aumentam com a elevação da corrente elétrica, principalmente quando existem cargas indutivas, tais como as dos reatores para lâmpadas de descarga. Quando a carga tem fator de potência menor do que um, mais corrente é requerida para suprir a mesma quantidade de potência útil. A resolução 414/2010 estabelece que os consumidores devam atender um limite mínimo de 0,92.

A correção do fator de potência nos reatores para lâmpadas de descarga é feita por capacitores em paralelo com a carga. Já para as luminárias LED a correção é feita pelo circuito controlador (*driver*).

2.14 Taxa de distorção harmônica (THD)

A taxa de distorção harmônica é uma notação muito utilizada para definir a importância do conteúdo harmônico de um sinal senoidal. Um harmônico é um componente de uma onda periódica cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental. Os harmônicos no sistema de energia se originam na corrente elétrica, devido à presença de equipamentos e cargas não lineares no sistema de distribuição .

Segundo a IEC 61000-3-2:2014, que trata da compatibilidade eletromagnética (*electromagnetic compatibility - EMC*), para um sinal y a taxa de distorção harmônica é definida pela fórmula (8),

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} y_h^2}}{y_1} \quad (8)$$

onde y_k é o valor eficaz da corrente ou tensão de ordem k e y_1 é o valor eficaz da corrente ou tensão fundamental. A taxa de distorção harmônica é geralmente expressa em porcentagem.

A THD em tensão (THDu) caracteriza a deformação da onda de tensão senoidal. Um valor de THDu inferior a 5% é considerado como normal. Um valor de THDu compreendido entre 5 e 8% revela uma poluição harmônica significativa. Um valor de THDu superior a 8% revela uma poluição harmônica considerável necessitando de dispositivos de atenuação (SCHNEIDER, 2016).

O THD em corrente caracteriza a deformação da onda de corrente (THDi). A identificação do poluidor se efetua medindo o THD em corrente na entrada e em cada uma das saídas de diferentes circuitos, a fim de se verificar a direção do emissor poluidor.

Um valor de THDi inferior a 10% é considerado como normal. Um valor de THDi compreendido entre 10 e 50% revela uma distorção harmônica significativa. Há risco do aquecimento dos cabos e fontes, implicando no sobredimensionamento dos cabos.

Um valor de THDi superior a 50% revela uma poluição harmônica considerável. Uma análise aprofundada e a colocação de dispositivos de atenuação são necessárias (SCHNEIDER, 2016).

A norma ABNT NBR IEC 61.000-4-3:2014 estabelece os requisitos de imunidade de equipamentos elétricos e eletrônicos para a energia eletromagnética irradiada e procedimentos de ensaio relacionados ao transiente.

As harmônicas têm um impacto econômico considerável nas instalações tais como o aumento das despesas com energia elétrica, envelhecimento precoce dos materiais e perdas da eficácia.

2.15 Fontes de luz empregadas na iluminação viária

Estima-se em mais de 18 milhões de pontos de iluminação pública no Brasil, atingindo 95,5% do entorno dos domicílios urbanos conforme o Banco Mundial (WORDBANK, 2016). O parque luminotécnico instalado é composto predominantemente de lâmpadas a vapor de sódio e lâmpadas a vapor de mercúrio, com baixa utilização de luminárias LEDs. Em menor quantidade, são encontradas lâmpadas multivapores metálicos, mistas, fluorescentes e incandescentes. Em 2015, esse parque foi responsável por 4,3% do consumo de energia elétrica do país (14,3 TWh), resultando em R\$ 3,5 bilhões destinados ao pagamento desta despesa (WORDBANK, 2016).

A Tabela 1 apresenta um resumo do perfil nacional e das cinco regiões em termos das tecnologias instaladas, resultado da pesquisa efetuada pelo Banco Mundial entre março e abril de 2015 (WORDBANK, 2016). Observa-se forte concentração das tecnologias de vapor de sódio de alta pressão e de vapor de mercúrio, sendo que a tecnologia com LEDs apresenta uma participação muito pequena, resultado de projetos pilotos.

Tabela 1 - Distribuição por tipo de lâmpadas na iluminação pública no Brasil (2015)

Tecnologia	Brasil	Norte	Nordeste	Sul	Centro-oeste	Sudeste
VM	23,6%	31,3%	20,7%	23,9%	23,0%	24,4%
VSAP	71,1%	64,5%	68,6%	71,4%	72,2%	72,5%
LED	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%
Outras	5,3%	4,2%	10,7%	4,7%	4,9%	3,1%

Ainda nesta pesquisa, o Banco Mundial constatou que 16% dos municípios pesquisados desconhecem aplicações de LEDs na iluminação pública.

Conforme citado, as principais tecnologias empregadas na iluminação pública no Brasil são lâmpadas vapor de mercúrio, vapor de sódio de alta pressão e multivapores metálicos. Estas tecnologias serão abordadas de forma sucinta a seguir, incluindo-se as luminárias LED.

2.15.1 Lâmpadas vapor de mercúrio (VM)

Ao longo do tempo, diversas fontes de luz artificiais que utilizam energia elétrica foram desenvolvidas, tais como a lâmpada de arco e a incandescente no século XIX (FERREIRA, 1996).

Logo após a segunda guerra mundial, ocorreu enorme expansão do uso da lâmpada fluorescente na iluminação pública, devido ao esforço de reconstrução nos países arrasados.

Na década de cinquenta, quando a iluminação pública sofreu uma exigência maior de qualidade imposta pelo aumento de automóveis nas vias públicas, é que começaram a substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas vapor de mercúrio (STOLFI, 2008). Este sistema atingiu seu apogeu nas décadas de sessenta e setenta, tornando-se a solução mundial para a iluminação pública.

As lâmpadas vapor de mercúrio são um dos tipos de lâmpadas de descarga, que produzem luz pela excitação de gases no interior do tubo de arco. Quando uma tensão elétrica

é aplicada entre os eletrodos, cria-se um campo elétrico formando um arco ionizado. O aquecimento provocado pela ionização do elemento argônio que vaporiza o mercúrio, tornando o ambiente no interior do tubo de descarga altamente condutor, produzindo radiação visível no espectro verde-amarelado e invisível com radiação ultravioleta. A correção do espectro emitido ocorre pela pintura interna do bulbo com vanádio de ítrio, excitável pelo ultravioleta (GUERRINI, 2008).

Depois que o meio interno tornou-se ionizado, a impedância fica reduzida e a descarga elétrica ocorre entre os eletrodos principais. Visto que a impedância do circuito auxiliar de partida é muito maior devido o resistor de partida, este caminho ficará inativo (MOREIRA, 1982).

O reator é o equipamento auxiliar necessário para a estabilização da descarga e também para proporcionar a tensão elétrica necessária para a partida.

Entre as vantagens estão as diversas potências disponíveis (de 35 W a 2.000 W), boa vida média (12.000 h), baixo custo de implantação e boa temperatura de cor (entre 4.100 K e 3.550 K).

Como desvantagens, apresentam baixa eficácia comparada com outras lâmpadas de descarga, baixo IRC (próximo de 40), utilização de reatores volumosos e correção do fator de potência (MOREIRA, 1982). Ambientalmente, há necessidade do descarte correto devido o emprego de mercúrio.

2.15.2 Lâmpadas multivapores metálicos (MVM)

Após a popularização da lâmpada vapor de mercúrio sob alta pressão, foi uma questão de tempo para que aperfeiçoamentos ocorressem e surgissem as lâmpadas multivapores metálicos.

A lâmpada de multivapor metálico é muito semelhante à lâmpada de vapor de mercúrio, exceto pela presença de iodetos metálicos. Ela apresenta um desempenho muito maior e há possibilidade de se variar a coloração da luz emitida selecionando os iodetos metálicos colocados no interior do tubo de descarga (GUERRINI, 2008).

Atualmente, a lâmpada de multivapores metálicos, dentre as lâmpadas de descarga, é a que apresenta a maior diversidade de aplicações, tais como iluminação viária, em lojas de departamentos, vitrines, estádios de futebol, monumentos, aplicações em pavilhões industriais, iluminação residencial e na iluminação automotiva.

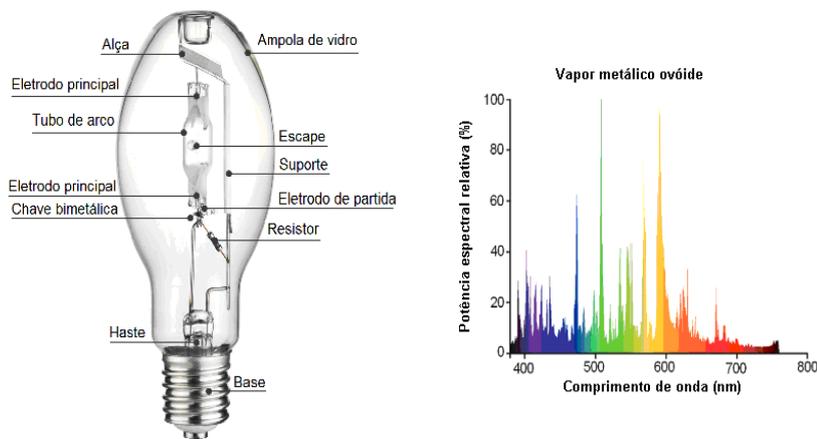
No tubo de arco, a descarga de gás funciona através de excitação dos aditivos metálicos (halogênios metálicos) e o mercúrio é excitado pelo fluxo de corrente sendo a radiação emitida conforme as características dos elementos químicos adicionados.

Mudanças na temperatura da parede do tubo de arco podem alterar a composição do vapor na descarga, modificando também a cor emitida.

As lâmpadas MVM necessitam de reatores e ignitores como elementos auxiliares, uma vez que necessita de uma elevada tensão para partida (cerca de 5 kV). O tempo de aquecimento é em torno de 3 minutos e a espera para reacendimento varia de 5 a 8 minutos.

A Figura 7 apresenta a estrutura e a distribuição espectral de uma lâmpada MVM.

Figura 7 - Estrutura e distribuição espectral da lâmpada multivapores metálicos.



Fonte: SYLVANIA, 2016

Durante a vida útil da lâmpada MVM, o fluxo luminoso vai se reduzindo, chegando a uma depreciação entre 30 e 50%. Isto significa que o fluxo luminoso inicial pode chegar ao final da vida média à metade, devendo-se considerar este fato no projeto luminotécnico.

Também a tonalidade da cor vai se modificando durante a vida, produzindo uma tonalidade mais fria. Este incremento de temperatura de cor é bastante visível quando comparada com lâmpadas novas. Quando a uniformidade de cor é importante, é extremamente recomendada a substituição em grupo (GUERRINI, 2008).

As lâmpadas MVM apresentam eficácia de 65 lm/W para pequenas potências e até 95 lm/W para potências elevadas com excelente reprodução de cores em torno de 80 (OSRAM, 2016). O custo de instalação é relativamente baixo para iluminação viária, em virtude da disseminação de fornecedores.

A vida mediana pode chegar a 24.000 h, porém muito inferior à vida mediana da lâmpada vapor de sódio de alta pressão (EDISONTECHCENTER, 2016a).

Como emprega elementos altamente tóxicos como mercúrio, tálio e lítio necessitam de descarte ambientalmente correto. Além disso, devido à temperatura elevada da lâmpada, requer luminária apropriada.

Em virtude do brilho intenso, o sistema óptico da luminária deve ser adequado a este tipo de lâmpada. A luminária deve conter refletor com vidro para impedir a propagação da radiação ultravioleta e melhorar o desempenho óptico.

2.15.3 Lâmpadas Vapor de Sódio de Alta Pressão (VSAP)

Lâmpada de vapor de sódio é a designação dada a um tipo de lâmpada de descarga em meio gasoso que utiliza um plasma de vapor de sódio para produzir luz. Existem duas variantes deste tipo de lâmpadas: de baixa pressão (em geral designadas LPS) e de alta pressão (HPS). Como citado, as lâmpadas de sódio de alta pressão (VSAP) são as mais empregadas na iluminação pública no Brasil.

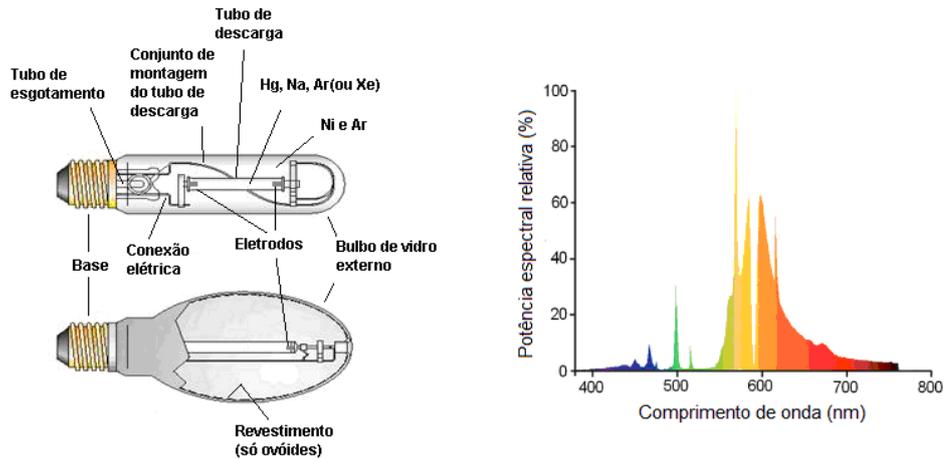
A produção de luz é realizada no tubo de descarga onde estão os eletrodos e os elementos mercúrio, sódio e argônio ou xenônio. O mercúrio é empregado para melhorar a temperatura de cor, enquanto o argônio ou xenônio são gases inertes.

Para que a descarga elétrica se estabeleça, é necessário um pulso de alta tensão produzido pelo ignitor, variando de 1,5 kV a 5 kV, dependendo da potência da lâmpada, sendo estes valores para lâmpada fria. Para partida com a lâmpada quente, após ocorrer um desligamento, são necessários pulsos de cerca de 20 kV para a reignição. Portanto, é necessário observar um tempo de aproximadamente 5 minutos para o reacendimento.

Na Figura 8 é mostrada a estrutura básica e a distribuição espectral da lâmpada vapor de sódio de alta pressão. Observa-se a concentração espectral nas raias de cor amarela.

Devido a estas características, a temperatura de cor situa-se em torno dos 2.000 K e o índice de reprodução de cores não ultrapassa o coeficiente 25 (MOREIRA, 1982).

Figura 8 - Estrutura e distribuição espectral das lâmpadas vapor de sódio de alta pressão.



Fonte: SYLVANIA, 2016

A vida útil de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão é limitada por um lento aumento na tensão de operação. Este aumento é causado principalmente pelo enegrecimento das extremidades do tubo de descarga. As extremidades enegrecidas absorvem radiação que esquenta ainda mais o tubo de descarga vaporizando amálgama de sódio adicional. Mesmo assim, no fim da vida útil o fluxo se mantém dentro de valores aceitáveis, acima de 80%.

Entre as vantagens da iluminação com lâmpadas vapor de sódio alta pressão está o elevado fluxo luminoso e vida mediana. Atualmente o custo da lâmpada VSAP é baixo, devido sua disseminação no mercado e o surgimento de vários fornecedores, tornando atrativa sua utilização devido o menor custo de manutenção (OSRAM, 2016b).

Entre as desvantagens está a necessidade de descarte correto devido o emprego do mercúrio, o elevado tempo de aquecimento e reignição e a necessidade de equipamentos auxiliares (ignitores, reatores e capacitores) que exigem enorme variedade de estoques principalmente quando há várias potências instaladas (EDISONTECHCENTER, 2016b).

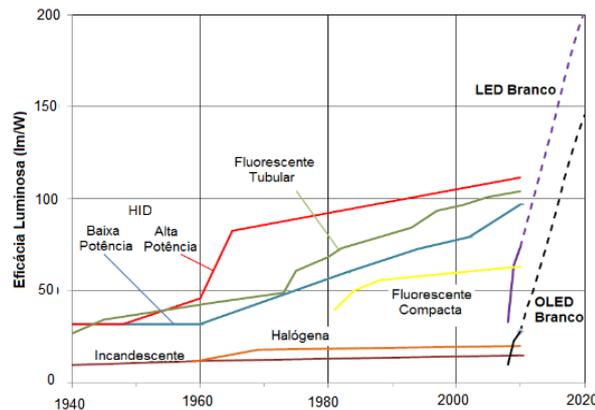
Conforme Dalla Costa et al (2009), a ressonância acústica é também um grande problema. A frequência de ressonância da lâmpada está diretamente ligada às dimensões do tubo de descarga e eletrodos da lâmpada, à pressão, temperatura e composição do gás. O fenômeno da ressonância acústica ocorre numa faixa de frequência entre 1 kHz a 300 kHz.

A ressonância acústica dificultou a difusão dos reatores eletrônicos para alimentação deste tipo de lâmpadas, diferentemente do que ocorre com as lâmpadas fluorescentes.

2.15.4 Luminárias com Diodos Emissores de Luz (LED)

Procurando formas de reduzir seus custos com iluminação viária, diversas cidades ao redor do mundo estão substituindo as lâmpadas de descarga por tecnologia LED, identificando uma tendência mundial. A Figura 9 apresenta a uma comparação da evolução da eficácia luminosa entre diversas tecnologias de iluminação.

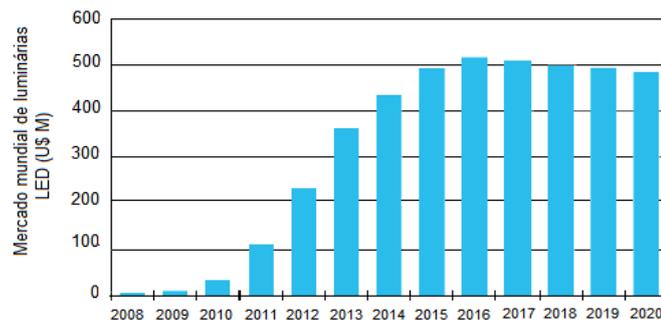
Figura 9 - Evolução comparativa da eficácia luminosa.



Fonte: U.S. Department of Energy, 2012 - adaptado

O crescimento mundial do segmento de iluminação pública com LED está ocorrendo com aplicações na iluminação de túneis, *retrofit* (modernização tecnológica) em estradas e vias públicas urbanas. A partir de 2017, o tamanho do mercado deve declinar em consequência da redução de projetos de substituição e também devido a retração econômica mundial (iMICRONEWS, 2016). A Figura 10 mostra a estimativa de evolução do mercado mundial de iluminação viária com LED.

Figura 10 - Evolução do mercado mundial de iluminação viária com LED.



Fonte: ((site <http://www.i-micronews.com>, 2016) - adaptado)⁵

O diodo emissor de luz empregado nas luminárias públicas é um tipo de diodo semiconductor constituído de uma junção *PN*, emitindo luz ao ser energizado diretamente, pelo processo denominado eletroluminescência (PHILIPS, 2016).

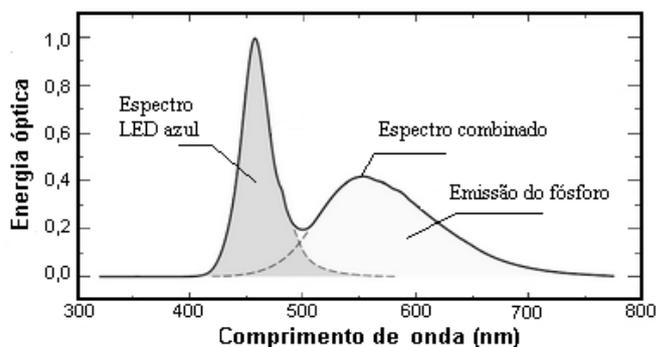
A partir do desenvolvimento do LED azul por Nakamura, Akasaki e Amano, foi possível obter o LED branco de alta qualidade (NOBELPRIZE, 2014).

A obtenção da luz branca mais empregada é com o LED branco *PC* (*phosphor-converted*), onde uma parcela da luz azul (produzida por estruturas InGaN ou AlGaInP/GaAs) atravessa a camada de fósforo obtendo o espectro azul e a outra parcela é absorvida pela camada de fósforo amarelo e convertida na faixa complementar (PHILIPS, 2016). O índice de reprodução de cores obtido por este método varia de 70% a 90% dependendo do controle da quantidade de fósforo utilizada na fabricação.

Os parâmetros espectrais e fotométricos dos LEDs (como fluxo luminoso, eficácia luminosa, temperatura de cor, coordenadas cromáticas e espectro), são extremamente dependentes dos aspectos térmicos (dissipação, temperatura ambiente e temperatura de junção) e elétricos (corrente de acionamento, potência dissipada e parâmetros elétricos do modelo equivalente) conforme Bender (2013).

A Figura 11 exemplifica a obtenção da luz branca formando a composição conforme a combinação do espectro emitido pelo LED azul e da emissão correspondente à camada de fósforo (SCHUBERT, 2006).

Figura 11 - Obtenção da luz branca em PC - LEDs.



Fonte: SCHUBERT, 2006 - adaptado

⁵ Disponível em: <<http://www.i-micronews.com/report/product/led-in-road-and-street-lighting.html?Itemid=228>>. Acesso em 14 dez. 2016.

Semelhante ao padrão dos diodos retificadores deve-se aplicar uma tensão direta no LED até que seja alcançado o limiar e a corrente aumente exponencialmente com o aumento da tensão. A partir daí, pequenas variações na tensão, provocam grandes alterações na corrente através do diodo.

Portanto, para manter o fluxo luminoso sem variações, a alimentação do LED deve ser realizada com fontes que possibilitem manter correntes constantes.

Com relação as estruturas dissipadoras de calor, estas devem ser bem dimensionadas porque possuem a função de transferência do calor gerado pelas recombinações não radiantes para o ambiente externo, evitando o superaquecimento e consequente depreciação do fluxo luminoso e vida útil e até mesmo a destruição do LED (ALMEIDA, 2014). Assim, a limpeza periódica do dissipador é necessária, sendo muitas vezes empregado no projeto do dissipador, o método de autolimpeza, evitando a retenção de resíduos.

Devido à forma construtiva dos LEDs, a luz emitida é direcionada somente para a parte frontal. Desta forma, ao contrário das luminárias com refletores que utilizam lâmpadas de descarga, devem ser utilizadas estruturas ópticas compostas por lentes e colimadores individuais para cada LED, desenvolvidas para cada tipo de aplicação, gerando uma curva de distribuição luminosa única.

A Figura 12 apresenta um exemplo de luminária pública com LEDs.

Figura 12 - Exemplo de luminária pública LED



Fonte: SCHRÉDER, 2016 - adaptado⁶

⁶ Disponível em: <<http://www.schreder.com/en-GB/products/piano-range/>>. Acesso em 07 fev. 2017.

As luminárias LED necessitam de um controlador eletrônico, também conhecido por *drivers* destinado a manter o nível de corrente de alimentação dos semicondutores. O controlador deve ser confiável para que a luminária atinga o tempo de vida esperado evitando a aceleração da depreciação do fluxo luminoso.

As luminárias LED permitem incorporar uma série de funcionalidades tais como dimerização, telecomando, proteções contra sobrecorrente e sobretensão, filtro EMI, correção do fator de potência e da distorção harmônica.

A tecnologia LED para a iluminação pública tem por vantagens um melhor desempenho na relação lúmens/watt, não contém mercúrio, apresenta alto índice de reprodução de cores, vida útil elevada e menor custo operacional.

No entanto, o investimento inicial é muito maior comparando-se com as luminárias de descarga (PHILIPS, 2016).

2.16 Conclusões parciais

Foram revisados os conceitos básicos relacionados à luminotécnica, com finalidade de subsidiar a compreensão dos estudos relativos aos sistemas de iluminação viária. As características principais das fontes de luz mais empregadas atualmente foram descritas.

Devido à perspectiva de aumento na adoção do sistema de iluminação viário com LED por parte dos municípios, pois é uma tendência mundial, prevê-se a redução gradativa dos preços possibilitando a disseminação desta tecnologia no Brasil nos próximos anos.

3 NORMAS E LEGISLAÇÕES APLICÁVEIS À ILUMINAÇÃO VIÁRIA

As normas e legislações são importantes para a sociedade garantindo produtos de qualidade, eficientes e padronizados. Neste capítulo serão tratados os principais aspectos das normas relacionadas à especificação técnica de luminárias viárias LED. Aspectos da lei de licitações são discutidos, bem como a metodologia para elaboração do projeto luminotécnico e do termo de referência.

3.1 Principais normas técnicas e portarias relacionadas à iluminação viária

Segundo a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, as normas asseguram as características desejáveis de produtos e serviços, como qualidade, segurança, confiabilidade, eficiência e respeito ambiental.

A adoção das mesmas significa que os fornecedores podem desenvolver e oferecer produtos e serviços que atendam às especificações que têm ampla aceitação em seus setores.

A lei nº. 8.078/1990 estabelece o Código de Defesa do Consumidor. No art. 39 é vedado o fornecimento de produtos e serviços e a colocação no mercado em desacordo com as normas da ABNT ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO).

Assim, os consumidores se beneficiam dos produtos e serviços baseados em padrões, permitindo a concorrência entre fornecedores e a busca pela inovação.

Elas contribuem para os esforços de preservação do meio ambiente, destacando-se as exigências de descarte de produtos, emissões de gases e radiação, qualidade do ar e da água.

3.1.1 Fundamentos da norma ABNT NBR 5101:2012

A norma ABNT NBR 5101:2012 estabelece os requisitos e procedimentos para iluminação de vias públicas, propiciando segurança ao tráfego de pedestres e de veículos.

A aplicação desta norma em projetos de iluminação pública traz benefícios econômicos e sociais, tais como: redução de acidentes noturnos, melhoria das condições de deslocamento, auxílio à proteção policial com ênfase na segurança de indivíduos e

propriedades, facilidade do fluxo do tráfego, destaque de edifícios e obras públicas à noite e utilização racional da energia.

3.1.1.1 Classificação das vias

Na ABNT NBR 5101:2012, as classes para o tráfego de veículos, são designadas por V1 (vias de trânsito rápido e intenso), V2 (vias coletoras de tráfego médio ou intenso), V3 (vias coletoras de tráfego médio), V4 (vias coletoras de tráfego leve ou vias locais de tráfego leve) e V5 (vias locais de tráfego médio ou leve).

A classe de iluminação para pedestres é designada por P1 para vias de uso noturno intenso (calçadões, passeios em zonas comerciais), P2 para vias de grande tráfego (passeios de avenidas, praças e áreas de lazer), P3 para vias de uso noturno moderado (passeios e acostamentos) e P4 vias de pouco uso por pedestres (passeios de bairros residenciais).

Estas classificações permitem identificar a classe correspondente ao volume de tráfego e o perfil da via.

3.1.1.2 Classificação das luminárias quanto às distribuições luminosas

As distribuições luminosas são classificadas como transversal, longitudinal e controle de distribuição de intensidade.

São baseadas no diagrama de isocandelas, traçados sobre um sistema retangular de coordenadas contendo uma série de linhas longitudinais da via (LLV) em múltiplos da altura de montagem (AM) e uma série de linhas transversais da via (LTV), também em múltiplos de altura de montagem.

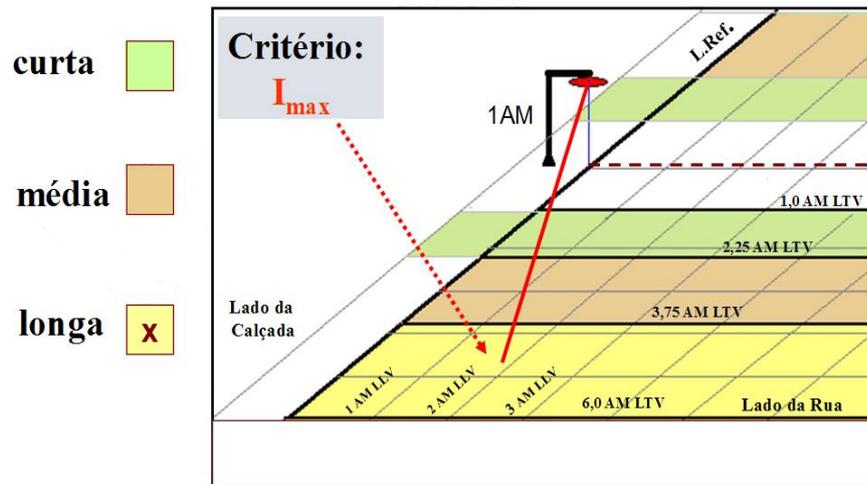
Quanto à distribuição longitudinal a classificação é dividida em três grupos, curta, média e longa.

A distribuição é curta quando o seu ponto de máxima intensidade luminosa encontra-se na região situada entre $1,0 \text{ AM LTV}$ e $2,25 \text{ AM LTV}$.

Será considerada distribuição média se o ponto de máxima intensidade luminosa encontrar-se na região entre $2,25 \text{ AM LTV}$ e $3,75 \text{ AM LTV}$ e será uma distribuição longa, quando o ponto de máxima intensidade luminosa estiver entre $3,75 \text{ AM LTV}$ e $6,0 \text{ AM LTV}$.

Na Figura 13 é representada a distribuição longitudinal para uma luminária longa.

Figura 13 - Distribuição das intensidades luminosas longitudinais (verticais).



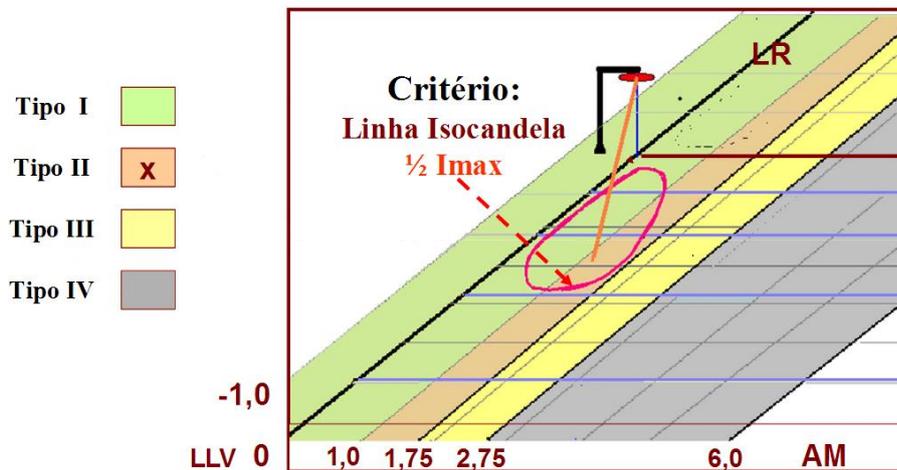
Fonte: (site <http://www.inmetro.gov.br>, 2016)⁷.

Conforme a ABNT NBR 5101:2012, as distribuições transversais de intensidade luminosa das luminárias são classificadas como tipo I, II, III ou IV.

Em normas americanas e europeias há ainda V e tipo V(S), destinadas aos centros de cruzamentos.

Na Figura 14 é representada a distribuição tipo II.

Figura 14 - Representação da distribuição das intensidades transversais (laterais).



Fonte: (site <http://www.inmetro.gov.br>, 2016)

⁷ Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/ciebrasil/docs/As-bases-da-Fotometria-em-Medicoes-Goniofotometricas.pdf>>. Acesso em 10 dez. 2016.

A luminária tipo I é utilizada quando a linha de meia intensidade máxima não ultrapassa as linhas LLV 1,0 AM, tanto para o lado da via quanto para o lado das casas, podendo no sentido vertical ser curta, média ou longa (ASSIST, 2016).

A distribuição do Tipo I é excelente para iluminação de passarelas, caminhos e calçadas. Este tipo de iluminação destina-se a ser colocado perto do centro do caminho. As duas principais concentrações de luz estão em direções opostas. Este tipo é geralmente aplicável no centro de uma via onde a altura de montagem é aproximadamente igual à largura da estrada (ASSIST, 2016).

A distribuição transversal é do tipo II quando a linha de meia intensidade máxima fica entre LLV 1,75 AM e a linha de referência da luminária.

Esta distribuição é utilizada para passarelas, rampas e vias de entrada local e também é indicada para iluminar pequenas vias estreitas (ASSIST, 2016).

A distribuição do tipo III é aquela quando a linha de meia intensidade máxima ultrapassa parcial ou totalmente a LLV 1,75 AM, porém não ultrapassa a LLV 2,75 AM.

Esta distribuição destina-se à iluminação rodoviária, praças, parques, áreas de estacionamento geral e outras locais onde uma maior área de iluminação é necessária (ASSIST, 2016).

A distribuição do tipo IV é aquela quando parte da linha de meia intensidade máxima ultrapassa parcial ou totalmente a LLV 2,75 AM. Este tipo de distribuição produz uma luz semicircular sendo empregada para iluminar o perímetro de áreas de estacionamento e vias onde a largura não excede 3,75 vezes a altura de montagem (ASSIST, 2016).

3.1.1.3 Controle de distribuição de intensidade luminosa

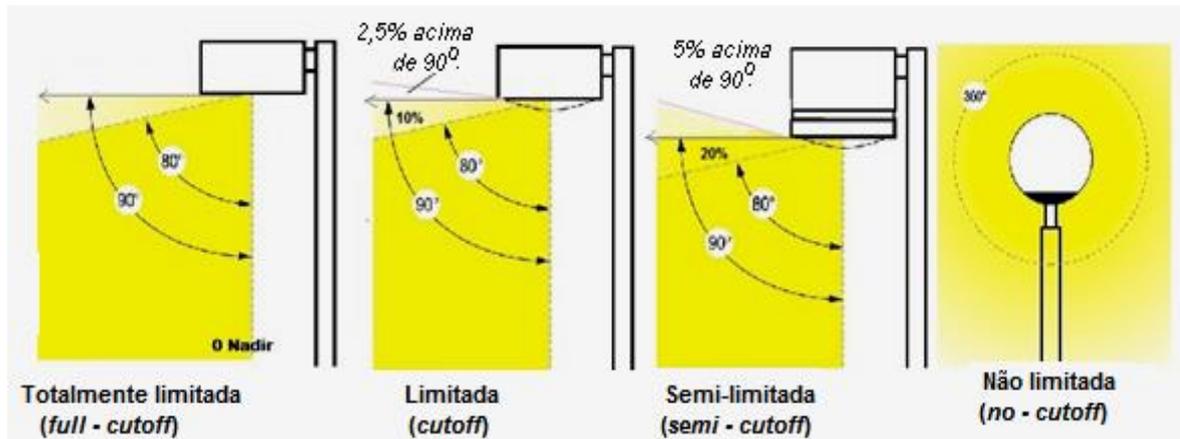
A distribuição é totalmente limitada (*full-cutoff*) quando a intensidade luminosa acima de 90° é nula e a intensidade acima de 80° não excede 10% dos lúmens nominais.

A distribuição é limitada (*cutoff*) quando a intensidade luminosa acima de 90° não é maior que 2,5% e a intensidade acima de 80°, não excede 10% dos lúmens nominais da fonte.

É semi-limitada (*semi-cutoff*) quando a intensidade luminosa acima de 90° não é maior que 5% e a intensidade acima de 80° não excede 20% dos lúmens nominais da fonte.

Já a distribuição é não-limitada (*non-cutoff*) quando não existe uma limitação de intensidade luminosa acima da zona de máxima intensidade luminosa. A Figura 15 resume o controle de intensidade luminosa.

Figura 15 - Representação do controle de intensidade luminosa.



Fonte: ((site <https://electricalnotes.wordpress.com>, 2016) – adaptado)⁸

3.1.1.4 Iluminância média e fator de uniformidade

A iluminância média (E_{med}) é um valor obtido pela média aritmética das leituras realizadas em plano horizontal, sobre o nível do piso. O menor valor de iluminância (E_{min}) deve atender simultaneamente o fator de uniformidade para o tipo de via e ser superior a 1 lux.

A iluminância média mínima e a uniformidade para cada classe de iluminação referente ao tráfego de veículos são apresentadas na Tabela 2, conforme a ABNT NBR 5101:2012.

Tabela 2 - Iluminância média mínima e uniformidade - tráfego de veículos.

Classe de iluminação	Iluminância média mínima	Fator de uniformidade mínimo
	$E_{med, min.} (lux)$	$U = E_{min}/E_{med}$
V1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Fonte: ABNT NBR 5101:2012

⁸ Disponível em: <<https://electricalnotes.wordpress.com/2015/02/03/selection-for-street-light-luminaire-part-4>>. Acesso em 10 dez. 2016.

Para o tráfego de pedestres a iluminância média e uniformidade recomendada para cada classe de iluminação deve atender a Tabela 3.

Tabela 3 - Iluminância média mínima e uniformidade - tráfego de pedestres.

Classe de iluminação	Iluminância horizontal média	Fator de uniformidade mínimo
	E_{med} (lux)	$U = E_{min}/E_{med}$
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

Fonte: ABNT NBR 5101:2012

3.1.1.5 Iluminação para os espaços públicos com predominância de pedestres

As praças, parques, calçadas e semelhantes são espaços públicos diferenciados para pedestres. Nestes locais, a iluminação deve permitir a orientação, o reconhecimento entre pessoas, a segurança para o tráfego de pedestres e a identificação de obstáculos.

A distância mínima para uma pessoa reconhecer sinais hostis e tomar ações evasivas é de 4 metros e o nível de iluminância médio mínimo, nesta distância, para reconhecimento facial é de 3 lux, sendo que sobre a superfície da via não pode haver valores inferiores a 1 lux.

Este nível de iluminância média pode variar até 40 lux, em função do tipo de utilização, característica e requisitos de segurança pública em praças ou passeios públicos.

Para identificar obstáculos e a velocidade das pessoas e ciclistas, o fator de uniformidade deve ser $E_{min}/E_{max} \geq 1:40$.

Em escadas e rampas, a iluminação deve assegurar a visibilidade para os pedestres, sendo considerados prioritários.

Nos espaços de quadras, jardins, brinquedos e arborização, o projeto poderá ter critérios diferenciados empregando arranjos de luminárias decorativas e/ou projetores.

3.1.1.6 Verificação das iluminâncias por medições com luxímetro

Em procedimentos de inspeção que exijam detalhamento, faz-se necessário estabelecer uma malha para medições e constatações de valores de projeto.

Um dos métodos de verificação de iluminância de exteriores consiste na definição de uma malha ou grade formada por pontos para inspeção dos valores com o auxílio de um luxímetro. Para vias de rolamento, a malha é definida a partir do espaçamento entre postes e da largura da via e para praças e para outros espaços públicos não há um critério estabelecido na norma devido às especificidades destes locais.

A partir da grade estabelecida, realizam-se demarcações e medições nos pontos em um nível horizontal sob a via, conforme estabelece o item 7 da ABNT NBR 5101:2012 (malha para verificação detalhada – inspeção).

O valor da iluminância média E_{med} é obtido pela seguinte expressão (9):

$$E_{med} = \frac{\sum E_{pontos\ da\ malha}}{Quant\ pontos} \quad (9)$$

onde $E_{pontos\ da\ malha}$ é o somatório das iluminâncias dos pontos da malha e $Quant\ pontos$ o número de pontos de medição.

Tomando-se como referência os dados coletados em uma tabela, determina-se o valor da iluminância mínima por inspeção na mesma. Em seguida calcula-se o fator de uniformidade mínimo (U), com a equação (10):

$$U = \frac{E_{mín}}{E_{méd}} \quad (10)$$

Com os valores obtidos nas equações (9) e (10), verifica-se se foram atendidos os mínimos estabelecidos na norma, para cada classe de iluminação.

3.1.1.7 Compatibilidade com a arborização

A convivência das luminárias públicas com a arborização às vezes torna-se conflituosa. Entre os motivos desta relação problemática está o planejamento inadequado da distribuição de novas luminárias e a implantação de arborização sem observar as luminárias existentes.

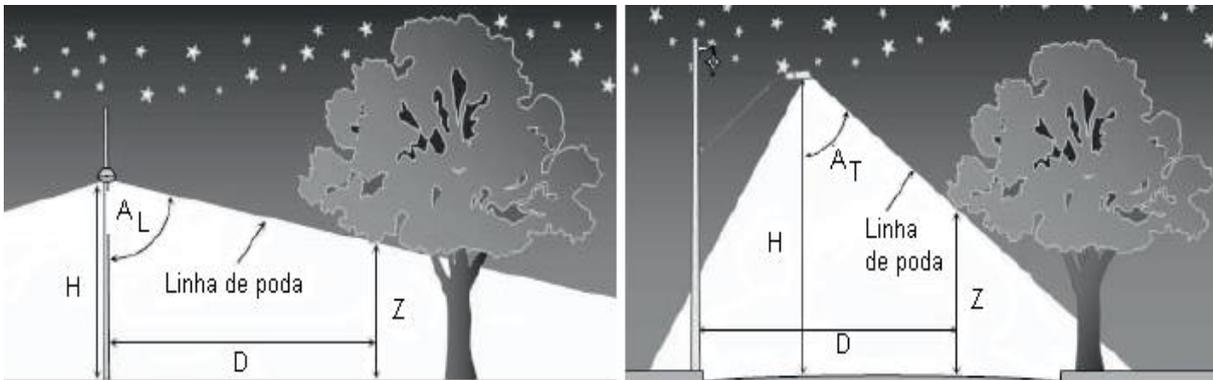
A ABNT NBR 5101:2012 apresenta uma equação considerando os ângulos de máxima incidência de luz das luminárias no sentido longitudinal e transversal à via, a altura de montagem e a distância da árvore.

A equação (11) é dada por:

$$Z = H - (A.D) \quad (11)$$

Onde Z é a altura mínima do galho, H é a altura de montagem da luminária, D é a distância mínima do galho de menor altura, com medidas em metros. Com relação ao ângulo A , pode-se ter o ângulo longitudinal (A_L) ou ângulo transversal (A_T). A_L é igual à *cotang* de 75° (igual a 0,26) que corresponde ao ângulo de máxima incidência de luz para o sentido longitudinal e A_T é igual à *cotang* de 60° (igual a 0,57) que é o ângulo de máxima incidência de luz para o sentido transversal (Figura 16).

Figura 16 - Método de cálculo de compatibilidade com a arborização.



Fonte: ABNT NBR 5101:2012

A idéia da norma é auxiliar os planejadores municipais e as equipes relacionadas com a manutenção para definição da linha de poda nos locais onde já existe posteação. Também têm por objetivo, definir a posição dos novos postes em relação à distância das árvores existentes ou a posição de novas arborizações a serem implantadas perto da posteação.

3.1.2 Os padrões LM-80-08, LM-79-08 e TM-21-11

Frequentemente são citados procedimentos de ensaios com padrões internacionais para avaliação do desempenho dos LEDs. Os procedimentos de ensaios LM-79-08, LM-80-08 e TM-21-11, publicados pela IESNA, são métodos para verificação da manutenção do fluxo luminoso de LEDs e para medições elétricas e fotométricas.

O que deve ser analisado em um relatório da LM-80-08 é se o resultado de depreciação, considerando a temperatura do LED na luminária em funcionamento, será adequado ou não para a vida útil projetada (IWASHITA, 2017).

O relatório de ensaio é emitido de acordo com um formato padrão, fornecendo o fluxo luminoso para uma determinada corrente durante um período de 6.000 horas. O fluxo luminoso do LED será medido para três temperaturas diferentes: 55°C, 85°C e uma terceira temperatura a ser selecionada pelo fabricante (GREEN CREATIVE, 2017).

A partir dos dados do relatório do LED, aplicam-se projeções de vida útil conforme o padrão TM-21-11 (GREEN CREATIVE, 2017).

As projeções são limitadas a seis vezes o período de dados do relatório LM-80-08 disponível. Portanto, a vida útil relatada pelo fabricante deve atender estes padrões.

A LM-79-08 estabelece os métodos de ensaio em esferas integradoras e goniofotômetros e os principais itens de desempenho fotométricos de um produto LED, tais como: fluxo luminoso (lm), eficácia luminosa (lm/W), intensidade luminosa (cd) em uma ou mais direções, coordenadas cromáticas, temperatura de cor correlata, índice de reprodução de cor e distribuição espectral. Além das características de desempenho elétricas: voltagem, potência, corrente, frequência e fator de potência (IWASHITA, 2017).

A partir destes resultados é possível comparar o desempenho fotométrico e elétrico de luminárias ou lâmpadas de LED e conseqüentemente se o equipamento é aplicável aos requisitos de projeto (IWASHITA, 2017).

Para luminária LED considera-se o L70 como padrão. Depois de uma depreciação de 30% do fluxo luminoso, admite-se que o sistema não desempenha o esperado, devendo ser substituído. A representação é fornecida para um período de dados LM-80-08 em milhares de horas (por exemplo L70 (6k) = 36.000 horas) (GREEN CREATIVE, 2017).

3.1.3 A portaria INMETRO n°. 20/2017

A portaria INMETRO n°. 478/2013, que estava sob consulta pública, foi aprovada resultando na portaria INMETRO n°. 20 de fevereiro de 2017. Esta portaria, já em vigor, é um importante instrumento para fixar requisitos técnicos para iluminação pública com lâmpadas de descarga e LED no Brasil.

A partir das referências normativas relacionadas nesta portaria, é possível construir o documento do termo de referência para aquisição de luminárias viárias LED, garantindo segurança jurídica no caso de lançamento de editais por parte das administrações públicas.

A partir de 18 (dezoito) meses, contados da data de publicação da portaria, os fabricantes nacionais e importadores deverão fabricar ou importar somente luminárias para iluminação viária LED em conformidade com as disposições lá contidas. Após 24 (vinte e quatro) meses da data de publicação, os fabricantes e importadores deverão comercializar somente luminárias públicas em conformidade com a referida portaria e a partir de 36 (trinta e seis) meses, todos os estabelecimentos de distribuição ou comércio deverão vender, no mercado nacional, somente luminárias para iluminação viária de acordo com as disposições da portaria nº. 20/2017 do INMETRO.

Os elementos constantes no termo de referência, documento base para aquisição de luminárias viárias LED, são descritos referenciando-se as normas técnicas aplicáveis para cada requisito, conforme a portaria INMETRO nº. 20/2017. A seguir, resumidamente, são descritas as principais normas técnicas aplicadas aos requisitos técnicos.

3.1.3.1 Requisitos técnicos de segurança

Os requisitos técnicos de segurança descrevem as características gerais e materiais, de operação, características elétricas e mecânicas.

As marcações na luminária devem obedecer as especificações da norma ABNT NBR 15129:2012 - *luminárias para iluminação pública – requisitos particulares*. A gravação será legível e indelével, constando o número de série, o modelo e demais características técnicas da luminária (marca ou nome, classificação fotométrica, potência nominal, faixa de tensão para conexão, frequência nominal, país de origem e demais informações adicionais desejadas pelo fabricante).

No folheto de instruções além do previsto na ABNT NBR 15129:2012, deverá constar o nome e/ou marca do fabricante, modelo, classificação fotométrica, potência nominal, faixa de tensão nominal, frequência nominal, país de origem, informações sobre o controlador, instruções ao usuário quanto à instalação elétrica, manuseio e cuidados recomendados, informações sobre o importador ou distribuidor, garantia mínima a partir da data de venda ao consumidor, tipo de proteção contra choque elétrico e expectativa de vida em horas.

A fiação interna, externa e de aterramento atenderá as prescrições da ABNT NBR 15129:2012. A especificação da tensão de conexão à rede elétrica deve estar dentro das faixas descritas no PRODIST – Módulo 8 (Qualidade de energia). O fator de potência medido não deve ser inferior a 0,92.

A tomada para relé fotoelétrico é opcional e quando aplicável deve estar de acordo com a ABNT NBR 5123:2016 - *relé controlador intercambiável e tomada para iluminação – especificação e ensaios*. No caso de telegestão integrada à luminária LED, a base de sete pinos deverá obedecer o padrão ANSI:C136:41/2013 - *for roadway and area lighting equipment - dimming control between an external locking type photocontrol and ballast or driver*.

O grau de proteção do invólucro da luminária deve assegurar a proteção contra a penetração de pó, objetos sólidos e umidade, conforme a ABNT NBR IEC 60529:2011 - *graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos*. Para o alojamento, o grau mínimo é IP-66. Caso o grau de proteção do controlador seja IP-65, ou superior, o alojamento do controlador na luminária poderá ser IP-44.

As condições normais de operação da luminária LED devem atender a ABNT NBR 15129:2012, especialmente para a temperatura mínima do ar ambiente igual a -5° C e máxima igual a +50° C.

A luminária deve ser submetida ao ensaio de rigidez dielétrica e resistência de isolamento, atendendo a tensão mínima para a classe I, conforme a ABNT NBR 15129:2012 e a ABNT NBR IEC 60598-1:2010.

Com relação às características mecânicas de resistência ao torque dos parafusos e conexões, resistência à força do vento e vibração, as luminárias submetidas aos ensaios prescritos na ABNT NBR IEC 60598-1:2010, não devem apresentar quaisquer falhas como trincas e quebras que comprometam o desempenho.

O grau de proteção IK para o invólucro da luminária contra impactos mecânicos externos deve cumprir o prescrito na ABNT NBR IEC 62262:2015 - *graus de proteção assegurados pelos invólucros de equipamentos elétricos contra os impactos mecânicos externos* e ter no mínimo o grau de proteção IK 08.

Os suportes para fixação devem ser adequados ao peso da luminária e o acoplamento deve suportar ventos de até 150 km/h.

3.1.3.2 Requisitos técnicos de desempenho

Os requisitos de desempenho da luminária viária LED abrangem as características fotométricas, do controle de distribuição luminosa, de manutenção do fluxo luminoso e de tempo de vida do LED.

A classificação das distribuições de intensidade luminosa quanto à distribuição transversal, longitudinal e do controle de distribuição é definida pela ABNT NBR 5101:2012 a partir do projeto luminotécnico. A eficiência energética indicada para aquisição é a classe A, de acordo com a classificação ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação da eficiência energética para tecnologia LED.

Nível de Eficiência Energética (lm/W)	Classe de eficiência	Mínimo aceitável medido (lm/W)
$EE \geq 100$	A	98
$90 \leq EE < 100$	B	88
$80 \leq EE < 90$	C	78
$70 \leq EE < 80$	D	68

Deve ser caracterizado, conforme a CIE 13.4:1995 - *method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources*, o índice de reprodução de cor (IRC) para as luminárias públicas viárias LED, valores iguais ou superiores a 70. A temperatura de cor correlata (TCC) deve ser classificada conforme a categoria da norma ANSI C78.377:2015 - *specifications for the chromaticity of solid state lighting (SSL) products*.

Com relação aos dados fotométricos para o cálculo luminotécnico, o fornecedor deverá dispor dos arquivos em formato *IES* das luminárias, gerados por laboratório acreditados no Brasil.

A conformidade da manutenção do fluxo luminoso em termos de expectativa de horas de operação até que o fluxo diminua a 70 % do seu valor inicial (L_{70}), pode ser demonstrada pelo desempenho do componente ou pelo desempenho da luminária.

Se a opção for pelo desempenho do componente, deve atender o cálculo efetuado conforme a TM-21-11 - *projecting long term lumen maintenance of LED light sources*, a partir do relatório da LM-80-08.

A manutenção de fluxo luminoso para um produto com 50.000 h de ponto final projetado, deverá ser maior ou igual a 70% do fluxo inicial.

Por outro lado, em caso de produtos empregando ópticas secundárias com fósforo ou quando os dados da LM-80-08 não estiverem disponíveis, a conformidade do desempenho para manutenção do fluxo luminoso é verificada conforme LM-79-08, comparando o fluxo luminoso inicial com o fluxo luminoso após 6.000 h de operação.

Neste caso, para uma vida nominal declarada de 50.000 h, a manutenção do fluxo luminoso inicial a 6.000 h, deverá ser de 95,8 %.

A proteção contra transientes (surtos de tensão) deve suportar impulsos de tensão conforme a NBR IEC 61347-2-13:2012 .

A compatibilidade eletromagnética deve ser verificada de acordo com o estabelecido na ABNT NBR IEC 61000-4-3:2014 - *compatibilidade eletromagnética (EMC)*. Esta norma é aplicável aos requisitos de imunidade de equipamentos elétricos e eletrônicos para a energia eletromagnética irradiada, estabelecendo níveis e os procedimentos de ensaio necessários.

3.1.3.3 Ensaio de conformidade

Para atender a conformidade, ensaios devem ser realizados e entregues pela proposta vencedora. Os ensaios a serem apresentados são: características mecânicas, elétricas, ópticas e fotométricas, térmicas, resistência ao meio e de durabilidade.

Todos os ensaios devem ser realizados em laboratórios nacionais acreditados ou reconhecidos pelo INMETRO. Havendo documentos em língua estrangeira, deverá ser acompanhado de tradução juramentada ou consularizada.

3.2 Principais legislações relacionadas à iluminação viária

Nesta seção serão descritas de forma sucinta as principais legislações que estão relacionadas à iluminação pública.

3.2.1 Legislações relacionadas à gestão dos ativos de iluminação pública

A Constituição Federal (1988), no art. 30, expressa que compete aos municípios legislar sobre assuntos locais, instituir e arrecadar os tributos de sua competência. O art. 149-A estabeleceu que os municípios e o Distrito Federal poderão instituir contribuição, na forma de lei, para o custeio de iluminação pública.

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, por meio da Resolução nº. 414/2010 no artigo 218 obrigou as distribuidoras de energia elétrica transferir sem ônus, o sistema de iluminação pública registrada como Ativo Imobilizado em Serviço – AIS à pessoa jurídica de direito público competente, no presente caso, aos municípios nos quais eles estão instalados.

A mesma resolução estabelece no art. 13 que a elaboração de projeto, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública são de responsabilidade do município ou de quem tenha deste a delegação para prestar tais serviços.

É também de responsabilidade dos municípios, a partir de 2015, o estabelecimento da CIP (Contribuição para Iluminação Pública) por meio de lei municipal com valores bem fundamentados e com cálculo atuarial capaz de responder ao custo de gestão, manutenção e administração da iluminação pública.

A seguir serão apresentados de forma sintética, os principais aspectos referentes às normas, resoluções e legislações brasileiras aplicáveis à iluminação pública viária.

3.2.2 Fundamentos da Lei nº. 8.666/1993

Para as administrações municipais adquirirem luminárias viárias LED, deve ser realizada uma licitação pública. A licitação é o procedimento formal estabelecido pela Lei Federal nº. 8.666/1993.

As propostas da licitação serão processadas e julgadas segundo os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório e do julgamento objetivo.

As obras e os serviços somente poderão ser licitados quando houver projeto básico ou termo de referência e for disponibilizada para exame dos interessados.

3.2.2.1 Modalidades, limites e dispensa de licitação

As modalidades de licitação são: concorrência, tomada de preços, convite, concurso, leilão e pregão. No Quadro 2, é apresentado um resumo das modalidades de licitação.

Quadro 2 – Modalidades de licitação.

continua		
Modalidades de licitação	Exigências dos participantes	Prazo mínimo até a realização do evento
Concorrência	É aquela em que qualquer interessado, na fase de habilitação, comprove possuir os requisitos mínimos exigidos no edital.	- 45 dias (para o regime de empreitada integral, melhor técnica ou técnica e preço). - 30 dias (para os casos não especificados anteriormente).

Tomada de preços	É a modalidade de licitação entre interessados cadastrados ou que atenderem as exigências cadastrais até o terceiro dia anterior à data das propostas.	- 30 dias (para os casos de melhor técnica ou técnica e preço). - 15 dias (para os casos não especificados anteriormente).
Convite	É a licitação entre interessados do ramo do objeto, cadastrados ou não, escolhidos e convidados em número mínimo de três.	5 dias.
Concurso	É a licitação entre interessados para escolha de trabalho técnico, científico ou artístico, mediante prêmios ou remuneração entre os vencedores, conforme critérios do edital.	45 dias
Leilão	É a modalidade entre quaisquer interessados para a venda de bens inservíveis para a administração ou para a alienação de bens imóveis mediante maior lance.	15 dias
Pregão	Modalidade invertida (inicialmente as propostas são apresentadas e posteriormente ocorre a habilitação) para aquisição de bens e pequenos serviços (presencial ou eletrônica), por meio de propostas e lances de menor	8 dias

Fonte: Lei nº. 8.666/1993.

A modalidade pregão é interessante para a aquisição de materiais para iluminação pública porque, além da possibilidade de redução nos preços dos produtos na fase de lances, a entrega dos produtos pode ser solicitada à medida das necessidades da administração pública, pois poderá ter validade de vários meses.

A lei estabelece limites de valores, conforme a modalidade de licitação, para obras e serviços de engenharia e para compras e serviços diversos, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Limites de valores conforme a modalidade de licitação.

Limites de valores conforme a modalidade para licitação		
Modalidade	Obras e serviços de engenharia	Compras e serviços
Convite	Até R\$ 150.000,00	Até R\$ 80.000,00
Tomada de preços	Até R\$ 1.500.000,00	Até R\$ 650.000,00
Concorrência	Acima de R\$ 1.500.000,00	Acima de R\$ 650.000,00
Pregão	-	Qualquer valor (somente para compras e pequenos serviços)

Fonte: Lei nº. 8.666/1993.

A dispensa da licitação pode ocorrer em algumas situações. Por exemplo, em casos de obras e serviços de engenharia de valor até R\$ 15.000,00 e para outros serviços e compras de valor até R\$ 8.000,00, não sendo permitido particionar a quantidade de produtos ou serviços.

3.2.2.2 Sanções administrativas conforme a Lei 8.666/1993

Os crimes cometidos ainda que simplesmente tentados, sujeitam os seus autores, quando servidores públicos, além das sanções penais, à perda do cargo, emprego, função ou mandato eletivo. Os membros das comissões de licitação responderão solidariamente por todos os atos praticados pela comissão.

A Lei 8.666/1993 estabelece penas aos responsáveis pela licitação e agentes públicos que provocarem dispensa irregular de licitação, fraude, envolvimento com interesse privado, se obtiverem vantagem ou benefícios financeiros, entre outras que produzam prejuízos aos órgãos públicos.

Qualquer pessoa poderá provocar a iniciativa do Ministério Público, fornecendo-lhe por escrito, informações sobre o fato e sua autoria, bem como as circunstâncias em que se deu a ocorrência.

3.2.3 Fundamentos da Lei nº. 12.305/2010

A legislação ambiental e a política nacional de resíduos sólidos, especialmente a Lei Federal nº. 12.305/2010 que instituiu o gerenciamento de resíduos sólidos deve ser atendida em todas as etapas do projeto de implantação de luminárias públicas.

Por esta legislação, fabricantes, distribuidores e comerciantes, ficam obrigados a recolher e destinar para a reciclagem as embalagens de agrotóxicos, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes e suas embalagens, todos os tipos de lâmpadas que contém mercúrio e equipamentos eletroeletrônicos descartados pelos consumidores, fazendo parte da denominada “logística reversa”, a qual determina que os resíduos tóxicos devam retornar à sua cadeia de origem para reciclagem (AGOPA, 2017).

Por força desse princípio da lei, as empresas envolvidas na produção, importação, distribuição e comercialização de todos os tipos de lâmpadas que contém mercúrio ou metais pesados, estão obrigadas a estruturarem e implementarem sistemas de logística reversa,

mediante retorno dos produtos e embalagens após o uso, de forma independente do serviço público de limpeza urbana (AGOPA, 2017).

Cabe ao poder público atuar, subsidiariamente, com vistas a minimizar ou cessar o dano, logo que tome conhecimento de evento lesivo ao meio ambiente ou à saúde pública relacionado ao gerenciamento de resíduos sólidos. A obrigatoriedade da logística reversa exigirá, para seu efetivo sucesso, a estruturação de um complexo sistema de rotas de reversão e de profundas readequações nas cadeias produtivas de vários segmentos industriais, que demandarão em curto e médio prazo (AGOPA, 2017).

Quando da elaboração do termo de referência, esta legislação deve ser citada para que o fornecedor atenda o que nela está estabelecido, já que nos casos de substituição das lâmpadas de descarga por luminárias viárias LED, o destino correto para reciclagem deve ser atendido.

3.3 Metodologia para elaboração do projeto luminotécnico e do termo de referência

O projeto luminotécnico é o conjunto de elementos com base em estudos técnicos e adequado tratamento do impacto ambiental, considerando o custo da obra, a definição de métodos e do prazo de execução.

Em qualquer licitação de obras e serviços, se o projeto luminotécnico ou o termo de referência for falho ou incompleto, a licitação estará viciada e a contratação não atenderá aos objetivos da administração.

O primeiro passo é a preparação do projeto luminotécnico propriamente dito e posteriormente a organização do termo de referência.

3.3.1 Metodologia para elaboração do projeto luminotécnico viário

Na elaboração do projeto, deve-se observar a metodologia a seguir:

- a) levantamento de informações em campo: esta fase pode ser classificada como preliminar no processo de elaboração do projeto de iluminação pública, obtendo-se as dimensões da via ou do espaço público, provável localização dos pontos, altura prevista para os postes, dados da rede de alimentação existente ou que deverá ser projetada, dados das luminárias existentes, classificação da via, identificação de arborização e obstáculos;
- b) definição do tipo de obra: atendimento de novos pontos, reforma (*retrofit*) ou extensão da rede de iluminação pública;

- c) classificação das vias públicas e volume de tráfego: deve-se observar o descrito na ABNT NBR 5101:2012;
- d) condições de iluminância e uniformidade: conforme exigências da norma;
- e) simulações: a partir dos dados obtidos em campo e das classificações e definições das condições específicas, é possível realizar a simulação por software a partir dos arquivos *IES* das luminárias. As simulações permitem a análise e visualização do estudo, permitindo adequações e correções antes da execução.

3.3.2 Composição do termo de referência

O termo de referência é o documento central para que a licitação atinja o objetivo principal deste estudo: aquisição de luminária pública LED de qualidade e que atenda as normas descritas.

Ele esclarece e detalha o que realmente precisa ser adquirido, trazendo definição do objeto, orçamentos estimados de mercado, normas técnicas e legislações a serem obedecidas, bem como as condições de sua aceitação e os mecanismos e procedimentos de fiscalização.

Conforme Florêncio (2016), o termo de referência permite a correta elaboração da proposta pelo licitante, determina as diretrizes do objeto, viabiliza a competitividade e privilegia o princípio da isonomia, evita aquisições irracionais e desnecessárias, uma vez que é limitada pela descrição lá contida.

Os erros mais comuns com relação ao termo de referência são: tempo da garantia incompatível, erro na especificação ou falta de dados que compromete a qualidade do produto, especificação com direcionamento, inclusão de marca ou modelo ferindo o princípio da igualdade. A falta de fiscalização e de confrontação dos ensaios com o termo de referência também podem ocorrer.

O termo de referência permite o sucesso da licitação, resultando na aquisição de um produto que atenda as expectativas técnicas e normativas. No termo de referência para licitação de luminárias públicas LED, devem constar:

- a) objetivo da compra;
- b) normas técnicas empregadas para especificação do produto;
- c) especificação técnica, incluindo características gerais da luminária, mecânicas, elétricas, ópticas, térmicas e de resistência ao meio, fotométricas, durabilidade, características do controlador e identificação do produto;
- d) relação de ensaios que atendam as características anteriores;

- e) especificação da garantia, recebimento e devolução.

3.4 Conclusões parciais

As normas técnicas proporcionam confiabilidade, eficiência e respeito ambiental, permitindo a inovação com padrões reconhecidos.

Neste capítulo foram abordadas as normas e legislações referentes ao projeto e à especificação da luminária viária LED. Fundamentos da lei de licitações foram descritos com o objetivo de proporcionar uma visão geral sobre o processo licitatório.

Foi apresentada a metodologia para elaboração do projeto luminotécnico viário e dos elementos que compõem o termo de referência que deverão ser anexados ao edital, servindo de recomendação para as licitações.

4 PROJETO LUMINOTÉCNICO PARA ILUMINAÇÃO VIÁRIA COM LEDs

Neste capítulo serão revisados os métodos de cálculo luminotécnico e analisados os principais simuladores utilizados no projeto de iluminação viária. O projeto luminotécnico de um estudo de caso é apresentado com o objetivo de subsidiar o processo de aquisição e instalação de luminárias viárias LED, através do modelo utilizado.

4.1 Introdução

A aquisição de luminárias viárias LED deve iniciar pela elaboração do projeto luminotécnico. A partir do projeto luminotécnico básico, o termo de referência pode ser preparado. Com os documentos integrantes do termo de referência, o edital para licitação poderá ser elaborado.

4.2 Projeto luminotécnico - métodos de cálculo

O projeto luminotécnico fundamenta a escolha das luminárias a serem adquiridas, pois define o nível de iluminamento, verifica a uniformidade, evita o ofuscamento e atende a reprodução de cores necessária para o ambiente a ser iluminado.

Segundo Moreira (1982), há diversos métodos de cálculo luminotécnico, cada um com aplicabilidade específica. Serão analisados alguns destes processos, principalmente os indicados para iluminação pública.

4.2.1 Método do fluxo luminoso

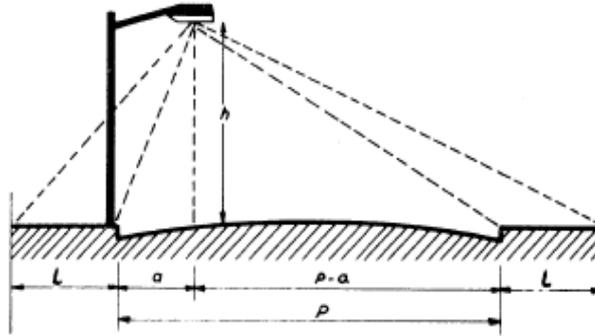
Este método de cálculo é muito utilizado na iluminação de interiores, mas também é aplicado à iluminação pública com algumas modificações na equação que determina o valor do fluxo luminoso emitido pelas fontes de luz.

O método do fluxo luminoso pode ser aplicado em iluminação viária utilizando-se as curvas para determinação do fator de utilização. Como o fluxo luminoso emitido pela luminária atingirá a superfície S do pavimento, deve-se obter o fator de utilização F_u pela relação entre o fluxo luminoso que atinge a superfície pelo fluxo total emitido (MOREIRA,

1982). Este fator depende do tipo de luminária, da sua inclinação com a horizontal, da largura da rua p , do avanço da luminária a , da altura de montagem h e do espaçamento entre postes.

Na Figura 17 são representadas as cotas destinadas ao cálculo do fator de utilização.

Figura 17 - Representação da luminária pública para o método do fluxo luminoso.



Fonte: MOREIRA (1982)

O fator de utilização pode ser determinado pelas razões das equações (12) e (13):

$$r_1 = \frac{p-a}{h} \quad (12)$$

$$r_2 = \frac{a}{h} \quad (13)$$

Onde r_1 é o fator de utilização para o lado da rua e r_2 para o lado das casas. O fator de utilização total F_u será a soma das duas razões conforme a equação (14):

$$F_u = r_1 + r_2 \quad (14)$$

O iluminamento médio E em lux é obtido pela equação (15), onde Φ é o fluxo luminoso em lúmen da luminária, F_d é o fator de depreciação e X representa o espaçamento médio entre postes.

$$E = \frac{\phi \cdot F_d \cdot F_u}{p \cdot X} \quad (15)$$

4.2.2 Método das intensidades luminosas

É também chamado de método ponto por ponto, baseando-se na Lei de Lambert. Este método permite o cálculo do iluminamento em determinado ponto da superfície e o iluminamento total será a soma dos iluminamentos individuais.

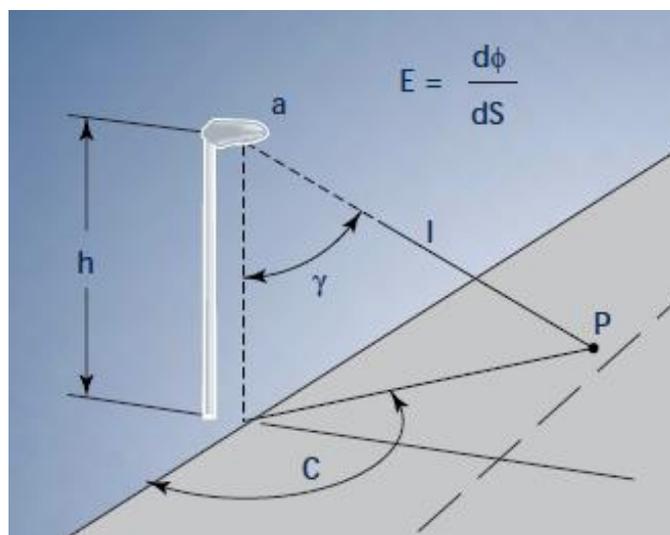
É um método preciso, indicado para iluminação com projetores utilizados em quadras de esportes, ginásios e estádios de futebol.

O iluminamento em um ponto situado na superfície é determinado segundo a equação (16), onde I é a intensidade luminosa obtida a partir do diagrama de isocandelas, sendo h a altura da luminária e γ o ângulo do plano vertical em relação ao eixo fotométrico da luminária.

$$E = \frac{I \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} \quad (16)$$

Na Figura 18, são representados os dados para o estudo das intensidades luminosas. Para determinar o valor da intensidade no ponto P, deve-se obter o ângulo gama. O ângulo C representa o ângulo sobre o plano horizontal.

Figura 18 - Representação da luminária pública - método das intensidades luminosas.



Fonte: INDALUX (2017)

O ângulo γ é obtido pela expressão (17),

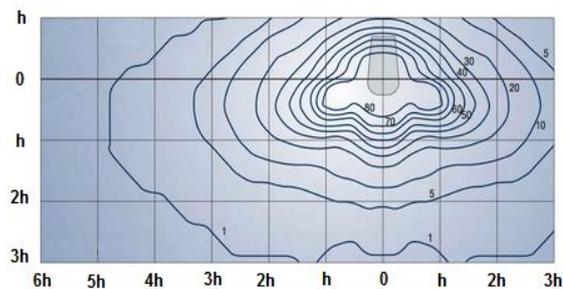
$$\gamma = \arccos \frac{h}{\sqrt{x^2 + y^2 + h^2}} \quad (17)$$

4.2.3 Método baseado nas curvas de distribuição luminosa

Quando é conhecida a curva de distribuição luminosa da luminária, pode-se determinar o iluminamento no ponto escolhido da via. As curvas podem ser apresentadas de várias maneiras pelos fabricantes.

Por meio das curvas isolux, os iluminamentos são determinados conhecendo os valores das coordenadas do ponto em função da altura de montagem. Na Figura 19 é apresentado um exemplo de curva isolux.

Figura 19 - Exemplo de curva isolux.



Fonte: INDALUX (2017)

O procedimento para determinação do valor do iluminamento em um ponto P inicia-se com a escolha da altura de montagem da luminária e coloca-se a luminária na coordenada zero.

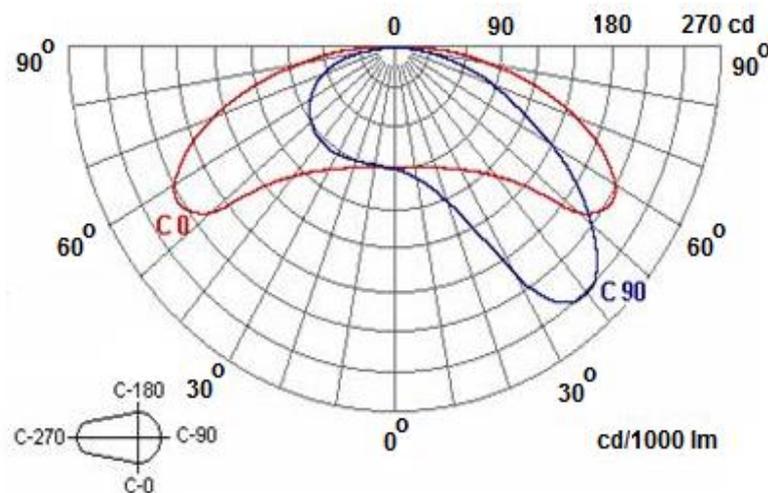
Posteriormente, o valor do iluminamento no ponto E_p é determinado pela equação (18).

$$E_p = E_{isolux} \cdot F_c \cdot \frac{E_{lum}}{1000} \quad (18)$$

onde E_{isolux} é o valor do iluminamento para o ponto P obtido na curva isolux, F_c é o fator de correção em virtude da altura de montagem diferente de 7 metros e E_{lum} é o valor do iluminamento obtido no catálogo do fabricante.

Outra forma de apresentação é através da curva de distribuição luminosa, conforme exemplo da Figura 20.

Figura 20 - Exemplo de curva de distribuição luminosa.



Fonte: (site padricioconcha.ubb.cl, 2016)⁹ - adaptado

Inicialmente aplica-se a equação (19) para determinar a intensidade do fluxo luminoso, segundo a coordenada C , γ , para calcular o valor real.

$$I_{real} = \phi_{lum} \cdot \frac{I_{gráfico}}{1000} \quad (19)$$

onde Φ_{lum} é o valor do fluxo emitido pela luminária em lux e $I_{gráfico}$ é a intensidade em candelas obtida no gráfico. Depois, o iluminamento para o ponto escolhido é obtido pela equação (16).

De todos os planos verticais e transversais possíveis, o gráfico representa normalmente para $C = 0^\circ$ e $C = 90^\circ$ e aquele em que a lâmpada tem sua intensidade máxima.

Os gráficos são normalizados para uma lâmpada de referência 1.000 ou outro valor definido pelo fabricante.

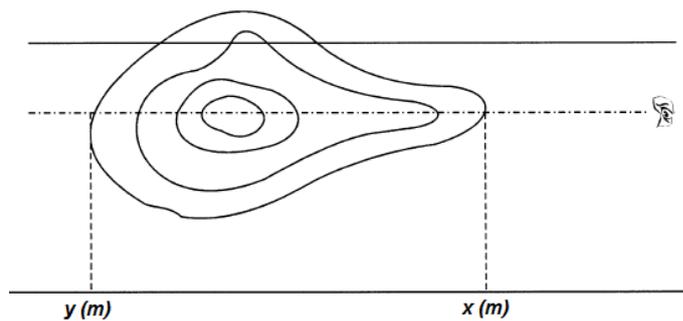
⁹ Disponível em: <http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo7/seleccion_de_luminarias.html>. Acesso em 15 dez. 2016.

4.2.4 Método das luminâncias

Como o método das curvas isolux proporciona um iluminamento horizontal não correspondente à visão do olho humano por não considerar as reflexões das vias e também os ângulos de visada, utiliza-se o método das luminâncias quando é necessário um estudo preciso.

De acordo com o tipo de luminária e do revestimento da via, obtém-se um diagrama de isoluminâncias, representado sinteticamente na Figura 21.

Figura 21 - Exemplo de curva de isoluminância.



Fonte: GUERRINI (1982)

Nota-se que a parte mais importante do gráfico é a que está à direita, pois estas curvas é que serão visualizadas pelo observador. A equação (20) determina a luminância.

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha} \quad (20)$$

onde L é a luminância cd/m^2 , I é a intensidade luminosa em cd , S é a superfície refletora em m^2 e α é o ângulo de visada.

Qualquer que seja a escolha do método para aplicar no projeto luminotécnico deve-se recorrer a um software específico devido à complexidade dos estudos em todos os pontos do local sob estudo.

4.3 Softwares para projetos de iluminação viária

Conforme Sá (2016), os softwares de simulação permitem projetos dinâmicos e eficientes, a partir de modelos de luminárias disponibilizados pelos fabricantes.

Uma solução muito interessante é utilizar arquivos com extensão *IES* para realizar a simulação do projeto. Esses arquivos armazenam informações físicas da luz e as reproduzem em três dimensões. Ao simular um cenário associado à luminária, o resultado será a representação da iluminação com características realísticas. Com base nesse tipo de tecnologia, diversos fabricantes de lâmpadas disponibilizam perfis *IES* para seus produtos.

Os principais simuladores empregados em iluminação viária são o DIALUX[®], o RELUX[®] e o AGI32[®].

4.3.1 Software DIALux

O simulador DIALux foi desenvolvido pela DIAL GmbH da Alemanha, por solicitação de um consórcio de fábricas de luminárias e lâmpadas.

É um software amigável para o usuário, com recursos que automatizam o processo de dimensionamento de sistemas de iluminação.

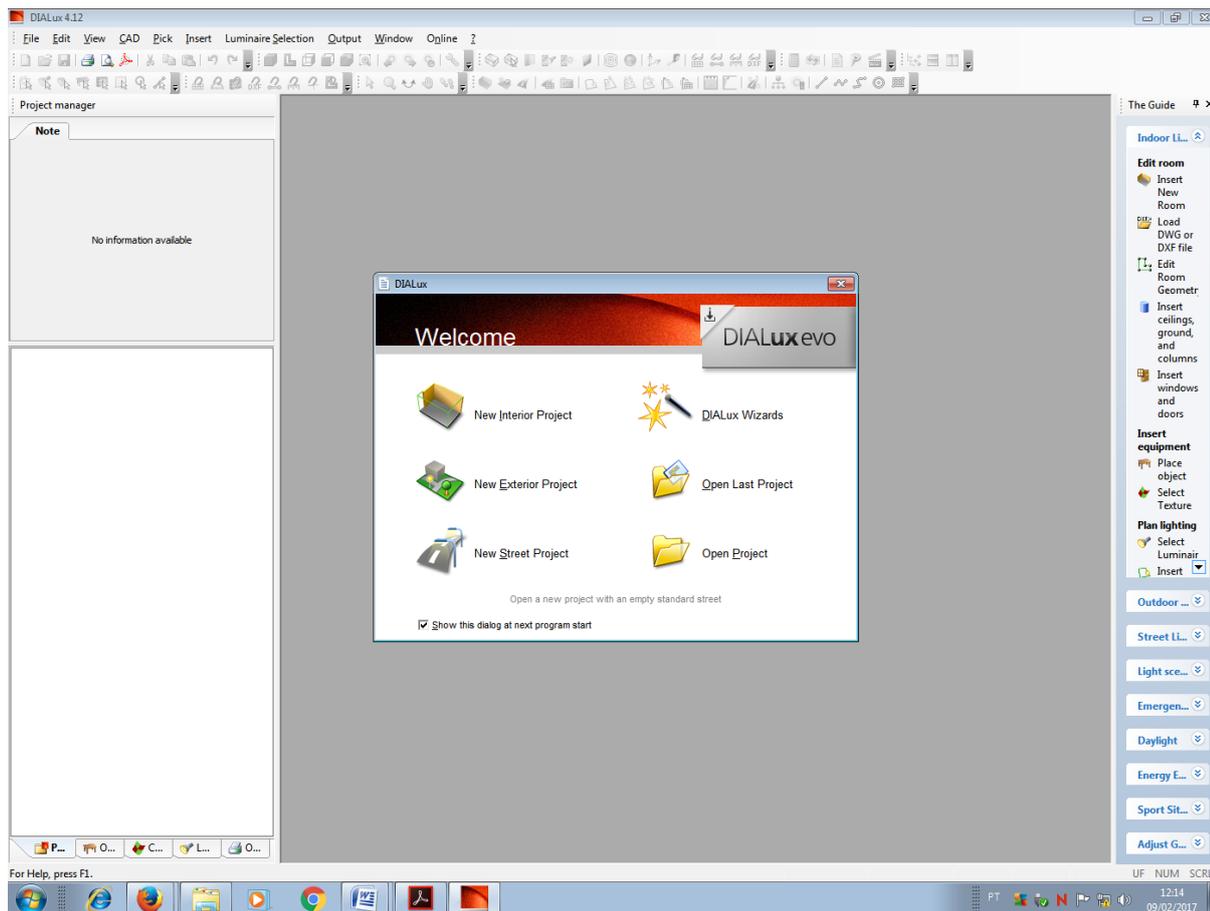
Entre os recursos deste simulador está a possibilidade de adicionar várias luminárias em um mesmo ambiente, emissão de relatório de especificação das luminárias utilizadas no projeto e vasta biblioteca de luminárias incorporada.

Outro aspecto é que a integração de arquivos CAD (*Computer Aided Design*) com extensão *DWG* e *DXF* permite inserir plantas e vistas bidimensionais, que servem de guia para modelagem de cenários, exportando projetos na extensão *PDF*.

Este simulador permite escolher, já na página inicial o tipo de projeto: interior, exterior ou de iluminação viária.

A Figura 22 apresenta a tela inicial da versão DIALuxevo, destacando-se as opções de projeto disponíveis.

Figura 22 - Tela inicial do simulador DIALuxevo versão 4.12



Fonte: DIAL GmbH, 2016 - adaptado

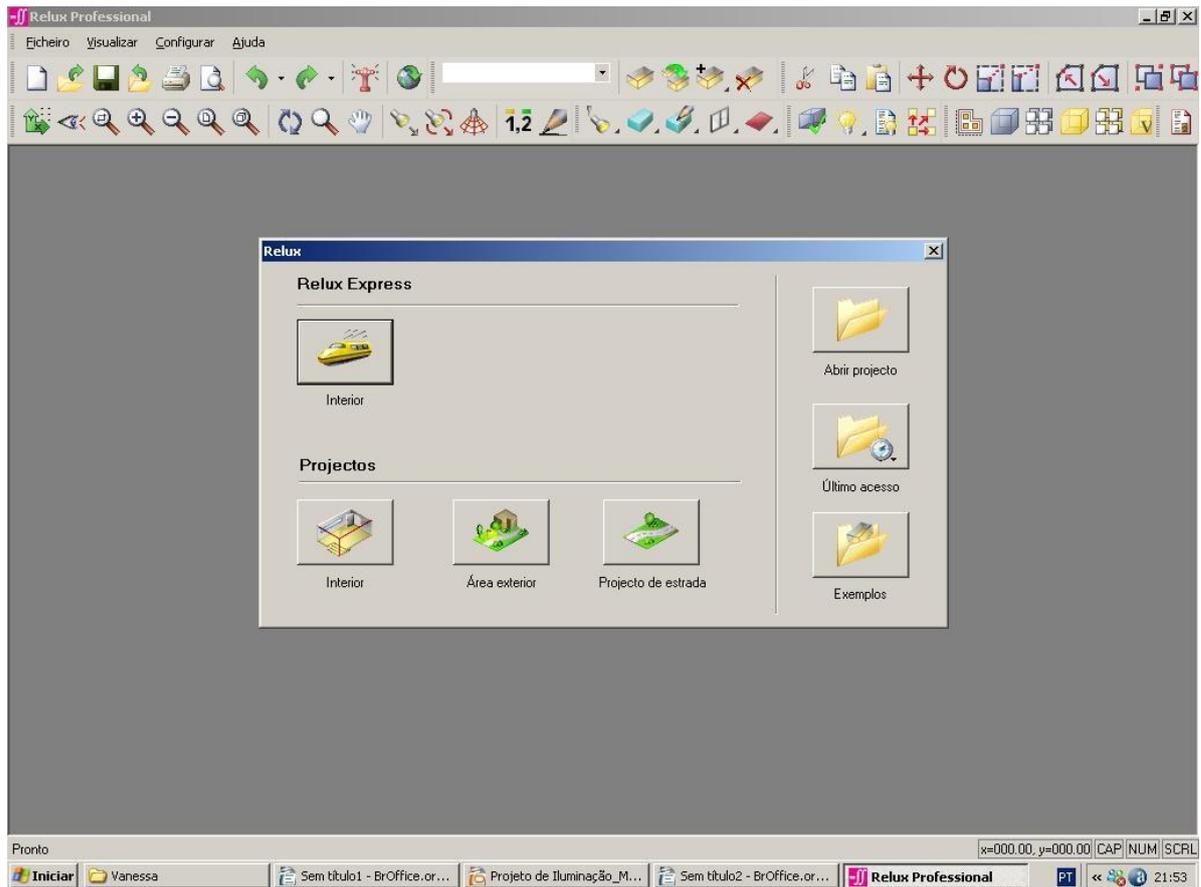
4.3.2 Software RELux

O simulador RELux foi desenvolvido pela Relux Informatik AG, contando atualmente com apoio de uma centena de fábricas associadas.

Conforme Lima e Garrocho (2016) o RELux é um software similar ao DIALux. Tal qual o DIALux, os resultados são disponibilizados das seguintes maneiras: imagens texturizadas do ambiente, coloridas ou em escala de cinza, imagem em *pseudocolor* da planta baixa com dados de iluminância, valores de iluminância mínima, média e máxima e o índice de uniformidade.

A Figura 23 apresenta a tela inicial do simulador RELux Professional, com as opções disponíveis.

Figura 23 - Tela inicial do simulador RELUx Profissional



Fonte: Informatik AG, 2016 - adaptado

4.3.3 Software AGi32

AGi32 é um software profissional para cálculo e visualização de projetos luminotécnicos, semelhante aos simuladores anteriormente citados. Foi desenvolvido pela empresa norte-americana Lighting Analysts Inc.

Conforme Pimenta (apud Sá, 2016), dentre as principais características do AGi32 destaca-se as seguintes: utilização direta de arquivos fotométricos em formato digital nos padrões IES, execução e análise de projetos luminotécnicos em geral em conformidade com os requisitos das normas ABNT, CIE e IES. O simulador permite a análise e avaliação das perdas luminosas, cálculo para condições de visão mesópica, determinação da configuração associada ao investimento inicial e ao consumo da energia, importação de desenhos 2D ou 3D construídos em CAD e renderização gerando imagens com alto grau de realismo e recursos

para verificação dos requisitos necessários à Certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*).

Estes simuladores apresentados são os mais utilizados nos projeto luminotécnico viários. Os três simuladores citados adotam normas internacionais e seus resultados foram validados segundo a norma CIE 171:2006 - *Test cases to assess the accuracy of lighting computer programs*.

4.4 Projeto luminotécnico do estudo de caso

Utilizando um estudo de caso, será elaborado o projeto luminotécnico com o objetivo de modernização tecnológica realizando a substituição das luminárias com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão existentes por luminárias viárias LED.

O estudo de caso será realizado na Praça Reneu Geraldino Mertz, no centro do município de Três Passos, RS.

Empregando a metodologia apresentada no capítulo terceiro, será realizada a simulação no software DIALux. Os resultados obtidos servirão de subsídios para elaborar o termo de referência. A utilização do software DIALux para realizar a simulação deve-se ao fato de ser obtido de forma gratuita, é amigável para o usuário (tutoriais de ajuda de fácil acesso) e tem excelente renderização dos projetos luminotécnicos.

4.4.1 Cenário inicial

A Praça Reneu Mertz localizada em Três Passos, R.S., é o local principal de lazer, de realizações de atividades culturais e institucionais, tanto no período diurno como noturno.

No entanto, a iluminação existente já não refletia a necessidade dos usuários, especialmente quanto à intensidade luminosa, depreciação das luminárias e reprodução de cor.

Também é premissa a necessidade de aumento na sensação de segurança e exigências de melhorias na luminosidade para realização das atividades culturais no anfiteatro e concha acústica.

Aliado a estes fatos, houve solicitação da Secretaria Municipal de Finanças para que ocorresse avaliação do consumo de energia no local buscando a eficiência energética.

Portanto, estas são as razões que fundamentam a iniciativa de realizar a adequação tecnológica na iluminação na praça citada.

4.4.2 Levantamento de campo e definição do tipo de obra

A iluminação inicial da praça contemplava 14 postes com altura de montagem das luminárias de 7 metros.

Em cada poste estavam instaladas luminárias públicas abertas com duas pétalas, em alumínio fundido com grade, na cor cinza martelado e superfície refletora branca com soquete E-40, portanto, com tecnologia ultrapassada. Cada luminária continha uma lâmpada vapor de sódio de alta pressão de 250 W, modelo Vialox NAV-E Super 4Y[®] da OSRAM e no topo do poste havia alojamento para os equipamentos auxiliares.

Inicialmente foi realizado levantamento das dimensões da praça, locação da posteação e identificação dos pontos para as medidas fotométricas, sendo estes dados transferidos para o software AutoCad[®] ¹⁰.

A Figura 24 apresenta uma visão aérea geral da praça realizada com *drone*. No entorno é possível visualizar a iluminação pública das vias adjacentes compostas de lâmpadas multivapores metálico e vapor de sódio de alta pressão de 250 W.

Figura 24 - Local do estudo de caso - cenário inicial.



Fonte: Autor

¹⁰ AutoCad é um software de desenho assistido por computador, cuja patente pertence à Autodesk.

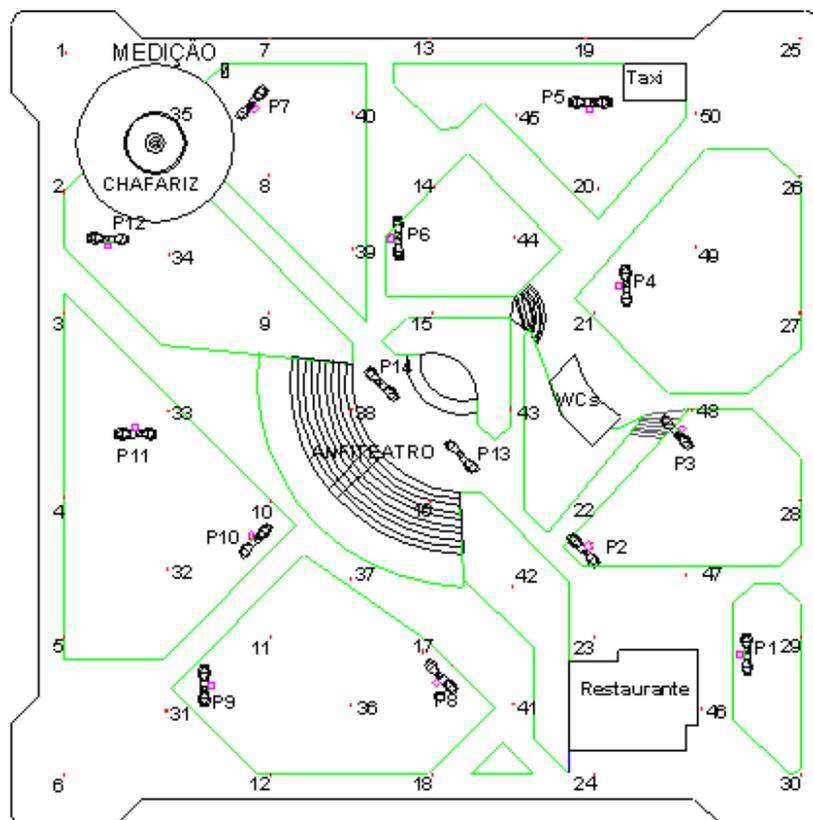
Os equipamentos e prédios da praça são os seguintes: chafariz, prédio do ponto de táxi e de exposição de artesanato, anfiteatro e concha acústica, banheiros públicos, *playground* e restaurante.

Observa-se na Figura 24 a cor amarela característica das lâmpadas de sódio de alta pressão e locais com reduzida intensidade luminosa, devido à arborização e pontos desativados no momento da tomada aérea.

Apesar de alguns pontos desativados, é possível identificar a reduzida reprodução de cores e o brilho intenso em alguns pontos indicando poluição luminosa.

As dimensões e localizações dos equipamentos, postes e vias de circulação dos pedestres foram levantadas e transferidas para o software CAD, servindo de base para elaboração das simulações. Na Figura 25 são identificados os pontos onde ocorrerão as medições com o luxímetro.

Figura 25 - Projeto da Praça Reneu Mertz



Fonte: Autor

Foram definidos 50 pontos para constatação dos valores de projeto, apenas para a comparação entre os valores de iluminância simulados com os medidos no campo. Saliente-se

que a norma não especifica critérios para determinação de pontos para verificação de valores de projeto para praças.

A definição dos pontos decorreu da necessidade de inspeção das iluminâncias próximas aos diversos equipamentos, construções, vias de circulação de pedestres, escadarias e rampas. Nos locais com arborização e canteiros de flores, não há necessidade de uma elevada iluminância, no que resultará em uma redução na uniformidade.

Estes pontos foram demarcados com pequenas estacas brancas para localização das medições das iluminâncias com luxímetro, considerando o cenário inicial e final.

4.4.3 Classificação do tráfego

Conforme a ABNT 5101:2012, a classe de iluminação para vias com pedestres em praças é a P2. No entanto, as vias são caminhos sinuosos intercalados de pedriscos e concreto, não tendo uniformidade.

4.4.4 Classificação das distribuições de intensidades luminosas das luminárias

A altura de montagem (AM) para o novo cenário será de 8 metros, onde serão instaladas duas luminárias em adaptador reto duplo com 30 cm de comprimento. A altura de montagem foi estabelecida em função do perfil dos equipamentos existentes, da arborização e da disposição da posteação existente.

No projeto luminotécnico da praça, a localização e a distância entre os postes variam em decorrência da sinuosidade dos caminhos, da arborização, e dos equipamentos. Logo, a elaboração dos estudos deve ser individualizada ao contrário das vias urbanas. A classificação de distribuição longitudinal e a transversal será definida pelo desempenho na simulação da luminária, com o objetivo de atender o item 6.2.13 da ABNT NBR 5101:2012.

4.4.5 Condições de iluminância e uniformidade

A praça é considerada pela norma, um espaço público com predominância de pedestres. A iluminação destes espaços deve permitir a orientação, o reconhecimento mútuo entre as pessoas, a segurança para o deslocamento e a identificação dos obstáculos.

Conforme o item 6.2.13 da ABNT NBR 5101:2012, o iluminamento médio mínimo nestes espaços públicos deve ser de 3 lux para o reconhecimento facial e sobre a superfície das vias não pode haver valores inferiores a 1 lux.

Considerando a necessidade de identificação de obstáculos, o fator de uniformidade obtido da relação $E_{\min}/E_{\max} \geq 1:40$ deve ser atendida. O nível de iluminância média, segundo a norma, pode variar até 40 lux.

4.4.6 Simulação computacional

Com a finalidade de comparar a performance entre modelos de luminárias LED, foram realizadas simulações a partir do projeto elaborado no software CAD, conforme mostrado na Figura 25. Este arquivo serviu de base para realizar as simulações no software DIALux considerando a localização da posteação do cenário inicial. As simulações visam identificar se os requisitos estabelecidos no item 6.2.13 da ABNT NBR 5101:2012 foram atendidos.

Inicialmente foi realizada uma simulação com a luminária ZL-3360 da empresa Eletrozagonel Ltda, cujo fluxo luminoso é 9.984 lúmens, potência de 100 W, eficácia luminosa de 99,8 lm/W, TCC 6.500 K e IRC 80. Foi realizada uma primeira simulação que constatou a necessidade de inserção de cinco novos postes distribuídos de forma a melhorar a iluminância e a uniformidade na superfície da praça.

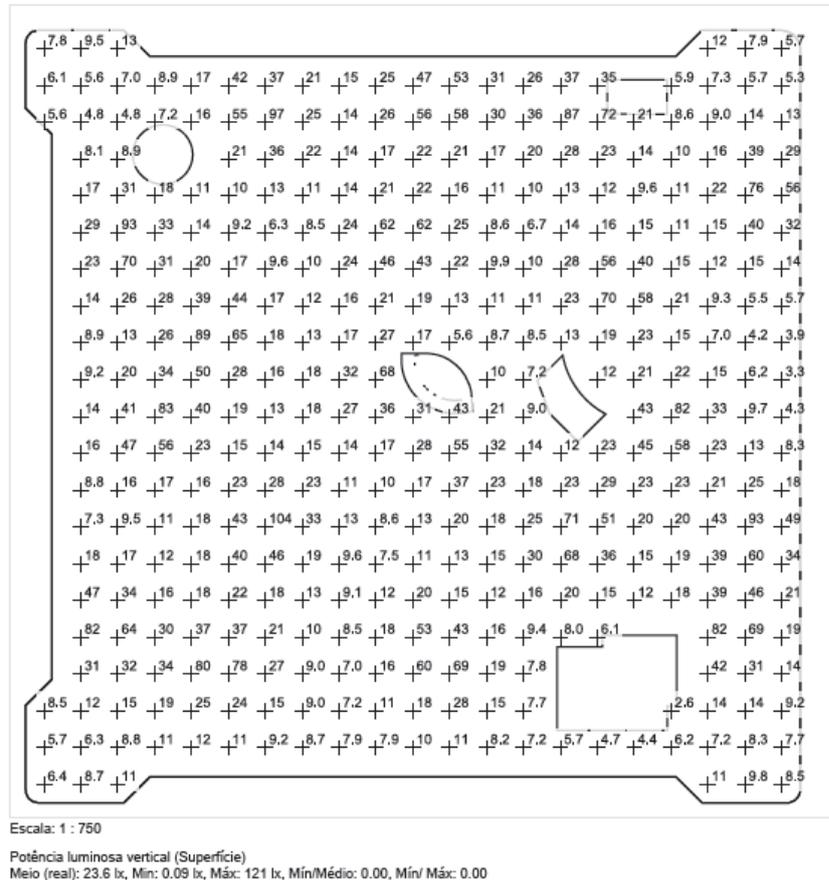
Os resultados da simulação inicial com a Luminária LED ZL-3360 para os parâmetros iluminância média, mínima e máxima e uniformidade são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados da simulação inicial

Resultados	E_{med} (lux)	E_{min} (lux)	E_{max} (lux)	U ($E_{\text{min}}/E_{\text{max}}$)
Simulação inicial	23,6	0,09	121	0,0007

A Figura 26 mostra a simulação da iluminância ponto a ponto sobre a superfície da praça para a luminária pública LED ZL-3360 de 100 W. Observa-se que o item 6.2.13 da ABNT NBR 5101:2012 não é atendido, pois há locais com valor inferior a 3 lux ou próximos deste valor.

Figura 26 - Iluminância ponto a ponto simulada com a luminária ZL-3360 de 100 W



Fonte: Autor

4.4.6.1 Parâmetros das luminárias LED empregados nas simulações

Como há locais com baixa iluminância nesta proposta inicial, é necessário realizar-se estudos empregando-se luminárias com maior fluxo luminoso. Três cenários foram estabelecidos com luminárias de características semelhantes com maior fluxo luminoso em relação à luminária empregada na simulação efetuada inicialmente. Outras luminárias poderiam ter sido utilizadas para ampliar a avaliação, no entanto, os cenários permitiram um bom subsídio para a definição das características das luminárias a serem adquiridas.

A simulação permitiu verificar o desempenho das luminárias LED especialmente para as condições de iluminância e uniformidade verificando-se os preceitos da norma ABNT NBR 5101:2012. Na simulação consideraram-se dezenove postes instalados com duas pétalas, totalizando trinta e oito luminárias.

As luminárias viárias LED escolhidas para a simulação são a LPL-Maestra da empresa Ilumatic S.A., a luminária ZL-3312 da empresa EletroZagonel Ltda e a Evolve ERS1-J2C da General Electric Ltda.

Os parâmetros das luminárias utilizadas nas simulações foram obtidos dos arquivos *IES*, dos ensaios fotométricos e dos ensaios dos produtos.

A Tabela 5 apresenta os parâmetros das luminárias utilizadas nas simulações. Os parâmetros descritos nesta tabela são: o fluxo luminoso, a potência, a eficácia luminosa e as classificações das distribuições transversais, longitudinais e do controle de distribuição luminosa.

Tabela 5 - Parâmetros das luminárias utilizadas nas simulações

Parâmetros das luminárias		
LPL-Maestra Ilumatic	Fluxo luminoso da luminária	16.891 lm ¹
	Potência	153 W ¹
	Eficácia luminosa	110,4 lm/W ¹
	Distribuição transversal	Tipo II ²
	Distribuição longitudinal	Média ²
	Controle de distribuição	Limitada ²
ZL-3312 EletroZagonel	Fluxo luminoso da luminária	14.619 lm ¹
	Potência	150 W ¹
	Eficácia luminosa	97,5 lm/W ¹
	Distribuição transversal	Tipo III ²
	Distribuição longitudinal	Curta ²
	Controle de distribuição	Totalmente limitada ²
Evolve ERS1 General Electric	Fluxo luminoso da luminária	13.096 lm ¹
	Potência	152 W ¹
	Eficácia luminosa	86,2 lm/W ¹
	Distribuição transversal	Tipo II ²
	Distribuição longitudinal	Curta ²
	Controle de distribuição	Totalmente limitada ²

Observações:

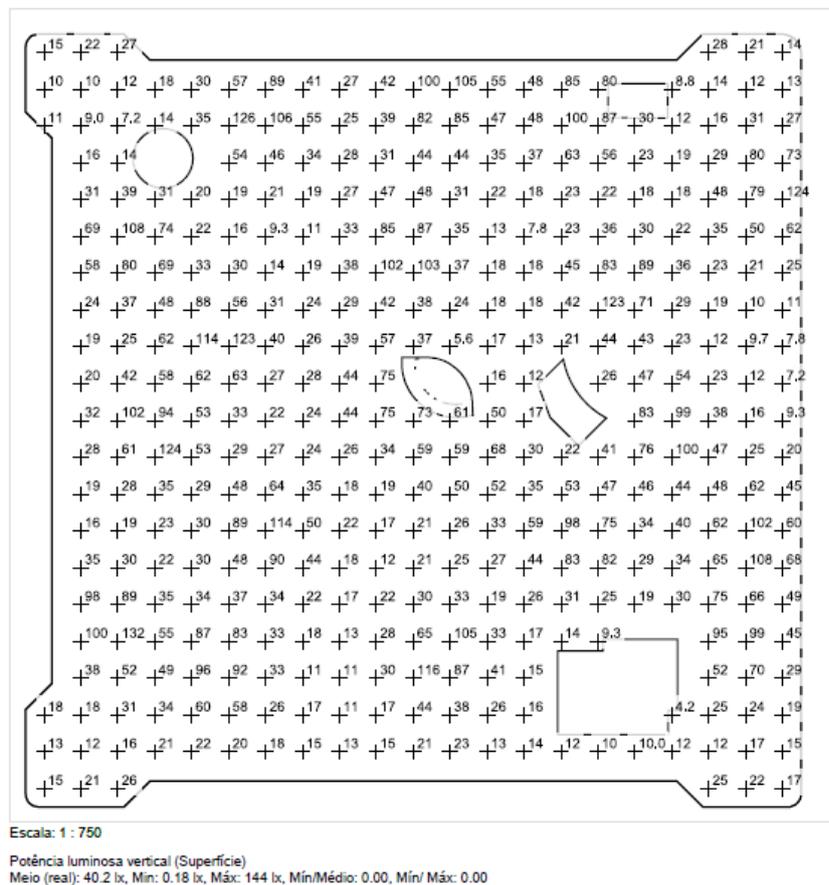
1 – Dados obtidos dos arquivos *IES*.

2 – Dados obtidos dos ensaios fotométricos.

4.4.6.2 Cenário I - simulação com a luminária LED Maestra 153 W

A Figura 27 mostra o resultado simulado da iluminância ponto a ponto sobre a superfície da praça para o primeiro cenário, no qual é avaliada a luminária pública LED Maestra 153 W da empresa Ilumatic. Conforme o arquivo *IES* da luminária, o fluxo luminoso é 16.891 lm, o rendimento é 110,4 lm/W e a potência é 153 W.

Figura 27 - Iluminância ponto a ponto simulada com a luminária Maestra 153 W



Fonte: DIALux

Os resultados da simulação para os parâmetros iluminância média, mínima e máxima e uniformidade são mostrados na Tabela 6.

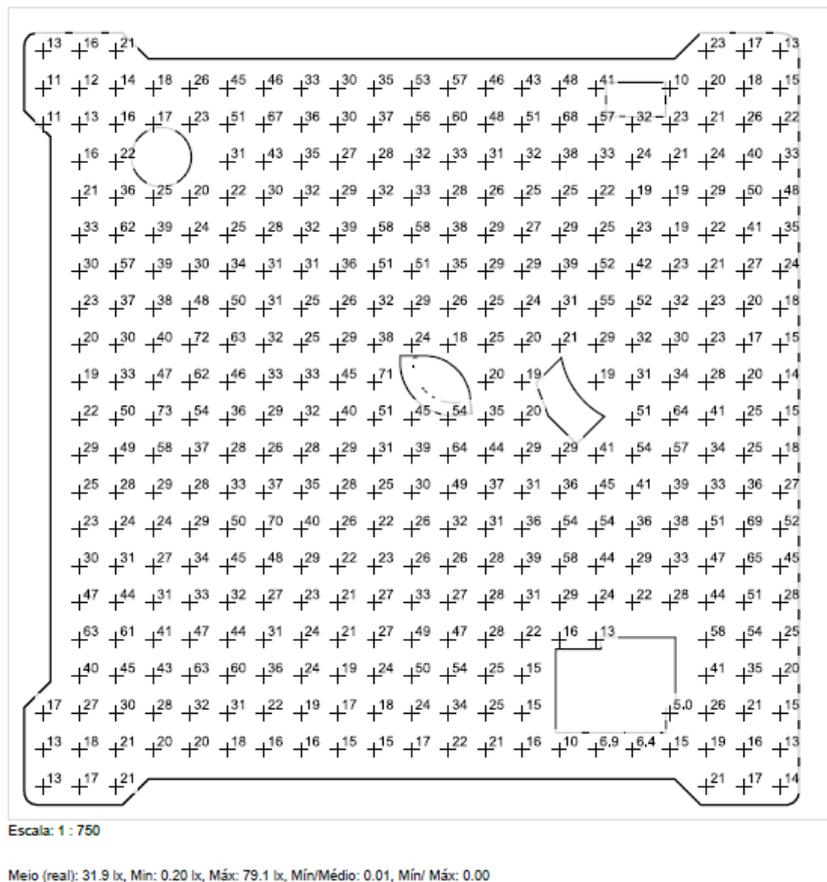
Tabela 6 - Resultados da simulação – Cenário I

Resultados	E_{med} (lux)	E_{min} (lux)	E_{max} (lux)	U (E_{min}/E_{max})
Cenário I	40,2	0,18	144	0,00125

4.4.6.3 Cenário II - simulação com a luminária LED ZL-3312 150 W

O segundo cenário utiliza a luminária pública LED ZL-3312 150 W da empresa EletroZagonel. Para esta luminária, o fluxo luminoso é 14.619 lm, a potência é 150 W e o rendimento é de 97,5 lm/W, valores estes obtidos a partir do arquivo IES da luminária. A Figura 28 mostra o resultado da simulação da iluminância ponto a ponto sobre a superfície da praça.

Figura 28 - Iluminância ponto a ponto simulada com a luminária ZL-3312 150 W



Fonte: DIALux

Os resultados da simulação para os parâmetros iluminância média, mínima e máxima e uniformidade são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados da simulação – Cenário II

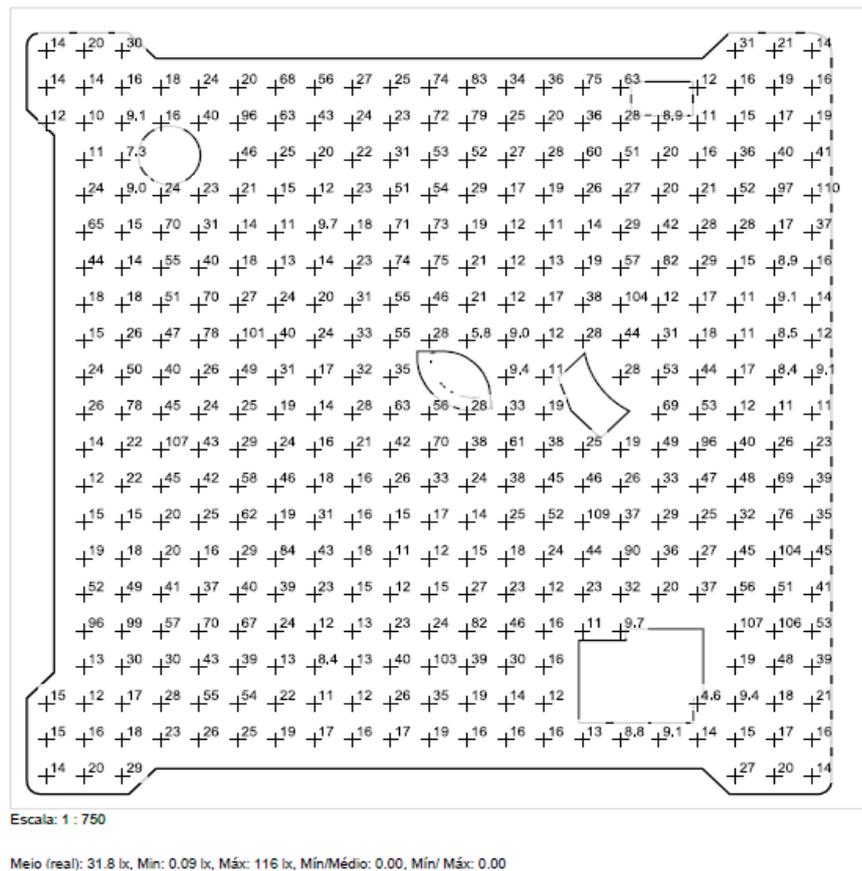
Resultados	E_{med} (lux)	$E_{mín}$ (lux)	$E_{máx}$ (lux)	U ($E_{mín}/E_{máx}$)
Cenário II	31,9	0,20	79,1	0,0025

4.4.6.4 Cenário III - simulação com a luminária LED Evolve ERS1 J2C 152 W

No terceiro cenário, foi realizada a simulação com a luminária LED Evolve ERS1-J2C da empresa General Electric. Conforme os dados obtidos a partir do arquivo IES da luminária, o fluxo luminoso é 13.096 lm, a potência é 152 W e o rendimento é 86,2 lm/W.

A Figura 29 mostra o resultado da simulação da iluminância ponto a ponto sobre a superfície da praça, para o terceiro cenário.

Figura 29 - Iluminância ponto a ponto simulada com a luminária Evolve ERS1



Fonte: DIALux

Os resultados da simulação para os parâmetros iluminância média, mínima e máxima e uniformidade são mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados da simulação – Cenário III

Resultados	E_{med} (lux)	$E_{mín}$ (lux)	$E_{máx}$ (lux)	U ($E_{mín}/E_{máx}$)
Cenário III	31,8	0,09	116	0,0001

4.4.6.5 Avaliações dos resultados das simulações

Na avaliação dos resultados, foram considerados os requisitos estabelecidos no item 6.2.13 da ABNT NBR 5101:2012.

Considerando os dados dos arquivos *IES*, a eficácia luminosa da luminária LED Maestra é a maior entre as luminárias analisadas. No entanto, a potência desta luminária é maior do que as potências das outras luminárias sob análise. Comparando-se o consumo de energia elétrica mensal para 38 luminárias instaladas, a luminária Maestra consome 41 kWh/mês a mais que a luminária ZL-3312 e 13,68 kWh/mês que a luminária Evolve ERS1-J2C (considerando 12 horas e 30 dias de funcionamento para 38 luminárias instaladas). Ou seja, a luminária ZL-3312 foi a que apresentou menor consumo, segundo dados do arquivo *IES*.

Analisando-se a relação $E_{\min}/E_{\max} \geq 0,025$, nenhuma das luminárias atendeu o estabelecido para este fator de uniformidade. No entanto, o valor mínimo de 1 lux sobre a superfície foi atingido por todas as luminárias. O valor do fator de uniformidade da luminária ZL-3312 (ver Tabela 4) foi o que mais se aproximou do estabelecido na norma ABNT NBR 5101:2012 (item 6.12.13). Para esta luminária, os dados da iluminância ponto a ponto mostrados na Figura 27 são mais homogêneos do que os dados das outras luminárias simuladas.

Os resultados indicam que a luminária LED ZL-3312 apresentou menor consumo de energia elétrica e melhor iluminamento médio e uniformidade.

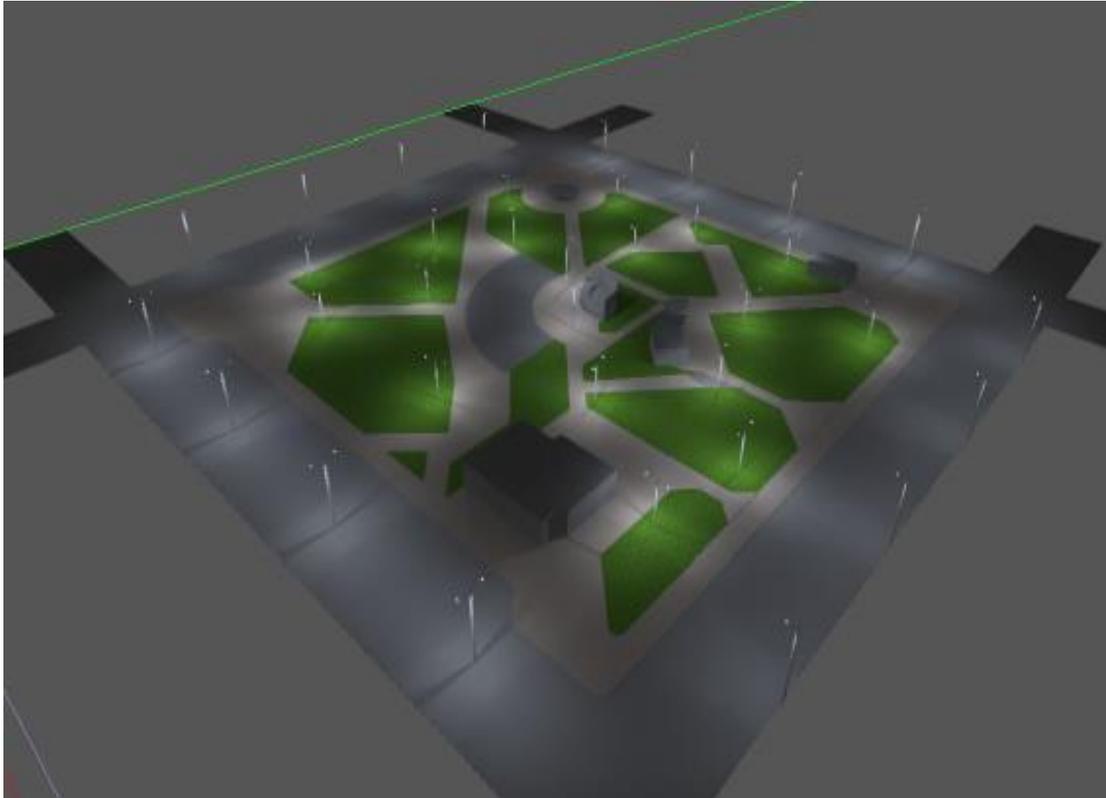
A luminária Maestra apresentou maior eficácia luminosa, seguido da luminária ZL-3312 e por último Evolve ERS1. Esta última luminária não atende o padrão ENCE, pois a classe de eficiência exigida para a etiqueta “A” deve ser maior ou igual a 90 lm/W.

Considerando a iluminância ponto a ponto, os valores das iluminância média, mínima e máxima, bem como a uniformidade das simulações realizadas, a classificação da distribuição luminosa longitudinal curta e transversal tipo III foi a que apresentou melhor desempenho. Como a norma recomenda reduzir a poluição luminosa para que seja baixa a emissão de luz acima do eixo horizontal e devido aos eventos que são realizados na concha acústica desta praça, o controle de distribuição de intensidade luminosa recomendado para a praça é o totalmente limitado.

4.5 Resultados esperados para a iluminância

A simulação em três dimensões é apresentada na Figura 30 com a finalidade de visualizar o resultado esperado após a execução da obra.

Figura 30 - Simulação 3D do projeto luminotécnico com luminárias viárias LED.



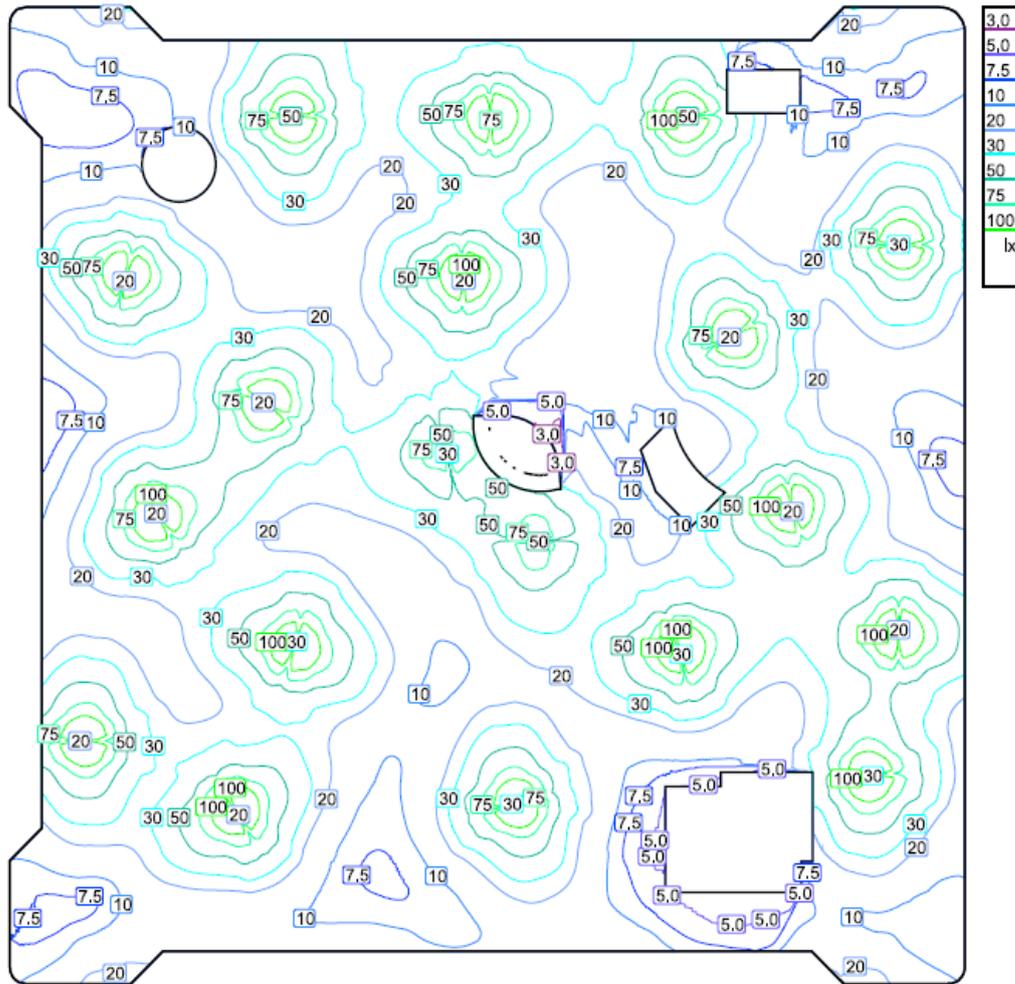
Fonte: DIALUX

O projeto luminotécnico básico para a aquisição das luminárias é apresentado na Figura 31. É possível identificar o local de implantação dos postes e a posição proposta para instalação das luminárias.

Esta posição deverá ser obedecida no momento da montagem das luminárias com a finalidade de que as medições a serem efetuadas com o luxímetro, sejam o mais fiel possível dos valores das iluminâncias simuladas.

Este projeto luminotécnico servirá de base para a análise comparativa descrita no Capítulo 6.

Figura 31 - Simulação da iluminância - resultados esperado e posição dos postes.



Fonte: DIALux

4.6 Especificações básicas para aquisição das luminárias viárias LED

Considerando os desempenhos observados nas avaliações realizadas, é possível determinar as especificações básicas para a elaboração do termo de referência.

A Tabela 9 exhibe os parâmetros básicos para incluir no termo de referência.

Tabela 9 - Parâmetros da luminária viária LED para inclusão no termo de referência

Parâmetros para inclusão no termo de referência	
Fluxo luminoso da luminária	15.000 ± 500 lm ¹
Eficácia luminosa	> 95 lm/W ²
Índice de reprodução de cores	≥ 70 ³

Temperatura de cor correlata	5000 K ⁴
Distribuição transversal	Tipo III ⁵
Distribuição longitudinal	Curta ⁵
Controle	Totalmente limitada ⁵

Justificativas:

- 1 – O fluxo luminoso foi determinado considerando o melhor desempenho entre as simulações.
- 2 – A classificação de eficácia energética ENCE para luminárias LED indica que a classe de eficiência “A” deve ser maior ou igual a 90 lm/W.
- 3 – IRC deve ser maior ou igual a 70.
- 4 – A temperatura de cor correlata da luz branca natural é 5.800 Kelvin.
- 5 – Especificações obtidas a partir do desempenho da luminária na simulação.

4.7 Conclusões parciais

Neste capítulo foram revisados os principais métodos de cálculo utilizados no projeto luminotécnico das vias públicas. Uma breve análise dos principais softwares simuladores para projetos luminotécnicos foi discutida. As simulações das luminárias viárias LED, considerando um estudo de caso para uma praça, permitiram avaliar o desempenho em diferentes cenários. Considerando o desempenho das simulações, foram definidas as características básicas para inclusão no termo de referência.

5 TERMO DE REFERÊNCIA PARA LUMINÁRIA VIÁRIA LED

A finalidade, a importância e os elementos que compõem o termo de referência são descritos. Casos de questionamentos dos termos de referência em editais ocorridos no Brasil para aquisição de luminárias viárias LEDs são discutidos. O termo de referência para o estudo de caso é definido para ser anexado à licitação.

5.1 Finalidade do termo de referência

O termo de referência, segundo BOTELHO (2016), é relatado na lei nº. 8.666/1993 como o instrumento necessário para a aquisição de bens e serviços, bastando a descrição detalhada do objeto por meio da especificação técnica.

O decreto federal nº. 5.450/2005 que regulamenta o pregão observa que deve ser elaborado o termo de referência pelo órgão requisitante com indicação do objeto de forma precisa, suficiente e clara, vetadas especificações excessivas, irrelevantes ou desnecessárias que possam limitar ou frustrar a competição ou sua realização.

O termo de referência, conforme o decreto federal nº. 3.555/2000 é o documento que deverá conter os elementos capazes de propiciar a definição do produto, os critérios de aceitação, os deveres do contratado, os procedimentos de fiscalização e as sanções.

O termo de referência é um instrumento usado na modalidade pregão, seja na forma presencial ou eletrônica, previsto na Lei Federal nº. 8.666/93 (concorrência, tomada de preço e convite), equivalente ao projeto básico.

5.2 A diferença entre termo de referência e projeto básico

O projeto básico exige complexidade maior que o termo de referência. Segundo o art. 6º da Lei nº. 8.666/1993, o projeto básico deve apresentar soluções detalhadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação durante as fases de realização das obras e montagens. O conteúdo do projeto básico deve incluir subsídios para a gestão das obras, orçamento detalhado, cronograma, estratégia de suprimentos, normas de fiscalização e outros dados necessários.

Percebe-se que o termo de referência é um instrumento mais simples, adequado exatamente para bens e serviços (BOTELHO, 2016).

O Tribunal de Contas da União já possui decisões no sentido de indicar ou até mesmo exigir a utilização do termo de referência em detrimento do projeto básico para os casos de licitação na modalidade pregão, conforme acórdão nº. 5.865/2005.

5.3 Elementos do termo de referência

A elaboração do termo de referência requer uma fase de planejamento, que deve ser realizado pela equipe técnica que detenha o conhecimento sobre a matéria da contratação. Muitas vezes, faz-se necessário uma equipe multidisciplinar quando o objeto envolve diversas áreas de conhecimento (BOTELHO, 2016).

A fase seguinte está relacionada à contratação que corresponde à licitação propriamente dita. A última fase é o recebimento, ou seja, a verificação técnica do atendimento do objeto ao termo de referência, baseado nos relatórios de ensaios.

O documento que será anexado à licitação deve ser claro, objetivo, preciso e com indicações legais e normativas.

5.3.1 Descrição do objetivo

A descrição do objetivo da compra deve ser feita de forma sucinta, detalhando o que será adquirido e o local de aplicação do bem e/ou serviços contratado.

5.3.2 Normas técnicas e legislações aplicáveis

É importante, já na fase inicial do termo de referência, explicitar as normas técnicas e a fundamentação legal para aquisição de bens e/ou serviços.

Desta forma, os interessados em participar da licitação podem antecipadamente identificar se o produto a ser ofertado atende as normas técnicas e legislações.

5.3.3 Justificativa da contratação

A justificativa deve ser sucinta, baseada na necessidade, descrita pelo responsável pela contratação e no elemento inicial denominado objetivo.

A finalidade da justificativa é proporcionar ao tomador de decisões e ao ordenador de despesas a avaliação da necessidade e conveniência da contratação.

5.3.4 Especificação do objeto

Na sequência, o objeto da contratação deve ser detalhado. As informações devem ser claras e objetivas para que possam ser facilmente aferidas.

Exigências de funcionalidades desnecessárias ou supérfluas são indesejadas. O contrário também é intolerável, ou seja, quando faltam elementos que descrevam claramente o bem.

Testes e ensaios de qualidade devem ser requisitados, porém somente para o vencedor do certame.

Conforme Botelho (2016) pode-se especificar: dimensões, formas, unidades de medida, embalagens e armazenamento, forma de transporte e manipulação do bem, prazos de validade, descrições técnicas, condições ambientais de funcionamento, necessidades de manutenção entre outras.

Amostras podem ser solicitadas para avaliação, especialmente quando em situações que requeiram análises de cunho subjetivo, porém justificáveis tais como cor, textura e design.

5.3.5 Condições de entrega

Deve-se informar o prazo e local de entrega, se os bens serão entregues de uma só vez ou de forma parcelada.

A garantia deve estar especificada, no termo de referência ou no contrato. As condições de embalagem, recebimento, devolução e entrega deve estar especificada no termo de referência.

Os ensaios devem ser fornecidos por laboratórios acreditados provando a conformidade conforme as normas técnicas descritas no termo de referência.

Quando da entrega, deverá ser disponibilizado um manual básico com orientações básicas sobre o produto.

Neste manual deve haver o contato de serviço de atendimento ao consumidor, endereço eletrônico e endereço para devoluções e manutenção do bem.

Os documentos dos ensaios e manuais devem estar em língua portuguesa. Ocorrendo documentos em língua estrangeira, estes deverão estar acompanhados de tradução juramentada ou consularizada.

A garantia deve ser global, com tempo definido. Os termos de recebimento e devolução devem estar descritos no termo de referência ou no contrato e o fornecedor deve estar ciente do cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e do Sistema de Logística Reversa (SLR).

5.3.6 Fiscal do contrato

O gestor do contrato ou fiscal do contrato deve ser indicado formalmente pela administração pública. Se o fiscal do contrato não possuir conhecimento técnico sobre as normas que são exigidas no termo de referência, o ordenador de despesas deverá indicar formalmente um profissional da área, sob pena de incorrer em exercício ilegal da profissão.

O fiscal do contrato deve acompanhar a contratação e zelar para que o objeto recebido esteja em conformidade com o termo de referência. É o fiscal do contrato que deve aplicar as sanções administrativas de sua competência, solicitar substituições e reparos, realizar o pedido formal ao vencedor sobre as quantidades a serem entregues, requerer empenhos e demais responsabilidades indicadas no contrato.

5.3.7 Sanções

As sanções devem constar no edital e no contrato. O fiscal do contrato deve relatar à assessoria jurídica a aplicação de sanções em casos de confronto com o edital, contrato ou termo de referência, para que ocorram as sanções aplicáveis.

5.3.8 Disposições finais

Neste tópico são descritas informações sobre o edital e demais assuntos pertinentes ao termo de referência.

A probabilidade de sucesso da licitação será maior quando o termo de referência for bem elaborado (Botelho, 2016).

5.4 Tecnologias opcionais incorporadas às luminárias

Devido à condição de empregar eletrônica e tecnologia de estado sólido, as luminárias LED permitem incorporar uma variedade de inovações.

As tecnologias inovadoras que não fazem parte das características funcionais são ditas opcionais, e se for desejável tal produto, o mesmo deve ser justificado sob pena de impugnações por parte dos licitantes. Trata-se do princípio da isonomia e do interesse público.

Uma das possibilidades inovadoras já encontradas no mercado é a telegestão. Citamos, a título de exemplo, o trabalho de Barriquello (2008), o qual permite realizar a telegestão mediante o diagnóstico de falhas e monitoramento de grandezas tanto para luminárias de descarga como de LEDs. Por meio da substituição simples do relé fotoelétrico, um novo dispositivo é capaz de se comunicar com dispositivos próximos formando uma rede de sensores sem-fio. Desta maneira é possível monitorar os parâmetros da luminária e alterar suas condições à distância. Esta tecnologia pode ser incorporada à luminária LED, possibilitando redução de custos de manutenção e do consumo de energia elétrica.

Outra possibilidade é a inclusão do sensor eletrônico fotoelétrico no corpo da luminária. Este opcional evita manutenções corretivas e preventivas como ocorre com os relés fotoelétricos tradicionais, causa freqüente de defeitos no acionamento da luminária.

No entanto, a inclusão destes e outros itens só são permitidos se tecnicamente justificável. Por exemplo, no caso da telegestão, deve ser apresentado um diagnóstico com avaliação custo/benefício demonstrando a viabilidade técnica e o retorno do investimento.

No caso do sensor fotoelétrico incorporado, pode ser plausível a escolha deste opcional, se o local de instalação é inacessível às manutenções periódicas, por exemplo.

No entanto, os órgãos de controle exigem uma descrição dos componentes opcionais que permitam a concorrência. No caso de adoção de telegestão, a padronização é desejável tendo em vista a possibilidade de incompatibilidade entre algoritmos de roteamento. É possível a padronização, aliás, a lei nº. 8.666/93 preconiza esta possibilidade.

Os sistemas de telegestão permitem gerenciar os parques de iluminação identificando, em tempo real, falhas como lâmpadas queimadas ou acesas durante o dia, dimerizar e programar horários de acionamento ou desligamento de maneira automática. Este tipo de tecnologia também pode ser utilizado para controlar o fluxo das luminárias, em horários pré-estabelecidos (GODOY, 2017).

A dimerização é uma tecnologia interessante para a economia do consumo de energia elétrica, porém, devem-se observar os requisitos mínimos de iluminância e uniformidade exigida para as vias públicas, conforme a ABNT NBR 5101:2012. Em casos de acidentes e riscos de segurança pessoal e patrimonial, a administração pública pode ser responsabilizada se as diretrizes da referida norma não forem atendidas.

Com relação à responsabilização dos entes públicos municipais, o parágrafo 6º. do art. 37 da Constituição Federal expressa que as pessoas jurídicas de direito público responderão pelos danos que causarem a terceiros, assegurado o direito de regresso contra o responsável nos casos de dolo ou culpa. E ainda, conforme Grevetti (2017), o poder público deve responder pela indenização pelos danos causados contra terceiros.

A título de exemplo, em 1981, o governo da Bélgica decidiu reduzir pela metade os níveis de iluminância da iluminação pública como forma de redução do consumo de energia elétrica. Em 1987 foi publicado um estudo estatístico onde os resultados mostraram um aumento de 23,9% nos acidentes de trânsito, com aumento de 10% na mortalidade, demonstrando que a diminuição nos índices de iluminância da iluminação pública tem uma influência positiva sobre o aumento do índice de acidentes e de mortes (SCHRÉDER, 2017).

Quando adotada a tecnologia de dimerização na iluminação viária, devem-se levar em consideração as reações dos condutores dos veículos em condições de vias não iluminadas, iluminadas parcialmente ou bem iluminadas. A reação de antecipação dos motoristas para evitar acidentes, não ocorre da mesma forma nestas condições.

Portanto, a adoção da dimerização nos projetos de iluminação viária deve ser precedida de estudo luminotécnico que considere os valores mínimos de iluminância e uniformidade. Se for provado que esta tecnologia contribuiu para a ocorrência de acidentes ou insegurança dos usuários da via, os agentes públicos podem ser responsabilizados.

A resolução nº. 414/2010 da ANEEL preconiza por meio do art. 26, que em caso de instalação de equipamentos automáticos de controle de carga que reduzam o consumo de energia elétrica do sistema de iluminação pública, o mesmo deve ser reconhecido por órgão oficial e competente, para então a distribuidora proceder à revisão da estimativa de consumo e considerar a redução proporcionada por tais equipamentos. A implantação do sistema de equipamento automático de controle de carga deve ser precedida de apresentação de projeto técnico específico à distribuidora.

No estudo de caso tratado no capítulo 6, não foi empregada a tecnologia de dimerização das luminárias LED, em virtude da necessidade de estudos aprofundados, sendo, no entanto, objeto de avaliação para futuros trabalhos.

5.5 Casos de impugnações e questionamentos do termo de referência em licitações

Diversas licitações estão ocorrendo no país para modernização do parque de iluminação pública. Na maioria dos casos, os questionamentos e impugnações referem-se às referências técnicas mal elaboradas.

A título de exemplificação, a seguir são apresentados alguns casos de questionamentos ou impugnações de licitações, os quais confirmam a importância do presente trabalho:

a) caso 1 - Prefeitura de Primavera do Leste – MT

Referência: tomada de preços 005/2016

Foi exigida na especificação técnica que a potência da luminária deveria ser de 180 W, sendo que tal exigência restringe o número de licitantes, pois deveria ter sido descrita a eficácia luminosa e o fluxo luminoso, com a potência da luminária tomada apenas como referência. Também foi solicitada tensão de conexão à rede de energia no intervalo de 85 a 265 V, sem justificativa do motivo da escolha destas tensões, podendo ser considerado direcionamento para um determinado produto. Ainda no edital, foi exigido IP 68, ou seja, grau de proteção para imersão em líquidos, o que não é o caso para o ambiente de instalação de luminárias públicas. O estabelecimento de uma potência fixa impede que outros fornecedores possam ofertar seus produtos, pois o fluxo luminoso pode atender as necessidades do projeto.

b) caso 2 - Prefeitura de Montes Claros – MG

Referência: pregão eletrônico 102/2014

Foi requerida a eficácia luminosa para as luminárias públicas LED de 76 lm/W e expectativa de vida de 30.000 h. O questionamento ocorreu em razão dos requisitos serem muito aquém dos valores mínimos exigidos nas normas, podendo trazer prejuízo ao erário público devido à baixa qualidade do produto especificado. No termo de referência, há a necessidade de comprovação das especificações técnicas das normas IES LM 79-08, IEC 60068-2-75 e LM 80-08, no entanto, o edital não exigiu a tradução juramentada e legalizada em repartições consulares de documentos em língua estrangeira, condição necessária para os mesmos terem validade conforme determina a legislação brasileira.

c) caso 3 - Prefeitura de Bento Gonçalves – RS

Referência: pregão presencial 99/2013 – Registro de preços 61/2013

No termo de referência, não foram feitas exigências das normas técnicas referentes à luminária pública LED, não atendendo o artigo 1º da Lei 4.150 de 21 de novembro de 1962.

d) caso 4 – Prefeitura de Jaboatão dos Guararapes - Pe

Referência: processo licitatório no. 055/2014 – pregão presencial no. 011/2014

Foi exigida no edital, a apresentação dos ensaios técnicos na fase de habilitação, ferindo o acórdão nº. 538/2015 do TCU.

e) caso 5 – Prefeitura de São Paulo - SP

Referência: processo nº. 2013-0.270.788-0 – concessão modalidade Parceria Público Privada – Concorrência Internacional

O Tribunal de Contas do Município de São Paulo suspendeu e posteriormente autorizou a retomada da concorrência em razão de diversos questionamentos técnicos. Um dos questionamentos referia-se à exigência do tempo de varredura do sistema de telegestão e do controle do consumo de energia da luminária ser de 15 em 15 segundos encarecendo o projeto. Outros pontos questionados pelo TCM foram a falta de justificativa na redução do prazo de concessão de 24 para 20 anos sem avaliação da economicidade para este horizonte. Houve apontamentos referentes à não apresentação dos estudos de engenharia para definição do valor dos investimentos e a falta da obrigatoriedade da contratação de um verificador independente antes da emissão da ordem de início dos serviços evitando que a somente a empresa vencedora da concessão aferisse o próprio desempenho (INFRAESTRUTURAUrbana, 2016). Os casos exemplificados reforçam a necessidade do termo de referência ser bem elaborado, tendo em vista a complexidade da tecnologia das luminárias viárias LED possibilitarem a inclusão de uma variedade de recursos técnicos que até então não estavam disponíveis.

5.6 Termo de referência para o estudo de caso

O termo de referência encaminhado para anexar ao edital baseou-se na portaria INMETRO nº. 478/2013, antes da entrada em vigor da portaria INMETRO nº. 20 de fevereiro de 2017, pois a licitação para aquisição das luminárias viárias LED ocorreu em 01 de setembro de 2016. O termo de referência elaborado para a licitação foi composto pelos seguintes elementos:

5.6.1 Objetivo

O objetivo deste termo de referência é o de especificar os dados técnicos que deverão ser atendidos na aquisição de Luminárias Públicas em LED (Diodo Emissor de Luz), para a Praça Reneu Mertz, em Três Passos.

5.6.2 Justificativa

A iluminação da Praça Reneu Mertz encontra-se depreciada, apresentando uma reduzida reprodução de cores e iluminamento. Considerando que esta é a maior área de lazer do município, considerando a necessidade de aumentar a sensação de segurança dos usuários e considerando a ampliação das medidas de efficientização que a administração atual está adotando em diversas áreas e prédios públicos, fazem-se necessárias ações de modernização tecnológica no local.

5.6.3 Normas técnicas aplicáveis

As normas técnicas empregadas no empreendimento são as seguintes:

- a) NBR 5101:2012 - Iluminação pública - procedimento;
- b) NBR 15129:2012 - Luminárias para iluminação pública - requisitos particulares;
- c) NBR IEC 60529:2011 - Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP);
- d) NBR IEC 60598-1:2010 - Requisitos gerais e ensaios;
- e) ABNT IEC 61000-4-3:2014 - Compatibilidade eletromagnética;
- f) NBR IEC 61643:2007 - Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão Parte 1: Dispositivos de proteção conectados a sistemas de distribuição de energia de baixa tensão - Requisitos de desempenho e métodos de ensaio;
- g) NBR IEC 62031:2013 – Módulos de LED para iluminação em geral – especificações de segurança;
- h) ABNT IEC/TS 62504:2013 - Termos e definições para LEDs e os módulos de LED de iluminação geral;
- i) NBR IEC 62262:2015 - Graus de proteção assegurados pelos invólucros de equipamentos elétricos contra os impactos mecânicos externos (código IK);

NBR IEC/CISPR 15:2015 - Limites e métodos de medição das radioperturbações características dos equipamentos elétricos de iluminação e similares;

j) CIE 13.4:1995 - *Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources*;

k) ANSI C78.377:2015 - *Specifications for the chromaticity of Solid State Lighting (SSL) products*;

l) IES LM-80-08 - *Measuring lumen maintenance properties of light sources*;

m) IES LM-79-08 - *Electrical and photometric measurements of Solid-State Lighting products*

n) IES TM-21-11 (Projecting long term lumen maintenance of LED light sources.

5.6.4 Especificações técnicas

O Quadro 4 descreve as características gerais da luminária viária LED.

Quadro 4 – Características gerais da luminária viária LED.

ÍTEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Características gerais da luminária		
1.1	Corpo da luminária	Construída em liga de alumínio injetado à alta pressão, com fácil acesso ao módulo de LED e driver em caso de falha, juntas de vedação com alta durabilidade e marcações indeléveis.
1.2	Encaixe	O encaixe para postes e braços deve ser adequado para diâmetros externos de 60,3 mm, com fixação por parafusos.
1.3	Tomada para relé fotoelétrico	Não será empregado devido acionamento por comando em grupo.
1.4	Dissipador de calor	Instalado no corpo da luminária, garantindo a dissipação do calor durante a vida útil e de acordo com as especificações térmicas do LED empregado.

O Quadro 5 descreve as características mecânicas que deverá ser atendida pela luminária viária LED.

Quadro 5 – Características mecânicas da luminária LED.

ÍTEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Características mecânicas		
1.1	Resistência ao carregamento vertical	O ensaio de carregamento vertical da luminária deverá ser realizado em posição normal de trabalho, nos dois sentidos verticais, não apresentando ruptura ou deformação após o ensaio.
1.2	Resistência ao carregamento horizontal	O ensaio de carregamento vertical da luminária deverá ser realizado em posição normal de trabalho, nos dois sentidos horizontais, não apresentando ruptura ou deformação após o ensaio.
1.3	Resistência a vibração	O ensaio de vibração deve ser realizado com a luminária completamente montada e energizada. Após o ensaio, a luminária deve funcionar normalmente, sem apresentar falha elétrica ou mecânica.
1.4	Resistência a impactos mecânicos	Grau mínimo IK 07.

O Quadro 6 descreve as características elétricas e ópticas da luminária viária LED.

Quadro 6 – Características elétricas e ópticas da luminária LED.

Continua

ÍTEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Características elétricas e ópticas		
1.1	Potência da luminária	Valor declarado pelo fabricante, incluindo o consumo dos LEDs, driver e dispositivos internos necessários para o funcionamento da luminária.
1.2	Tensão/frequência nominal	A rede de alimentação para conexão é 220 V/60 Hz, monofásica.
1.3	Fator de potência	Maior ou igual a 0,92.
1.4	Temperatura de cor correlata (TCC)	5.000 Kelvin.
1.5	Índice de reprodução de cor (IRC)	Maior ou igual a 70.
1.6	Eficácia luminosa total	Maior ou igual a 95 lumens/Watt.
1.7	Fluxo luminoso	15.000 ±500 lumens.
1.8	Resistência de isolamento	A luminária deve ser submetida ao ensaio de isolamento conforme NBR IEC 60598-1.
1.9	Rigidez dielétrica	A rigidez dielétrica deve atender as especificações da NBR 15129 e NBR IEC 60598-1 para classe I.

1.10	Proteção contra transientes	A proteção contra transientes de tensão deve atender a NBR IEC 61643-1.
1.11	Proteção contra choques elétricos	A luminária deve apresentar proteção contra choque elétrico de acordo com a NBR IEC 60598-1 e NBR 15129.
1.12	Aterramento	A luminária deve ter um ponto de aterramento, conforme NBR IEC 60598-1 e NBR 15129, através de cabo de cobre 1,5 mm ² , tensão de isolamento 450/750 V, isolamento em PVC para 105°C, na cor verde ou verde e amarela.
1.13	Cabos para ligação à rede de energia elétrica	Devem ser fornecidos 3 cabos de 1,5 mm ² (no mínimo), isolamento em PVC, 750 V/105°C, conforme NBR 9117, com comprimento mínimo de 200 mm, sendo o cabo para aterramento na cor verde ou verde e amarelo e os outros cabos em qualquer cor, diferente de azul, verde ou verde/amarelo.

O Quadro 7 descreve as características térmicas e de resistência ao meio.

Quadro 7 – Características térmicas e de resistência ao meio.

ÍTEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Características térmicas e de resistência ao meio		
1.1	Temperaturas máximas na luminária	As temperaturas devem atender a NBR IEC 60598-1.
1.2	Grau de proteção	Deve ser no mínimo IP 65. Se o controlador seja IP-65, ou superior, o alojamento do controlador deverá ser no mínimo IP 44, conforme NBR IEC 60598-1 e NBR 15129.
1.3	Resistência à umidade	Deve atender o item 9.3 da NBR IEC 60598-1.
1.4	Resistência à força do vento	A luminária deve suportar velocidades do vento de até 150 km/h, conforme NBR 15129.

O Quadro 8 descreve as características fotométricas.

Quadro 8 – Características fotométricas.

Continua

ÍTEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Características fotométricas		
1.1	Classificação da distribuição luminosa longitudinal	Curta.

1.2	Classificação da distribuição luminosa transversal	Tipo III.
1.3	Controle de distribuição	Totalmente Limitada.

O Quadro 9 apresenta as características de durabilidade.

Quadro 9 – Características de durabilidade.

ÍTEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Características de durabilidade		
1.1	Vida útil da luminária	50.000 horas (mín.).
1.2	Manutenção do fluxo luminoso	Após a vida útil de 50.000 horas, com média de operação diária de 12 horas, na temperatura de 40°C, não deve apresentar depreciação superior a 30% do fluxo luminoso inicial.

O Quadro 10 descreve as características do controlador de LED.

Quadro 10 – Características do controlador.

continua

ÍTEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Características do controlador de LED		
1.1	Distorção harmônica	Devem estar em conformidade com a norma NBR IEC 61.000-3-2.
1.2	Proteção contra interferência eletromagnética (EMI) e radiofrequência (RF)	Deve ser empregados filtros de supressão de interferências em conformidade com a NBR IEC/CISPR 15.
1.3	Imunidade e emissividade	Deve atender a NBR IEC/CISPR 15, de forma que o controlador não cause interferências em aparelhos eletroeletrônicos, além de estar imune a interferências externas que prejudiquem o seu funcionamento.
1.4	Proteção contra sobrecarga, sobreaquecimento e curto-circuito	O controlador deve ser protegido contra sobrecarga, sobreaquecimento e curto-circuito na saída, de acordo com a NBR IEC 61347.
1.5	Proteção contra choque elétrico	O controlador deve apresentar isolamento classe I, conforme NBR 15129 e NBR IEC 60598-1.
1.6	Temperatura limite de funcionamento	A temperatura do controlador em funcionamento normal, não deve ultrapassar a temperatura limite informada pelo

		fabricante, conforme documentação fornecida.
1.7	Grau de proteção	O grau de proteção deve ser IP 66, de acordo com a NBR IEC 60598-1 e NBR IEC 60529. Caso o alojamento possuir grau de proteção IP 65, o controlador poderá ter grau IP 44.
1.8	Vida útil	A vida útil do controlador deve ser de 50.000 horas.
1.9	Tensão de alimentação	A tensão de alimentação é 220 V/60 Hz, com funcionamento normal do controlador no intervalo entre 92% e 106% da tensão nominal da rede.
1.10	Corrente nominal	A corrente fornecida pelo driver não deve ser superior à corrente nominal do LED empregado na luminária, conforme NBR 16026.

O Quadro 11 apresenta as características de identificação.

Quadro 11 – Características de identificação.

ÍTEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Características de identificação		
1.1	Identificação da luminária	Deve conter, no mínimo, o nome do fabricante, CNPJ, modelo ou código do fabricante, potência da luminária, tensão nominal (Volts), corrente nominal (A), frequência da rede (Hz), fator de potência, grau de proteção (IP) e data de fabricação. As informações devem ser legíveis e indelévels.
1.2	Identificação do controlador	Devem possuir identificação conforme NBR IEC 61347-2-13 e NBR 16026.
1.3	Manual de orientações	Deverá ser fornecido manual de orientações para a montagem, conexão na rede elétrica, manuseio, cuidados relativos à segurança, incluindo contato telefônico e endereço eletrônico do fornecedor, além do endereço para devolução/manutenção.

5.6.5 Condições de entrega

A entrega das luminárias deverá ser realizada depois de emitido o empenho. O prazo para entrega é de 30 dias úteis, tendo por referência a data do recebimento do empenho. O local para entrega será no almoxarifado central da prefeitura, localizado na Avenida Santos Dumont, 75.

Os ensaios somente serão exigidos na contratação da proposta vencedora e fornecidos por laboratórios certificados no INMETRO, conforme normas da ABNT expressas no termo de referência, não sendo aceitas documentações e ensaios de laboratórios que pertençam ao mesmo grupo econômico das participantes no certame. Havendo documento em língua estrangeira, deverá ser acompanhado de tradução juramentada ou consularizada.

A documentação deverá ser fornecida em forma impressa e digital, inclusive com os dados fotométricos em arquivo digital *IES* da luminária especificada na proposta.

Os ensaios serão avaliados pelo fiscal do contrato, que emitirá parecer em 10 dias úteis a contar do recebimento dos documentos.

Constatada a não conformidade, a empresa terá o prazo de 10 dias úteis, a contar da data da notificação para se manifestar. Não sendo possível comprovar as especificações exigidas no edital, será providenciado pela comissão de licitação a notificação do segundo lugar para a entrega dos ensaios.

As embalagens deverão ser individualizadas, devidamente protegidas e identificadas externamente. Os pedidos deverão ser entregues em um único lote.

Os ensaios a seguir, são exigidos para comprovação das características da luminária LED conforme normas técnicas descritas neste termo, devendo o fornecedor arcar com todas as despesas referentes aos mesmos.

O Quadro 12 descreve os ensaios a serem fornecidos pela proposta vencedora.

Quadro 12 – Relação dos ensaios técnicos.

ÍTEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
Ensaaios		
1.1	Ensaaios	Deverão ser entregues pelo fornecedor vencedor da licitação, os ensaios das características mecânicas, elétricas, ópticas, térmicas, resistência ao meio, características fotométricas, durabilidade e características do driver, comprovando os itens especificados neste Termo de Referência.

O prazo de garantia, as condições de recebimento e devolução são estabelecidas nas seguintes condições:

O Quadro 13 descreve os ensaios a serem fornecidos pela proposta vencedora.

Quadro 13 – Garantia, recebimento e critérios de devolução.

ITEM	DESCRIÇÃO	ESPECIFICAÇÃO
1.1	Garantia	As luminárias deverão ser fornecidas com garantia global de 5 (cinco) anos, no mínimo, para todos os componentes contra defeitos de fabricação, a contar do recebimento ou reposição, sendo todas as despesas de retirada, transporte e reposição de responsabilidade do fornecedor.
1.2	Recebimento	As luminárias devem ser entregues montadas, prontas para conexão à rede elétrica na tensão especificada. A entrega será no almoxarifado em Três Passos, sendo o responsável pelo recebimento, o engenheiro eletricista da prefeitura.
1.3	Devolução	No caso de defeitos de fabricação, substituição ou melhorias no modelo fornecido, as características especificadas neste Termo de Referência deverão ser atendidas. O fornecedor deve estar ciente do cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010, e seu regulamento, Decreto nº. 7.404 de 23 de dezembro de 2010 e Lei Municipal de Três Passos, nº. 4.916/2014, em que há responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa.

5.6.6 Fiscal do contrato

O fiscal do contrato é o engenheiro eletricista da Secretaria Municipal de Obras, sendo responsável por todas as etapas da licitação no que lhe concerne.

5.6.7 Sanções

As disposições constantes no edital, no contrato e na nota de empenho, vinculam as partes nos termos fixados pela lei federal nº. 8.666/93 refletindo nas responsabilidades e sanções previstas nestes documentos.

5.6.8 Orçamentos prévios

Três orçamentos prévios foram realizados pelo Setor de Compras da Prefeitura de Três Passos e anexados ao processo administrativo. O valor médio unitário orçado atingiu o valor de R\$ 1.640,00 (hum mil seiscentos e quarenta reais).

5.6.9 Disposições finais

O pregoeiro e equipe de apoio, conforme acharem oportuno e necessário poderá utilizar-se de meios eletrônicos para averiguarem a veracidade de documentos, realizarem pesquisas sobre o objeto cotado, enviar, notificar, receber e informar sobre documentos.

5.7 Conclusões parciais

O termo de referência para aquisição de luminárias viárias LED é a principal contribuição deste trabalho. Neste capítulo foram apresentados os elementos que compõem o termo de referência. Casos de questionamento dos editais referentes à aquisição de luminárias LED foram analisados, confirmando a importância do trabalho.

Finalizando, é apresentado o termo de referência que deverá ser incorporado ao edital para realização da licitação.

6 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo serão descritas as etapas do estudo de caso que tem como principal objetivo validar o termo de referência e o processo de aquisição e instalação das luminárias viárias LED, através do modelo utilizado. Empregando avaliação comparativa dos parâmetros entre a situação inicial em que eram empregadas luminárias de vapor de sódio de alta pressão e a situação atual com a implantação de luminárias LED, verificar-se-á o desempenho, as vantagens e desvantagens da substituição proposta.

6.1 Introdução – definição do estudo

O cenário atual da economia brasileira exige a atuação dos gestores públicos para tornar a máquina pública eficiente. A organização, a gestão e o planejamento, são os cerne da questão. As municipalidades devem também se preocupar com os gastos com manutenção e desperdício de energia elétrica com a iluminação viária.

Dentro desta ótica um estudo é proposto para avaliar o desempenho da adaptação tecnológica com LED na Praça Reneu Mertz em Três Passos – RS.

A escolha é motivada pelo fato de que 70% dos municípios brasileiros têm perfil semelhante a Três Passos (IBGE, 2016), portanto com as mesmas dificuldades de gestão, financiamento e custeio da iluminação pública.

Sendo a proposta viável, será possível disseminá-la aos municípios interessados.

6.2 Comparação com trabalhos correlatos

Com o objetivo de discernir o presente trabalho de outros estudos semelhantes, serão citados alguns estudos de caso empregando luminárias públicas LED.

Rodrigues (2012) elaborou um estudo comparativo de sistemas de iluminação pública entre lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão e de estado sólido. Por meio de luminárias existentes no mercado, foi avaliada a aplicabilidade da luminária LED com substituição direta considerando potências equivalentes (i.e. LED 140 W por VSAP 250 W) sugerida nos catálogos dos fabricantes. O autor demonstrou que a proposta não é válida.

Na dissertação de mestrado de Sales (2011), foram estudados os comportamentos de implantação de luminárias públicas LED em duas cidades dos EUA e uma simulação para a cidade de Curitiba. Com os dados comparativos foi possível constatar a viabilidade da iluminação pública com LED em termos de retorno de investimento, qualidade na iluminação e expectativa de vida útil.

Na dissertação de mestrado de Maggi (2013), é feito um estudo e implementação de luminária pública à base de LEDs. Foi realizado um estudo detalhado de um protótipo com vistas a substituir as lâmpadas vapor de sódio de alta pressão. Foi apresentada uma análise elétrica e fotométrica dos modelos tradicionais e do protótipo proposto, sendo que o autor comparou diversos parâmetros concluindo que os níveis de iluminação eram similares entre as luminárias analisadas, com redução de praticamente a metade da potência elétrica.

Nogueira (2014) traz um estudo de caso de um projeto piloto de iluminação pública empregando luminárias LEDs substituindo as lâmpadas vapor de sódio de alta pressão no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora.

Foram avaliadas as características elétricas e fotométricas, sendo que do ponto de vista fotométrico mesópico luminárias LED de 157 W podem substituir lâmpadas de vapor de sódio de 250 W, com redução de apenas 8% no nível de iluminância na via, com maior uniformidade, melhorias no índice de reprodução de cor e vida útil.

Observa-se que nestes estudos, apesar de serem realizadas análises comparativas entre a tecnologia VSAP e LED, não há o termo de referência, nem é discutido o procedimento para licitação das luminárias públicas LED por órgãos públicos, objeto do presente trabalho.

6.3 A licitação realizada para o estudo de caso

A aquisição das luminárias LED ocorreu por meio da licitação nº. 104/2016, no formato de pregão presencial nº. 67/2016. O edital (ver Anexo A) fixou as condições de participação, a forma de apresentação das propostas, da abertura e julgamento, dos documentos para habilitação, dos procedimentos gerais, da análise da documentação e do resultado final.

A relação de documentos incluídos no edital foram os seguintes:

- a) termo de referência - especificação e condições gerais;
- b) modelo de procuração para credenciamento;
- c) modelo de declaração de sujeição às condições estabelecidas no edital e de inexistência de fatos supervenientes impeditivos da habilitação;

- d) modelo de declaração de não existência de trabalhadores menores;
- e) modelo de declaração de que a proponente cumpre os requisitos de habilitação;
- f) modelo de declaração de microempresa ou empresa de pequeno porte;
- g) minuta do contrato.

A licitação transcorreu sem impugnações, sendo realizada a homologação e contratação, saindo vencedora a empresa EletroZagonel Ltda. A luminária adquirida foi o modelo ZL-3312, mostrada na Figura 32.

Figura 32 - Luminária viária LED adquirida.



Fonte: EletroZagonel Ltda

Para o recebimento, foram solicitados os ensaios do produto para verificar a conformidade com o edital. Os ensaios somente foram exigidos da proposta vencedora e atenderam os requisitos do termo de referência.

O valor de cada luminária foi de R\$ 1.490,00, sendo entregues 38 peças, com o valor total empenhado de R\$ 56.620,00, pagos com o orçamento da CIP (Contribuição de Iluminação Pública).

6.4 Instalação das luminárias

Foi solicitado um orçamento de uma empresa especializada na área de iluminação pública, para fornecimento de mão de obra para execução do projeto proposto no estudo de caso. O objetivo é de avaliar os custos de mão de obra, considerando se a execução ocorrer com mão de obra da própria prefeitura é vantajosa em relação ao orçamento de uma empresa terceirizada. A empresa orçou o valor de R\$ 10.374,00 (dez mil trezentos e setenta e quatro

reais) de mão de obra, para a execução do projeto proposto. O custo de mão de obra empregando funcionários da prefeitura, considerando o trabalho de dois eletricitistas e dois ajudantes incluindo as despesas do caminhão guindauto próprio, foi orçado em R\$ 8.570,00 (oito mil quinhentos e setenta reais). Os valores orçados incluem somente mão de obra para executar o projeto em dez dias úteis, os encargos salariais e sociais com BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) de 25%.

A partir do orçamento prévio, optou-se pela execução com mão de obra própria da prefeitura. Após o recebimento das luminárias, estas foram instaladas em 19 postes de ferro galvanizado telecônico de 9 metros que estavam em estoque no almoxarifado, sendo que a altura de montagem das luminárias atingiu 8 metros. Cinco postes foram acrescentados, com a finalidade de aumentar a uniformidade, sendo que a posição dos mesmos e a orientação das luminárias seguiram o projeto da Figura 31. Os postes foram aterrados junto à base com fio flexível de $4,0 \text{ mm}^2$ e haste galvanizada de 50 cm. A fixação dos postes foi por meio de engastamento, colocados na profundidade de 1 metro, com a concretagem superficial para evitar desnivelamentos.

Para alimentação das novas luminárias, foram aproveitados os cabos existentes de 10 mm^2 , com exceção dos pontos que foram acrescentados. Para atendimento destes novos pontos, foi executada uma rede subterrânea com cabo de cobre multiplex isolado para 1.000 V de três vias de $6,0 \text{ mm}^2$. Na Figura 33 em a) mostra a situação anterior, b) e d) a montagem dos postes e luminárias e em c) o cenário atual.

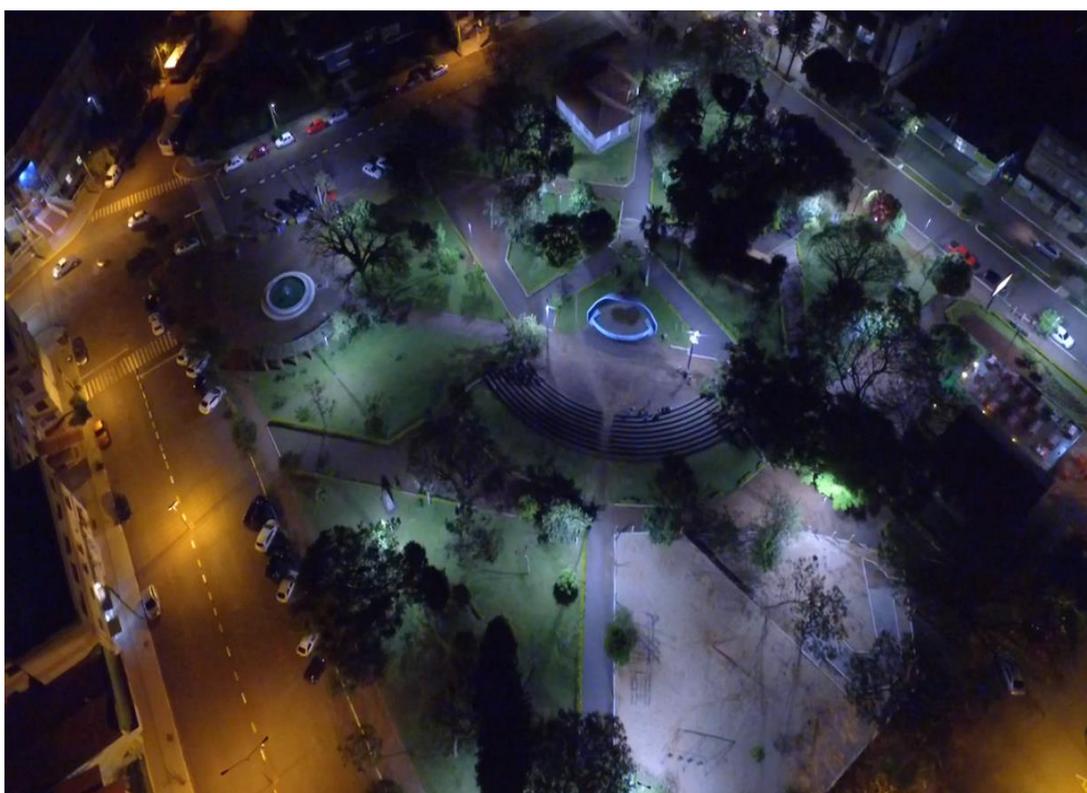
Figura 33 - Implantação das luminárias LED



As lâmpadas retiradas em conjunto com outras armazenadas no almoxarifado, serão destinadas à empresa de reciclagem especializada, para descontaminação e posterior destinação correta dos resíduos.

A Figura 34 mostra uma tomada aérea realizada com um *drone*, após a instalação das luminárias LED, identificando-se melhorias na reprodução de cores e na uniformidade.

Figura 34 - Praça Reneu Mertz - cenário atual.



Fonte: Autor

6.5 Análise comparativa

A análise comparativa tem por objetivo confrontar as principais características de desempenho entre o cenário inicial e o atual.

Na análise comparativa são avaliadas as características fotométricas, a demanda e a energia conservada, a manutenção evitada, o retorno do investimento e a avaliação da sustentabilidade.

6.5.1 Análise das características fotométricas

Nesta seção, serão comparadas as características fotométricas nas situações inicial e final.

6.5.1.1 Parâmetros fotométricos e de vida na situação inicial

Os parâmetros fotométricos da lâmpada VSAP Vialox NAV-E Super 4 Y OSRAM® foram obtidos de catálogos e são apresentados na Tabela 10.

A tabela mostra um elevado fluxo luminoso, alta eficácia e muito boa vida mediana. No entanto, o índice de reprodução de cores é pobre e a temperatura de cor é amarelodourada. Estas características são típicas das lâmpadas vapor de sódio de alta pressão.

Tabela 10 - Parâmetros fotométricos da lâmpada VSAP.

Fluxo luminoso (lm)	Índice de Reprodução de Cores (IRC)	Eficácia luminosa (lm/W)	Temperatura de cor TCC (K)	Manutenção do fluxo luminoso em 20.000 h (%)	Expectativa de vida em 20.000 h (%)	Vida mediana (h)
31.600	≤ 25	124	2000	94	95	32.000

6.5.1.2 Parâmetros fotométricos e de vida no cenário atual

Os parâmetros fotométricos da luminária LED são conforme Tabela 11 retirados do relatório de ensaio do CEPTEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica.

Tabela 11 - Parâmetros fotométricos da luminária ZL-3312

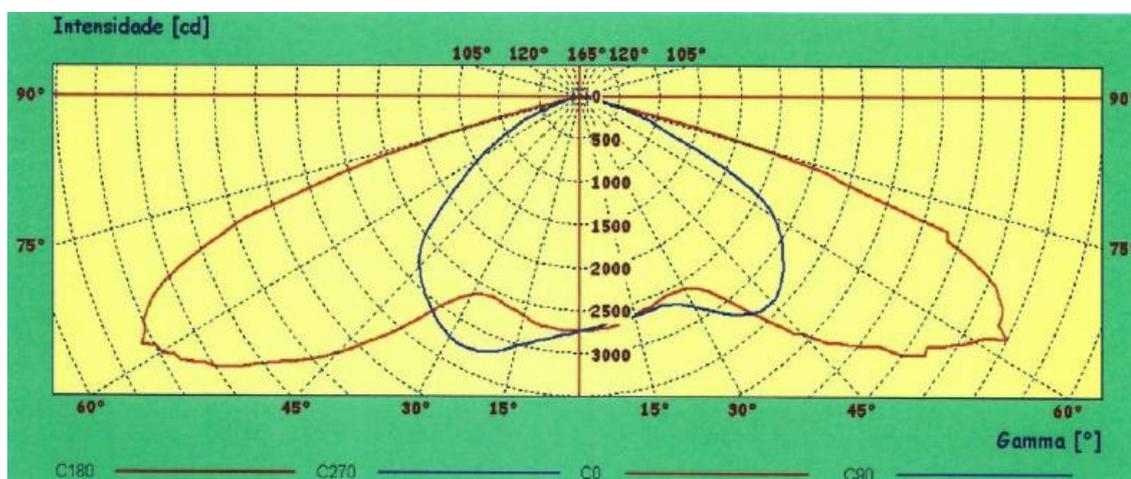
Fluxo luminoso da luminária LED (lm)	Índice de Reprodução de Cores (IRC)	Eficácia luminosa (lm/W)	Temperatura de cor TCC (K)	Classificação da distribuição luminosa			Vida útil (h)
				Long.	Transv.	Controle	
14.619	85	97,5	5.000	Curta	Tipo III	Totalmente limitada	50.000

A luminária apresenta um fluxo de 14.619 lumens e eficácia luminosa de 97,5 lm/w, inferior à lâmpada vapor de sódio de alta pressão. No entanto, destaca-se o excelente o valor do índice de reprodução de cores que é 85, muito superior à lâmpada VASP, atendendo uma das prioridades para o local em que ocorrem eventos.

Importante destaque deve ser dado à elevada vida útil da luminária LED (50.000 horas), o que para um funcionamento 11,86 h por dia permitirá um funcionamento teórico por aproximadamente 12 anos.

A curva de distribuição de intensidade luminosa da luminária é apresentada na Figura 35. O relatório do CEPEL apresenta o ensaio da curva de distribuição de intensidade máxima, sendo o valor máximo de 6.220,61 cd para o ângulo C 175° e γ 63°.

Figura 35 - Curva de distribuição de intensidade luminosa da luminária ZL-3312.



Fonte: EletroZagonel Ltda - Relatório de ensaio CEPEL

A distribuição longitudinal é definida nos ensaios como curta e a transversal é classificada como Tipo III.

O controle da distribuição luminosa é totalmente limitado, com a intensidade luminosa acima de 90° de apenas 0,09 %, conforme o relatório de ensaios do CEPEL. No caso das luminárias do cenário inicial, haviam pontos de poluição luminosa, o que não ocorre na situação atual.

6.5.1.3 Análise comparativa da iluminância e uniformidade

Foram realizadas duas avaliações comparativas da iluminância e uniformidade. A primeira análise confronta os valores de iluminância referentes à situação inicial com lâmpadas VSAP e luminária LED (os valores de iluminância foram medidos com o luxímetro LD-300 da Instrutherm).

Posteriormente, são comparados valores de iluminância e uniformidade entre os dados encontrados na simulação e os valores medidos para a luminária LED.

a) análise da luminária vapor de sódio (VSAP) com a luminária LED instalada

Os valores obtidos nas medições realizadas com o luxímetro LD-300 da Instrutherm estão transcritos na Tabela 12, conforme a malha adotada na Figura 25.

Tabela 12 - Medições das intensidades luminosas nos cenário inicial e atual.

Pt	Lux													
	Vsap	Led												
1	5,1	10,5	11	14,2	27,7	21	14,0	40,4	31	45,7	76,2	41	7,5	20,4
2	14,1	25,4	12	6,8	11,0	22	27,0	81,4	32	14,6	23,5	42	10,8	24,3
3	4,9	12,2	13	4,2	36,9	23	4,2	10,2	33	46,3	56,4	43	5,6	14,8
4	7,3	14,0	14	25,4	74,1	24	4,0	9,2	34	24,2	32,6	44	7,6	12,7
5	4,2	46,1	15	5,3	26,2	25	4,7	9,6	35	7,2	13,9	45	32,5	62,3
6	3,5	10,2	16	23,0	24,6	26	4,4	41,1	36	6,4	11,2	46	17,8	28,6
7	14,3	36,6	17	47,2	72,1	27	3,3	11,2	37	7,1	13,1	47	9,8	26,6
8	16,6	18,4	18	6,0	10,2	28	5,2	42,5	38	55,7	63,6	48	38,1	73,8
9	7,2	42,5	19	6,7	52,5	29	20,9	26,3	39	53,1	70,2	49	10,5	54,4
10	17,6	83,8	20	5,4	21,7	30	5,5	8,7	40	5,1	44,5	50	5,6	9,5

A partir dos dados da tabela, foram determinados a iluminância horizontal média e o fator de uniformidade, conforme preconiza a ABNT NBR 5101:2012. Na situação inicial, com luminária vapor de sódio de alta pressão, o valor da iluminância horizontal média (E_{medVSP}) era 14,9 lux com fator de uniformidade (U_{VSP}) de 0,22. Na situação atual, com a implantação de luminárias viárias LED, a iluminância horizontal média (E_{medLED}) atingiu 33,4

lux com fator de uniformidade (U_{LED}) de 0,26. O valor da iluminância mínima obtido da tabela para a luminária vapor de sódio 3,3 lux e para a luminária LED é 8,7 lux.

Algumas diferenças de valores nas medições da iluminância entre as duas luminárias pode-se atribuir ao acréscimo de pontos de luminárias LED e devido a erros de leitura ou posicionamento do luxímetro.

É possível comparar visualmente o resultado das duas situações (cenário inicial e final), conforme apresentado na Figura 36, constando-se melhorias na iluminância, uniformidade e reprodução de cores com a adoção das luminárias LED..

Figura 36 – Comparação visual entre o cenário inicial e o atual para o estudo de caso.



b) análise comparativa dos resultados da simulação com a luminária LED instalada

Tomando por base a simulação das intensidades luminosas apresentada na Figura 27 e as medições realizadas com o luxímetro LD-300 da Instrutherm, é possível fazer uma comparação entre os valores simulados e medidos para a mesma luminária LED. Os resultados estão transcritos na Tabela 13, para os pontos da malha adotada.

Tabela 13 - Comparação das intensidades luminosas para a luminária LED.

Pt	Lux													
	Led ¹	Led ²												
1	12	10,5	11	27	27,7	21	39	40,4	31	61	76,2	41	15	20,4
2	21	25,4	12	18	11,0	22	54	81,4	32	24	23,5	42	28	24,3
3	23	12,2	13	35	36,9	23	10	10,2	33	54	56,4	43	20	14,8
4	25	14,0	14	58	74,1	24	10	9,2	34	34	32,6	44	26	12,7
5	40	46,1	15	32	26,2	25	9	9,6	35	17	13,9	45	68	62,3
6	18	10,2	16	25	24,6	26	40	41,1	36	19	11,2	46	23	28,6
7	45	36,6	17	50	72,1	27	17	11,2	37	22	13,1	47	36	26,6
8	22	18,4	18	15	10,2	28	36	42,5	38	71	63,6	48	64	73,8
9	50	42,5	19	48	52,5	29	28	26,3	39	58	70,2	49	52	54,4
10	70	83,8	20	33	21,7	30	5	8,7	40	35	44,5	50	10	9,5

Observações:

1 - Valor encontrado na simulação da luminária LED.

2 - Valor medido na malha estabelecida na praça para a luminária LED instalada.

A partir dos valores apresentados na tabela 10, obtidos para os pontos localizados na superfície da praça, o valor da iluminância horizontal média simulada (E_{medLed^1}) pode ser calculado por média aritmética simples. O valor obtido para esta condição é 33,0 lux com fator de uniformidade (U_{Led^1}) de 0,15. O valor da iluminância mínima para a simulação foi 5 lux.

Na simulação com o DIALux, o valor da iluminância horizontal média foi 31,8 lux, valor bem próximo das análises efetuadas.

Algumas diferenças de valores nas medições da iluminância são atribuídas a erros de leitura e posicionamento do luxímetro ou obstáculos presentes no local que não puderam ser levados em consideração na simulação. Alterações no posicionamento do conjunto de luminárias quando da execução, também podem levar a resultados diferentes nas leituras.

Os resultados das intensidades luminosas estão próximos dos valores simulados no DIALux, comprovando as expectativas iniciais. No Quadro 14 é apresentado um resumo das análises comparativas de iluminância e uniformidade.

Quadro 14 – Resumo das análises comparativas de iluminância e uniformidade.

Parâmetros	Avaliação a partir das medições realizadas		Avaliação a partir das simulações
	Inicial	Atual	
Tipo de lâmpada	VASP 250 W	LED 150 W	LED 150 W
Iluminância horizontal média – E_{med} (lux)	14,9	33,4	33,0
Iluminância mínima – E_{min} (lux)	3,3	8,7	5
Fator de uniformidade – U	0,22	0,26	0,15

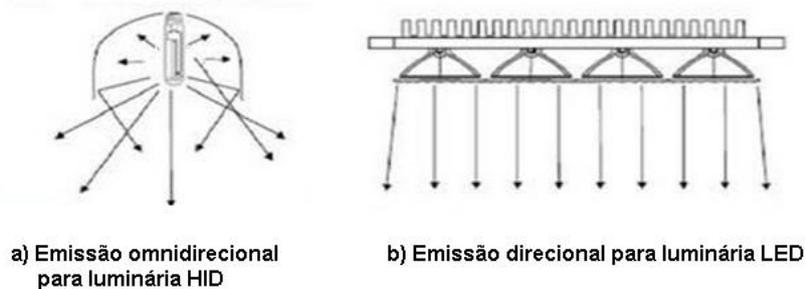
Apesar do fluxo luminoso da lâmpada VSAP 250 W atingir 31.600 lúmens (valor de catálogo), portanto muito superior ao fluxo luminoso da luminária viária LED empregada no estudo de caso, a qual apresentou 14.619 lumens (valor obtido do ensaio fotométrico da luminária), a iluminância horizontal média obtida nas medições de campo, na situação atual, foi muito maior.

Esta condição é justificada porque nas luminárias de descarga, há uma parcela da luz que incide no refletor e é direcionada para fora da luminária, outra parcela incide no refletor e retorna para a lâmpada, e uma grande parcela sai diretamente da lâmpada sem incidir no refletor de maneira não controlada (MAGGI, 2013).

A emissão luminosa das luminárias de descarga abertas é omnidirecional e apenas 50% do fluxo luminoso, aproximadamente, é irradiado para o piso (LEDLIGHTSLIGHTNG, 2017). As perdas ópticas ocorrem devido ao baixo desempenho do projeto óptico da luminária, da qualidade da transparência do vidro e da reflexão interna.

Já as luminárias LED, têm por característica a emissão direcional, obtendo-se valores superiores a 85% de fluxo luminoso no piso sob estudo (LEDLIGHTSLIGHTNG, 2017). Portanto, a escolha de uma luminária LED com menor fluxo luminoso em relação às luminárias HID é possível, pois a eficiência luminosa real é mais elevada para a luminária LED (LEDLIGHTSLIGHTNG, 2017). A Figura 37 representa a emissão luminosa para uma luminária para lâmpada HID.

Figura 37 – Comparação da emissão luminosa entre luminária HID e LED.



Fonte: LEDLIGHTSLIGHTING, 2017

6.5.2 Análise comparativa de demanda e energia conservada

Para avaliação da demanda e da energia conservada, adota-se o tempo anual e o método de cálculo do programa PROCEL - Iluminação pública eficiente (PROCEL, 2005).

A redução da demanda é calculada pela equação (20) enquanto que a equação (21) calcula a energia economizada em um ano:

$$RD = [(NLE.PLE + NRE.PRE) - (NLP.PLP)] \cdot 10^{-3} \quad (20)$$

$$EE = [(NLE.PLE + NRE.PRE) - (NLP.PLP)] \cdot T \cdot 10^{-6} \quad (21)$$

onde,

RD é a redução da demanda em kW,

EE é a energia economizada em MWh/ano,

NLE é a quantidade de luminárias do sistema existente,

NLP é a quantidade de luminárias do sistema proposto,

PLE é a potência da luminária do sistema existente,

PLP é a potência da luminária do sistema proposto,

NRE é o número de reatores do sistema existente,

PRE é a potência dos reatores do sistema existente

T é o tempo anual de utilização das lâmpadas (4.328,9 horas conforme resolução 414/2010).

Para o cenário inicial, a potência das lâmpadas VSAP é 250 W (OSRAM, 2016b). As perdas no reator da marca DEMAPE (utilizados no sistema de iluminação da praça), são de 24

W cada, dados retirados do catálogo da empresa DEMAPE (DEMAPE, 2016). Neste cenário, o número de luminárias era de 28 unidades.

No cenário atual, a potência das luminárias LED é 150 W (valor retirado dos arquivos IES fornecidos pelo fabricante) e o número de luminárias é de 38 unidades.

No cenário inicial, considerando todas 28 luminárias em funcionamento, a carga instalada é 7,67 kW e a energia consumida anualmente é de 33,21 MWh/ano (considerando 365 dias no ano e o período de funcionamento de 11,86 h/dia). Para o cenário atual, com 38 luminárias LED em funcionamento, a carga instalada é 5,70 kW e a energia consumida anualmente para o mesmo período da luminária VASP é 24,67 MWh/ano.

Apesar do aumento no número de luminárias, houve uma redução da demanda de 1,97 kW e a uma energia economizada é 8,54 MWh/ano ou 711,67 kWh/mês.

Mesmo com o aumento de dez luminárias LED, a energia economizada foi significativa considerando o perfil da unidade consumidora (praça). Se fossem substituídos somente os pontos existentes (cenário equivalente a 28 luminárias), a redução da demanda seria 3,47 kW e a energia economizada 15,02 MWh/ano ou 1.251,77 kWh/mês.

Considerando a tarifa para classe iluminação pública, referente ao mês de outubro de 2016 (sem impostos), a redução na fatura mensal projetada é de R\$ 295,69 mesmo com acréscimo de novos pontos na praça. Se ocorresse a simples troca de luminárias, mantendo-se a quantidade de 28 pontos, a redução na fatura mensal seria ainda mais significativa, ou seja, de R\$ 520,09. No Quadro 15, seção 6.5.6, é apresentada uma compilação destas comparações.

6.5.3 Análise econômica da manutenção

A análise econômica é importante para que o gestor público tenha subsídios para a tomada de decisão com relação ao investimento. Os critérios utilizados para análise foram os custos de manutenção evitada e o *payback* simples.

6.5.3.1 Considerações sobre a manutenção de luminárias públicas

As lâmpadas e equipamentos auxiliares de iluminação viária estão sujeitos a desgastes contínuos devido às intempéries, falhas e faltas na rede de distribuição de energia da concessionária, acidentes de trânsito e vandalismo.

Um conjunto de fatores influencia no desempenho das luminárias, exigindo manutenção periódica.

Pode-se destacar a depreciação do fluxo luminoso devido ao envelhecimento da lâmpada, o final da vida útil, defeitos no relé fotoelétrico ou na chave de comando em grupo para acionamento da luminária, defeitos no reator/ignitor (no caso da lâmpada VSAP) ou defeito no *driver* de acionamento ou ainda sujeiras no dissipador (para a luminária LED).

Ainda podem ocorrer fatores externos relacionados à qualidade de energia que afetam o desempenho e a durabilidade das luminárias viárias, tais como a continuidade do fornecimento de energia elétrica, o nível de tensão no ponto de conexão da luminária à rede, surtos e transitórios, afundamento e elevação momentânea de tensão, desequilíbrio de tensão e ruídos elétricos poluidores.

A vida útil de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão é limitada por um lento aumento na tensão de operação. Este aumento é causado principalmente pelo enegrecimento das extremidades do tubo de descarga. As extremidades enegrecidas absorvem radiação que esquentam ainda mais o tubo de descarga vaporizando amálgama de sódio adicional, diminuindo sua potência. No entanto, o município segue pagando a energia elétrica pela potência indicada no cadastro inicial do ponto junto à concessionária.

No caso de luminárias viárias LED, ambientes poluídos geram resíduos que se acumulam no dissipador, acelerando a depreciação do fluxo luminoso dos LEDs. Em regiões de grande incidência de poeira, poluição do ar ou na presença de agentes agressivos, a limpeza periódica do dissipador de calor da luminária LED é fundamental.

6.5.3.2 Custo de manutenção evitada

O custo de manutenção evitada é obtido pela equação (22):

$$CME = \left(\frac{VU_{LED}}{VU_{VASP}} \right) \cdot NP \cdot (CMANP_{VASP} + CMATP_{VASP}) \quad (22)$$

onde,

CME é o Custo de Manutenção Evitada em R\$/ano;

VU_{LED} é a Vida Útil da luminária LED em horas;

VU_{VASP} é a Vida Útil da luminária VSAP em horas;

NP é o número de pontos analisados;

$CMANP_{VASP}$ é o custo de manutenção do ponto com luminária VSAP em R\$;

$CMATP_{VASP}$ é o custo dos materiais do ponto com luminária VSAP em R\$;

O custo de manutenção da luminária VSAP por ponto foi obtido pela composição do deslocamento médio de 4 km, do custo do combustível médio anual, do salário e encargos sociais de um eletricitista e um auxiliar de eletricitista, do custo horário da caminhonete com cesto e sua depreciação, ferramental e seguros. O valor do $CMANP_{VASP}$ é de R\$ 14,80 no município de Três Passos.

Considerando os valores da última licitação realizada no município de Três Passos, o custo dos materiais por ponto para luminária VSAP ($CMATP_{VASP}$) composto de luminária, soquete, alojamento, reator interno de alto fator de potência, base para fotocélula, fotocélula e lâmpada foi de R\$ 396,00. Para uma vida útil da luminária LED (VU_{LED}) de 50.000 h e para a VSAP de 32.000 h (VU_{VASP}), para 28 luminárias (NP), o custo de manutenção evitada (CME) considerando uma vida útil da luminária LED de 12 anos é,

$$CME = \text{R\$ } 1.597,56/\text{ano}$$

6.5.4 Análise do retorno do investimento

Segundo Alves (2014), *payback* ou retorno do investimento, é uma técnica muito utilizada para análise econômica de um projeto. O *payback* simples, portanto, é o tempo de retorno do investimento inicial até o momento em que se iguala ao valor acumulado na despesa. Normalmente este período é medido em meses ou anos.

O *payback* simples é dado pela equação (23):

$$\text{Payback} = \frac{CUL_{LED} \cdot NP}{CEEAE + CME} \quad (23)$$

onde,

CUL_{LED} é o Custo Unitário da Luminária LED em R\$;

NP é o número de pontos;

$CEEAE$ é o Custo da Energia Elétrica Anual Economizada em R\$;

CME é o Custo de Manutenção Evitada em R\$ por ano.

O valor do Custo da Energia Elétrica Anual Economizada é dado pela equação (24):

$$CEEAE = EE \cdot (TEIP) \quad (24)$$

onde,

EE é a Energia Economizada em kWh/ano;

TEIP é a tarifa de Energia elétrica em R\$ (outubro 2016/Rio Grande Energia).

Considerando o cenário atual com luminárias LED, em que a energia anual economizada é de 8.540 kWh/ano e a tarifa de iluminação pública sem impostos é de R\$ 0,41549 (mês de outubro de 2016), o custo da energia elétrica anual economizada (*CEEAE*) é R\$ 3.548,28. Para a situação hipotética em que são instaladas luminárias LED e mantém-se o mesmo número de pontos com lâmpadas VSAP, o valor do *CEEAE* passaria a ser de R\$ 6.240,66.

Sendo o custo unitário de cada luminária (*CUL_{LED}*) de R\$ 1.490,00 (valor obtido da licitação), considerando-se 38 luminárias (*NP*) e custo da manutenção evitada por ano (*CME*) de R\$ 1.497,71, o *payback* simples, para todo o investimento, será de 10,3 anos.

Se considerarmos a substituição das lâmpadas VSAP por luminárias LED na situação inicial, ou seja, 28 luminárias VSAP por 28 luminárias LED, o tempo de retorno simples seria de 6,7 anos.

Mesmo para a situação proposta de substituição pelo mesmo número de luminárias do cenário inicial, pode-se concluir que o *payback* é muito elevado devido o valor unitário da luminária LED ser muito maior do que o valor unitário da luminária VSAP. Esta conclusão é semelhante à avaliação apresentada por Sales (2011) para o projeto mais abrangente de *retrofit* ocorrido na cidade de Oakland (Estados Unidos), elaborado pela empresa *Pacific Gas and Electric and Company* em 2008 e para a cidade de Portland executado pela *Pacific Northwest National Laboratory* em 2009.

Considerando estes aspectos, a proposta para a Praça Reneu Mertz é viável em longo prazo, mesmo com o acréscimo de 10 luminárias para melhorar a iluminância e a uniformidade.

6.5.5 Avaliação da sustentabilidade

A adoção de ações de sustentabilidade garante, em médio e longo prazo, um planeta em condições de manter as diversas formas de vida, inclusive a humana. Garante os recursos naturais necessários para as próximas gerações, possibilitando a manutenção dos recursos naturais. Por essa razão a avaliação do dióxido de carbono e o mercúrio evitado são ações importantes de serem analisadas no segmento de iluminação viária.

6.5.5.1 Avaliação da emissão do dióxido de carbono equivalente evitado

A emissão dos gases de efeito estufa (GEEs) é representada em forma de CO_{2eq} (dióxido de carbono equivalente). Os gases resultantes da produção de energia elétrica podem ser determinados por meio da equação apresentada no IPCC, 2006 (IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas).

Os fatores de emissão são baseados em publicações reconhecidas internacionalmente, como os métodos do IPCC (2006) e da US-EPA (US Environmental Protection Agency - Agência de Proteção Ambiental dos EUA). O método do IPCC é representado pela equação (25):

$$Es = \Sigma(CE_m \cdot FE_m) \quad (25)$$

em que:

Es é a emissão de CO_{2eq}, em toneladas

CE_m é o consumo total de energia elétrica, em kWh/ano

FE_m é o fator de emissão médio m , em tCO_{2eq}/kWh

Considerando o valor médio de referência de 2015 de 0,1244/1000 MWh, conforme os dados referentes aos fatores de emissão obtidos no portal do Ministério da Ciência e Tecnologia e a energia evitada sendo 8.540 kWh/ano, resultando em 1,06 tCO_{2eq}/ano de dióxido de carbono equivalente evitado com a implantação das luminárias LED. Supondo substituir 28 luminárias VSAP por LEDs, a emissão evitada seria de 1,87 tCO_{2eq}/ano.

6.5.5.2 Avaliação da quantidade de mercúrio evitado

Devido à quantidade significativa de mercúrio encontrado nas lâmpadas de descarga, faz-se necessário o descarte correto. Países do mundo inteiro adotam ações a fim de minimizar os riscos oriundos da utilização de mercúrio, o que culminou na assinatura da Convenção de Minamata sobre mercúrio em 2013 (MMA, 2016).

O limite tolerável (conforme a Norma Regulamentadora NR15) para uma jornada de trabalho de até 48 horas semanais, deve ser de 0,040 mg Hg.

Considerando que uma lâmpada Vialox NAV-E Super 4Y[®] possui 24 mg de mercúrio (OSRAM, 2016c) e comparando-se com a vida útil da luminária LED, deverão ser

substituídas aproximadamente 43 lâmpadas VSAP neste intervalo de tempo, resultando em 1.032 miligramas de Hg evitado no presente estudo de caso, com a adoção da luminária LED.

A luminária pública LED atende o art. 3º. da lei nº. 12.349/2010, pois observa o princípio de aquisição de produtos sustentáveis.

6.5.6 Conclusões parciais

O estudo de caso proporcionou uma avaliação do termo de referência. O termo proposto foi validado pelo desempenho ocorrido nas etapas de licitação, implantação das luminárias e avaliação do desempenho.

As iluminância horizontal média e mínima aumentaram significativamente com o emprego de luminárias LED, mesmo mantendo o mesmo número de luminárias da situação inicial. O fator de uniformidade também melhorou indicando que a opção de aumentar o número de pontos foi correta.

O custo de manutenção evitada atingiu R\$ 1.597,56/ano e o *payback* foi de 10,3 anos. Para uma hipótese de igualdade no número de luminárias substituídas, o *payback* ficaria em 6,7 anos. O tempo de retorno do investimento é elevado em virtude do preço unitário da luminária viária LED.

Para o projeto proposto, a redução da demanda foi de 1,97 kW e a redução mensal na fatura de energia elétrica foi de R\$ 295,69. O custo de energia elétrica economizada anualmente foi de R\$ 3.548,28, valor significativo, mesmo com o acréscimo de 10 luminárias no projeto.

A emissão de CO_{2eq} evitado foi de 1,06 toneladas e a quantidade de mercúrio evitado foi de 1.032 mmg, sendo uma contribuição importante para a sustentabilidade local.

O Quadro 15 resume os dados analisados nesta seção. Observa-se que há três cenários: no cenário inicial havia lâmpadas VSAP 250 W, no cenário atual há luminárias LED de 150 W e no último cenário propõe-se uma simulação com luminárias LED considerando o mesmo número de luminárias VSAP do cenário inicial.

Os valores obtidos são estimados para facilitar a avaliação do desempenho nestas três condições. No entanto, as iluminâncias e o fator de uniformidade foram obtidos a partir de medições realizadas com luxímetro nos pontos pré-estabelecidos para a malha proposta.

Quadro 15 – Resumo das análises comparativas

Parâmetros avaliados	Cenários		
	Inicial	Atual	Equivalente ao número de luminárias iniciais
Tipo de lâmpada	VASP 250 W	LED 150 W	LED 150 W
Quantidade	28	38	28
Potência (W)	274 ¹¹	150 ¹²	150
Iluminância horizontal média – E_{med} (lux) ¹	14,9	33,4	33,0
Iluminância mínima – E_{min} (lux) ¹	3,3	8,7	5
Fator de uniformidade – U	0,22	0,26	0,15
Potência total instalada (kW)	7,67	5,70	4,20
Energia consumida (MWh/ano)	33,21	24,67	18,18
Redução da demanda – RD (kW)	-	1,97	3,47
Energia anual economizada – EE (MWh/ano)	-	8,54	15,02
Energia mensal economizada – EE (MWh/mês)	-	711,67	1.251,77
Redução mensal na fatura (R\$)	-	295,69	520,09
Custo de manutenção evitada – CME (R\$/ano)	-	1.597,56	1.597,56
Custo da energia elétrica anual economizada – $CEEAE$ (R\$/ano)	-	3.548,28	6.240,66
Tempo de retorno simples – $payback$ – (anos)	-	10,3	6,7
Emissão de CO _{2eq} evitado – E_s (tCO _{2eq} /ano)	-	1,06	1,87
Quantidade de mercúrio evitado (mmHg)	-	1.032	1.032

1 – Valores medidos com luxímetro para a situação inicial e atual.

¹¹ Perda no reator de 24 W conforme catálogo DEMAPE (Disponível em: <<http://www.demape.com.br/?produtos=vaporsodio90725021600>>. Acesso em 11 dez. 2016.

¹² Potência conforme valor do arquivo *IES* da luminária.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos propostos neste trabalho foram definir o termo de referência para aquisição de luminárias viárias LED e apresentar uma sistematização do processo de licitação, atendendo as normas e legislações brasileiras.

O processo de licitação realizado pela administração do município de Três Passos evitou impugnações, devido à fundamentação proposta no termo de referência. Os cuidados na elaboração do edital e na análise das documentações exigidas na licitação permitiram atender os princípios preconizados na lei 8.666/1993.

A forma de descrição do termo de referência permite dar oportunidade de disputa no certame, de quaisquer interessados, sendo transparente, objetiva e embasada nas normas em vigor.

Especificações que poderiam frustrar ou restringir o caráter competitivo do procedimento licitatório ou descrições irrelevantes que excluíssem competidores foram descartados.

As etapas da licitação foram objetivas, baseadas nas especificações do termo de referência, não ocorrendo impugnações.

O estudo de caso demonstrou o excelente desempenho da tecnologia LED em relação às lâmpadas de descarga VSAP, especialmente com relação à energia conservada, ao desempenho fotométrico e de sustentabilidade.

A redução da demanda atingiu 1,97 kW e a energia economizada foi de 8,53 MWh/ano ou 710,83 kWh/mês. A redução mensal prevista na fatura de energia é de R\$ 295,69, valores consideráveis mesmo com o aumento de 10 luminárias em relação ao cenário inicial.

O custo evitado de manutenção ao longo da vida útil da luminária (12 anos) será de R\$ 17.972,50. Com relação ao retorno do investimento, devido o elevado custo unitário da luminária LED em relação à luminária VSAP e o acréscimo de 10 luminárias, o *payback* simples será de 10,2 anos. Se ocorresse a substituição com o mesmo número de luminárias, o *payback* seria de 6,7 anos, valor similar a outros estudos realizados.

A avaliação da sustentabilidade demonstrou que a emissão do dióxido de carbono equivalente evitado é de 1,06 toneladas por ano, com a implantação das luminárias LED. A análise da quantidade de mercúrio evitado no descarte será de 1.032 mgHg ao longo da vida útil das luminárias viárias LEDs. O projeto demonstrou ser uma ação sustentável.

Apesar do elevado investimento inicial, a proposta de adoção da tecnologia LED na iluminação da Praça Reneu Mertz mostrou-se viável pelo conjunto de avaliações positivas, tais como: um excelente desempenho na relação lúmens/watt, a luminária não contém mercúrio, apresenta alto índice de reprodução de cores, apresenta vida útil elevada e menor custo operacional. Além disso, permite incorporar tecnologias inovadoras de gestão. Como sugestão para trabalhos futuros, pretende-se expandir o projeto com luminárias viárias LEDs para outras praças e vias urbanas no município de Três Passos.

O termo de referência e a proposta apresentada demonstraram atender as exigências legais e de desempenho esperados, podendo-se disseminar aos municípios interessados com as adaptações correspondentes à sua realidade.

BIBLIOGRAFIA

ABNT NBR IEC/CISPR 15:2014 Versão corrigida:2015 - **Limites e métodos de medição das radioperturbações características dos equipamentos elétricos de iluminação e similares**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2014.

_____. NBR NM 247-3:2002 Errata 2:2006 - **Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2006.

_____. NBR 5101:2012 - **Iluminação pública** – procedimento. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2012.

_____. NBR 9117:2006 - **Condutores flexíveis ou não, isolados com policloreto de vinila (PVC/EB), para 105° C e tensões até 750 V, usados em ligações internas de aparelhos elétricos**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2006.

_____. NBR 15129:2012 - **Luminárias para iluminação pública** - requisitos particulares. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2012.

_____. NBR 16026:2012 - **Dispositivo de controle eletrônico de corrente contínua ou corrente alternada para módulos de LED** - Requisitos de desempenho. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2012.

_____. NBR IEC 60529:2011 - **Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2011.

_____. NBR IEC – 60598-1:2010 - **Requisitos gerais e ensaios**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2010.

_____. NBR IEC 61000-3-2:2014 - **Compatibilidade eletromagnética**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2011.

_____. NBR IEC 61347-2-13:2012 - **Dispositivo de controle da lâmpada Parte 2-13: Requisitos particulares para dispositivos de controle eletrônicos alimentados em c.c ou c.a para os módulos de LED**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2012.

_____. NBR IEC 61643:2007 - **Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão Parte 1: Dispositivos de proteção conectados a sistemas de distribuição de energia de baixa tensão** - Requisitos de desempenho e métodos de ensaio. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2007.

_____. NBR IEC 62031:2013 – **Módulos de LED para iluminação em geral – especificações de segurança**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2013.

_____. NBR IEC 62262:2015 - **Graus de proteção assegurados pelos invólucros de equipamentos elétricos contra os impactos mecânicos externos**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2015.

_____. IEC/TS 62504:2013 - **Termos e definições para LEDs e os módulos de LED de iluminação geral**. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2013.

_____. NBR IEC 62722-2-1:2016 - **Desempenho de luminárias** - Parte 2-1: Requisitos particulares para luminárias LED. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2016.

AGOPA. **Política Nacional de Resíduos Sólidos** – Lei 12.305/2010. Disponível em: <http://www.agopa.com.br/NetManager/documentos/politica_nacional_de_residuos.pdf> 2017.

ALMEIDA, P. S. **Síntese de conversores ressonantes com alto fator de potência e alta eficiência para o acionamento de diodos emissores de luz**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG, 2014.

ALVES, F. **Como é e como calcular o payback?** Disponível em: <<http://www.industriahoje.com.br/como-calculando-o-payback>> 2014.

ANEEL. Resolução normativa nº. 414, de 9 de setembro de 2010. **Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em 17 out. 2016.

_____. Resolução normativa nº. 479, de 3 de abril de 2012. **Altera a Resolução Normativa nº. 414, de 9 de setembro de 2010, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>>. Acesso em 18 de out. 2016.

ANSI C78.377A. *NEMA Publishes ANSI ANSLG C78.377: Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products*. Disponível em: <<http://www.nema.org/News/Pages/NEMA-Publishes-ANSI-ANSLG-C78-377-Specifications-for-the-Chromaticity-of-Solid-State-Lighting-Products.aspx>>. Acesso em 13 out. 2016.

ASSIST. *Recommendations for Evaluating Street and Roadway Luminaires*. Disponível em: <<http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstate/assist/pdf/AR-RoadwayEvaluation.pdf>>. Acesso em 24 nov. 2016.

BARRICHELLO, C. H. **Concepção de um nó sensor/atuator sem-fio para uma rede de gerenciamento de iluminação pública**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

BENDER, V. C.; BARTH, N. D.; FLORES, G. C.; DALLA COSTA, M. A.; MARCHESAN, T. B.; ALMEIDA, P. S.; BRAGA, H. A. C. **Electrothermal Methodology Applied to Flicker Analysis in Off-line LED Systems**. IEEE International Conference on Industrial Electronics (IECON), Viena, 2013.

BENDER, V. C.; MARCHESAN Tiago B. **Ressonância acústica em lâmpadas de descarga de alta pressão de vapor de sódio**. XVII Congresso de iniciação científica. Pelotas/RS: Universidade Federal de Pelotas, 2008.

BOMMEL, W. V. **Road lighting: Fundamentals, technology and application**. Canadá: Springer. 2015.

BOTELHO, G. L. G. **Elaboração de termo de referência**. Escola de Gestão Pública. Universidade Federal do Piauí. 2016 Disponível em: < http://www.leg.ufpi.br/subsiteFiles/cpl/arquivos/files/Elaboracao_de_Termo_de_Referencia.pdf>. Acesso em 10 fev. 2016.

BRASIL. Constituição da república federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em 12 out. 2016.

_____. Decreto Federal nº. 3.550 de 8 de agosto de 2000. **Aprova o regulamento para a modalidade de licitação denominada pregão, para a aquisição de bens e serviços comuns**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3555.htm>. Acesso em 10 fev. 2017.

_____. Decreto Federal nº. 5.450 de 31 de maio de 2005. **Regulamenta o pregão, na forma eletrônica, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5450.htm>. Acesso em 9 fev. 2017.

_____. Decreto Federal nº. 7.746 de 5 de junho de 2012. **Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7746.htm>. Acesso em 12 out. 2016.

_____. Decreto Federal nº. 7.892 de 23 de janeiro de 2013. **Regulamenta o Sistema de Registro de Preços**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Decreto/D7892.htm>. Acesso em 9 fev. 2017.

_____. Lei Federal nº. 5.194/1966, de 24 de dezembro de 1966. **Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5194.htm>. Acesso em 02 nov. 2016.

_____. Lei Federal nº. 8.666, de 21 de junho de 1993. **Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8666cons.htm>. Acesso em 10 out. 2016.

_____. Lei Federal nº. 8.078/1990. **Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8078.htm>. Acesso em: 10 dez. 2016.

_____. Lei Federal nº. 12.349/2010. Altera as Leis nº. 8.666, de 21 de junho de 1993, 8958, de 20 de dezembro de 1994, e 10973, de 2 de dezembro de 2004; e revoga o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.273, de 6 de fevereiro de 2006.

_____. Lei Federal nº. 12.529/2011 DE 30 novembro de 2011. **Estrutura o Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência; dispõe sobre a prevenção e repressão às infrações contra a ordem econômica;** altera a Lei nº 8.137, de 27 de dezembro de 1990, o Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941 - Código de Processo Penal, e a Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985; revoga dispositivos da Lei nº 8.884, de 11 de junho de 1994, e a Lei nº 9.781, de 19 de janeiro de 1999; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/Lei/L12529.htm>. Acesso em 12 out. 2016.

_____. MMA. **Segurança química. Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/mercurio> 2016>. Acesso em 24 nov. 2016.

CAVALCANTI, F. S. **Reatores eletrônicos para lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 70 W.** 2001. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2001.

CIE 191:2010. *Recommended System for Mesopic Photometry based on Visual Performance.* Disponível em: <http://www.techstreet.com/standards/cie-191-10?product_id=1736466>. Acesso em 14 out. 2016.

CIE 1931. Color space. Disponível em: <<http://www.colorbasics.com/CIESystem/>>. Acesso em 17 out. 2016.

CITY OF LOS ANGELES. *Changing our Glow for Efficiency.* Disponível em: <http://photos.state.gov/libraries/finland/788/pdfs/LED_Presentation_Final_June_2013.pdf>. Acesso em 24 nov. 2016.

COSTA, G. J. C. da. **Iluminação econômica – cálculo e avaliação.** Porto Alegre: EdiPUCRS. 4ª. ed. 2013.

DALLA COSTA, M. A.; MAGGI, T.; FURLANETTO, C. A.; DOS SANTOS, A. S.; TOSS, M. **Estudo do fluxo luminoso necessário para luminárias de iluminação pública de LEDs.** XIX Congresso Brasileiro de Automática (CBA 2012), Campina Grande - Paraíba. Set. 2012.

DALLA COSTA, M. A.; MAGGI, T.; FURLANETTO, C. A. **Estudo e Desenvolvimento de uma Topologia de Reator Eletrônico para uma Lâmpada de Vapor de Sódio de 70 W.** XVII Encontro de jovens pesquisadores da Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2009.

DALLA COSTA, M. A. *Sistema Electrónicos para Iluminación.* Apresentação em Power Point. Universidad Nacional de Misiones. Universidade Federal de Santa Maria. 2014.

DEMAPE. **Manual de instalação de reatores.** Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/149348567/Manual-de-Instalacao-Reatores>>. Acesso em 18 nov. 2016.

EDISONTECHCENTER. *Metal Halide Lamps.* Disponível em: <<http://edisontechcenter.org/>>

metahalide.html>. Acesso em: 16 nov. 2016a.

EDISONTECHCENTER. *Sodium Lamps*. Disponível em: <<http://www.edisontechcenter.org/SodiumLamps.html>>. Acesso em: 21 out. 2016b.

ELETROBRÁS. **Relatório anual de sustentabilidade**. Disponível em: <<http://cebds.org/wp-content/uploads/2014/02/Relat%c3%b3rio-Eletrabr%c3%a1s-2012.pdf>>. Acesso em 18 out. 2016.

EPA. *US Environmental Protection Agency: Laws and executive orders*: Disponível em: <<https://www.epa.gov>>. Acesso em 24 nov. 2016.

FERREIRA, Milton Martins. A evolução da iluminação elétrica - Sistemas a arco voltáico. **Iluminação Brasil**, São Paulo, p. 36-38, mar./abr. 1996.

FLORÊNCIO, M. F. **Termo de referência**. Disponível em: <http://www.confrea.org.br/media/mt_palestra3.pdf>. Acesso em 11 de dez. 2016.

GENERAL ELETRIC, outubro 2003. <http://www.gelighting.com/> (27/10/2003)

GIOIELLI, A, ROSITO, L. H. **Gestor é responsável por licitação sem exigências da ABNT**. 2014. Disponível em: <<http://www.conjur.com.br/2014-fev-06/gestor-responsabilizado-iluminacao-fora-normas-abnt>>. Acesso em 24 nov. 2016b.

GODOY, P. Capítulo VIII: Iluminação pública. Iluminação pública e urbana. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/ed-115_Fasciculo_Cap-VIII-Iluminacao-publica-e-urbana.pdf>. Acesso em 05 mar. 2017.

GOMES, O. S. Código Brasileiro de Trânsito comentado e legislação complementar. 5ª. edição. Juruá Editora. Curitiba. 2010.

GREVETTI, R. B. **A responsabilidade civil do estado em casos de acidentes**. Disponível em: <<http://www.direitonet.com.br/artigos/exibir/1782/A-responsabilidade-civil-do-Estado-em-acidentes-envolvendo-veiculos-da-administracao-publica>>. Acesso em 4 fev. 2017.

GUERRINI, D. P. **Iluminação: Teoria e Projeto**. São Paulo: Érica, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física: Óptica e física moderna**. 10 ed. Brasil: LTC, 2016.

IBGE. **Perfil dos municípios**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=89>. Acesso em 10 out. 2016.

IES LM-79-08. *Electrical and photometric measurements of Solid-State Lighting products*. ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. 2016.

_____. IES TM-21-11. *Projecting long term lumen maintenance of LED light sources*. ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. 2016.

_____. IES LM-80-15. *Measuring luminous flux and color maintenance of LED packages, arrays and modules*. ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY. 2016.

INFRAESTRUTURAUROBANA. **Transferência de iluminação pública é inconstitucional**. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/30/transferencia-de-iluminacao-e-ilegal-para-especialista-resolucao-da-294194-1.aspx>>. Acesso em 2 dez. 2016.

INMETRO. **Conheça o INMETRO**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acesso em: 21 out. 2016.

_____. Portaria nº. 478 de 24 de novembro de 2013. **Regulamento Técnico da Qualidade para Luminárias para Lâmpadas de Descarga e LED - Iluminação Pública Viária**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002031.pdf>>. Acesso em 18 out. 2016.

iMICRONEWS. **LED Lighting - LED in road and street lighting report**. Road and street lighting is a key driver for LED in general lighting. Disponível em: <<http://www.i-micronews.com/report/product/led-in-road-and-street-lighting.html?Itemid=228>>. Acesso em 14 dez. 2016.

INDALUX. **Luminotecnia**. Disponível em: <https://issuu.com/pablomartinezdiez/docs/00_manual_indal>. Acesso em: 16 fev. 2017.

IWASHITA, J. **Avaliação de desempenho de LEDs pela LM-80 e LM-79**. Iluminação eficiente. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed19/ed_19_Software.pdf> Acesso em: 16 fev. 2017.

GREEN CREATIVE. *Learn more about the critical LED standards*. Disponível em: <<http://gc-lighting.com/led-education/lm-80/>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

LANCELLE, L. **Softwares para projetos de iluminação**. Disponível em: <<http://www.lumearquitetura.com.br/lume/default.aspx?mn=947&c=2034&s=0&friendly=softwares-para-projetos-de-iluminacao>> Acesso em: 9 fev. 2017.

LEDLIGHTSLIGHTING. **LED Street Light Replace Traditional Street Light Analysis**. Disponível em: <ledlightslighting.blogspot.com.br>. Acesso em: 20 fev. 2017.

LIMA, T. B. S.; GARROCHO, J. S. **Relux profissional: simulando projetos de iluminação**. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed19/ed_19_Software.pdf> Acesso em: 9 fev. 2017.

MAGGI, T. **Estudo e implementação de uma luminária de iluminação pública à base de LEDs**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2013.

MARTINO, DE M. **Sistemas de informações gráficas**. Disponível em: <<http://www.dca.fee.unicamp.br/%7Emartino/disciplinas/ea978/na2.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2016.

MOREIRA, V. de A. **Iluminação e fotometria: teoria e aplicação**. São Paulo: Ed. Blücher, 1982.

NOBELPRIZE. *Blue LEDs – Filling the world with new light*. 2014. Disponível em: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2014/popular-hysicsprize2014.pdf>. Acesso em 12 de nov. 2016.

NOGUEIRA, F. J. et al. **Projeto piloto de iluminação pública empregando LEDs em substituição a lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão**. Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática. Belo Horizonte. 2014.

OSRAM. *Mesopic vision - LED fundamental series by OSRAM opto-semiconductors*. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/OSRAMLEDlight/mesopic-vision-led-fundamental-series-by-osram-opto-semiconductors>>. Acesso em 19 out. 2016a.

OSRAM. *VIALOX NAV high-pressure sodium lamps: technical information*. Disponível em: <<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/09ab/0900766b809ab9dd.pdf>>. Acesso em: 19 out. 20016b

OSRAM. **Vialox NAV-E Super 4Y**. Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/produtos/lampadas/lampadas-de-descarga-de-alta-intensidade/lampadas-de-vapor-de-sodio-de-alta-pressao-para-luminarias-de-embutir/vialox-nav-e-super-4y/index.jsp>. Acesso em 13 nov. 2016.

PROCEL. **Manual de instruções – RELUZ**. Disponível em: <http://www.ceiprs.com.br/docs/Manual_de_Instrucoes_PROCEL%20RELUZ.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2016.

PHILIPS. **Manual de iluminação**. Eindhoven, *Holand: Philips Lighting Division*, 1986.

PHILIPS. *What are AlGaAs, AlInGa and InGaN?* Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com/main/support/support/faqs/white-light-and-colour/what-are-algaas-alingap-and-ingan.html>>. Acesso em: 17 nov. 2016.

RCE. **Iluminação Pública**. Disponível em: <<http://www.rce.org.br/RCE/ip.html>>. Acesso em 10 out. 2016.

RODRIGUES, C. R. B. S. **Contribuições ao uso de diodos emissores de luz em iluminação pública**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2012.

SÁ, C. **Softwares de iluminação: um raio X dos mais populares**. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed40/ed_40%20Software.pdf>. Acesso em 18 out. 2016.

SALES, R. P. **LED, o novo paradigma da iluminação pública**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologia)-Instituto de Engenharia do Paraná-IEP, Curitiba, 2011.

SCHNEIDER. **Qualidade de energia: harmônicas**. Workshop: Instalações elétricas em baixa tensão. Schneider-electric. Disponível em: <<https://www.schneider-electric.com.br/documents/cadernos-tecnicos/harmon.pdf>>. Acesso em 8 dez. 2016.

SCHRÉDER. **eCatalogue**. Disponível em: <<http://ecatalogue.schreder.com/en/?lang=en>>. Acesso em 8 dez. 2016.

SCHRÉDER. **Iluminação pública: desligar ou iluminar de forma inteligente**. Disponível em: <<http://www.schreder.com/pt-br/escoladeiluminacao/dossie/public-lighting-switch-it-off-or-smarter-lighting>>. Acesso em 4 mar. 2017.

SCHUBERT, E. F. **Light-emitting diodes**. Leiden: Cambridge University Press, 2006. Disponível em: <<http://www.SLQ.ebib.com.au/patron/FullRecord.aspx?p=321244>>. Acesso em 18 out. 2016.

SILVA, M. L. **Iluminação: Simplificando o Projeto**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.

_____. L. LEDs - **Origem, atualidade, aplicações e futuro**: Capítulo 5 - Eficiência dos LEDs x outras fontes. Disponível em <http://www.lightingnow.com.br/cursos/leds/modulo_03.pdf, 2006>. Acesso em 20 nov. 2016.

SYLVANIA. **Sylvania product catalogs**. Disponível em: <<https://www.sylvania.com/en-us/tools-and-resources/Pages/catalogs.aspx> >. Acesso em 20 out. 2016.

STOLFI, G. **Elementos de fotometria**. 2008. Disponível em: <http://www.lcs.poli.usp.br/~gstolfi/mack/Ap1_Fotometria_M8.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2016.

TCU. **Licitações e contratos: orientações básicas**. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Brasília. 2006. 3^a. ed.

US DEPARTMENT OF ENERGY. **Thermal Management of White LEDs**. Disponível em: <http://www.cool.conservation-us.org/byorg/us-doe/thermal_mgt_white_leds.pdf>. Acesso em 15 nov. 2016.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Solid-State Lighting Research and Development: Multi Year Program Plan**, Abril de 2012.

WANVIK, P. O. **Effects of road lighting: An analysis based on Dutch accident statistics 1987–2006**. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457508001917>>. Acesso em 04 fev. 2017.

WORDBANK. **Iluminando cidades brasileiras: modelos de negócio para eficiência energética em iluminação pública**. Relatório do Banco Mundial. Washington, DC, E.U.A. 01 jun. 2016.

ANEXO A – EDITAL DA LICITAÇÃO DO ESTUDO DE CASO



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

O MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS, ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, com sede à Av. Santos Dumont, 75 - Centro, nesta cidade, por seu Prefeito Municipal, **TORNA PÚBLICO** para conhecimento dos interessados que fará realizar **LICITAÇÃO**, na modalidade **PREGÃO PRESENCIAL**, mediante Pregoeira e Equipe de Apoio designados pela portaria nº 1.055/2016, tendo por local a sala de licitações junto a esta Prefeitura, regido pela Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002, Leis Complementares nº 123/06, 127/07, 147/14, subsidiariamente a Lei 8.666/93, e suas alterações e demais legislações aplicáveis, nas condições fixadas neste Edital e seus anexos.

1. OBJETO:

1.1. Constitui objeto da presente licitação a **aquisição de luminárias públicas em LED (Diodo Emissor de Luz) para SMOV realizar retrofit na Praça Geraldino Mertz em Três Passos, conforme termo de referência do anexo I.**

1.2.

2. LOCAL, DATA E HORÁRIO PARA RECEBIMENTO DOS ENVELOPES, CREDENCIAMENTO E REALIZAÇÃO DO PREGÃO.

2.1. **Local:** Sala de Licitações, sito à Av. Santos Dumont, 75, junto à Prefeitura Municipal, diretamente com a Pregoeira Designada (Cristiane Seidel).

2.2. **Data:** Os Envelopes deverão ser entregues (*inclui-se os via postal*) para a Pregoeira impreterivelmente até às **14h do dia 01 de setembro de 2016**, horário em que se encerra o credenciamento.

3. ABERTURA DOS ENVELOPES: 14h05 min do dia 01 de setembro de 2016.

4. DESCRIPTIVO DA LICITAÇÃO

4.1. **MODALIDADE:** Pregão Presencial.

4.2. **REGIME DE EXECUÇÃO:** Aquisição pelo Menor Preço por item

4.3. **TIPO DE LICITAÇÃO:** Menor Preço por item, nas propostas classificadas pela Pregoeira.

4.4. **PRAZO e LOCAL DE ENTREGA:** A entrega deverá ocorrer no prazo de 20(vinte) dias após o recebimento da Nota de Empenho. Entrega no Almoxarifado, sito à Av. Ijuí, 1.800.

4.5. **RECURSOS FINANCEIROS E ORÇAMENTÁRIOS:** As despesas decorrentes da aquisição do objeto deste Edital correrão às expensas das seguintes dotações orçamentárias:



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

Órgão: 06 Secretaria Municipal de Obras
Unidade: 02 Setor de Serviços Urbanos
Proj/Ativ.: 2.019 Serviços Urbanos e Fiscalização
Elemento: 403 - 3.3.90.30. Material de consumo – Material Elétrico e Eletrônico
Recurso: 1060 Contribuição para o Custeio de Iluminação Pública;

4.6. **PAGAMENTO:** O pagamento será efetuado no 15º dia do mês subseqüente à entrega total do material, e mediante atestado de recebimento e conferência dos fiscais de contrato, além da emissão de documento fiscal.

4.7. DOS ANEXOS

Anexo I. Termo de Referência - Descrição/Especificação e Condições Gerais;
Anexo II. Modelo de Procuração para Credenciamento;
Anexo III. Modelo de Declaração de Sujeição às Condições estabelecidas no Edital e de Inexistência de Fatos Supervenientes Impeditivos da Habilitação;
Anexo IV. Modelo de Declaração de não existência de trabalhadores menores;
Anexo V. Modelo de Declaração de que a proponente cumpre os requisitos de habilitação;
Anexo VI. Modelo de Declaração de Microempresa ou empresa de Pequeno Porte;
Anexo VII. Minuta do Contrato.

5. DO FORNECIMENTO DO EDITAL

5.1. O Edital poderá ser consultado por qualquer interessado junto a Pregoeira (Cristiane Seidel), na Divisão de Compras, sito à Av. Santos Dumont, 75 - Centro – Três Passos, RS, em dias úteis, das 8h às 11h30min e das 13h30min às 17h00min, até a data aprazada para recebimento dos documentos e dos envelopes propostas.

5.2. O Edital também está disponível para download no endereço www.trespassos-rs.com.br no ícone licitações/2016.

5.3. Na hipótese de ocorrer feriado ou fato impeditivo, os quais impeçam a realização da sessão pública, fica a mesma adiada para o primeiro dia útil imediato, no mesmo local e hora, ou em outro a ser definido. Alterações serão divulgadas no site acima com antecedência de 24 horas, conforme lei.

6. DAS CONDIÇÕES DE PARTICIPAÇÃO NO PREGÃO

6.1. Poderão participar do presente certame todos os interessados do **ramo pertinente ao objeto** que preencham as condições exigidas neste Edital.

6.2. É vedada a participação direta ou indireta nesta licitação de:

- a) Pessoa física;
- b) Empresa em regime de sub-contratação, ou ainda, em consórcio;
- c) Empresa que possua restrições quanto à capacidade técnica ou operativa, personalidade e capacidade jurídica, idoneidade financeira e regularidade fiscal;
- d) Empresa que estiver sob falência ou recuperação judicial, concordata, concurso de credores, dissolução, liquidação judicial ou extrajudicial;



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

- e) Empresa que esteja, por qualquer motivo, punida com suspensão do direito de licitar ou contratar com a Administração Pública, Direta ou Indireta, Federal, Estadual ou Municipal, desde que o ato tenha sido publicado no Diário Oficial da União, do Estado ou do Município, pelo Órgão que o praticou;
- f) Empresa que tenha sido declarada inidônea para contratar com a Administração Pública, Direta ou Indireta, Federal, Estadual ou Municipal, desde que o ato tenha sido publicado no Diário Oficial da União, do Estado ou do Município, pelo Órgão que o praticou, e;
- g) Empresa com os impedimentos previstos no artigo 9º da Lei 8.666/93.

7. DO CREDENCIAMENTO

7.1. Aberta a sessão pública com a fase do CREDENCIAMENTO dos eventuais participantes do PREGÃO, até o horário previsto no Item 2 deste Edital, o representante da proponente entregará ao PREGOEIRO documento que o credencie para participar do aludido procedimento, respondendo por sua autenticidade e legitimidade, devendo, ainda, identificar-se e exibir a carteira de identidade ou outro documento equivalente com fotografia.

7.2. O credenciamento far-se-á por meio de **documento público de procuração ou instrumento particular**, com poderes específicos para, além de representar a proponente em todas as etapas/fases do PREGÃO, formular verbalmente lances ou ofertas na (s) etapa (s) de lances, desistir verbalmente de formular lances ou ofertas na (s) etapa (s) de lances, negociar a redução de preço, desistir ou manifestar-se imediata e motivadamente, sobre a intenção de interpor recurso administrativo ao final da sessão, assinar ata da sessão, prestar todos os esclarecimentos solicitados pela PREGOEIRA, enfim, praticar todos os demais atos pertinentes ao certame.

7.2.1. Na hipótese de apresentação de procuração por instrumento particular, a mesma deverá vir acompanhada do ato constitutivo da proponente ou outro documento, onde esteja expressa a capacidade/competência do outorgante para constituir mandatário.

7.3. Se o representante da proponente ostentar a condição de sócio, proprietário, dirigente ou assemelhado da empresa proponente, ao invés de instrumento público de procuração ou instrumento particular, deverá apresentar **cópia do respectivo estatuto/contrato social** ou documento equivalente, no qual estejam expressos seus poderes, para exercer direitos e assumir obrigações, em decorrência de tal investidura. Será admitido somente um representante por proponente. A ausência da documentação referida neste item ou a apresentação em desconformidade com as exigências previstas impossibilitará a participação da proponente neste PREGÃO exclusivamente no tocante à formulação de lances e demais atos, inclusive recurso.

7.4. Ainda e exclusivamente nesta etapa/fase serão entregues, e fora dos envelopes:

7.4.1. A **Declaração de que a Proponente cumpre os Requisitos de Habilitação**, nos termos do artigo 4º, inciso VII, da Lei nº 10.520, de 17/07/2002.



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

7.4.2. A Declaração de Microempresa ou Empresa de Pequeno Porte, firmada pelo contador da empresa ou certidão emitida pela Junta Comercial do ano em exercício.

7.4.3. Os Envelopes Proposta de Preços e Documentos de Habilitação.

7.5. A ausência de quaisquer documentos referidos nos itens 7.1, 7.2, 7.2.1 e 7.3, ou a apresentação em desconformidade com a exigência prevista inviabilizará a participação da proponente na fase de lances deste PREGÃO. A falta do item 7.4.1 impossibilitará o recebimento dos ENVELOPES PROPOSTA DE PREÇOS E DOCUMENTOS DE HABILITAÇÃO.

8. FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS ENVELOPES E DAS PROPOSTAS DE PREÇOS

8.1. DOS ENVELOPES:

8.1.1. A Proposta de Preços e os Documentos de Habilitação das proponentes deverão estar acondicionadas em envelopes distintos, lacrados, não transparentes e respectivamente sobrescritos com os dizeres abaixo indicados, com as seguintes especificações e endereçamento:

AO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS/RS
A/C PREGOEIRA (Cristiane Seide I)
AV. SANTOS DUMONT, 75
PREGÃO PRESENCIAL Nº...(CONSTANTE NO CABEÇALHO DO EDITAL)
ENVELOPE Nº 01 - PROPOSTA DE PREÇOS
PROponente (NOME COMPLETO DA EMPRESA)
E-mail:
Telefone:

AO MUNICÍPIO DE TRÊS PASSOS/RS
A/C PREGOEIRA (Cristiane Seide I)
AV. SANTOS DUMONT, 75
PREGÃO PRESENCIAL Nº...(CONSTANTE NO CABEÇALHO DO EDITAL)
ENVELOPE Nº 02 - DOCUMENTOS DE HABILITAÇÃO
PROponente (NOME COMPLETO DA EMPRESA)
ENDEREÇO (ENDEREÇO COMPLETO DA EMPRESA)

8.1.2. O Envelope nº 01 deverá conter a Proposta de Preços da proponente para a contratação licitada, atendendo aos requisitos previstos no **Item 9** deste Edital.

8.1.3 O Envelope nº 02 deverá conter os documentos de habilitação da proponente, relacionados no **Item 11** deste Edital.

9. DA PROPOSTA DE PREÇOS

9.1. A proposta de preços, cuja validade é definida pela Administração em **60 (sessenta) dias**, deverá ser preenchida em língua portuguesa e estar datilografada ou digitalizada com clareza, em 1(uma) via, sem emendas, rasuras, borrões, acréscimos ou entrelinhas, em papel timbrado da LICITANTE, ou com carimbo, ou ainda impressa por processo



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

eletrônico com indicação do número do pregão, contendo a razão social, inscrição, CNPJ e endereço completo da proponente e estar devidamente assinada pelo representante legal da empresa.

9.2. Na proposta de preços deverão constar:

- a) Razão social da LICITANTE, nº do CNPJ/MF, endereço completo, telefone, nº da conta corrente, agência e respectivo banco para depósito, e se existente fax para contato e endereço eletrônico (e-mail);
- b) os preços totais em moeda corrente nacional;

9.2.1 Sob pena de desclassificação

- b) Os preços unitários, cotados em moeda corrente nacional com apenas duas casas decimais (02, dois dígitos após a vírgula), e apresentados em CIF (produto posto no local de entrega);

9.3. Não serão consideradas propostas com oferta de vantagem não prevista neste edital.

9.4. Na formulação da proposta, a LICITANTE deverá computar todos os custos relacionados com a prestação dos serviços, ficando vedada qualquer alegação posterior que vise ressarcimento de custos não considerados nos preços cotados.

10. DA ABERTURA DOS ENVELOPES PROPOSTASE DO JULGAMENTO

10.1. Concluída a fase de Aceitação de Propostas, a Pregoeira comandará o início da Abertura das Propostas, selecionando as LICITANTES aptas a participar da licitação na modalidade PREGÃO, divulgando no ato a lista das LICITANTES e das propostas ofertadas, classificando-as segundo a ordem crescente dos valores ofertados, indicando desde logo as proponentes autorizadas a participar da fase competitiva da licitação.

10.2. Como forma de verificação das proponentes autorizadas a participar da fase competitiva da licitação, levará em consideração a autora da oferta de valor mais baixo e as das ofertas com preços até 10% (dez por cento) superiores àquela, as quais poderão fazer novos lances, verbais e sucessivos, na forma dos itens subseqüentes, até a proclamação da vencedora.

10.3. As Microempresas e Empresas de Pequeno Porte (EPP) terão tratamento diferenciado previsto na Lei Complementar nº 123/2006, artigos 42 a 49;

10.4. Não havendo, pelo menos 03 (três) ofertas nas condições definidas no subitem anterior, poderão as autoras das melhores propostas, até o máximo de 03 (três), oferecer novos lances, verbais e sucessivos, quaisquer que sejam os preços oferecidos em suas propostas escritas.

10.4.1. Caso duas ou mais propostas iniciais apresentarem preços iguais, será realizado sorteio para determinação da ordem de oferta dos lances.



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

10.4.2. A **desistência de apresentar lance** implicará na automática exclusão da LICITANTE da etapa e na manutenção do último preço apresentado pela licitante, para efeitos de ordenação das propostas.

10.5. Depois de exaurida a fase de lances, serão analisadas as propostas, visando selecionar aquela que se apresente mais vantajosa para a Administração, **segundo o critério menor preço por item**, respeitando-se o valor orçado.

10.5.1. Os lances ofertados pelos participantes deverão ser formulados de forma sucessiva, em valores distintos e decrescentes.

10.5.2. **Caso não se realize lance, será verificada a conformidade entre a proposta escrita de menor preço e o valor estipulado para a contratação, podendo ou não estar estipulado no edital, devendo, contudo, estar indicado no Termo de Referência.**

10.6. Nas situações previstas nos subitens **10.4.2**, e **10.5.2**, deste Edital, a Pregoeira poderá negociar diretamente com o proponente para que seja obtido melhor preço.

10.6.1. Em caso de resultado positivo na negociação, os novos valores ajustados serão consignados na ata da sessão e passarão a compor a proposta.

10.7. Somente será (ão) aceito (s) LANCE (s) VERBAL (IS) que seja (m) inferior (es) ao valor da menor PROPOSTA ESCRITA e ou do último menor LANCE VERBAL oferecido.

10.8. Esgotada a fase competitiva de lances, serão classificadas e ordenadas as propostas, de forma crescente dos preços ofertados, indicando-se desde logo, a proposta de menor valor, dando-se por encerrada a fase de julgamento das propostas, procedendo-se a imediata suspensão do pregão, visando à análise da aceitabilidade das melhores propostas.

10.8.1. A análise da aceitabilidade das propostas, a começar pela de menor preço global, compreenderá o exame do seu atendimento às condições gerais e específicas exigidas neste Edital e em seus Anexos.

10.8.2. Nas propostas de preços será ainda observada a apresentação das declarações eventualmente exigidas por este Edital.

10.9. Serão consideradas desclassificadas as Propostas que não contiverem todos os dados e elementos exigidos, ou não atenderem aos requisitos mínimos das especificações do objeto licitado, ou ofertarem preços manifestamente inexequíveis, ou incompatíveis com os valores de mercado.

10.9.1. Se a proposta ordenada como a de primeiro melhor preço for desclassificada, frente ao desatendimento às especificações técnicas mínimas exigidas neste edital e seus anexos, a Pregoeira procederá à análise da proposta colocada em segundo lugar, e assim sucessivamente, respeitada a ordem de classificação, até que um atenda às exigências.

10.10. Uma vez encerrada a etapa competitiva não cabe a desistência ou pedido de retificação de preços ou quaisquer outras condições oferecidas.



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

10.11. Será declarado vencedor do item a proponente que ofertar o menor preço global pelo respectivo objeto licitado, levando-se em conta a satisfação das especificações de cada item previsto no Edital. A classificação se fará pela ordem decrescente dos preços propostos e serão corrigidos automaticamente pela Pregoeira quaisquer erros de cálculo verificados nas propostas;

10.12. Para efeito deste Edital e a critério da Pregoeira **serão desclassificadas as propostas** que:

- a) não atendam às exigências de qualquer item deste Edital;
- b) sejam omissas, vagas ou apresentem irregularidades, defeitos, borrões, entrelinhas ou dúvida interpretação, que dificultem o seu julgamento;
- c) ofereçam preços excessivos ou manifestamente inexequíveis;
- d) forem entregues fora do prazo previsto neste Edital.

10.13. Havendo propostas ou lances, conforme o caso, de microempresa ou empresa de pequeno porte, com intervalo de até **5%** (cinco por cento) superiores à licitante melhor classificada no certame, serão essas consideradas **empatadas**, com direito de preferência pela ordem de classificação, nos termos do art. 44, da lei complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006, para, querendo, oferecer proposta de desempate.

10.13.1. O exercício do direito de preferência somente será aplicado quando a melhor oferta da fase de lances não tiver sido apresentada pela própria microempresa ou empresa de pequeno porte.

10.13.2. Não sendo exercido o direito de preferência com apresentação de proposta/lance inferior pela microempresa ou empresa de pequeno porte, conforme o caso, no prazo de 05 (cinco) minutos, após o encerramento de lances a contar da convocação da Pregoeira, ocorrerá a preclusão e a contratação da proposta originalmente mais bem classificada, ou revogação do certame.

11. DA HABILITAÇÃO E DOS PROCEDIMENTOS

11.1. DOCUMENTAÇÃO REFERENTES À HABILITAÇÃO

Serão consideradas em condições de participação as empresas que, tendo **ramo** de atividade pertinente ao objeto licitado que atenderem aos requisitos do presente Edital e apresentarem no respectivo envelope Nº 2 os seguintes **DOCUMENTOS DE HABILITAÇÃO**:

- a) Cópia autenticada do Ato Constitutivo da empresa (Contrato Social, Registro Comercial, Decreto ou Ata) para comprovar o ramo de atividade ou apresentação do CRC – Cadastro de Registro Cadastral com o Município de Três Passos, **válido**.
- b) Declaração de Sujeição às Condições estabelecidas no Edital e de Inexistência de Fatos Supervenientes Impeditivos da Habilitação, (modelo constante do **Anexo III**, deste Edital);



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

c) Certidão Negativa de falência ou recuperação judicial, concordata ou execução patrimonial expedida pelo distribuidor da sede da licitante com data de expedição inferior a 60 (sessenta) dias.

d) Prova de inscrição no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas, (CNPJ) do Ministério da Fazenda;

e) Prova de regularidade para com as Fazendas, Federal (abrangendo as contribuições sociais nos termos da Portaria Conjunta RFB/PGFN 1.791/14) e quanto à Dívida Ativa da União, Estadual e Municipal, sendo esta última da sede do LICITANTE, dentro do prazo de validade ou equivalente, na forma da lei;

f) Prova de regularidade relativa ao FGTS;

g) Declaração de Não Existência de Trabalhadores Menores, (modelo constante do Anexo IV, deste Edital).

h) Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas (CNDT), conforme art. 27, inciso IV, da Lei 8.666/93.

11.1.2. Os documentos necessários à habilitação do proponente poderão ser apresentados em original ou por qualquer processo de cópia autenticada por Cartório Competente, ou por funcionário da Administração, até a data aprazada para o certame. Poderão ser autenticados documentos inclusive na sessão, desde que o representante da empresa possua consigo os originais.

11.1.3. Os documentos expedidos via *internet* e, inclusive, aqueles outros apresentados, terão, sempre que necessário, suas autenticidades/validades comprovadas por parte do Pregoeira e Equipe de Apoio.

11.1.4. A PREGOEIRA não se responsabilizará pela eventual indisponibilidade dos meios eletrônicos de informações, no momento da verificação. Ocorrendo a indisponibilidade referida e não tendo sido apresentados os documentos preconizados, inclusive quanto à forma exigida, a proponente poderá ser inabilitada.

11.1.5. Se o LICITANTE for matriz, todos os documentos deverão estar em nome da matriz, e se for filial, todos os documentos deverão estar em nome da filial, exceto aqueles documentos que pela própria natureza, comprovadamente, forem emitidos somente em nome da matriz. Caso a licitante pretenda que um de seus estabelecimentos, que não o participante de licitação, execute o futuro contrato, deverá apresentar toda a documentação de ambos os estabelecimentos na forma e condições previstas neste item.

12. DOS PROCEDIMENTOS

12.1. Se o LICITANTE desatender às exigências de habilitação, a Pregoeira examinará a oferta subsequente, verificando a sua aceitabilidade e procedendo à habilitação do proponente, na ordem de classificação, e assim sucessivamente, até a apuração de uma



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

proposta que atenda ao Edital, sendo o respectivo LICITANTE declarado vencedor e a ele adjudicado o objeto do certame.

12.2. Após a análise da documentação, os Membros da Equipe de Apoio e a Pregoeira rubricarão todas as folhas e demais documentos que integram o dossiê apresentado.

12.3. A falta de manifestação imediata e motivada do LICITANTE importará a decadência do direito de recurso e a adjudicação do objeto da licitação pela Pregoeira ao vencedor.

12.4. A Pregoeira poderá indeferir o pedido de prazo para apresentação do recurso se os fundamentos forem claramente inconsistentes e/ou meramente protelatórios.

13. DA ANÁLISE DA QUALIFICAÇÃO DAS LICITANTES

13.1. Verificada a conformidade das propostas com os requisitos do Edital, a Pregoeira procederá à abertura do envelope contendo a documentação de habilitação do autor da proposta classificada em primeiro lugar, para confirmação de suas condições habilitatórias, com base nas exigências estabelecidas anteriormente.

13.2. Para efeito de saneamento, a correção da (s) falha (s) *formal* (is), poderá ser desencadeada durante a realização da própria sessão pública, com a apresentação, encaminhamento e ou substituição de documento (s), ou com a verificação desenvolvida por meio eletrônico, fax-símile, ou ainda, por qualquer outro método que venha a produzir o (s) efeito (s) indispensável (s). A Pregoeira poderá promover quaisquer diligências necessárias à análise das propostas, da documentação, e declarações apresentadas, devendo os licitantes atender às solicitações no prazo por ele estipulado, contado do recebimento da convocação.

13.3. Aberto o invólucro documentação em havendo restrição quanto à regularidade fiscal, fica concedido um prazo de 05 (cinco) dias úteis à *microempresa ou empresa de pequeno porte*, para sua regularização, prorrogável por igual período, mediante justificativa tempestiva e aceita pela PREGOEIRA. A falta do documento inabilitará a proponente.

13.4. A não regularização fiscal no prazo estabelecido no subitem 13.3, implicará decadência do direito à contratação, com aplicação das Sanções previstas neste Edital, sendo facultado à Administração convocar os LICITANTES remanescentes, na ordem de classificação, para negociar, nos termos do disposto no artigo 4º, inciso XXIII, da lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002.

13.5. Caberá a Pregoeira inabilitar, sumariamente, a LICITANTE que não atender às exigências previstas, omitir qualquer dos documentos solicitados ou apresentá-los fora do prazo de validade.

13.6. Se o autor da melhor proposta não atender aos requisitos de habilitação, a Pregoeira fará imediata convocação da empresa autora da proposta classificada em segundo lugar para apresentar sua documentação de habilitação, e assim sucessivamente, até encontrar a proponente que atenda, integralmente, aos requisitos de habilitação exigidos no Edital e ou Aviso Específico.



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

14. DO RESULTADO DA LICITAÇÃO

14.1. Depois de avaliadas a aceitabilidade das propostas e a qualificação da empresa titular da melhor oferta, constatando-se o atendimento dos requisitos, a Pregoeira avisará às licitantes da decisão sobre a aceitação ou não das propostas e da habilitação, proclamando o resultado da licitação com a adjudicação do objeto ao ofertante da melhor proposta, mediante a inserção, na respectiva ata, das razões e fundamentos da decisão, dando aos participantes do certame a imediata intimação da decisão.

14.2. Declarado o vencedor da licitação e não havendo interposição de recurso, a Pregoeira fará a adjudicação do objeto ao vencedor, com imediata emissão da confirmação, que discriminará e documentará as condições específicas para a contratação.

15. DOS RECURSOS

15.1. *Antes* da data fixada para a abertura do pregão, quaisquer interessados poderão:

- solicitar **esclarecimentos**: por e-mail (compras@trespassos-rs.com.br) ou por escrito mediante protocolo diretamente com a Pregoeira, **até 03 (três) dias antes**;

- formular **IMPUGNAÇÃO** contra cláusulas, condições ou descrições do objeto do Edital: obrigatoriamente entregue a Pregoeira, pessoalmente ou encaminhada via Correios/Sedex, a Pregoeira, devendo esta ser entregue ao destinatário **até 02 dias antes**;

Obs.: a descrição do objeto e o preço estimado é de exclusiva responsabilidade do órgão/Secretaria solicitante, que será, neste prazo, intimada a prestar esclarecimentos, caso necessário, para consubstanciar a decisão da Pregoeira.

15.1.1. Havendo deferimento do pedido objeto do recurso que resulte em **alterações substanciais** nas cláusulas deste edital ou na descrição do objeto, esta decisão será publicada 24h antes da realização do pregão no endereço www.trespassos-rs.com.br no ícone LICITAÇÕES/2016. Tal circunstância poderá inviabilizar a realização do certame, que será designado para outra data.

15.2. Se o resultado da decisão não for aceito qualquer LICITANTE na mesma sessão de proclamação do vencedor da licitação, deverá manifestar imediata intenção de recorrer do ato decisório, devendo o fato ser devidamente consignado em ata, sob pena de preclusão.

15.2.1. A manifestação, necessariamente, explicitará motivação consistente e esta será liminarmente avaliada pela Pregoeira, o qual decidirá pela sua aceitação ou não.

15.2.2. Presentes os pressupostos da admissibilidade, a Pregoeira dará novamente por *suspensa a sessão*, concedendo ao interessado, na própria sessão, o prazo de 3(três) dias corridos para a apresentação às razões recursais. Na mesma oportunidade serão também intimados os demais participantes para, querendo, apresentar impugnações ao recurso, também em 3(três) dias, contados do término do prazo recursal concedido ao recorrente, com disponibilização imediata de vista do processo licitatório.

15.2.3. O recurso contra a decisão da Pregoeira não terá efeito suspensivo.



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

15.3. Os recursos deverão ser dirigidos à autoridade superior competente, por intermédio da que praticou o ato recorrido, e encaminhado à Secretaria de Finanças, Divisão de Compras e Licitações, da Prefeitura Municipal de Três Passos sito à Avenida Santos Dumont, 75, Centro, nesta cidade, para que proceda a sua entrega a Pregoeira responsável pela licitação.

15.4. Improvido o recurso e devidamente instruído com as razões da decisão, os autos serão remetidos à autoridade superior, que decidirá sobre a manutenção ou reforma desta decisão.

15.5. A inocorrência de imediata manifestação da LICITANTE quanto ao seu interesse de interpor recurso ou a sua apresentação sem quaisquer fundamentos, imotivado ou insubsistente, implicará na preclusão de seu direito de recorrer do ato decisório.

15.6. Não serão aceitos recursos interpostos através de e-mail ou Fax-símile, nem aqueles apresentados fora do prazo ou por quem não estiver legalmente habilitado para representar a empresa LICITANTE.

15.7. O acolhimento do recurso pela autoridade que prolatou a decisão importará na invalidação apenas dos atos não suscetíveis de aproveitamento.

16. DA HOMOLOGAÇÃO

16.1. Resolvido os recursos eventualmente formulados, ou na inexistência de recurso, a Pregoeira, fará a *adjudicação* dos itens objetos da licitação à licitante declarada vencedora, com posterior encaminhamento dos autos ao Prefeito Municipal de Três Passos, para *homologação* e decisão quanto à contratação, podendo, motivadamente, revogar a licitação por interesse público, ou anulá-la, se constatada irregularidade, inobservância aos termos do Edital ou ilegalidade no procedimento, sem que caiba desta decisão qualquer recurso por parte dos interessados ou de seus representantes legais.

16.2. A homologação da licitação é de responsabilidade da autoridade competente e só poderá ser realizada depois da adjudicação do objeto ao proponente vencedor pela Pregoeira, ou, quando houver recurso pela própria autoridade competente, que decidirá quanto à contratação.

17. CONDICÕES DA CONTRATAÇÃO

17.1. Após a Homologação da Licitação pela Autoridade Competente, será convocado o interessado, para no prazo de 05 dias proceder na assinatura do Contrato administrativo, nos moldes da *minuta constante no Anexo VII*, deste Edital, nos termos do art. 64º da Lei 8666/93.

17.2. A Adjudicatária *obriga-se*, além das obrigações a ela inerentes previstas no Edital, a:

I - Prestar a execução do contrato na forma ajustada, *vedada a subcontratação*, sem autorização prévia e por escrito da CONTRATANTE;

II - Atender aos encargos trabalhistas, previdenciários, fiscais e comerciais decorrentes da execução do objeto do presente Edital;



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

III - Responder pelas despesas resultantes de quaisquer ações, demandas decorrentes de danos, seja por culpa sua ou quaisquer de seus empregados e prepostos, obrigando-se, igualmente, por quaisquer responsabilidades decorrentes de ações judiciais de terceiros, que lhes venham a ser exigidas por força de Lei;

IV - Entregar os objetos nas quantidades e especificações previstas no Edital e Contrato;

V - Manter, durante toda a execução do contrato, em compatibilidade com as obrigações assumidas, todas as condições de habilitação e qualificação exigidas na licitação;

VI - Arcar com todas as despesas que decorrentes da efetiva prestação dos serviços, tais como taxas, impostos ou quaisquer outros acréscimos legais, que correrão por conta exclusiva do Contratado.

17.3. O adjudicatário deverá manter durante todo o período da contratação as condições de sua qualificação.

18. DAS SANÇÕES ADMINISTRATIVAS

18.1 Pela inexecução total ou parcial das obrigações assumidas, garantidas a prévia defesa e contraditório, a Administração poderá aplicar à CONTRATADA, as penalidades enunciadas no art. 87 da Lei Federal nº 8.666/93 com as alterações posteriores as seguintes sanções:

a) Advertência por escrito, quando a CONTRATADA praticar pequenas irregularidades; sendo que a penalidade de advertência poderá ser cumulada com a penalidade de multa.

b) 20% (vinte por cento) do valor total da contratação caso haja atraso superior a cinco dias na execução do contrato, configurando-se a inexecução parcial do contrato. Em caso de atraso superior a dez dias, configurar-se-á inexecução total.

c) 20% (vinte por cento) do valor total da contratação no caso da empresa não entregar todos os itens no prazo estipulado no edital, após cinco dias de atraso na execução do contrato.

d) Nos casos em que a empresa entregar os itens faltantes em prazo superior ao estipulado no edital, após a tolerância de cinco dias, também incidirá multa de 20% (vinte por cento) sobre o valor total da contratação.

e) as multas a que se referem os itens acima incidem sobre o valor total da contratação e poderão ser descontada de Faturas ou créditos existentes ou recolhida em até 5 (cinco) dias úteis na Tesouraria da Prefeitura Municipal, contados da ciência da empresa por carta registrada ou recebimento do *e-mail*, sob pena de inscrição em dívida ativa, depois de esgotados os recursos administrativos, respeitada a ampla defesa, caso o débito não seja quitado no prazo de sessenta dias;



Estado do Rio Grande do Sul
Município de Três Passos
Poder Executivo

LICITAÇÃO Nº 104/2016
PREGÃO PRESENCIAL Nº 67/2016
TIPO: MENOR PREÇO POR ITEM

f) Suspensão temporária de participação em licitação e impedimento de contratar com a Administração, pelo prazo de até 2 (dois) anos, caso haja inexecução parcial do contrato e pelo prazo de 5 (cinco) anos, se houver inexecução total;

g) Declaração de inidoneidade para licitar e contratar com a Administração Pública, enquanto perdurarem os motivos determinantes da punição ou, até que seja promovida a reabilitação, na forma da lei, perante a própria autoridade que aplicou a penalidade.

h) Pela inadequabilidade do(s) objeto(s) ou produto(s) entregue o fornecedor dos objetos sujeitar-se-á a multa de 10% (dez por cento) do valor dos objetos entregues inadequadamente.

i) Pela inexecução total do contrato ou por infração de qualquer outra cláusula contratual não prevista nos subitens anteriores, será aplicada multa de 25% (vinte e cinco por cento) do valor total contratado, comutável com as demais sanções, inclusive rescisão contratual se for o caso.

j) Pela recusa do adjudicatário em retirar e/ou assinar o instrumento contratual, este ficará sujeito ao pagamento de multa no valor de 10% (dez por cento) do valor total dos itens adjudicados, a título de indenização, com exceção dos casos fortuitos ou de força maior.

l) As penalidades previstas no item anterior não se aplicarão às LICITANTES remanescentes convocadas em virtude da não aceitação da primeira colocada, ressalvado o caso de inadimplemento contratual, após a contratação de qualquer das empresas.

18.2 As multas poderão ser reiteradas e aplicadas em dobro, sempre que se repetir o motivo de forma injustificada.

18.3 Na aplicação das penalidades previstas no Edital, o Município considerará, motivadamente, a gravidade da falta, seus efeitos, bem como os antecedentes da LICITANTE ou CONTRATADA, podendo deixar de aplicá-las, se admitidas as suas justificativas, nos termos do que dispõe o artigo 87, "caput", da Lei nº 8.666/93, observados os Princípios da Razoabilidade e da Proporcionalidade, por decisão motivada e fundamentada em processo administrativo.

18.4 As penalidades serão registradas no cadastro da CONTRATADA, quando for o caso.

18.5 Nenhum pagamento será efetuado enquanto pendente de liquidação qualquer obrigação financeira que for imposta ao fornecedor em virtude de penalidade ou inadimplência contratual.

18.6 Para fins do cálculo do valor da multa, os valores serão atualizados, de acordo com o INPC/IBGE, ou índice oficial, que venha a substituí-lo.

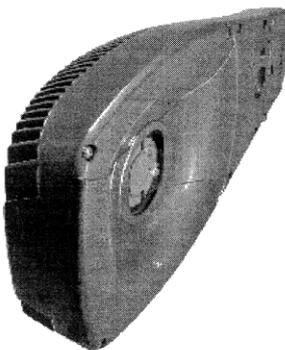
18.7 Esgotados todos os recursos, depois de notificado a LICITANTE ou CONTRATADA para o pagamento da multa, fica esta ciente que incidirão sobre o débito juros legais e correção monetária pelo INPC/IBGE até a quitação definitiva,

Zagone!®

Tecnologia eficiente

▶ MANUAL DO USUÁRIO

- ▶ Recomenda-se que a instalação seja feita por profissional qualificado.
- ▶ Leia atentamente e siga todas as instruções e recomendações descritas nesse manual.



SAC Zagone! Central de Atendimento
 (55) 49 3366-6000
 BR 282, Km 576,1, CEP 89.870-000 | Pinhalzinho-SC
 PRODUTO POR ELETRIO ZAGONE! LTDA - CNPJ 81.363.223/0001-54

PÚBLICA
ZL-3312

www.zagone!.com.br

FABRICADO NO BRASIL

Características Técnicas

Estrutura principal dissipador	Alumínio extrudado
Sistema de fixação para postes	Ø de 35 à 48mm
Fonte de Luz	LED COB (Chip on Board)
Ângulo de irradiação luminosa	80° x 140°
Fluxo Luminoso (Lumens)	14.619lm
Temperatura de cor	5.000K
Temperatura de operação	-30 à 50°C
Tensão de alimentação	100-250 V~, 50-60Hz, FP >0,98
Grau de Proteção	IP 66 (Conjunto Óptico e Driver), IP 44 (Invólucro)
IRC (Índice de Reprodução de Cor)	80
Reator externo	Não necessita
Driver incluso	Com sistema de proteção
Proteção	Sobrecorrente e sobretensão
Proteção	Vidro Borossilicato (Lente Batwing)*
Peso	5,195Kg
Vida útil do LED	50.000hs
Garantia	3 ANOS contra defeitos de fabricação

* É de suma importância que a região da lente (proteção) sobre o led tenha uma limpeza periódica, evitando assim um superaquecimento no led e garantindo vida útil.

CERTIFICADO DE GARANTIA

Zagone!

ATENÇÃO
 A Garantia do produto só será válida com este Certificado de Garantia devidamente preenchido, o qual deverá ser apresentado junto com a Nota Fiscal de compra do produto sempre que solicitado.

Nome: _____
 End. (Rua/Av.): _____
 Cidade: _____ CEP: _____
 UF: _____ Fone: _____ E-mail: _____

DADOS DA COMPRA
 Nº da Nota Fiscal: _____ Data da NF: _____
 Produto/Modelo: _____ Revendedor: _____
 Fone: _____ E-mail: _____

ANEXO C – LEIS, PORTARIAS E NORMAS APLICÁVEIS À LUMINARIA LED

LEIS, DECRETOS, PORTARIAS E NORMAS APLICÁVEIS À ILUMINAÇÃO VIÁRIA LED	DESCRIÇÃO
Lei Federal nº. 4.150/1962	Institui o regime obrigatório de preparo e observância das normas técnicas nos contratos de obras e compras do serviço público de execução direta, concedida, autárquica ou de economia mista, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas e dá outras providências.
Lei Federal nº. 5.194/1966	Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo e dá outras providências.
Lei Federal nº. 8.078/1990	Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências.
Lei Federal nº. 8.666/1993	Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.
Lei Federal nº. 10.295/2001	Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências.
Lei Federal nº. 12.305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.
Lei Federal nº. 12.349/2010	Altera as Leis nºs 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.958, de 20 de dezembro de 1994, e 10.973, de 2 de dezembro de 2004; e revoga o § 1º do art. 2º da Lei nº 11.273, de 6 de fevereiro de 2006.
Lei Federal nº. 12.529/2011	Estrutura o Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência; dispõe sobre a prevenção e repressão às infrações contra a ordem econômica; altera a Lei nº 8.137, de 27 de dezembro de 1990, o Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941 - Código de Processo Penal, e a Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985; revoga dispositivos da Lei nº 8.884, de 11 de junho de 1994, e a Lei nº 9.781, de 19 de janeiro de 1999; e dá outras providências.
Decreto Federal nº. 3.550/2000	Aprova o regulamento para a modalidade de licitação denominada pregão, para a aquisição de bens e serviços comuns.
Decreto Federal nº. 4.059/2001	Regulamenta a Lei nº. 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências.
Decreto Federal nº. 5.540/2005	Regulamenta o pregão, na forma eletrônica, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências.

Decreto Federal nº. 7.746/2012	Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP.
Decreto Federal nº. 7.892/2013	Regulamenta o Sistema de Registro de Preços previsto no art. 15 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993.
Portaria INMETRO nº. 20/2017	Regulamento técnico da qualidade para luminárias para iluminação pública viária.
ABNT NBR IEC/TS 62504:2013	Termos e definições para LED e os módulos de LED de iluminação geral.
ABNT NBR 15129:2012	Luminárias para iluminação pública - requisitos particulares.
ABNT NBR 16026:2012	Dispositivo de controle eletrônico c.c. ou c.a. para módulos de LED - requisitos de desempenho.
ABNT NBR 5101:2012	Iluminação pública – procedimento.
ABNT NBR 5123:1998	Relé fotoelétrico e tomada para iluminação - especificação e método de ensaio.
ABNT NBR 5461:1998	Iluminação – terminologia.
ABNT NBR IEC 60529:2011	Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP).
ABNT NBR IEC 60598-1:2010	Luminárias - parte 1: requisitos gerais e ensaios.
ABNT NBR IEC 61347-2-13:2012	Dispositivos de controle da lâmpada - parte 2-13: requisitos particulares de controle eletrônicos alimentados em c.c. ou c.a. para módulos de LED.
ABNT NBR IEC 62031:2013	Módulos de LED para iluminação em geral - especificações de segurança.
ANSI/NEMA/ANSLG C78.377/2015	<i>Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products.</i>
BS EN 55015:2013	<i>Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment.</i>
CIE 84:1989	<i>Measurement of Luminous Flux.</i>
CIE 13.4:1995	<i>Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources.</i>
ABNT NBR CISPR 15:2015	Limites e métodos de medição das radioperturbações características dos equipamentos elétricos de iluminação e similares.
IEC 61000-3-2:2014	<i>Electromagnetic compatibility (EMC). Limits for harmonic current emissions (equipment input current <16A per phase).</i>
ABNT IEC 61000-4-3:2014	Compatibilidade eletromagnética.
IEC 62722-2-1:2014	<i>Luminaire performance - part 2-1: particular requirements for LED luminaires.</i>

IES TM-21-11	<i>Projecting Long Term Lumen Maintenance of LED Light Sources.</i>
IESNA LM-79-08	<i>Electrical and Photometric Measurement of Solid State Lighting Products.</i>
IES LM-80-08	<i>Approved Method for Measurement Lumen Maintenance of LED Light Sources.</i>
ABNT NBR IEC 62262:2015	Graus de proteção assegurados pelos invólucros de equipamentos elétricos contra os impactos mecânicos externos (Código IK).
NBR IEC 61643:2007	Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão parte 1: dispositivos de proteção conectados a sistemas de distribuição de energia de baixa tensão - requisitos de desempenho e métodos de ensaio.

APÊNDICE A – ARTIGO PUBLICADO

- 1) **Diretrizes normativas e legais para aquisição de luminárias LED pelas administrações municipais em ambiente sustentável.** Funchal, R. S.; Dalla Costa, M. A. Artigo científico. 5º. Fórum Internacional Ecoinnovar. CCSH – Centro de Ciências Humanas. 1ª. Conferência Internacional de Sustentabilidade e Inovação (ISI). UFSM. 2016.

APÊNDICE B – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se o desenvolvimento de outros trabalhos com objetivo de continuar o estudo desenvolvido conforme segue:

- a) Aplicar a metodologia proposta para o Termo de Referência deste estudo em projetos de vias urbanas aperfeiçoando o trabalho conforme os resultados obtidos;
- b) Elaborar uma cartilha sobre a metodologia proposta para o Termo de Referência, servindo de orientação para os gestores municipais;
- c) Realizar estudos sobre formas de autofinanciamento via Contribuição de Iluminação Pública.
- d) Analisar o impacto da implantação da dimerização na iluminação viária.