

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

Geovani Corbellari

**SUBSTITUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO
MUNICÍPIO DE PRESIDENTE EPITÁCIO - SP PARA LUMINÁRIAS
DE LED.**

São Carlos
2018

Geovani Corbellari

**SUBSTITUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO
MUNICÍPIO DE PRESIDENTE EPITÁCIO – SP PARA LUMINÁRIAS
DE LED.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Elmer P. Tito Cari

São Carlos

2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

Corbellari, Geovani
C789s Substituição das luminárias de iluminação pública
do município de Presidente Epitácio - SP para
luminárias de LED / Geovani Corbellari; orientador
Elmer Pablo Tito Cari. São Carlos, 2018.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2018.

1. LED. 2. Iluminação pública. 3. Presidente
Epitácio. 4. Projeto luminotécnico. 5. DIALUX. I.
Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Geovani Corbellari

Título: "Substituição das luminárias de iluminação pública do Município de Presidente Epitácio - SP para luminárias de LED"

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 28/11/2018,

com NOTA 8,0 (oito, zero), pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Elmer Pablo Tito Cari - Orientador - SEL/EESC/USP

Prof. Associado José Carlos de Melo Vieira Júnior - SEL/EESC/USP

Mestre Alexandre Prodossimo Sohn - Doutorando - SEL/EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino

RESUMO

Corbellari, G. **SUBSTITUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE EPITÁCIO - SP PARA LUMINÁRIAS LED.** 2018.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

Neste trabalho é apresentado o plano de substituição das luminárias de iluminação pública do município de Presidente Epitácio, localizado no estado de São Paulo. O projeto trata da coleta de dados no município e escolha das luminárias utilizando o software *DIALUX*, além de procedimentos a serem realizados junto à concessionária. Apresentam-se conceitos técnicos sobre iluminação e um estudo sobre algumas características do município de Presidente Epitácio, como por exemplo, os aspectos sociais e econômicos da cidade. Após realiza-se o diagnóstico da situação da iluminação pública do município e em sequência elabora-se o projeto luminotécnico de todos os tipos de vias da cidade (arteriais, coletoras e locais) utilizando o software *DIALUX*. Realiza-se também uma análise técnico-econômica de viabilidade do projeto. Nesta análise o custo inicial para as trocas de todas as luminárias para LED foi de R\$11.088.891,00, o retorno financeiro será em 9 anos. Por fim, deseja-se que este trabalho como um todo sirva como material de apoio para estudantes, profissionais ou interessados que queiram se inteirar sobre os benefícios econômicos e visuais que as luminárias LED podem proporcionar.

Palavras-chave: luminárias LED, iluminação pública, *DIALUX*, Presidente Epitácio, projeto luminotécnico.

ABSTRACT

Corbellari, G. **REPLACEMENT OF PUBLIC LIGHTING LUMINAIRE OF PRESIDENT EPITÁCIO - SP SPACE FOR LED LUMINAIRES.** 2018. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

This work presents the replacement plan for public lighting fixtures in the municipality of Presidente Epitácio, located in the state of São Paulo. The project deals with the collection of data without reference and the choice of luminaires using DIALUX software, in addition to an analysis procedure with the concessionaire. Project presentations on the exhibit and some features of the state of Presidente Epitácio, such as the social and economic aspects of the city. After the diagnosis of the situation of the public illumination of the city and of the sequence, the lighting design of all types of city roads (arterial, collector and local) is made using DIALUX software. Carrying out a technical-economical feasibility analysis of the project. In this analysis, the initial cost of each LED luminaire was R \$ 11,088,891.00, the financial return will be 9 years. Finally, it is hoped that this work as a whole will serve as a support material for students, professionals or interested parties who want to find out about the economic and visual benefits that LED luminaires can provide.

Key words: LED luminaires, public lighting, DIALUX, President Epitácio, lighting design.

Lista de símbolos e siglas

DIALUX – Software de iluminação

PPP – Parceria PÚblico Privada

ENERGISA – Concessionário de energia elétrica

PDE – Plano Decenal de Energia

MME – Ministério de Minas e Energia

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

NBR – Norma Brasileira

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Cd/m² - Unidade de medida de luminância

U – Fator de uniformidade da iluminância

Uo – Fator de uniformidade global da luminância

UL - Fator de uniformidade longitudinal da luminância

Lm – Lúmen

W – Watts

Lm/W – Eficiência luminosa

IRC – Índice de Reprodução de Cor

K – Kelvin

Emédio – Iluminância média

Emín – Iluminância mínima

Lux ou Lm/m² - Unidade de medida de iluminância

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arranjo Unilateral das Luminárias	39
Figura 2 - Arranjo Bilateral Alternado das Luminárias	40
Figura 3 - Arranjo Bilateral Oposto das Luminárias	40
Figura 4 - Arranjo Empregado em Vias com Canteiro Central	41
Figura 5 - Pontos com cadastros de postes na região central (em verde, luminárias simples, vermelho, luminárias com 2 pétalas, azul, luminária com 4 pétalas e branco, postes sem luminária).	52
Figura 6 - Malha de medição dos pontos de iluminância	54
Figura 7 - Local de medição: Rua João Pessoa.....	55
Figura 8 - Malha de medição e os dados técnicos da Rua João Pessoa (avanço, espaçamento entre os postes, altura do poste e largura da faixa de rolamento).	56
Figura 9 - Malha de iluminância do passeio para a Via local Rua João Pessoa, gerada pelo <i>software</i>	57
Figura 10 - Mapa das linhas isográficas atual da Via local Rua João Pessoa.	57
Figura 11 Escolha das Características da Via.....	60
Figura 12 Escolha da Potência, Fluxo Luminoso e o Tipo de Lâmpada.....	61
Figura 13: Escolha das Características dos Postes.	62
Figura 14: Disposição dos postes na Av. Presidente Vargas com postes de 2 pétalas e canteiro central.....	63
Figura 15 – Malha de pontos com os valores das iluminâncias após a substituição para luminárias LED.....	64
Figura 16: Linhas isográficas de iluminância da Av. Presidente Vargas com 2 pétalas e lâmpada de LED de 15000 lúmens.	64
Figura 17: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Presidente Vargas com postes de 2 pétalas.	65
Figura 18– Localização do Município de Presidente Epitácio	77
Figura 19 - Informações sobre o Grupo Energisa	78
Figura 20 - Informações sobre o Grupo Energisa	80
Figura 21 - Curvas das projeções populacionais pelos métodos utilizados e informações do IBGE e SEADE	83
Figura 22 – Pontos com cadastros de postes no Parque O. Figueiral (em verde, luminárias simples, vermelho, luminárias com 2 pétalas, amarelo, luminária com 3 pétalas e branco, postes sem luminária).	87

Figura 23 – Pontos com cadastros de postes na agrovila 1	87
Figura 24 - Pontos com cadastros de postes na agrovila 2.....	88
Figura 25 - Pontos com cadastros de postes na região ao norte do município de Presidente Epitácio (em verde, luminárias simples, vermelho, luminárias com 2 pétalas e em branco, postes sem luminárias).	88
Figura 26 - Pontos com cadastros de postes na região de Campinal (em verde, postes com luminárias simples).	89
Figura 27 - Pontos com cadastros de postes no extremo norte do município de Presidente Epitácio (em verde, postes com luminárias simples).	89
Figura 28 - Pontos com cadastros de postes ao sul da região central do município de Presidente Epitácio (em verde, postes com luminárias simples, em azul, postes com 4 pétalas).....	90
Figura 29 - Local de medição: Rua Noel Rosa.....	93
Figura 30 - Malha de medição e os dados técnicos da via coletora Rua Noel Rosa (avanço, espaçamento entre os postes, altura do poste e largura da faixa de rolamento).	94
Figura 31 - Malha de iluminância do passeio para a Rua Noel Rosa, gerada pelo software.....	94
Figura 32 - Mapa das linhas isográficas atual da Rua Noel Rosa.	95
Figura 33 - Local de medição: Av. Presidente Vargas.	96
Figura 34 - Malha de medição e os dados técnicos da via arterial Avenida Presidente Vargas (avanço, espaçamento entre os postes, altura do poste e largura da faixa de rolamento).	97
Figura 35 - Malha de iluminância do passeio para a Av. Presidente Vargas, gerada pelo software.	97
Figura 36 - Mapa das linhas isográficas atual da Av. Presidente Vargas.....	98
Figura 37 – Vias arteriais do município de Presidente Epitácio.....	99
Figura 38 – Vias coletoras da região central do município de Presidente Epitácio.	102
Figura 39 – Via coletora da região de Campinal situada no município de Presidente Epitácio.	103
Figura 40 - Vias locais da região central do município de Presidente Epitácio. Em branco são as vias públicas, e em roxo, vias dentro de condomínio.....	106
Figura 41 – Vias locais da Agrovila 1.	107
Figura 42 – Vias locais da Agrovila 2.	107

Figura 43 - Vias locais da região ao norte do município de Presidente Epitácio. Em branco são as vias públicas, e em roxo, vias dentro de condomínio.....	108
Figura 44 - Vias locais da região ao extremo norte do município de Presidente Epitácio.	109
Figura 45 - Divisão por Áreas de Presidente Epitácio. Em marrom, a zona 1, em amarelo, a zona 2, em roxo, a zona 3 e em azul claro, a zona 4.	109
Figura 46 – Vias de expansão imediata do município de Presidente Epitácio.	112
Figura 47 - Exemplo de vias vicinais no município.....	113
Figura 48: Disposição dos postes na Av. Presidente Vargas com postes de 4 pétalas e canteiro central.....	115
Figura 49: Linhas isográficas de iluminância da Av. Presidente Vargas com 4 pétalas e lâmpada de LED de 9000 lúmens.	116
Figura 50: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Presidente Vargas com postes de 4 pétalas.	116
Figura 51: Disposição bilateral dos postes na Av. Tibiriçá, após a complementação do parque e a adequação da via a norma.....	117
Figura 52: Linhas isográficas de iluminância da Av. Tibiriçá com canteiro central e lâmpada de LED de 20000 lúmens.	118
Figura 53: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Tibiriçá com canteiro central.	118
Figura 54: Disposição dos postes na Av. Tibiriçá com postes unilaterais.	119
Figura 55: Linhas isográficas de iluminância da Av. Tibiriçá com postes unilaterais e lâmpada de LED de 15000 lúmens.	120
Figura 56: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Tibiriçá com postes unilaterais.	120
Figura 57: Disposição dos postes na Av. Marginal com postes unilaterais.	121
Figura 58: Linhas isográficas de iluminância da Av. Marginal com postes unilaterais e lâmpada de LED de 15000 lúmens.	122
Figura 59: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Marginal com postes unilaterais.	122
Figura 60: Disposição dos postes na Rua Nelson Weler com postes unilaterais.	123
Figura 61: Linhas isográficas de iluminância da Rua Nelson Weler com postes unilaterais e lâmpada de LED de 20000 lúmens.	124
Figura 62: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Rua Nelson Weler com postes unilaterais.....	124

Figura 63: Disposição dos postes na Av. Nishiro Shiguematsu com postes unilaterais.....	125
Figura 64: Linhas isográficas de iluminância da Av. Nishiro Shiguematsu com postes unilaterais e lâmpada de LED de 10000 lúmens.	126
Figura 65: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Nishiro Shiguematsu com postes unilaterais.....	126
Figura 66: Disposição dos postes na Rua Jucá Pitá com postes que possuem luminárias simples atualmente (fora da norma).....	127
Figura 67: Disposição dos postes na Rua Jucá Pitá após a complementação do parque e a adequação da via a norma.....	127
Figura 68: Linhas isográficas de iluminância da Rua Jucá Pitá com postes de 2 pétalas no canteiro central e lâmpada de LED de 8000 lúmens.	128
Figura 69: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes na Rua Jucá Pitá com postes de 2 pétalas.	128
Figura 70: Disposição dos postes na Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto com postes que possuem luminárias simples atualmente (fora da norma).....	129
Figura 71: Disposição dos postes na Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto após a complementação do parque e a adequação da via a norma.....	129
Figura 72: Linhas isográficas de iluminância da Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto com postes de 2 pétalas no canteiro central e lâmpada de LED de 9000 lúmens.	130
Figura 73: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes na Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto com postes de 2 pétalas.....	130
Figura 74: Disposição dos postes na Rua Noel Rosa com postes unilaterais.....	131
Figura 75: Linhas isográficas de iluminância da Rua Noel Rosa com postes unilaterais e lâmpada de LED de 10000 lúmens.	131
Figura 76: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Rua Noel Rosa com postes unilaterais.	132
Figura 77: Disposição dos postes na Rua Sebastião Novais com postes que possuem luminárias simples atualmente (fora da norma).....	133
Figura 78: Disposição dos postes na Rua Sebastião Novais após a complementação do parque e a adequação da via a norma.	133
Figura 79: Linhas isográficas de iluminância da Rua Sebastião Novais com postes de 2 pétalas no canteiro central e lâmpada de LED de 8000 lúmens.	134
Figura 80: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes na Rua Sebastião Novais com postes de 2 pétalas.	134

Figura 81: Disposição dos postes na Rua Rio Branco com postes unilaterais.....	135
Figura 82: Linhas isográficas de iluminância da Rua Rio Branco com postes unilaterais e lâmpada de LED de 10000 lúmens.....	135
Figura 83: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Rua Rio Branco com postes unilaterais	136
Figura 84 - Linhas isográficas de iluminância das vias locais da Área 1 com lâmpada de LED de 7000lúmens.....	137
Figura 85: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias locais da Área 1	138
Figura 86 - Linhas isográficas de iluminância das vias locais da Área 2 com lâmpada de LED de 7000 lúmens.....	139
Figura 87: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias locais da Área 2	139
Figura 88 - Linhas isográficas de iluminância das vias locais da Área 3 com lâmpada de LED de 8000 lúmens.....	140
Figura 89: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias locais da Área 3	141
Figura 90 - Linhas isográficas de iluminância das vias locais da Área 4 com lâmpada de LED de 7000lúmens.....	142
Figura 91: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias locais da Área 4	142
Figura 92: Disposição de instalação dos postes para as novas vias de expansão imediata (postes unilaterais).....	143
Figura 93 - Linhas isográficas de iluminância das vias de expansão imediata com lâmpada de LED de 7000lúmens.	143
Figura 94: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias de expansão imediata.....	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classe de iluminação para cada tipo de via.....	37
Tabela 2 - Iluminância média e mínima e uniformidade para cada classe de iluminação.....	37
Tabela 3 - Classe de Iluminação para cada tipo de via de pedestres	38
Tabela 4 - Iluminância média e mínima e uniformidade para cada classe de iluminação.....	38
Tabela 5 - Comparativo das características das luminárias mais utilizadas atualmente em iluminação pública no Brasil.....	47
Tabela 6 – Classificação das vias	50
Tabela 7 - Projeção Populacional de Presidente Epitácio.....	51
Tabela 8 - Iluminância médio (Em), Iluminância mínima (Emín) e Fator de Uniformidade (F.U..) da Rua João Pessoa.....	56
Tabela 9 - Classificação da Via local quanto à exigência da norma.....	58
Tabela 10 – Tabela resumo do quantitativo de luminárias atuais, após a complementação do parque, após a expansão imediata e após a expansão vegetativa até 2043 do Município de Presidente Epitácio.	66
Tabela 11 – Tabela resumo do quantitativo de luminárias atuais e após a complementação do parque do Município de Presidente Epitácio	67
Tabela 12- Horário do nascer e pôr do sol das estações do ano.	68
Tabela 13- Valores gastos com iluminação pública pela Prefeitura de Presidente Epitácio de abr/17 até mar/18.	69
Tabela 14- Quadro resumo geral da quantidade de luminárias e do custo da iluminação pública para cada cenário.	69
Tabela 15 - Tabela de retorno econômico com a troca das luminárias para LED...70	70
Tabela 16 - Evolução Populacional de Presidente Epitácio	79
Tabela 17 - Projeções populacionais pelos métodos utilizados e informações do IBGE e SEADE	82
Tabela 18 - Projeções para horizonte de projeto.....	83
Tabela 19 - Projeções para horizonte de projeto.....	84
Tabela 20 - Características das lâmpadas utilizadas atualmente no município de Presidente Epitácio.	91
Tabela 21 - Iluminância médio (Emédia), Iluminância mínima (Emín) e Fator de Uniformidade (Fator Uni.) da Av. Sebastião Menonça..	94

Tabela 22 - Classificação da Rua Noel Rosa quanto à exigência da norma.....	95
Tabela 23 - Iluminância médio (Emédia), Iluminância mínima (Emín) e Fator de Uniformidade (Fator Uni.) da Av. Presidente Vargas.	97
Tabela 24 - Classificação da Av. Presidente Vargas quanto à exigência da norma.	98
Tabela 25 - Tabela resumo das vias arteriais: extensões, largura da rua e quantidade de luminárias atual e após a complementação do parque.	100
Tabela 26 - Tabela geral das vias arteriais, antes e após a complementação do parque	101
Tabela 27 - Tabela geral das vias coletoras, antes e após a complementação do parque.	104
Tabela 28 - Tabela resumo das vias coletoras: extensões, largura da rua e quantidade de luminárias atual e após a complementação do parque.....	105
Tabela 29 - Tabela resumo das vias locais: extensões, largura da rua e quantidade de luminárias atual e após a complementação do parque.	110
Tabela 30 - Tabela geral das vias locais antes e após a complementação do parque	111
Tabela 31 - Quantidade de postes que deverão ser instalados nas vias de expansão imediata.....	112
Tabela 32 – Tabela resumo do diagnóstico.....	114
Tabela 33 - Cálculo aproximado da quantidade de postes que deverão ser instalados para a expansão vegetativa até o ano de 2043.....	145
Tabela 34 - Características técnicas para a instalação das lâmpadas de LED para a expansão vegetativa até o ano de 2043 da cidade de Presidente Epitácio.	145
Tabela 35 - Características técnicas de instalação das lâmpadas de LED para a expansão imediata de Presidente Epitácio.....	146
Tabela 36- Parque de luminárias do cenário base.	148
Tabela 37- Custo do cenário base sem dimerização.	148
Tabela 38- Custo do cenário base com dimerização.	149
Tabela 39 - Parque de luminárias do cenário 1.....	149
Tabela 40 - Custo do cenário 1 sem dimerização.	150
Tabela 41 - Custo do cenário 1 com dimerização.	150
Tabela 42 - Parque de luminárias do cenário 2.....	151
Tabela 43 - Custo do cenário 2 sem dimerização.	151

Tabela 44 - Custo do cenário 2 com dimerização.	152
Tabela 45 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2019.	152
Tabela 46 - Custo do cenário 3 até 2019 sem dimerização.	153
Tabela 47 - Custo do cenário 3 até 2019 com dimerização.	153
Tabela 48 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2023.	154
Tabela 49 - Custo do cenário 3 até 2023 sem dimerização.	154
Tabela 50 - Custo do cenário 3 até 2023 com dimerização.	155
Tabela 51 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2028.	156
Tabela 52 - Custo do cenário 3 até 2028 sem dimerização.	156
Tabela 53 - Custo do cenário 3 até 2028 com dimerização.	157
Tabela 54 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2033.	158
Tabela 55 - Custo do cenário 3 até 2033 sem dimerização.	158
Tabela 56 - Custo do cenário 3 até 2033 com dimerização.	159
Tabela 57 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2038.	159
Tabela 58 - Custo do cenário 3 até 2038 sem dimerização.	160
Tabela 59 - Custo do cenário 3 até 2038 com dimerização.	160
Tabela 60 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2043.	161
Tabela 61 - Custo do cenário 3 até 2043 sem dimerização.	161
Tabela 62 - Custo do cenário 3 até 2043 com dimerização.	162

Lista de gráficos

Gráfico 1 - Gráfico do fluxo de caixa acumulado x ano, nesse gráfico tem-se a economia acumulada com o passar dos anos. Obs: o retorno econômico se dará em 9 anos. 71

Gráfico 2 - Gráfico do fluxo de caixa x ano, nesse gráfico tem-se o quanto de economia a prefeitura terá em cada ano, após a substituição das luminárias por LED. 71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	27
1.1 Gestão energética	28
1.2 Impacto da utilização das lâmpadas de LED	30
1.3 Evolução da iluminação pública no mundo e no Brasil.....	30
1.4 Iluminação pública no Brasil	30
1.5 Situação da iluminação pública Brasileira	32
1.6 Objetivos do TCC	32
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	33
2.1 Iluminância	33
2.2 Luminância	34
2.3 Uniformidade de Iluminação	34
2.4 Incremento de Limiar (TI)	34
2.5 Índice de reprodução da cor	35
2.6 Classificação das vias segundo o Código de Trânsito Brasileiro.....	35
2.7 Classe de iluminação de acordo com a descrição das vias.....	36
2.8 Topologia de Iluminação Viária	38
2.9 Altura de montagem	41
2.10 Espaçamento.....	41
2.11 Avanço.....	41
2.12 Poluição luminosa.....	41
2.13 Compatibilidade com arborização.....	42
2.14 Ofuscamento	42
2.15 Características das lâmpadas	43
2.15.1 Lâmpada de vapor de mercúrio.....	43
2.15.2 Lâmpada de vapor de sódio.....	44
2.15.3 Lâmpada mista.....	44
2.15.4 Lâmpada de vapor metálico.....	45
2.15.5 Lâmpadas Fluorescentes	45
2.15.6 Lâmpadas de LED.....	46

3. METODOLOGIA E DIAGNÓSTICO	49
3.1 Caracterização populacional da cidade de Presidente Epitácio.....	50
3.2 Levantamento da rede de iluminação pública de Presidente Epitácio.....	51
3.3 Classificação das vias	52
3.4 Medições de Iluminância	53
3.4.1 Rua João Pessoa - local	55
4. PROJETO LUMINOTÉCNICO.....	59
4.1 Metodologia	59
4.2 Solução luminotécnica: Exemplo da Av. Presidente Vargas	63
4.2.1 Av. Presidente Vargas com 2 petalas e canteiro central.	63
4.3 Proposta	65
4.4 Cenários do projeto luminotécnico.....	68
4.4.1 Quadro resumo geral do custo para todos os cenários	68
4.5 Manutenção	72
5. CONCLUSÃO	73
6. BIBLIOGRAFIA	75
APÊNDICE I – CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DO PROJETO.....	77
APÊNDICE II – GEOREFERENCIAMENTO DOS POSTES.....	87
APÊNDICE III – DIAGNÓSTICO GERAL DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO MUNICÍPIO.....	93
APÊNDICE IV – CARACTERÍSTICAS DAS VIAS DO MUNICÍPIO.....	99
APÊNDICE V – PROJETO LUMINOTÉCNICO.....	116
APÊNDICE VI – CUSTOS DOS CENÁRIOS APÓS A SUBSTITUIÇÃO DAS LUMNIÁRIAS PARA LED.....	147

1. INTRODUÇÃO

A iluminação pública além de estar ligada à segurança pública, tem como objetivos proporcionar maior segurança no tráfego, a diminuição da criminalidade, o embelezamento municipal e destacar e valorizar monumentos respeitando a norma brasileira de iluminação pública NBR 5101:2012.

Segundo a CIE (Comission Internationale de l'Eclairage), duas grandes áreas devem ser enfatizadas para o desenvolvimento harmonioso dos projetos: a interação entre iluminação para veículos e pedestres, levando em conta conforto, segurança, preservação do meio ambiente e eficiência energética. A norma brasileira referente à iluminação pública, NBR 5101:2012, classifica as vias públicas baseando-se no seu uso principal (trânsito de veículos, pedestres, área de comércio, etc.).

Condições de pouca ou má iluminação reduzem as informações que chegam ao cérebro humano o que dificulta a visualização dos transeuntes pelo motorista e também do reconhecimento de pessoas a distâncias razoáveis (entre 3 e 10 metros).

A partir das diretrizes do Plano de Desenvolvimento de Iluminação Pública (PDIP) o Projeto de Iluminação é desenvolvido. Ele possui um planejamento de longo prazo (cerca de 25 anos). O seu produto final define precisamente o número de luminárias, sua localização, detalhes de montagem, ângulos de facho luminoso e temperatura de cor de cada lâmpada a ser instalada. (https://www.fne.org.br/upload/documentos/projetos/iluminacao-publica/desenvolvimento_i_p_no_brasil_-_luciano_haas_rosito.pdf - acessado em 30 de agosto de 2018)

“O Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semaforica Eficientes, atualmente denominado PROCEL RELUZ, foi instituído em 2000 pela ELETROBRAS, com o apoio do Ministério de Minas e Energia, e implementado pelas concessionárias de energia elétrica com a participação das prefeituras e governos estaduais.

O PROCEL RELUZ tem por objetivo promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de Iluminação Pública e sinalização semafórica, bem como a valorização dos espaços públicos urbanos, melhorando a segurança da população.

Os tipos de projetos realizados são:

- Melhoria dos Sistemas de Iluminação Pública Existentes;
- Expansão dos Sistemas de Iluminação Pública;
- Remodelagem dos Sistemas de Iluminação Pública;
- Melhoria dos Sistemas de Sinalização Semafórica;
- Iluminação Especial (Destaque de praças, monumentos, fachadas, etc);
- Iluminação de Espaços Públicos Esportivos;
- Inovação Tecnológica na Iluminação Pública. “

(<https://www.eletrobras.com/pci/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID6C524BD8642240ECAD7DEF8CD7A8C0D9PTBRIE.htm>-acessado em 10 de agosto de 2018)

A prefeitura de Presidente Epitácio abriu uma licitação com o intuito de fazer a remodelagem do sistema de iluminação pública do município. Com o objetivo de substituir as lâmpadas atualmente utilizadas pela tecnologia LED. Uma vez a empresa na qual o aluno Geovani Corbellari, na época estagiário, tornando-se responsável pelo projeto, permitiu-se que o autor deste trabalho elaborasse o mesmo.

1.1 Gestão energética

Por definição, gestão energética municipal consiste no conhecimento, planejamento e gerenciamento do uso da energia elétrica de forma eficiente nos centros de consumo dos Municípios - iluminação pública, prédios públicos e sistemas de saneamento. Esse processo de trabalho permite aos municípios, como resultado do conhecimento e adequado gerenciamento do consumo de energia, atingir metas de economia, resultando em redução da energia elétrica que se

constitui geralmente a segunda maior despesa nos orçamentos municipais. (<http://www.ibam.org.br/projeto/14> – acessado em 25 de agosto de 2018)

O Brasil, com seu histórico de apagões que o atingiram no decorrer do ano de 2001, notou a importância de uma gestão energética de qualidade, com objetivo de contornar tais tipos de transtornos. As estratégias e diretrizes para o desenvolvimento e a expansão da demanda e oferta de recurso nos próximos dez anos são definidas no Plano Decenal de Energia (PDE), documento elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), nos quais estão previstos investimentos e fontes de energia que apoiarão o crescimento da economia no período. (<http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Projeções.pdf> – acessado em 02 de setembro de 2018)

A gestão energética, em relação à iluminação pública, é dividida em duas etapas: a primeira, que se baseia em um levantamento situacional da cidade a ser analisada; e a segunda, na qual é traçado o Plano Municipal e estruturado o termo de referência técnico.

O Levantamento Situacional inicia-se com o diagnóstico da gestão energética, identificando a hierarquização empregada e o modelo de gestão adotado na localidade. Propõe-se, então, uma nova alternativa, com objetivo de reduzir os custos operacionais e o consumo de energia (eficientização). O foco principal é o bem-estar do cidadão, a partir do fomento da segurança pública e da utilização da iluminação como fator de transformação social; em consequência do projeto luminotécnico personalizado, surge a marca visual da cidade.

Já o Plano Municipal é o documento com o projeto de modificação da iluminação pública. Nele deve conter a apresentação da situação atual no município, além de todo o procedimento de instalação e gestão do sistema proposto.

1.2 Impacto da utilização das lâmpadas de LED

Com a constante necessidade de melhorar o sistema de iluminação pública, considerando-se custos e desempenho, a utilização das luminárias LED, além de apresentam-se um consumo na ordem de 40 a 60% inferior às tradicionais luminárias (vapor de mercúrio em alta pressão, vapor de sódio de alta pressão, Incandescente, vapor metálico, fluorescente de indução magnética), pode ter uma duração de até 65 mil horas. Esses valores de consumo e de durabilidade representam para órgãos responsáveis pela iluminação pública uma economia de energia elétrica e redução de custos na troca e manutenção de luminárias, tornando-se assim atrativo o uso de luminárias LED na iluminação pública. ”

1.3 Evolução da iluminação pública no mundo e no Brasil

O primeiro registro de iluminação pública data de 1417, em Londres, quando lanternas foram colocadas em pontos diferentes da cidade. Em Paris, dois séculos depois, luzes foram colocadas nas janelas das casas, voltadas para a rua, com o intuito de diminuir a criminalidade. Ainda em Paris, em 1763, foi utilizado o *reverbere*, um refletor metálico que permite o reconhecimento de uma pessoa a 30 passos de distância; e em 1777, a estrada para Versailles foi iluminada permanentemente à noite. (Mascaro, Lucia Elvira Alicia Raffo de. "A iluminação do espaço urbano." *Arqtexto. n. 8* (2006), p. 20-27 (2006).)

1.4 Iluminação pública no Brasil

Já no Brasil, foi no fim do século XVIII que foram identificadas as primeiras referências de iluminação pública: lampadários suspensos em frente a igrejas e capelas, em sua maioria, para iluminar as imagens dos santos. Esta era a única iluminação noturna na cidade do Rio de Janeiro, ao se tornar capital da colônia em 1763. ((Mascaro, Lucia Elvira Alicia Raffo de. "A iluminação do espaço urbano." *Arqtexto. n. 8* (2006), p. 20-27 (2006).))

Somente a partir de 1794 a iluminação pública passou a ser subsidiada pelo poder público e sua base era formada por óleos vegetais e animais, como o da baleia. Com a chegada da família real no Rio de Janeiro, no ano de 1808, a

infraestrutura da cidade precisou passar por alterações para oferecer melhores condições à corte que ali se estabelecia. Foram instalados lampiões na região central (residência oficial de D. João VI) juntamente com a estrada que lhe dava acesso. ((Mascaro, Lucia Elvira Alicia Raffo de. "A iluminação do espaço urbano." *Arqtexto*. n. 8 (2006), p. 20-27 (2006).))

Em 1851, o governo imperial assinou um contrato de concessão do serviço de gás iluminante, em substituição à iluminação à base de óleo de peixe utilizada até então. O contratado, Barão de Mauá, instalou na região a usina de processamento de carvão mineral. Três anos depois foi inaugurada a usina, com as devidas tubulações e equipamentos. O Rio de Janeiro tornou-se, então, a primeira cidade da América do Sul a receber iluminação pública a gás. (DA SILVA, Lourenço Lustosa Fróes; LUSTOSA, Lourenço. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos energéticos e institucionais**. 2006. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.)

Sob a gestão do prefeito Pereira Passos, no início do século XX, o Rio de Janeiro sofreu a remodelação quase completa nos aspectos da modernização, embelezamento e saneamento, seguindo o que o prefeito parisiense George Haussmann fez na capital francesa no fim do século XIX. No aspecto da iluminação, a cidade recebeu a implantação da energia elétrica, de forma que passou a coexistir, na área central, a iluminação a gás e a elétrica. (DA SILVA, Lourenço Lustosa Fróes; LUSTOSA, Lourenço. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos energéticos e institucionais**. 2006. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.)

Tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, pesquisas foram desenvolvidas para encontrar novas soluções para a iluminação das cidades, utilizando-se da eletricidade como fonte de energia. No Brasil, a partir de 1879, foram utilizadas as lâmpadas então desenvolvidas, que ganharam espaço no cenário nacional. Com o acordo celebrado entre o Distrito Federal e a empresa Light, em 1905, impulsionou-se a iluminação elétrica. A empresa passou a assumir a responsabilidade pela produção, transmissão e distribuição da energia gerada por força hidráulica. (DA SILVA, Lourenço Lustosa Fróes; LUSTOSA, Lourenço. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos**

energéticos e institucionais. 2006. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.)

Os investimentos no setor energético asseguraram a expansão da iluminação pública e a disponibilização da eletricidade para uso doméstico e industrial. A iluminação elétrica expandiu-se pelo Brasil, onde a lâmpada incandescente encontrou enorme campo de aplicação. (DA SILVA, Lourenço Lustosa Fróes; LUSTOSA, Lourenço. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos energéticos e institucionais.** 2006. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.)

1.5 Situação da iluminação pública Brasileira

A iluminação pública representa 4% do consumo de energia elétrica no Brasil, de acordo com os dados do CREA – PR (CREA-PR, 2016, série de cadernos técnicos da agenda parlamentar iluminação pública do Paraná), decorrentes dos mais de 13 milhões de pontos de iluminação pública cadastrados no país.

Os dados sobre os tipos e quantidades de lâmpadas instaladas nos sistemas de iluminação pública têm como fonte o Cadastro do Sistema Nacional de Iluminação pública da ELETROBRÁS.

Nota-se que a participação das lâmpadas de LED na iluminação pública – mesmo ganhando expressividade nos últimos anos – ainda é pequena frente outras tecnologias mais antigas, pois atualmente o custo de uma lâmpada LED é bem superior ao de uma lâmpada de vapor de mercúrio, vapor de sódio, vapor metálico etc.

1.6 Objetivos do TCC

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é de fazer um estudo técnico-financeiro da substituição das trocas das luminárias existentes atualmente no município de Presidente Epitácio para luminárias LED, mostrando os benefícios e a viabilidade econômica ao fazer a troca das luminárias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentadas algumas definições que serão utilizadas neste projeto, em concordância com a Norma NBR 5101:2012, trata da Iluminação Pública e os referidos procedimentos. As seguintes normas brasileiras, que abrangem os componentes principais dos sistemas de iluminação pública:

- NBR 5101 - Iluminação Pública - Procedimento;
- NBR-IEC 60598 - Luminárias para iluminação pública - Requisitos particulares;
- NBR-IEC 662 - Lâmpadas Vapor de Sódio Alta Pressão;
- NBR-IEC 188 - Lâmpadas Vapor de Mercúrio Alta Pressão;
- NBR-IEC 1167 - Lâmpadas Multi Vapor Metálico;
- NBR 13.598 - Reatores e Ignitores para Lâmpadas VSAP;
- NBR 5125 - Reatores para Lâmpadas VMAP;
- NBR 5123 - Relé Fotoelétrico.

Os principais conceitos técnicos relacionados à iluminação são apresentados na sequência.

2.1 Iluminância

É a quantidade de luz, ou fluxo luminoso, que incide sobre um ponto de superfície e a área dessa superfície. Está relacionada, também, com a forma como os seres humanos percebem o brilho de uma área iluminada.

Sua unidade é o lux (lx) ou lúmen/m² e independe da direção de onde o fluxo luminoso atinge a superfície.

Para se ter uma ideia dos valores de níveis de lux aplicados, seguem alguns exemplos práticos:

- Verão ao meio dia, sob céu limpo: 100.000 lux;
- Iluminação pública: 5 a 30 lux;
- Lua cheia, numa noite de céu limpo: 0,25 lux.

2.2 Luminância

Já a luminância descreve a quantidade de emissão de luz, que passa através ou é refletida a partir de uma superfície em particular em certo ângulo. Indica, também, o quanto de energia luminosa pode ser percebida pelo olho humano, ou seja, a luminância indica o brilho da luz emitida ou refletida de uma superfície.

No Sistema Internacional (SI), a unidade da luminância é candela por metro quadrado (cd/m^2).

2.3 Uniformidade de Iluminação

A qualidade da iluminação proporcionada é um parâmetro de grande valia nos sistemas de iluminação, que salta de imediato à vista dos usuários. A uniformidade se trata da distribuição equivalente de luz nas superfícies horizontal e vertical nas diversas zonas.

Pode se referir a três grandezas diferentes:

- Fator de uniformidade da Iluminância (em determinado plano): u - razão entre a iluminância mínima e a média em um plano;
- Fator de uniformidade global: uo : razão entre a luminância mínima e a média em um plano;
- Fator de uniformidade longitudinal: ul : razão entre a luminância mínima e a máxima ao longo das linhas paralelas ao eixo longitudinal da via em um plano.

2.4 Incremento de Limiar (TI)

É a limitação do ofuscamento perturbador ou inabilitador nas vias públicas, que afeta a visibilidade dos objetos. O seu valor, em %, baseia-se no incremento

necessário da luminância de uma via para tornar visível um objeto que se tornou invisível devido ao ofuscamento inabilitador provocado por luminárias.

2.5 Índice de reprodução da cor

É a quantificação da comparação da cor de uma determinada fonte de luz artificial com a luz natural. É medido numa escala de 1 a 100 - quanto mais alto o índice, melhor a reprodução das cores.

2.6 Classificação das vias segundo o Código de Trânsito Brasileiro

As vias urbanas, caracterizadas pela existência de construções às suas margens, podem ser assim subdivididas:

(<http://www.transitoideal.com/pt/artigo/2/passageiro/86/classificacao-das-vias>)

- Via de trânsito rápido: caracterizada por acessos especiais com trânsito livre, sem interseções em nível, sem acessibilidade direta aos lotes lindeiros e sem travessia de pedestres em nível, com velocidade máxima de 80 km/h;
- Via arterial: caracterizada com interseções em nível, geralmente controlada por semáforo, com acessibilidade aos lotes lindeiros e às vias secundárias e locais, possibilitando trânsito entre as regiões da cidade, com velocidade máxima de 60 km/h;
- Via coletora: destinada a coletar e distribuir o trânsito que tenha necessidade de entrar ou sair das vias de trânsito rápido ou arteriais, possibilitando o trânsito dentro das regiões da cidade, com velocidade máxima de 40 km/h;
- Via local: permite acesso às edificações e a outras vias urbanas, com grandes acessos e pequeno volume de tráfego. Interseções de nível não semaforizadas, destinadas apenas ao acesso local ou a áreas restritas, com velocidade média de 30 km/h;

Já as vias rurais são as estradas de rodagem, que nem sempre apresentam tráfego motorizado exclusivamente. São assim divididas:

- Rodovias: vias para tráfego motorizado, são pavimentadas, podendo ou não conter acostamentos e há tráfego de pedestres;

- Estradas: vias para tráfego motorizado, podendo ou não conter acostamentos e há tráfego de pedestres. Pode apresentar trechos classificados como urbanos. Não é pavimentada.

2.7 Classe de iluminação de acordo com a descrição das vias

Para projetos de iluminação de logradouros, como ruas, avenidas, praças, passeios, etc., deverão ser utilizados os parâmetros técnicos da NBR 5101:2012 aqui considerados apenas pelo método da iluminância, único passível de aferição nesta escala, com a instituição de um critério simplificado de classificação de vias públicas para tráfego de veículos e pedestres e índices de iluminação baseados em classes, conforme indicado na Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4 a seguir.

Os conjuntos de requisitos fotométricos que apontam para as necessidades de visibilidade dos utilizadores definem a classe de iluminação. Essas classes são definidas para cada tipo de rua, estrada e área frequentada.

As recomendações de iluminação são divididas em classes para veículos (V1 a V5) e para pedestres (P1 a P4), de acordo com a NBR 5101:2012. As classes são selecionadas de acordo com a função da via, densidade de tráfego, complexidade e separação do tráfego, além da existência ou não de facilidades para seu controle (como sinais).

Nas tabelas a seguir estão indicadas, além da descrição de cada tipo de via (Tabela 1 e Tabela 3) e também as características luminosas mínimas exigidas para cada uma delas (Tabela 2 e Tabela 4).

Tabela 1 - Classe de iluminação para cada tipo de via.

Descrição da Via	Classe de Iluminação
Vias de Trânsito Rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamento em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; autoestradas.	
Volume de Tráfego Intenso	V1
Volume de Tráfego Médio	V2
Vias Arteriais; vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; vias de mão dupla com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; via rurais de mão dupla com separação por canteiro.	
Volume de Tráfego Intenso	V1
Volume de Tráfego Médio	V2
Vias Coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado.	
Volume de Tráfego Intenso	V2
Volume de Tráfego Médio	V3
Volume de Tráfego Leve	V4
Vias locais; vias de conexões menos importantes; vias de acesso residencial.	
Volume de Tráfego Médio	V4
Volume de Tráfego Leve	V5

Fonte: NBR 5101:2012

Tabela 2 - Iluminância média e mínima e uniformidade para cada classe de iluminação.

Classe de Iluminação	Iluminância média mínima	Fator de uniformidade mínimo
V1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Fonte: NBR 5101:2012

Tabela 3 - Classe de Iluminação para cada tipo de via de pedestres

Descrição da Via	Classe de Iluminação
Vias de uso noturno intenso por pedestres (ex: calçadões, passeios de zonas comerciais).	P1
Vias de grande tráfego noturno por pedestres (ex: passeios de avenidas, praças e áreas de lazer).	P2
Vias de uso noturno moderado por pedestres (ex: passeios e acostamentos)	P3
Vias de pouco uso por pedestres (ex: passeios de bairros residenciais)	P4

Fonte: NBR 5101:2012

Tabela 4 - Iluminância média e mínima e uniformidade para cada classe de iluminação.

Classe de Iluminação	Iluminância horizontal média	Fator de uniformidade mínimo
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

Fonte: NBR 5101:2012

2.8 Topologia de Iluminação Viária

Com os níveis luminotécnicos definidos, devem-se especificar/analisar os materiais a serem utilizados e a topologia da distribuição dos pontos de iluminação. Além de observar os valores mínimos exigidos para cada situação acima apresentada nas tabelas 1, 2, 3 e 4, essa disposição não pode perder de vista os custos envolvidos e, principalmente, a diversidade construtiva local (estradas, marquises, prédios, arborização, etc.).

Na sequência, estão apresentados os arranjos comumente encontrados nas montagens de pontos de iluminação das vias.

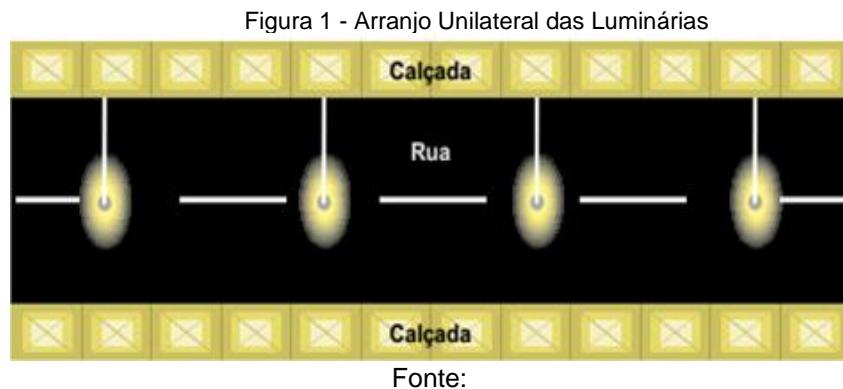
O arranjo unilateral é o mais comumente utilizado, atendendo geralmente vias coletoras e locais, com largura máxima da pista de rolante igual ou menor que 9 metros, com tráfego motorizado de leve a médio. Essa configuração é apresentada na Figura 1.

O bilateral alternado é geralmente utilizado em vias com tráfego motorizado intenso, em uma largura de pista de rolamento de até 16 metros (Figura 2). Já para vias com o mesmo tráfego, mas com largura de pista podendo chegar até 18 metros, costuma-se empregar o arranjo unilateral oposto, mostrado na Fonte:

[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/\\$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf)

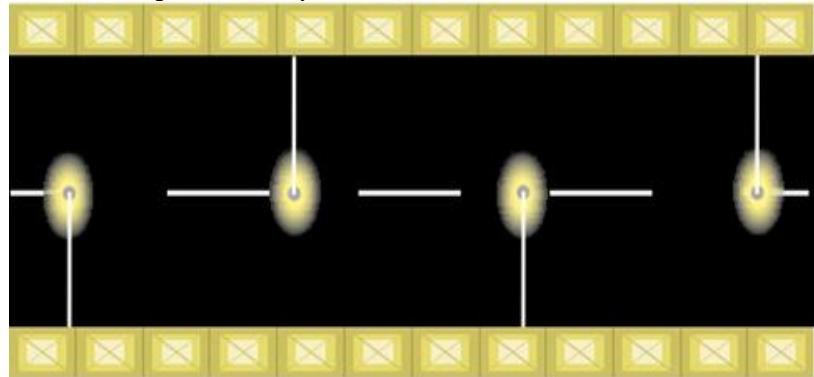
Figura 3.

Uma alternativa que pode ser usada para vias com canteiro central é a apresentada na Figura 4.



[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/\\$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf)

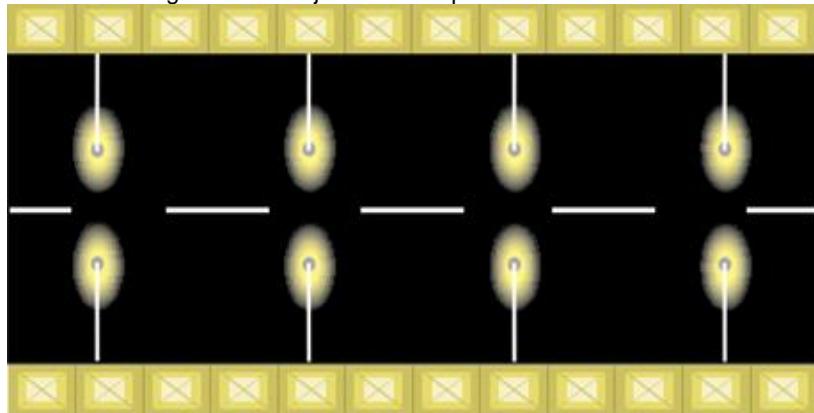
Figura 2 - Arranjo Bilateral Alternado das Luminárias



Fonte:

[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/\\$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf)

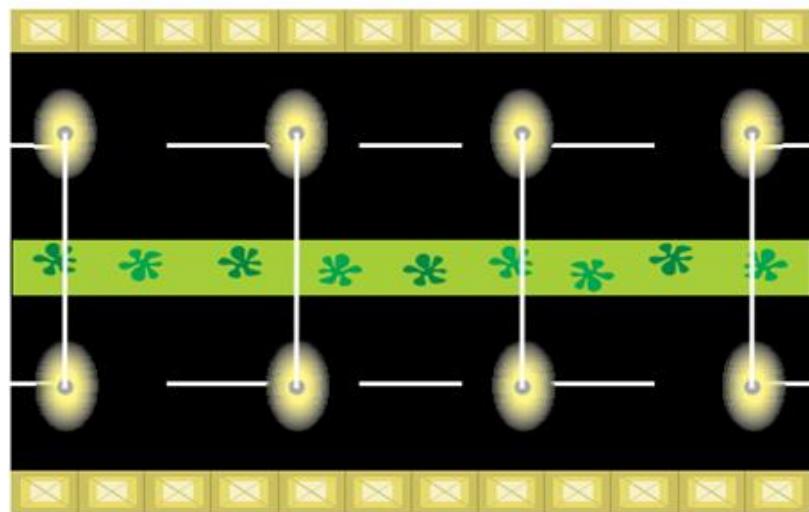
Figura 3 - Arranjo Bilateral Oposto das Luminárias



Fonte:

[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/\\$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf)

Figura 4 - Arranjo Empregado em Vias com Canteiro Central



Fonte:

[http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/\\$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf)

2.9 Altura de montagem

Altura de montagem é a distância vertical entre a superfície da rodovia e o centro aparente da fonte de luz ou luminária.

2.10 Espaçamento

Espaçamento é a distância entre sucessivas unidades de iluminação, medida paralelamente ao longo da linha longitudinal da via.

2.11 Avanço

Avanço é a distância transversal entre o meio-fio ou acostamento da rodovia e a projeção do centro de luz aparente da luminária.

2.12 Poluição luminosa

As luminárias de iluminação pública direcionam a luz emitida pela lâmpada para o plano de trabalho, ou seja, a superfície das vias públicas. Contudo, parte dessa luz sofre dispersão para a região superior à luminária e para as partes

laterais. Quanto mais eficiente uma luminária é, mais ele direciona luz para o plano de trabalho, reduzindo espalhamentos, que não resultam em um serviço útil.

A luz intrusa, que é a luz espalhada para as laterais e que invade locais adjacentes ao ponto luminoso, pode causar desconforto em edificações, que são então privadas de escuridão absoluta. Essa luz também pode causar a falsa impressão de claridade natural em ecossistemas, levando a um desequilíbrio natural.

2.13 Compatibilidade com arborização

Para permitir uma melhor convivência entre iluminação pública e a arborização, a norma NBR 5101 apresenta uma equação que pode ser usada para desobstruir a iluminação na via. Equação essa que considera os ângulos de máxima incidência de luz nas luminárias e os sentidos longitudinal e transversal à via, a sua altura de montagem e a distância da árvore: (Norma NBR 5101)

$$Z = H - (A \times D) \quad (1)$$

Onde:

- Z é a altura mínima de um galho;
- H é a altura de montagem da luminária;
- A é o ângulo de máxima incidência de luz;
- D é a distância mínima do galho de menor altura.

2.14 Ofuscamento

Ofuscamento é o efeito de “cegueira” momentânea ao olhar diretamente para a luz que vem na direção dos olhos. É o resultado da luz indesejada no campo da visão, geralmente causada pela presença de fontes luminosas excessivamente brilhantes. Causa desconforto e redução da capacidade visual.

Segundo a ABNT ISO CIE 8995, ele pode ser dividido nas seguintes categorias:

- Ofuscamento direto, devido a uma fonte luminosa situada na mesma ou aproximadamente na mesma direção do objeto observado;
- Ofuscamento indireto, devido a uma fonte luminosa situada numa direção diferente daquela do objeto observado;
- Ofuscamento por reflexão, produzido por reflexões especulares provenientes de fontes luminosas, especialmente quando as imagens refletidas aparecem na mesma ou aproximadamente na mesma direção do objeto observado.

2.15 Características das lâmpadas

A partir do subitem 2.15.1 até o 2.15.6 estão caracterizados os tipos de lâmpadas que atualmente são utilizadas na iluminação pública.

2.15.1 Lâmpada de vapor de mercúrio

A lâmpada de vapor de mercúrio emite uma luz de aparência branco-azulada, com emissão na região visível dos comprimentos de onda do amarelo, verde e azul, faltando, porém, a radiação vermelha. O rendimento luminoso varia de 36 lm/W a 60 lm/W.

No caso da lâmpada de 400W, metade dessa potência é transformada em radiação. Uma parte desta radiação encontra-se na parte visível do espectro (cerca de 6500 lúmens), outra parte na zona ultravioleta (73W) e outra ainda na zona dos infravermelhos (6500 lúmens). Através do emprego de uma fina camada de pó fluorescente na superfície interna do invólucro exterior, parte da radiação ultravioleta é convertida em radiações visíveis. Além disso, uma parte da radiação visível gerada pela descarga é absorvida pela substância fluorescente. O índice de reprodução de cores (IRC de 40 a 57) mantém-se, portanto, pouco expressivo.

A principal vantagem da lâmpada de vapor de mercúrio é a sua longa duração de vida média (de 11.000 a 12.000 horas) e o seu preço relativamente baixo,

quando comparado com outras lâmpadas de descarga de alta pressão, como a de vapor de sódio e vapor metálico.

Observa-se que esse tipo de lâmpada tem uma baixa eficiência luminosa, pois cerca de metade da potência é transformada em radiação e somente a outra metade é convertida em luminosidade.

De acordo com a prefeitura de Presidente Epitácio a lâmpada de vapor de mercúrio é muito pouco utilizada na iluminação pública da cidade, são utilizadas apenas 7 unidades.

2.15.2 Lâmpada de vapor de sódio

As lâmpadas de vapor de sódio possuem rendimentos luminosos de até 120 lm/W, com uma temperatura de cor 1900 a 2500K. Tal como a lâmpada de vapor de mercúrio de 400W, também na lâmpada de vapor de sódio de mesma potência, metade desta é convertida em radiação.

Mas enquanto a energia da radiação visível obtida é de cerca de 60 W na descarga de vapor de mercúrio, no caso da presente lâmpada é o dobro, cerca de 120 W. Além disso, esta radiação apresenta uma cor amarelo alaranjada característica, que a torna mais sensível à nossa vista.

O preço da lâmpada de vapor de sódio é um pouco mais elevado do que a de vapor de mercúrio, porém ela possui um rendimento bem melhor. As lâmpadas de vapor de sódio são as opções mais usadas na rede de iluminação pública da cidade, segundo informações da Prefeitura, chegando a quase 100%.

2.15.3 Lâmpada mista

O filamento de tungstênio de uma lâmpada de incandescência, incorporado na ampola e ligado em série com tubo de descarga, pode ser utilizado como balastro.

Da combinação dessas duas fontes de luz em uma só resultou a chamada lâmpada de luz mista.

No entanto, para se obter uma duração de vida razoável, a temperatura de funcionamento do filamento tem que ser baixa, o que significa uma considerável redução de rendimento. Assim, enquanto as lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão atingem rendimentos da ordem de 60 lm/W, nas lâmpadas de luz mista o rendimento não ultrapassa os 26 lm/W.

De acordo com as informações da prefeitura, esse tipo de lâmpada não é utilizado na iluminação pública de Presidente Epitácio.

2.15.4 Lâmpada de vapor metálico

As lâmpadas de vapor metálico seguem o mesmo princípio da lâmpada de vapor de mercúrio, porém com maior índice de reprodução de cor e eficiência luminosa, ocasionado pela adição de iodetos metálicos. Tida como uma evolução da lâmpada de vapor de mercúrio, a lâmpada de vapor metálico produz luz extremamente brilhante, que realça e valoriza espaços.

A temperatura de cor da lâmpada de vapor metálico varia entre 3000 e 6000k, com eficiencia luminosa de 65 a 90lm/W. Semelhante às lâmpadas de vapor de mercúrio, as lâmpadas de vapor metálico tem vida útil média de 8000 a 12000 horas.

Atualmente esse tipo de lâmpada não é utilizado na iluminação pública de Presidente Epitácio.

2.15.5 Lâmpadas Fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são compostas por um vidro coberto por um material à base de fósforo, e dentro há gases inertes a baixa pressão que se ionizam quando é aplicada uma corrente elétrica, gerando luz.

A luminosidade das lâmpadas fluorescentes é bem parecida com as lâmpadas de LED, tendo como grande diferença a durabilidade. Se tomarmos em base o uso

de 8 horas por dia, as lâmpadas fluorescentes precisariam ser trocadas em 4 meses, enquanto as de LED durariam de 17 a 20 anos..

De acordo com as informações da prefeitura, esse tipo de lâmpada não é utilizado na iluminação pública de Presidente Epitácio.

2.15.6 Lâmpadas de LED

A tecnologia das lâmpadas LED apresenta significativos benefícios quando comparada aos outros tipos de lâmpadas do mercado, como pode ser observado abaixo:

(http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/3428/1/CT_CECONS_III_2014_11.pdf)

- Sustentabilidade: os gases presentes no interior das lâmpadas de alta pressão (metálicas, vapor de sódio ou de mercúrio) necessários para transmitir a descarga elétrica são altamente tóxicos, podendo causar danos ambientais quanto ao descarte feito sem as recomendações exigidas na Lei dos Resíduos Sólidos (lei 12.305/10).
- Acendimento: para ser acionado, o LED utiliza-se de um chip, de forma que não apresenta problemas com queima ou falha de filamentos. Bem diferente das lâmpadas metálicas e sódio, que podem levar até 15 minutos para o reacendimento já que necessitam de reator para sua ignição e funcionamento.
- Aproveitamento luminoso: a lâmpada de LED utiliza-se de luz direcional, diminuindo a poluição luminosa e não desperdiçando luz (o que ocorre com as lâmpadas tradicionais que irradiam luz em 360°).
- Menos pontos escuros: a luz do LED é controlada por lente e não por espelho, de forma que ela chega ao lugar certo, de forma mais uniforme.
- O olho humano percebe melhor os espectros emitidos pela iluminação branca do LED à noite.
- O fluxo luminoso consistente das lâmpadas de LED é garantido em até 70% da sua vida útil, enquanto lâmpadas metálicas perdem 30% de luz após 20% da sua vida útil.

- Por ter uma duração 4 vezes superior que as lâmpadas de alta pressão, o LED tem seu custo de manutenção consideravelmente diminuído. Além disso, consome 75% menos energia, impactando diretamente e positivamente na saúde financeira.

Na tabela 5 tem-se um comparativo das características entre os tipos de lâmpadas mais utilizados em iluminação pública no Brasil.

Tabela 5 - Comparativo das características das luminárias mais utilizadas atualmente em iluminação pública no Brasil.

Parâmetros	Lâmpada a vapor de sódio	Lâmpada a multivapores metálicos	LED
Tecnologia	Utiliza um tubo de descarga contendo um plasma de vapor de sódio inserido no interior de uma cápsula de óxido de alumínio sintetizado, em geral, com formato cilíndrico ou ovóide. Necessita de equipamento auxiliar.	Utiliza um tubo de descarga contendo vários tipos de gases, inclusive o vapor de mercúrio, inserido no interior de uma cápsula de quartzo transparente, em geral, com formato cilíndrico. Necessita de equipamento auxiliar.	Dispositivo eletrônico semicondutor que emite luz quando há circulação de corrente elétrica.
	Consolidada, sem perspectivas de evolução desde a década de 1990.	Consolidada, sem perspectivas de evolução desde a década de 1980.	Em constante processo evolutivo.
Eficiência luminosa (lm/W)	Dimerização parcial 150 (no limite)	Dimerização parcial 105 (no limite)	Dimerização total 150 (em franca ascenção)
Índice de Reprodução de Cor (%)	20 a 25	70 a 85	70 a 98
Vida útil (mil horas)	24 a 36	12 a 20 (no limite)	15 a 100 (em ascenção)
Distribuição da luz	Orientado pelo refletor	Orientado pelo refletor	Direta – o uso de lentes possibilita diversas configurações
Temperatura de cor	Branca amarelada	Branca azulada	Branca quente, neutra ou fria
Automação	Parcialmente controlável e parcialmente monitorável a distância	Parcialmente controlável e parcialmente monitorável a distância	Totalmente controlável e monitorável a distância
Resistência mecânica	Sensível a impactos e vibrações	Sensível a impactos e vibrações	Resistente a impactos e vibrações
Aquecimento Conforto visual – controle de ofuscamento	Sensível	Resistente	Sensível
Implicações ambientais	Não totalmente controlável	Não totalmente controlável	Controlável
	Contém mercúrio, poluente de elevado risco à saúde	Contém mercúrio, poluente de elevado risco à saúde	Não apresenta riscos ao meio ambiente nem ao operador
	Índice elevado de poluição luminosa	Índice elevado de poluição luminosa	Reduzido índice de poluição luminosa
	Emite radiação infravermelha e ultravioleta	Emite radiação infravermelha e ultravioleta	Não emite radiação infravermelha e ultravioleta
Segurança	Difícil percepção de cores	Boa percepção de cores e de fisionomias	Boa percepção de cores e de fisionomias
	Modo de falha preponderante provoca desligamento total	Modo de falha preponderante provoca desligamento total	Dependendo da configuração do LED, o modo de falha preponderante provoca diminuição do fluxo
	Religamento a quente apenas nos casos de interrupção de energia por intervalos inferiores a 30 segundos. Caso contrário, necessita de no mínimo 10 minutos para religar.	Não possui religamento a quente, necessitando do mínimo de 10 minutos para ligar.	Liga e religa instantaneamente.
Valor do investimento	R\$ 300 (estável)	R\$ 300 (estável)	R\$ 1500 (em declínio)
Manutenção	R\$ 9 por ponto/mês (fonte: contrato de iluminação Ilume)	R\$ 15 por ponto/mês (fonte: contrato de iluminação Ilume)	R\$ 2,03 por ponto/mês (fonte: licitação da nova iluminação da Cidade Universitária da USP)
Legenda	Característica menos positiva	Característica média	Característica mais positiva

Fonte:<https://www.osetoreletrico.com.br/ampliacao-e-remodelacao-da-iluminacao-publica/>

3. METODOLOGIA E DIAGNÓSTICO

O método utilizado para a elaboração do diagnóstico foi a realização do georeferenciamento de todos os postes do município de Presidente Epitácio, diferenciando eles através do número de luminárias por poste (uma, duas, três ou quatro luminárias). Além disso foram feitas três medições de iluminância, sendo uma para cada tipo de via (arterial, coletora e local), para que assim tivesse um diagnóstico de como está a situação geral da iluminação pública do município.

Foram percorridos 455,44 km no sistema viário do município. Com isso, foi possível coletar 7222 postes, sendo 126 postes sem luminária, 5505 com luminárias simples, 1371 com duas pétalas, 37 com três pétalas e 183 com quatro pétalas.

Esse cadastro foi feito percorrendo avenidas, ruas, servidões e travessas da cidade. Os dados foram armazenados com o uso de um GPS criado pela empresa Allevant (Empresa de consultoria que o autor do TCC estagiou).

Com as informações coletadas, pôde-se extrair dados relacionados à rede elétrica, tais como espaçamento dos postes e disposição (se estão dispostos unilateralmente, bilateralmente ou alternadamente). Ainda em campo, com a utilização de trena a laser e roda de medição, foi aferida a altura de montagem e seus respectivos avanços. A identificação do tipo de lâmpada foi feita através de identificação visual noturna.

Também foram feitas medições da iluminância de cada tipo de via, de acordo com a malha de medição, conforme a norma NBR 5101:2012, com o luxímetro marca Instrutherm LD-300. Com os dados coletados, foram feitos o cálculo da uniformidade e da iluminância média de cada tipo de via (Arterial, Coletora e Local), e consequentemente a verificação do atendimento destas grandezas às especificações feitas pela norma. Com esses dados, também foi possível traçar as curvas isolux.

A tabela 6 representa as classes de iluminação de cada tipo de via existente no município de Presidente Epitácio tanto para as vias de circulação de automóveis quanto para o passeio.

Tabela 6 – Classificação das vias

Tipo de Via	Classe de Iluminação
Arterial	V1 e P2
Coletora	V2 e P3
Local	V4 e P4

3.1 Caracterização populacional da cidade de Presidente Epitácio

Em 2013 o IBGE passou a utilizar o método das componentes demográficas para suas projeções populacionais. Nota-se então uma taxa crescimento na estimativa populacional para município de Presidente Epitácio de 3,68% para o ano em questão, discrepante da média de 0,59% ao ano observada desde o último Censo, realizado em 2010, até o ano de 2013. Porém, após a mudança do método utilizado pelo IBGE, a taxa de crescimento passa a ser de aproximadamente 0,43%, taxa maior do que apresenta a estimativa da Fundação SEADE, com média de crescimento desde 2011 de 0,26% ao ano.

Levando tais observações em consideração e analisando as curvas de projeção de crescimento demográfico obtidas a partir da estimativa da Fundação SEADE (apêndice I, item “Evolução populacional”), dados do IBGE e pelo método sugerido pelo IBGE que utiliza como base para projeção a Unidade da Federação, conclui-se que, mesmo apresentando valores menores que os da projeção oficial do IBGE para o município de Presidente Epitácio para o ano de 2017, optou-se por adotar o método de projeção baseado na Unidade da Federação para a definição da população de projeto. O resultado para a projeção populacional encontra-se na Tabela 7.

A projeção populacional foi realizada para que fosse possível estimar o crescimento vegetativo para um horizonte de 25 anos, para assim, poder estimar a quantidade de postes que deverão ser instalados.

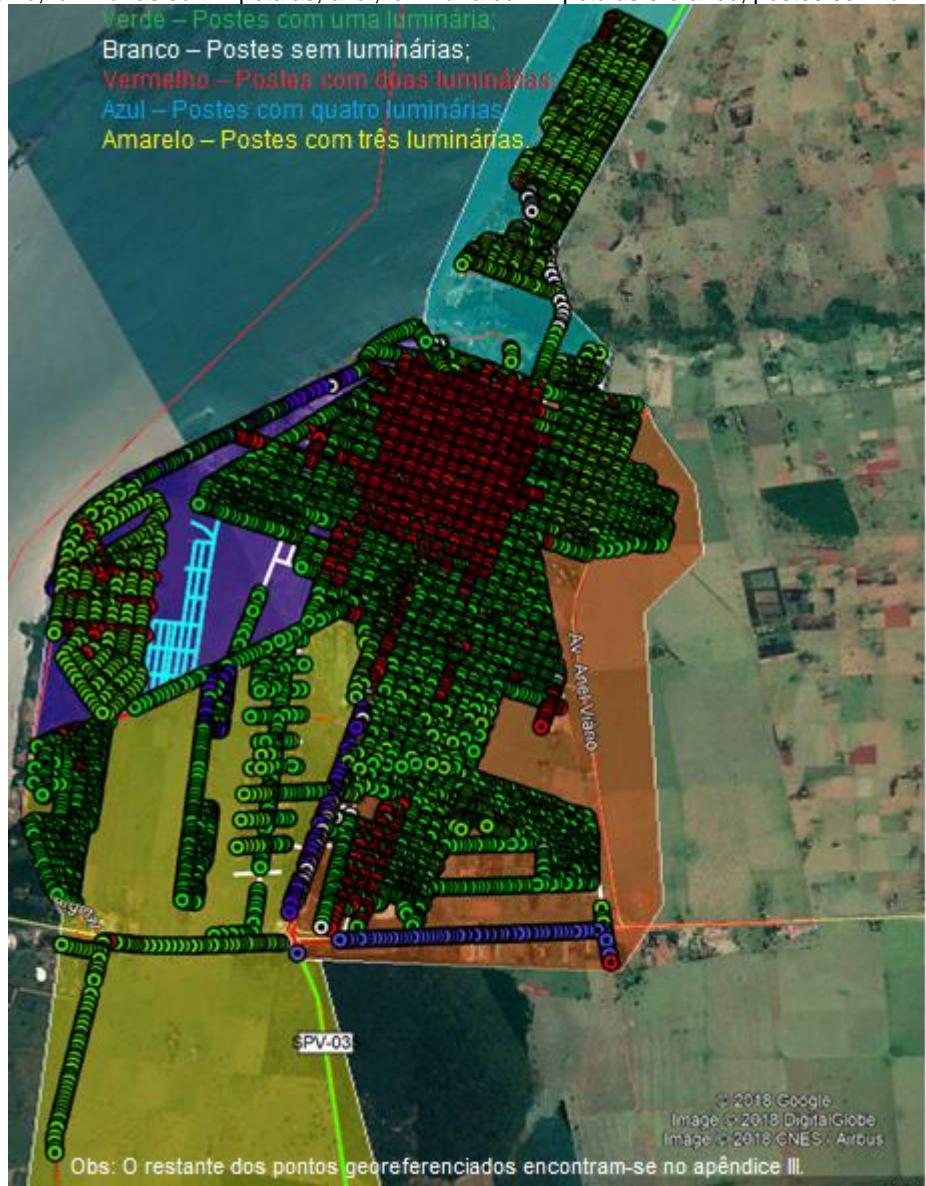
Tabela 7 - Projeção Populacional de Presidente Epitácio

Ano	População
2018	42561
2019	42707
2020	42849
2021	42987
2022	43120
2023	43249
2024	43373
2025	43492
2026	43606
2027	43714
2028	43818
2029	43916
2030	44009
2031	44097
2032	44180
2033	44258
2034	44331
2035	44398
2036	44461
2037	44519
2038	44571
2039	44618
2040	44660
2041	44697
2042	44729
2043	44756

3.2 Levantamento da rede de iluminação pública de Presidente Epitácio

Foi feito o levantamento dos pontos de iluminação da cidade percorrendo 455,44 km de vias. Vale ressaltar que o levantamento foi feito utilizando um GPS fabricado pela empresa Allevant. O GPS possuí 4 botões para fazer a diferenciação entre os postes e a quantidade de luminárias existentes em cada poste (uma, duas, três ou quatro luminárias). Além disso o caminho percorrido pelo veículo foi visualizado numa tela de computador em tempo real, através do software QGIS (software gratuito disponibilizado no site https://www.qgis.org/pt_BR/site/), aumentando a eficiência do levantamento.

Figura 5 - Pontos com cadastros de postes na região central (em verde, luminárias simples, vermelho, luminárias com 2 pétalas, azul, luminária com 4 pétalas e branco, postes sem luminária).



Fonte: Levantamento Allevant, referenciado em imagem do Google Earth (acesso em julho de 2018)

3.3 Classificação das vias

Com os dados coletados em campo, foi possível observar para quais tipos de vias (V1, V2, V3, V4, V5 e P1, P2, P3, P4) as ruas se adequam. As tabelas que descrevem as classes de iluminação para as vias e para as calçadas encontram-se na página 36 desse TCC. São elas: Tabela 1, Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4.

Assim, as vias foram classificadas da seguinte forma:

Vias Arteriais e Expressas

- Av. Presidente Vargas;
- Av. Tibiriçá;
- Av. Marginal;
- Rua Nelson Weler.

Vias Coletoras

- Av. Nishiro Shiguematsu;
- Rua Jucá Pitá;
- Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto;
- Rua Noel Rosa;
- Rua Sebastião Novais;
- Rua Rio Branco.

Vias Locais

- Todas as demais.

3.4 Medições de Iluminância

Para a medição de iluminância foi utilizada a malha de medição que a norma NBR 5101 exige. Porém, essa malha só serve para a medição da iluminância das faixas de rolamento, ficando assim, sem malhas de medição para as calçadas. Com isso, para a adequação da norma, foi utilizado o *software* gratuito Dialux para realizar a simulação da iluminância das calçadas.

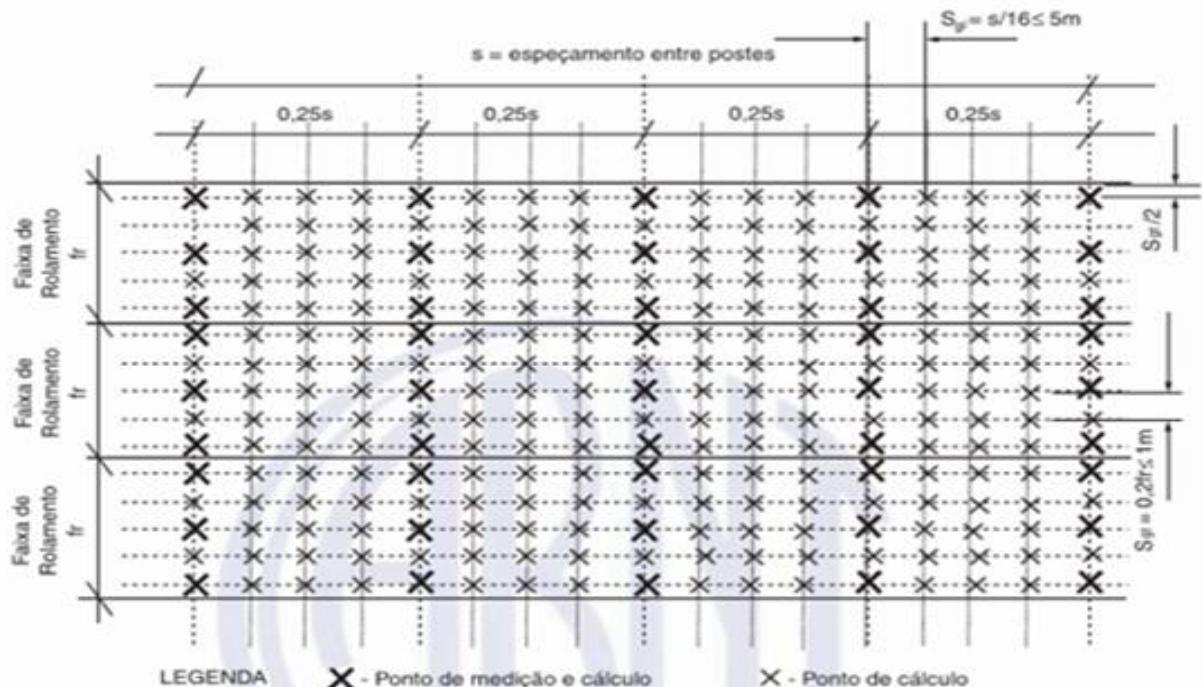
Seguindo a medição indicada na norma, as seguintes vias do município de Presidente Epitácio tiveram suas iluminâncias medidas:

- Via Local – Rua João Pessoa;
- Coletora – Rua Noel Rosa;
- Arterial – Av. Presidente Vargas.

Tomou-se o cuidado de selecionar vias com diferentes características para que fossem feitas as medições de iluminância, afim de que as demais vias que não foram medidas pudessem ser comparadas e analisadas utilizando os dados coletados. Para esse fim foram medidas as iluminâncias das vias locais, coletoras e arteriais, com larguras e espaçamento de postes diferentes.

A partir da coleta feita na cidade de Presidente Epitácio entre os dias 18 e 21 de julho de 2018, foi feita a elaboração das malhas para cada uma das vias citadas. A malha padrão, apresentada na norma NBR 5101 é a seguinte:

Figura 6 - Malha de medição dos pontos de iluminância



Legenda

- ✗ Grade de cálculo (número ímpar de pontos na longitudinal e na transversal)
- ☒ Grade de medição

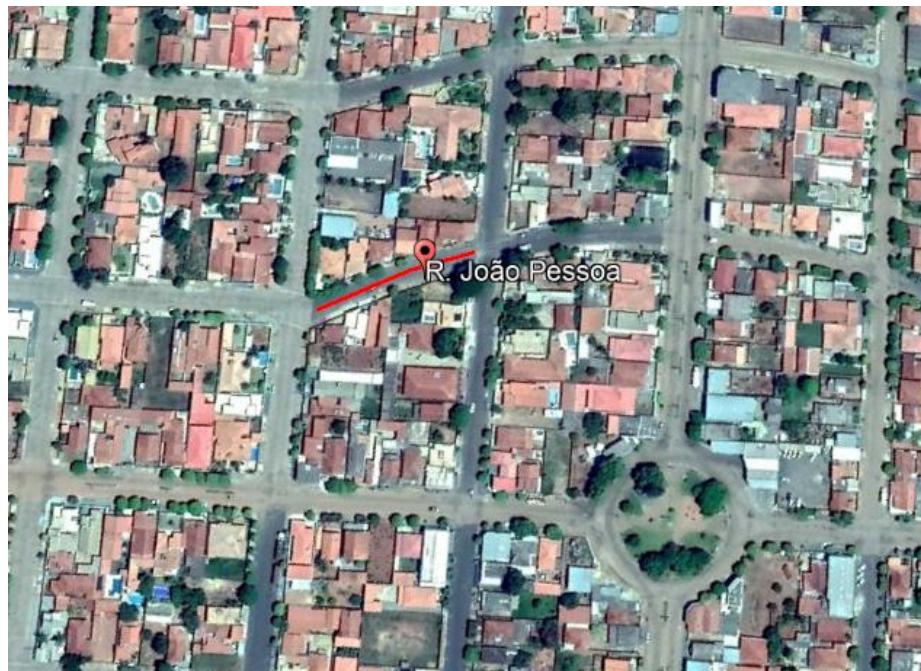
Fonte: NBR 5101

A partir desse modelo, foram feitas as malhas específicas para cada uma das vias.

3.4.1 Rua João Pessoa - local

A via local é classificada como V4/P4 e está referenciada na Figura 7.

Figura 7 - Local de medição: Rua João Pessoa.

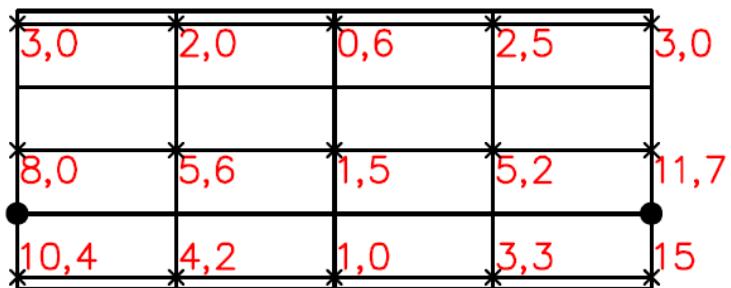


Fonte: Google Earth (acessado em julho de 2018).

A medição dos pontos de iluminância com os respectivos dados técnicos da rua, como o avanço dos postes, o espaçamento entre os postes, a altura dos postes e a largura da faixa de rolamento estão contidos na Figura 8 e na tabela 8. O número em vermelho é o valor da iluminância medida.

Figura 8 - Malha de medição e os dados técnicos da Rua João Pessoa (avanço, espaçoamento entre os postes, altura do poste e largura da faixa de rolamento).

Nome da Via: Rua João Pessoa



Espaçamento entre postes: 28,6m

Avanço do poste: 2,3m

Altura da luminária: 7,5m

Largura de rolamento da faixa: 12m

Tabela 8 - Iluminância médio (Em), Iluminância mínima (Emín) e Fator de Uniformidade (F.U..) da Rua João Pessoa.

Emédia	5,3
Emín	0,6
Fator Uni.	0,12

A partir dos dados coletados em campo, foi feita a simulação da Rua João Pessoa no software DIALUX para que ficasse o mais próximo da realidade. A lâmpada que mais se aproximou dos valores coletados foi a de Vapor de Sódio de 70W, porém a partir dos dados acredita-se que a lâmpada já perdeu 40% da sua capacidade total, ou seja, ela atualmente equivale a uma lâmpada de Vapor de Sódio de aproximadamente 40W.

Na Figura 9 segue a simulação da malha de medição do passeio. Como falado acima, não existe uma malha exclusiva exigida pela norma para a medição de iluminância da via de pedestre (passeio), portanto foi utilizada a malha gerada pelo software. Nessa figura estão representados os valores de iluminância do passeio, a primeira coluna e a última linha representam a localização dos pontos onde foram feitas as medidas de iluminância, e as colunas do meio representam os valores medidos.

Figura 9 - Malha de iluminância do passeio para a Via local Rua João Pessoa, gerada pelo software.

Passeio 2 (P2)

Potência luminosa horizontal [lx]

15.667	3.07	2.51	1.34	0.60	0.42	0.42	0.60	1.34	2.51	3.07
15.000	4.44	3.92	2.00	0.97	0.70	0.70	0.97	2.00	3.92	4.44
14.333	7.12	5.76	2.75	1.39	1.07	1.07	1.39	2.75	5.76	7.12
m	1.430	4.290	7.150	10.010	12.870	15.730	18.590	21.450	24.310	27.170

Trama: 10 x 3 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
2.54	0.42	7.12	0.166	0.059

Na Figura 10 observa-se o mapa das linhas isográficas gerado pelo software, que se aproxima muito da realidade atual da Via local Rua João Pessoa. Vale ressaltar que na figura 10 cada linha colorida representa um valor de iluminância.

Figura 10 - Mapa das linhas isográficas atual da Via local Rua João Pessoa.

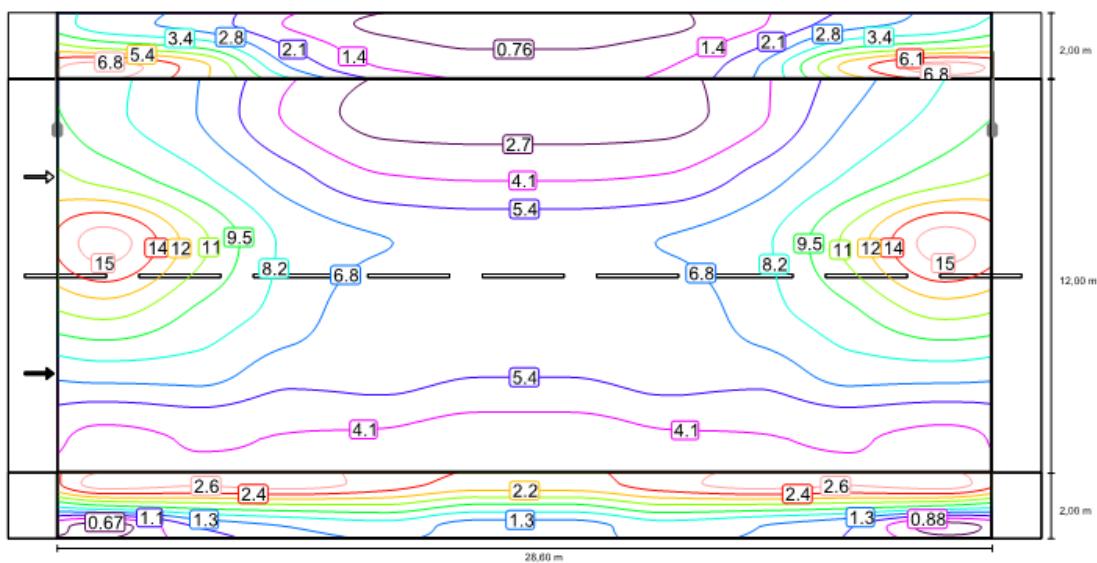


Tabela 9 foi gerada a partir dos requisitos mínimos exigidos pela norma e da realidade atual da rua. Nela estão contidas todas as classes de iluminação exigidas pela norma, tanto para a via quanto para o passeio. A partir disso, foi observada em qual classe de iluminação a via se encontra.

Tabela 9 - Classificação da Via local quanto à exigência da norma.

Via local				
Classe de iluminação	Emédio	Emín	Uniformidade	Norma
V1	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
V2	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
V3	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
<u>V4</u>	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
V5	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
P1	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
P2	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
P3	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
<u>P4</u>	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK

A Via local Rua João Pessoa está totalmente fora da norma, tanto para a classe de iluminação da via (V4) quanto para a de passeio (P4).

Obs: As outras medições se encontram no apêndice IV.

4. PROJETO LUMINOTÉCNICO

O projeto luminotécnico tem como finalidade projetar a iluminação da cidade de forma que reflita a sua identidade e a hierarquia das vias, adequando a iluminação aos usos que são feitos dos espaços urbanos. Além disso, um planejamento adequado da iluminação gera também uma gestão mais eficiente da energia, diminuindo consumo e gastos, reduzindo impactos ao meio ambiente.

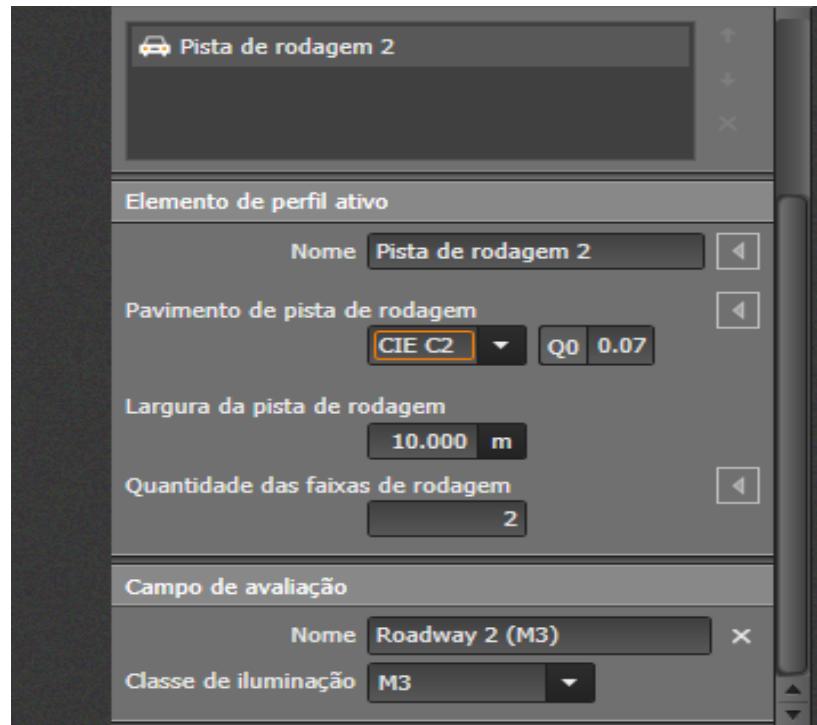
Neste estudo, foram feitas as projeções de iluminação para as vias da cidade de Presidente Epitácio (arteriais, coletoras e locais).

4.1 Metodologia

Para a elaboração do projeto luminotécnico foi utilizado um *software* gratuito chamado DIALUX, sendo as informações de entrada do *software* as características das vias e a potência da lâmpada com seu respectivo fluxo luminoso. As imagens a seguir foram retiradas do *software* e mostram como é feita a entrada das variáveis.

Na figura 11 é feita a escolha das características da via. Escolhe-se o tipo de pavimentação (estrada de terra, paralelepípedo, asfalto), o Q0 que é o nível de dureza da pavimentação, quando menor mais duro, a largura da pista, a quantidade de faixas de rolamento e a classe de iluminação (V1, V2, V3, V4 ou V5 no *software* é simbolizada por M1, M2, M3, M4 e M5).

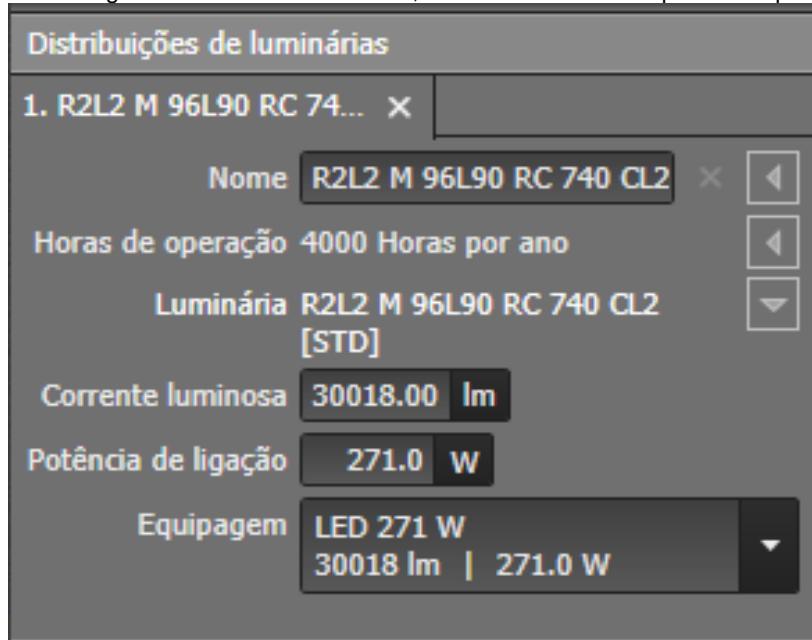
Figura 11 Escolha das Características da Via.



Na figura 12 é feita a escolha das características da luminária, na caixa “Nome” é escrito o nome da luminária (por exemplo LED 150W), na corrente luminosa seria o fluxo luminoso da lâmpada (por exemplo para uma lâmpada de

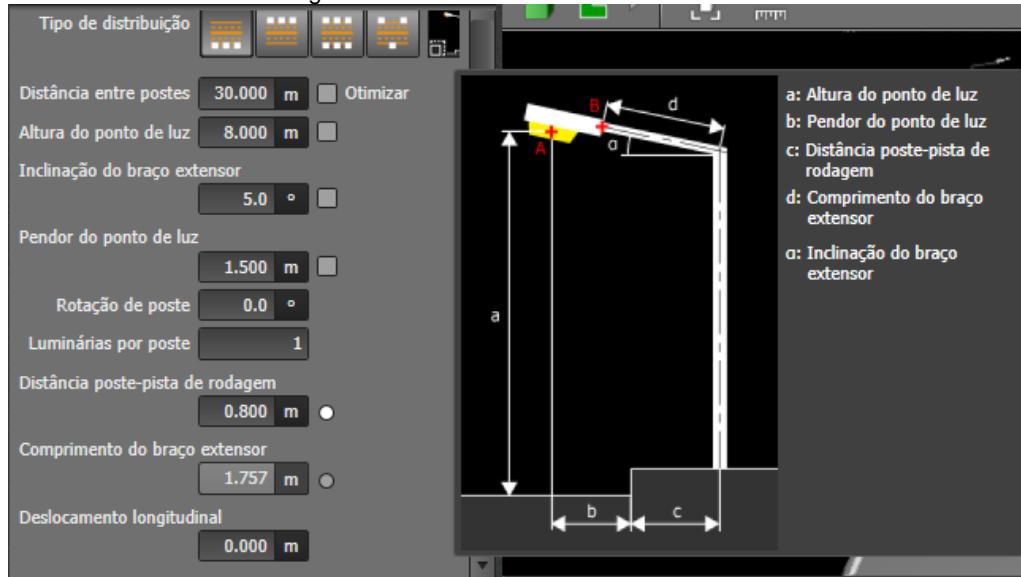
LED de 100 W seria de 10000lm)

Figura 12 Escolha da Potência, Fluxo Luminoso e o Tipo de Lâmpada.



Na figura 13 é feita a escolha das características dos postes, na distância entre os postes, é colocado o valor do espaçamento entre um poste e outro, na altura do ponto de luz, é a altura que a luminária vai ser instalada, na inclinação do braço extensor, é o ângulo que a luminária será instalado em relação ao solo (normalmente varia de 5° a 20°), o pendor do ponto de luz é a distância da luminária até o meio fio, na rotação do poste é o ângulo que o poste fará em seu próprio eixo (utilizado quando quer colocar mais de uma luminária por poste), na luminária por poste (quantidade de luminária por poste), na distância poste-pista de rodagem é a distância da base do poste até o meio fio.

Figura 13: Escolha das Características dos Postes.



Após a inserção dos dados, o software DIALUX retorna as exigências da NBR 5101/2012 já citadas: iluminância média mínima ($E_{m,mín}$), iluminância mínima ($E_{mín}$) e fator de uniformidade da iluminância (uo).

Com essa ferramenta, foi possível chegar às potências das lâmpadas de LED que são necessárias para a adequação da iluminação das vias de Presidente Epitácio.

Em todas as vias arteriais, coletoras e locais foram levantados os comprimentos das ruas e contados os postes para se chegar ao espaçamento médio. Com esses dados, foi possível chegar à solução luminotécnica para a cidade de Presidente Epitácio.

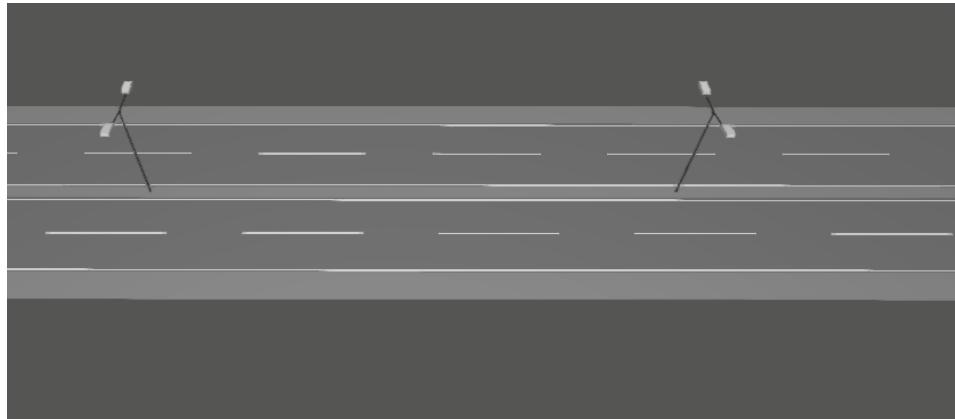
4.2 Solução luminotécnica: Exemplo da Av. Presidente Vargas

Segue o exemplo do projeto luminotécnico para a Av. Presidente Vargas. O projeto luminotécnico para todas as vias estão no apêndice 4 – Projeto luminotécnico.

4.2.1 Av. Presidente Vargas com 2 pétalas e canteiro central.

A extensão da via que possui postes com 2 pétalas é de 3,39km. Além disso possui um total de 95 postes, sendo todos com 2 pétalas com espaçamento médio entre os postes de 35,73 metros.

Figura 14: Disposição dos postes na Av. Presidente Vargas com postes de 2 pétalas e canteiro central.

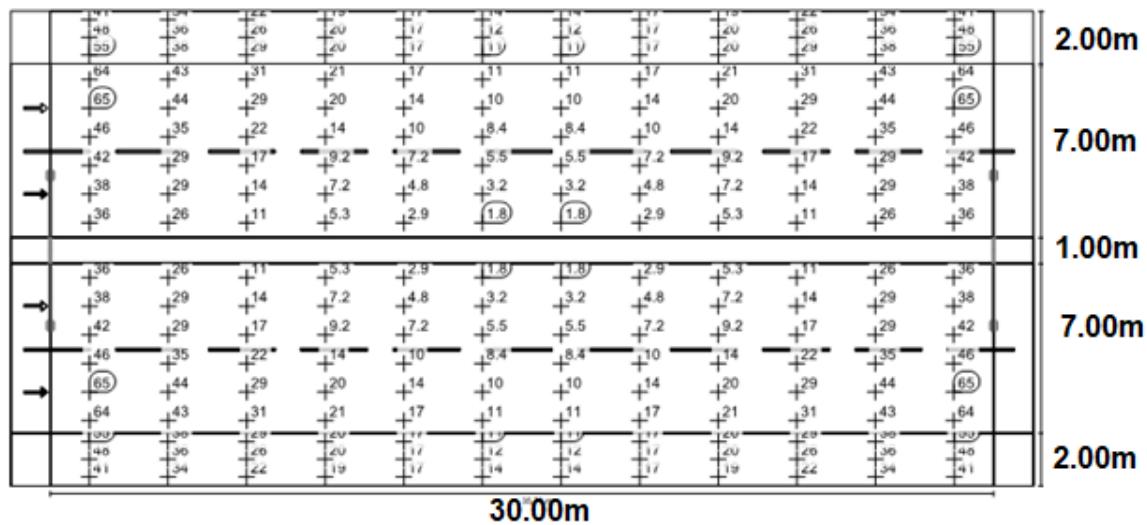


Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura 16 podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Av. Presidente Vargas com 2 pétalas e lâmpada de LED de 15000 lúmens. Observa-se na figura 15 que o valor mínimo da iluminância da via após a substituição pra LED é de 1,8 lux, o valor mínimo exigido pela norma é de 1 lux, portanto a via está dentro da norma.

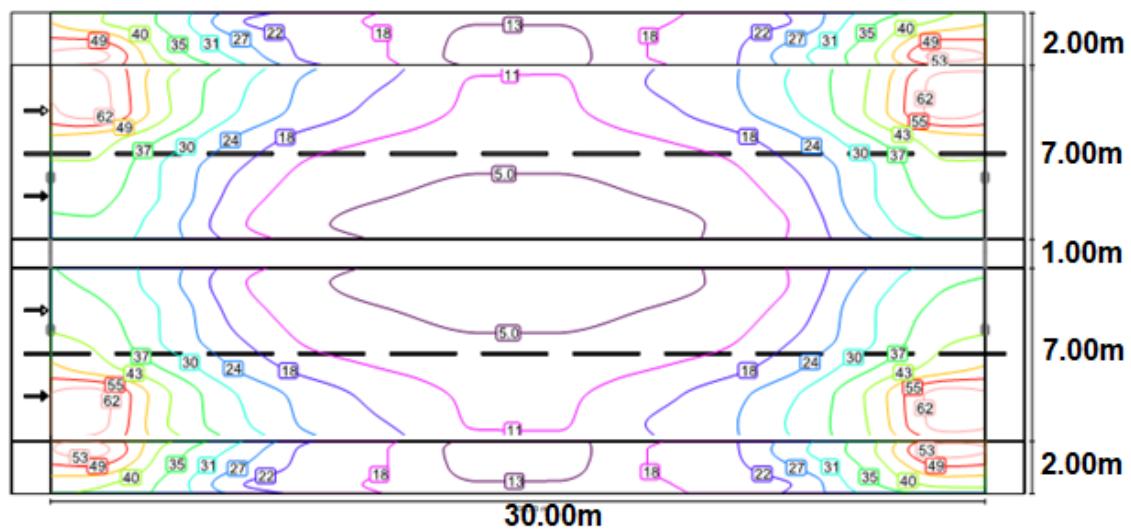
A figura 15 representa os valores de iluminância para a construção da figura com as linhas isográficas de iluminância (figura 16).

Figura 15 – Malha de pontos com os valores das iluminâncias apóis a substituição para luminárias LED.



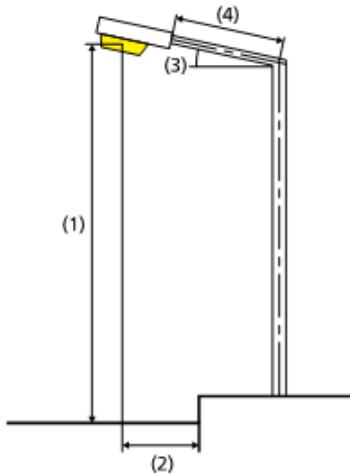
Na figura 16 tem-se as linhas isográficas de iluminância, que são as linhas traçadas na via através do software que possuem o mesmo valor de iluminância.

Figura 16: Linhas isográficas de iluminância da Av. Presidente Vargas com 2 pétalas e lâmpada de LED de 15000 lúmens.



Na figura 17 observa-se as características de instalação do poste e da luminária para que a iluminação da via e do passeio fique na norma.

Figura 17: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Presidente Vargas com postes de 2 pétalas.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	15000.00 lm
Distribuição:	Faixa central
Distância entre postes:	35.730 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.654 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	2.300 m

Obs: O restante do projeto luminotécnico encontra-se no apêndice V.

4.3 Proposta

O projeto luminotécnico baseou-se nas características das vias apresentadas nas Tabelas 26, 27 e 30 do apêndice IV. A largura da calçada considerada para todos os tipos de via foi de 2m.

Vale ressaltar que as luminárias LED, além de serem instaladas em braços existentes na cidade atualmente, também serão instaladas em novos braços, de acordo com a necessidade do projeto luminotécnico, fazendo então com que as vias se adequem à norma NBR 5101.

Como a proposta é que todas as lâmpadas da cidade de Presidente Epitácio sejam substituídas por luminárias LED, foram feitas simulações das distribuições

de iluminância com essa tecnologia. Assim, foi possível definir quais os fluxos luminosos das lâmpadas de LED que deverão ser implantadas em cada via para que se atenda aos requisitos mínimos exigidos pela norma.

Com os dados do projeto luminotécnico, foi construída a Tabela 11 com as características das lâmpadas que deverão ser instaladas (fluxo luminoso, altura das luminárias, ângulo de instalação das luminárias e tamanho do braço) para a **substituição do parque atual** e após a **complementação do parque** em todas as vias existentes (arteriais, coletoras e locais) na cidade de Presidente Epitácio.

Na Tabela 10, pode ser observada a quantidade de luminárias que deverão ser instaladas em cada um dos seguintes cenários:

- Substituição do parque;
- Complementação do parque;
- Expansão imediata;
- Expansão vegetativa até 2043.

Tabela 10 – Tabela resumo do quantitativo de luminárias atuais, após a complementação do parque, após a expansão imediata e após a expansão vegetativa até 2043 do Município de Presidente Epitácio.

	Quantidade de postes/braços que deverão ser instalados	Quantidade de luminárias acumuladas
Substituição do parque	-	9090
Complementação do parque	259 (68 postes e 191 braços)	9349
Expansão imediata	259 postes	9608
Expansão vegetativa até 2023	140 postes	9748
Expansão vegetativa até 2028	122 postes	9870
Expansão vegetativa até 2033	94 postes	9964
Expansão vegetativa até 2038	67 postes	10031
Expansão vegetativa até 2043	40 postes	10071

Tabela 11 – Tabela resumo do quantitativo de luminárias atuais e após a complementação do parque do Município de Presidente Epitácio

Nomes das vias	Largura da rua (m)	Fluxo Luminoso (Lm)	Total de luminárias atualmente	Total de postes a serem instalados para complementação do parque	Total de braços a serem instalados para a complementação do parque	Total de luminárias após a complementação do parque	Ângulo de instalação da luminária	Altura de instalação da luminária (m)	Tamanho do braço (m)	Tipo de via	Observação
Av. Pres. Vargas (2 pétalas)	6,5	15000	190			190	5°	7,5	2,3	V1 E P1	Canteiro central
Av. Pres. Vargas (4 pétalas)	6,5	9000	136			136	5°	10	0,8	V1 E P1	Canteiro central
Av. Tibiriçá (canteiro central)	13	20000	82	68		150	5°	8,5	3	V2 E P2	Instalar 68 postes com luminárias simples de 20000lm para complementação do parque
Av. Tibiriçá	10	15000	31			31	5°	7,5	1,5	V1 E P1	Postes unilaterais
Av. Marginal	10	15000	270			270	5°	7,5	1,5	V1 E P1	Postes unilaterais
Rua Nelson Weler	13	20000	21			21	10°	7,5	1,5	V1 E P1	Postes unilaterais
Av. Nishiro Shiguematsu	9	10000	25			25	5°	7,5	1,5	V2 E P3	Postes unilaterais
Rua Jucá Pitá	6,5	8000	106		26	132	5°	7,5	1,5	V2 E P3	Instalar mais 1 braço/luminária em cada poste que possui luminárias simples
Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto	7	9000	101		19	120	5°	7,5	1,5	V2 E P3	Instalar mais 1 braço/luminária em cada poste que possui luminárias simples
Rua Noel Rosa	9	10000	55			55	5°	7,5	1,5	V2 E P3	Postes unilaterais
Rua Sebastião Novais	6,5	8000	64		20	84	5°	7,5	1,5	V2 E P3	Instalar mais 1 braço/luminária em cada poste que possui luminárias simples
Rua Rio Branco	8	10000	83			83	5°	7,5	1,5	V2 E P3	Postes unilaterais
Área 1	8,5	7000	3667		69	3736	5°	7,5	1,5	V4 E P4	Instalar 1 conjunto de braço/luminária em cada poste sem iluminação
Área 2	7,5	7000	1036		1	1037	5°	7,5	1,5	V4 E P4	Instalar 1 braço/luminária em em cada poste sem iluminação
Área 3	9	8000	2139		3	2142	5°	7,5	1,5	V4 E P4	Instalar 1 braço/luminária em cada poste sem iluminação
Área 4	7,5	7000	1084		53	1137	5°	7,5	1,5	V4 E P4	Instalar 1 braço/luminária em cada poste sem iluminação
Total			9090	68	191	9349					

4.4 Cenários do projeto luminotécnico

Para o cálculo do custo mensal aproximado, o projeto luminotécnico será divido em 4 cenários, sendo eles:

- Cenário base: Substituição do parque atual para LED;
- Cenário 1: Substituição do parque atual + a complementação do parque;
- Cenário 2: Substituição do parque atual + a complementação do parque + a expansão imediata;
- Cenário 3: Substituição do parque atual + a complementação do parque + a expansão imediata + a expansão vegetativa até 2043.

Para os 4 cenários, os horários de ligar e desligar das lâmpadas foram baseados no momento aproximado do nascer e pôr do sol de cada estação do ano e para base de cálculo do gasto aproximado foi considerado o valor do kWh de R\$0,30, valor este que foi retirado das contas pagas pela prefeitura no último ano com iluminação pública. Assim, a cada três (3) meses é alterado o ciclo de funcionamento das lâmpadas. Também foi utilizada a eficiência luminosa das luminárias de 100 lm/W como parâmetro (padrão de uma lâmpada LED), para que fosse possível determinar a potência para a realização os cálculos. Na tabela 12 tem-se os horários que as lâmpadas dos postes serão ligadas e desligadas respectivamente em cada estação do ano.

Tabela 12- Horário do nascer e pôr do sol das estações do ano.

Estações do Ano			
Primavera (22/09 até 21/12)	Verão (21/12 até 20/03)	Outono (20/03 até 20/06)	Inverno (20/06 até 22/09)
18:00 às 06:00	19:00 às 05:00	18:00 às 06:00	17:00 às 07:00

Obs: Os custos detalhados dos cenários encontram-se no apêndice VI.

4.4.1 Quadro resumo geral do custo para todos os cenários

Na Tabela 14 tem-se a quantidade de postes/braços que deverão ser instalados em cada cenário e os custos sem dimerização e com dimerização. Lembrando que no

cenário base, a quantidade de postes é de **9090** e o custo mensal médio dos últimos 12 meses de 2017 gasto pela prefeitura com iluminação pública é de **R\$ 164.794,57**, como pode ser visto na tabela 13.

Tabela 13- Valores gastos com iluminação pública pela Prefeitura de Presidente Epitácio de abr/17 até mar/18.

Mês	Valor da conta
abr/17	R\$180.697,88
mai/17	R\$146.500,23
jun/17	R\$180.707,36
jul/17	R\$152.947,34
ago/17	R\$160.556,82
set/17	R\$165.970,14
out/17	R\$175.690,68
nov/17	R\$180.244,92
dez/17	R\$185.666,23
jan/18	R\$164.969,14
fev/18	R\$145.069,38
mar/18	R\$138.514,74
Média	R\$164.794,57

Na tabela 14, pode ser observada a grande porcentagem econômica após a troca das luminárias atuais, para LED. No cenário base (substituição do parque) terá uma economia de 52,7% sem o uso de dimer para controlar a potência das luminárias, além disso vale ressaltar que mesmo daqui 25 anos de expansão vegetativa a economia será de 47,6% em relação ao gasto atual do município.

Tabela 14- Quadro resumo geral da quantidade de luminárias e do custo da iluminação pública para cada cenário.

	Quantidade de postes que deverão ser instalados	Quantidade de postes acumulados	Custo anual sem dimerização	Custo mensal médio sem dimerização	Economia sem dimerização em relação ao gasto atual	Custo anual com dimerização	Custo mensal médio com dimerização	Economia com dimerização em relação ao gasto atual
Cenário base – substituição do parque	-	9090	R\$935.310,24	R\$77.942,52	52,7%	R\$912.625,38	R\$76.052,12	53,9%
Cenário 1 – Complementação do parque	259	9349	R\$971.390,88	R\$80.949,24	50,9%	R\$945.915,30	R\$78.826,28	52,2%
Cenário 2 – Expansão imediata	259	9608	R\$994.857,12	R\$82.904,76	49,7%	R\$969.381,54	R\$80.781,80	51,0%
Cenário 3 – Expansão	140	9748	R\$1.007.571,10	R\$83.964,26	49,0%	R\$982.095,52	R\$81.841,29	50,3%

vegetativa até 2023								
Cenário 3 – Expansão vegetativa até 2028	122	9870	R\$1.018.600,95	R\$84.883,41	48,5%	R\$993.125,37	R\$82.760,45	49,8%
Cenário 3 – Expansão vegetativa até 2033	94	9964	R\$1.027.130,18	R\$85.594,18	48,1%	R\$1.001.654,60	R\$83.471,22	49,3%
Cenário 3 – Expansão vegetativa até 2038	67	10031	R\$1.033.197,56	R\$86.099,80	47,8%	R\$1.007.721,98	R\$83.976,83	49,0%
Cenário 3 – Expansão vegetativa até 2043	40	10071	R\$1.036.783,72	R\$86.398,64	47,6%	R\$1.011.308,14	R\$84.275,68	48,9%
Custo mensal atual aprox.	R\$164.794,57							

Para elaboração do gráfico de retorno financeiro, foi utilizada uma inflação de 10% ao ano para o valor da tarifa energética (R\$/kWh) e uma inflação de 5% no valor da manutenção das luminárias. Vale ressaltar que o preço inicial da manutenção foi fixado em 1% do valor inicial investido (R\$11.088.091,00) para as trocas das luminárias, pois de acordo com a prefeitura, o número de luminárias trocadas no município é de 100 luminárias por ano, o que equivale a 1% do número total de luminárias existentes atualmente, que é de 9090. As inflações acima citadas forem escolhidas de acordo com a taxa atual da inflação que vivemos no país. Abaixo pode ser observada a Tabela 15, referente ao retorno econômico, além dos gráficos 1 e 2, que se referem ao fluxo de caixa acumulado e o fluxo de caixa por ano respectivamente.

Tabela 15 - Tabela de retorno econômico com a troca das luminárias para LED.

Tarifa Energética (R\$/kWh)	Cenário após a substituição do parque - Sem utilização de dímer						FLUXO DE CAIXA ACUMULADO
	ANO	Cenário Atual	Cenário com LED	ECONOMIA	MANUTENÇÃO	FLUXO DE CAIXA	
0,300	0	-		-	-	-R\$ 11.088.891,00	-R\$ 11.088.891,00
0,330	1	1.977.534,84	935.310,24	R\$ 1.042.224,60	-R\$ 110.888,91	R\$ 931.335,69	-R\$ 10.157.555,31
0,363	2	2.175.288,32	1.028.841,26	R\$ 1.146.447,06	-R\$ 116.433,36	R\$ 1.030.013,70	-R\$ 9.127.541,61
0,399	3	2.392.817,16	1.131.725,39	R\$ 1.261.091,77	-R\$ 122.255,02	R\$ 1.138.836,74	-R\$ 7.988.704,86
0,439	4	2.632.098,87	1.244.897,93	R\$ 1.387.200,94	-R\$ 128.367,77	R\$ 1.258.833,17	-R\$ 6.729.871,69
0,483	5	2.895.308,76	1.369.387,72	R\$ 1.525.921,04	-R\$ 134.786,16	R\$ 1.391.134,87	-R\$ 5.338.736,82
0,531	6	3.184.839,64	1.506.326,49	R\$ 1.678.513,14	-R\$ 141.525,47	R\$ 1.536.987,67	-R\$ 3.801.749,15
0,585	7	3.503.323,60	1.656.959,14	R\$ 1.846.364,45	-R\$ 148.601,74	R\$ 1.697.762,71	-R\$ 2.103.986,44
	8	3.853.655,96	1.822.655,06	R\$ 2.031.000,90	-R\$ 156.031,83	R\$ 1.874.969,07	-R\$ 229.017,37

0,643	9	4.239.021,55	2.004.920,56	R\$ 2.234.100,99	-R\$ 163.833,42	R\$ 2.070.267,57	R\$ 1.841.250,19
0,707	10	4.662.923,71	2.205.412,62	R\$ 2.457.511,09	-R\$ 172.025,09	R\$ 2.285.485,99	R\$ 4.126.736,19
0,778	11	5.129.216,08	2.425.953,88	R\$ 2.703.262,20	-R\$ 180.626,35	R\$ 2.522.635,85	R\$ 6.649.372,03
0,856	12	5.642.137,69	2.668.549,27	R\$ 2.973.588,42	-R\$ 189.657,67	R\$ 2.783.930,75	R\$ 9.433.302,79
0,942	13	6.206.351,46	2.935.404,20	R\$ 3.270.947,26	-R\$ 199.140,55	R\$ 3.071.806,71	R\$ 12.505.109,49
1,036	14	6.826.986,60	3.228.944,62	R\$ 3.598.041,99	-R\$ 209.097,58	R\$ 3.388.944,41	R\$ 15.894.053,90
1,139	15	7.509.685,26	3.551.839,08	R\$ 3.957.846,18	-R\$ 219.552,46	R\$ 3.738.293,73	R\$ 19.632.347,63
1,253	16	8.260.653,79	3.907.022,99	R\$ 4.353.630,80	-R\$ 230.530,08	R\$ 4.123.100,72	R\$ 23.755.448,35
1,378	17	9.086.719,17	4.297.725,29	R\$ 4.788.993,88	-R\$ 242.056,58	R\$ 4.546.937,30	R\$ 28.302.385,65

Gráfico 1 - Gráfico do fluxo de caixa acumulado x ano, nesse gráfico tem-se a economia acumulada com o passar dos anos. Obs: o retorno econômico se dará em 9 anos.

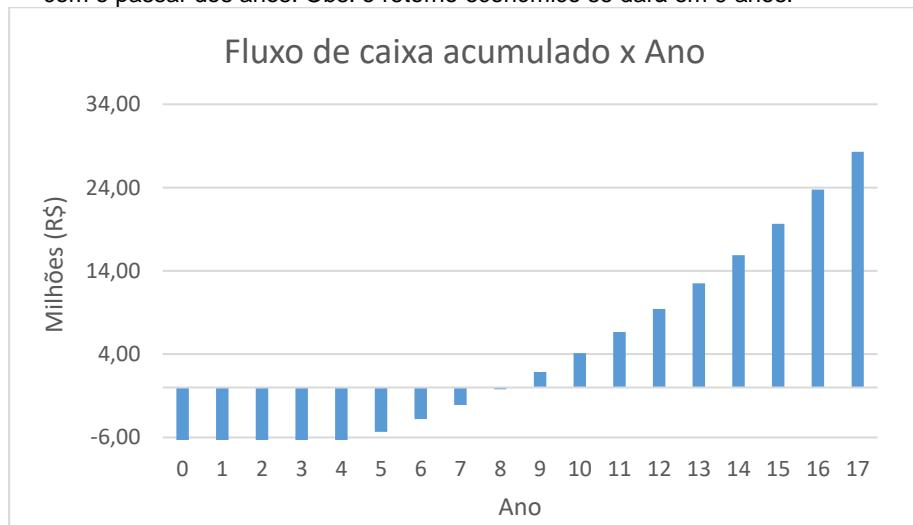
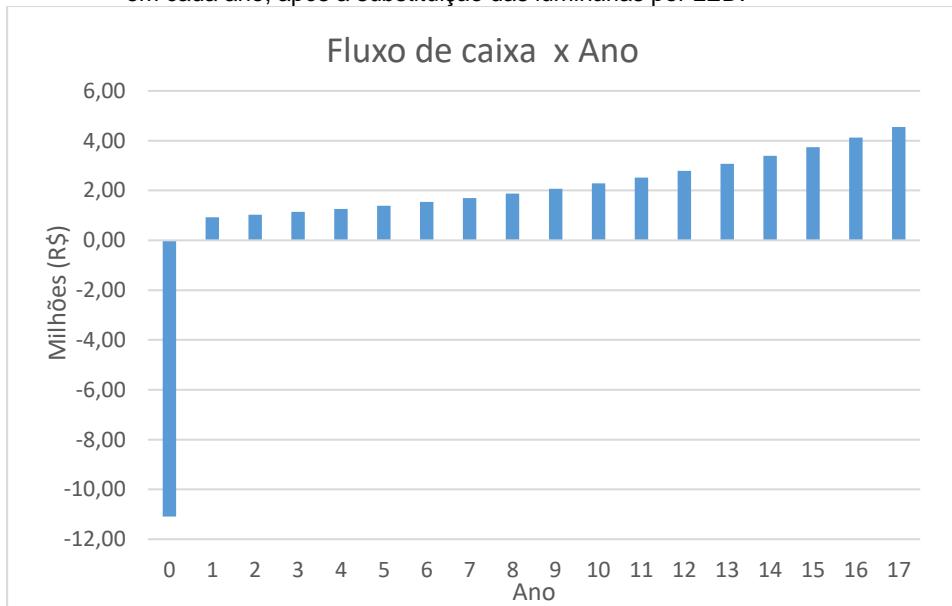


Gráfico 2 - Gráfico do fluxo de caixa x ano, nesse gráfico tem-se o quanto de economia a prefeitura terá em cada ano, após a substituição das luminárias por LED.



Observa-se pelo gráfico 1 que o retorno econômico se dará em 9 anos e que em 17 anos (vida útil média da luminária LED) a prefeitura do Município de Presidente Epitácio terá economizado aproximadamente R\$28.300.000,00.

4.5 Manutenção

A distribuidora deve informar de imediato o município, via telefone, as ocorrências recebidas que tenham interferência na iluminação pública, (postes abalroados na rede de distribuição com iluminação pública, choque elétrico provocado pelas instalações de iluminação pública, postes abalroados de propriedade do município e roubos de cabos), devendo este providenciar imediatamente equipes para atendimento. Da mesma forma, o município deverá informar à distribuidora ocorrência de acidentes ou outros eventos que afete o sistema de distribuição de energia da distribuidora.

Tendo conhecimento do chamado, o funcionário deverá ir a campo para solucionar o chamado. A maior parte das notificações é referente a lâmpadas queimadas e lâmpadas acesas durante o dia.

5. CONCLUSÃO

Um fato importante presente no projeto é a grande economia que a luminária LED consegue dar, cerca de 50%. Além disso o fato da temperatura da cor da luminária LED ser em torno de 5000K, a cor da luz tende a ser mais branca, fazendo com que a nitidez dos objetos e das pessoas fique alta.

Outro fato importante é o tempo de retorno do investimento, que será de 9 anos somente. De acordo com a tabela 15 a prefeitura terá um fluxo de caixa bem elevado com a troca das luminárias atuais para LED, sendo já no primeiro ano um fluxo de aproximadamente R\$1.000.000,00 e no 17º ano (vida útil da luminária LED) de R\$4.550.000,00, esse fato fará com que ela possa investir em outros setores importantes do município, como saúde, educação e segurança.

Além disso, de acordo com os levantamentos realizados em Presidente Epitácio, além de toda a substituição das luminárias do município, também será necessária a imediata da instalação de 68 postes com luminárias em vias arteriais, 65 luminárias adicionais em postes em vias coletoras e 126 luminárias em postes em vias locais que precisarão ser equipados conforme este projeto logo no início do futuro contrato da Parceria Público Privada. Ainda estão previstos outros 259 braços com luminárias que deverão ser instalados após a instalação dos postes pela distribuidora de ENERGISA em locais com previsão de expansão imediata.

Pode ser observado no diagnóstico que algumas vias não estão dentro da norma NBR 5101. Na viagem de campo pôde ser observado que a maioria das vias locais eram escuras, e algumas arteriais e coletoras eram superdimensionadas, fazendo com que a conta de energia de iluminação pública ficasse mais alta do que deveria ser.

Por fim o fato da realização da troca das lâmpadas de vapor de mercúrio, vapor de sódio e vapor metálico pelas de LED, faz com que a cidade fique mais bonita, segura e atrativa para turistas, aumentando assim a circulação de dinheiro e consequentemente aquecendo a economia da cidade.

6. BIBLIOGRAFIA

- ABNT. **Norma Brasileira – Instalações Elétricas de Baixa Tensão NBR 5410:2004 versão corrigida, 2008.** Disponível em: <https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2018.
- ANEEL. **Capacidade de Geração do Brasil.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 24 jul. 2018.
- ANEEL. **Geração Distribuída.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd_fonte_detalhe.asp?Tipo=12>. Acesso em: 25 jul. 2018.
- ANEEL. **Tarifas Consumidores:** Bandeiras Tarifárias. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800?inheritRedirect=false>. Acesso em: 26 jul 2018.
- BUCUSSI, Alessandro A. **Introdução ao conceito de energia.** Porto Alegre : UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2007. 32p. : il. (Textos de apoio ao professor de física / Marco Antonio Moreira, Eliane Angela Veit, ISSN 1807-2763; v. 17, n. 3).
- COLAFERRO, José Renato Q. **O Porquê do Aumento da Energia Elétrica em 4 Tópicos + 1 Solução.** 2017. Disponível em: <<http://blog.bluesol.com.br/aumento-da-energia-eletrica/>>. Acesso em: 29 jul 2018.
- SÃO PAULO. SECRETARIA ESTADUAL DE ENERGIA E MINERAÇÃO. **Resumo Executivo:** Dados de Produção e Consumo de Energia Elétrica. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2018. Disponível em: <http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/BiblioVirtual/eletrica/Resumo_Executivo_EE.pdf>. Acesso em: 30 jul 2018.
- SILVA, Marcos Noé Pedro da. **Consumo de Energia Elétrica.** Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/matematica/consumo-energia-eletrica.htm>>. Acesso em: 30 jul 2018.
- SÓ FÍSICA. **Consumo de energia.** Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/consumo.php>>. Acesso em: 01 ago 2018.

Rodrigues, Cláudio RBS, et al. "Um estudo comparativo de sistemas de iluminação pública: Estado sólido e lâmpadas de vapor de sódio em alta pressão." *Industry*

Applications (INDUSCON), 2010 9th IEEE/IAS International Conference on. IEEE, 2010.

NOVICKI, Jackson Merise; MARTINEZ, Rodrigo. Leds para iluminação pública. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2008.**

Maggi, Tiago. "Estudo e implementação de uma luminária de iluminação pública à base de LEDs." (2013).

Ribeiro, Ana Cristina Cota, et al. "O emprego da tecnologia LED na iluminação pública." *e-xacta 5.1* (2012).

Ferreira, Juliana Zandona. "Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED." (2014).

Bley, Francis Bergmann. "LEDs versus Lâmpadas Convencionais Viabilizando a troca." *Curitiba: Especialize* (2012).

Bender, Vitor Cristiano. "Metodologia de projeto eletrotérmico de LEDs aplicada ao desenvolvimento de sistemas de iluminação pública." (2012).

Lopes, Leonardo Barbosa. "Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública." *UFRJ, Rio de Janeiro* (2014).

Nogueira, Fernando José. "Avaliação experimental de luminárias empregando LEDs orientadas à iluminação pública." (2013).

Schuch, Luciano, et al. "Sistema Autônomo de Iluminação Pública de Alta Eficiência Baseado em Energia Solar e LEDs." *Eletrôn. Potên. Campinas* 16.1 (2011): 17-27.

Scopacasa, Vicente A. "Introdução à Tecnologia de LED." *Revista LA_PRO, São Paulo, ed 1* (2008): 5-10.

APÊNDICE I – CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DO PROJETO

Aspectos Gerais no Município

Localizado no oeste do Estado de São Paulo, na região denominada Pontal do Paranapanema, à margem esquerda do Rio Paraná, com população de acordo com o Censo demográfico de 2010 de 41318 habitantes e com área de 1.281,78 km² o município de Presidente Epitácio faz divisa a norte com o município de Panorama, ao sul com Teodoro Sampaio, à leste com os municípios de Caiuá e Marabá Paulista e ao oeste com a represa UHE Engenheiro Sergio Motta, também conhecida como Usina Hidrelétrica de Porto Primavera.

Figura 18– Localização do Município de Presidente Epitácio



Infraestrutura – Distribuidora de Energia Elétrica

O Grupo Energisa Fundado em 1905, hoje se mantém entre os 6 maiores grupos de distribuição de energia do país, controlando distribuidoras de energia localizadas em 8 estados, contando com 144 subestações com capacidade total de 2.830MVA e

atendendo mais de 6 milhões de clientes, em 788 municípios do país, totalizando mais de 16 milhões de habitantes atendidos. A região de Presidente Epitácio é atendida pela distribuídora Energisa Caiuá. A Figura 19 mostra a área de atuação do grupo e mais informações.

Figura 19 - Informações sobre o Grupo Energisa



Fonte: Grupo Energisa

Projeção populacional de Presidente Epitácio

O Plano de iluminação de Presidente Epitácio tem como horizonte de projeto o período de 25 anos, compreendido entre 2018 e 2043. Dessa forma segue a projeção populacional feita para o município.

Evolução populacional

A evolução populacional de Presidente Epitácio, conforme Censos, estimativas e contagens do IBGE é dada na Tabela 16.

Tabela 16 - Evolução Populacional de Presidente Epitácio

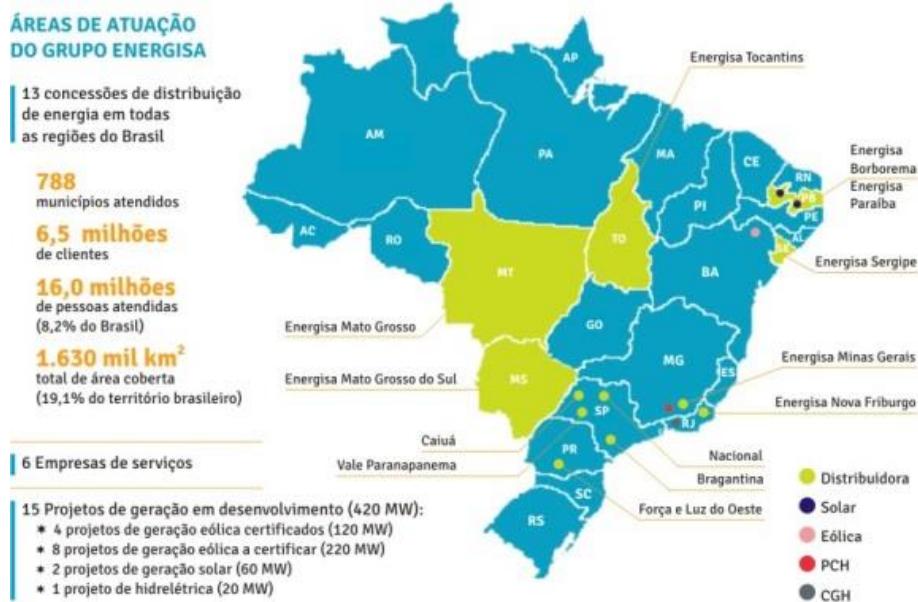
IBGE		
Ano	População	Fonte
1991	34851	Censo
1992	35469	Estimativa
1993	36050	Estimativa
1994	36595	Estimativa
1995	37126	Estimativa
1996	36699	Contagem
1997	37011	Estimativa
1998	37274	Estimativa
1999	37537	Estimativa
2000	39298	Censo
2001	39817	Estimativa
2002	40234	Estimativa
2003	40668	Estimativa
2004	41580	Estimativa
2005	42084	Estimativa
2006	42585	Estimativa
2007	39403	Contagem
2008	40775	Estimativa
2009	40891	Estimativa
2010	41318	Censo
2011	41474	Estimativa
2012	41624	Estimativa
2013	43155	Estimativa
2014	43348	Estimativa
2015	43535	Estimativa
2016	43718	Estimativa
2017	43897	Estimativa

Fonte: IBGE

Projeção populacional

O Grupo Energisa Fundado em 1905, hoje se mantém entre os 6 maiores grupos de distribuição de energia do país, controlando distribuidoras de energia localizadas em 8 estados, contando com 144 subestações com capacidade total de 2.830MVA e atendendo mais de 6 milhões de clientes, em 788 municípios do país, totalizando mais de 16 milhões de habitantes atendidos. A região de Presidente Epitácio é atendida pela distribuidora Energisa Caiuá. A FIGURA mostra a área de atuação do grupo e mais informações.

Figura 20 - Informações sobre o Grupo Energisa



Fonte: Grupo Energisa

população futura de Presidente Epitácio foi projetada a partir dos métodos aritmético, geométrico e de regressão linear baseando-se nas populações totais dos Censos 2000 e 2010. Além desses métodos, a população foi também estimada com base nas projeções realizadas pelo IBGE para as Unidades de Federação até o ano 2060.

Cabe maior detalhamento em relação ao último método citado, uma vez que esse foi o ponto de partida para a determinação da população aqui adotada como de projeto. O IBGE descreve uma metodologia para estimativa de populações de uma área menor em função de uma área maior, sendo que a projeção da área maior, Estado de São Paulo, foi realizada pelo próprio Instituto (revisão 2018).

A metodologia adotada para estimativa do crescimento populacional em municípios brasileiros tem como princípio básico a subdivisão de uma área maior, cuja estimativa já se conhece, em n áreas menores, de tal forma que a soma das estimativas das áreas menores reproduza a estimativa da área maior. O método, portanto, requer a existência de uma projeção populacional, que leve em consideração a evolução da fecundidade, mortalidade e migração para uma área

maior que o município, que pode ser representado pela Unidade de Federação, Grande Região ou País.

Sendo $P(t)$ a população de uma área maior estimada no tempo t e dividindo esta área maior em n áreas menores, cuja população de uma determinada área i , na época t , é:

$$P_i(t) = 1, 2, 3, \dots, n$$

Tem-se que:

$$P(t) = \sum_{i=1}^n P_i(t)$$

Decompõe-se a população desta área i em dois termos: $a_i P(t)$ e b_i . Sendo a_i um coeficiente de proporcionalidade do incremento da população da área menor i em relação ao incremento da população da área maior, e b_i o coeficiente linear de correção, tem-se:

$$P_i(t) = a_i P(t) + b_i$$

Para determinação destes coeficientes utiliza-se o período delimitado por dois Censos Demográficos. Sejam t_0 e t_1 , respectivamente, as datas dos dois Censos. Ao substituírem-se t_0 e t_1 , na equação acima, tem-se:

$$P_i(t_0) = a_i P(t_0) + b_i \text{ e } P_i(t_1) = a_i P(t_1) + b_i$$

Determinados os coeficientes, pode-se estimar a população do município em qualquer dos anos para os quais se tenha projeção da Unidade de Federação, ou seja, período entre 2000 e 2060.

Quanto à projeção populacional das Unidades de Federação, realizada pelo IBGE, foi utilizado o método das componentes demográficas, o qual incorpora informações sobre as tendências observadas de mortalidade, fecundidade e migração em nível nacional e regional. Esse método, utilizado para projetar populações por

sexo e idade, tem sua origem na equação compensadora ou equação de equilíbrio populacional, cuja expressão analítica é a seguinte:

$$P_{(t+n)} = P_{(t)} + B_{(t,t+n)} - D_{(t,t+n)} + I_{(t,t+n)} - E_{(t,t+n)}$$

Onde:

$P_{(t+n)}$: população no ano $t+n$;

$P_{(t)}$: população no ano t ;

$B_{(t,t+n)}$: nascimentos ocorridos entre t e $t+n$;

$D_{(t,t+n)}$: óbitos ocorridos entre t e $t+n$;

$I_{(t,t+n)}$: imigrantes do período $t,t+n$;

$E_{(t,t+n)}$: emigrantes do período $t,t+n$;

t : ano inicial

n : tamanho do intervalo

A partir das hipóteses adotadas para cada componente demográfica, obtém-se a projeção da população para cada Unidade da Federação.

Na Tabela 17 e na Figura 21 são apresentadas as informações do IBGE juntamente com a estimativa para o município feita pela Fundação SEADE e os resultados de projeções feitas apartir dos métodos calculados para o intervalo do ano de 2000 a 2017.

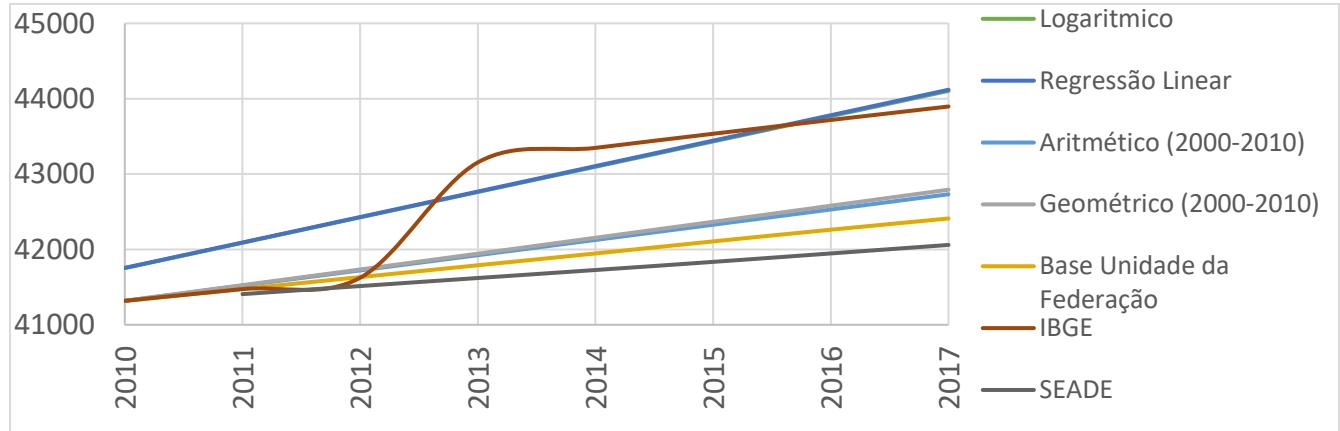
Tabela 17 - Projeções populacionais pelos métodos utilizados e informações do IBGE e SEADE

	Aritmético		Geométrico		Regressão Linear		Método Logarítmico		Base Unidade da Federação		IBGE		SEADE	
Ano	Pop.	%a.a.	Pop.	%a.a	Pop.	%a.a	Pop.	%a.a	Pop.	%a.a	Pop.	%a.a	Pop.	%a.a
2010	41318	0,49%	41318	0,50%	41755	0,82%	41753	0,81%	41318	--	41318	1,04%		
2011	41520	0,49%	41526	0,50%	42092	0,81%	42089	0,81%	41475	0,38%	41474	0,38%	41407	--
2012	41722	0,49%	41734	0,50%	42430	0,80%	42426	0,80%	41633	0,38%	41624	0,36%	41514	0,26%
2013	41924	0,48%	41944	0,50%	42768	0,80%	42762	0,79%	41790	0,38%	43155	3,68%	41621	0,26%
2014	42126	0,48%	42155	0,50%	43106	0,79%	43097	0,79%	41947	0,38%	43348	0,45%	41727	0,25%

2015	42328	0,48%	42367	0,50%	43444	0,78%	43433	0,78%	42107	0,38%	43535	0,43%	41835	0,26%
2016	42530	0,48%	42580	0,50%	43781	0,78%	43768	0,77%	42262	0,37%	43718	0,42%	41947	0,27%
2017	42732	0,47%	42793	0,50%	44119	0,77%	44104	0,77%	42411	0,35%	43897	0,41%	42060	0,27%

*Informação não disponível

Figura 21 - Curvas das projeções populacionais pelos métodos utilizados e informações do IBGE e SEADE



Nota-se que o método de regressão linear aproxima-se da projeção do IBGE para o ano de 2017 porém afasta-se das demais curvas, incluindo a projeção da Fundação SEADE. Já os métodos aritmético e geométrico se mantêm entre a curva da Fundação SEADE e da projeção do IBGE, juntamente com a curva do método utilizando como base a Unidade da Federação..

Projetando-se a população a partir de 2017 e até o horizonte do plano, pelos quatro métodos, juntamente com a projeção da Fundação SEADE (Sistema Estadual de Análise de dados), obteve-se a distribuição apresentada na Tabela 18 e FIGURA:

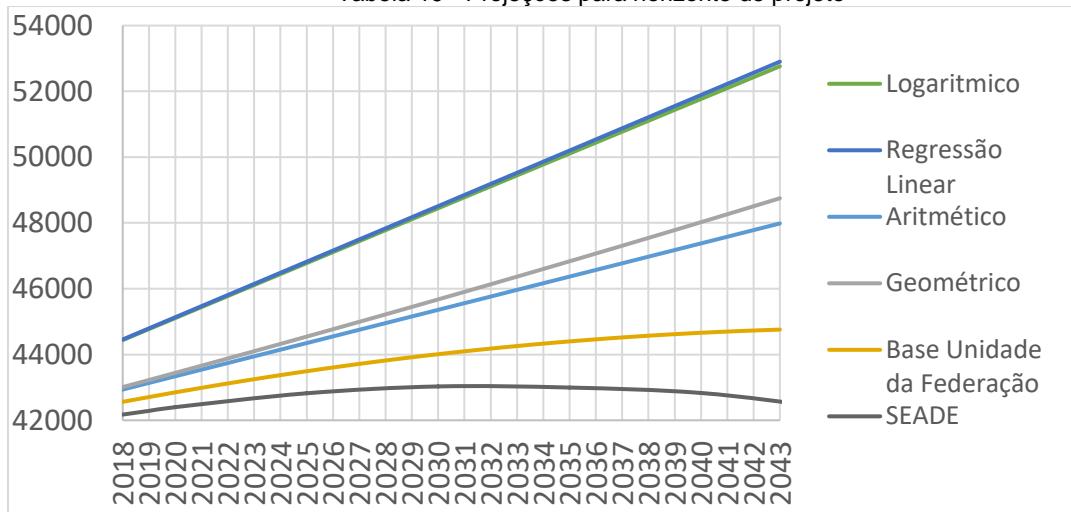
Tabela 18 - Projeções para horizonte de projeto

	Aritmético	Geométrico	Regressão Linear	Método Logarítmico	Base Unidade da Federação	SEADE
Ano	População	População	População	População	População	População
2018	42934	43009	44457	44439	42561	42174
2019	43136	43225	44795	44774	42707	42286
2020	43338	43442	45133	45108	42849	42400
2021	43540	43660	45471	45443	42987	*
2022	43742	43880	45808	45777	43120	*
2023	43944	44100	46146	46112	43249	*

2024	44146	44322	46484	46446	43373	*
2025	44348	44544	46822	46780	43492	42821
2026	44550	44768	47160	47113	43606	*
2027	44752	44993	47497	47447	43714	*
2028	44954	45219	47835	47780	43818	*
2029	45156	45446	48173	48114	43916	*
2030	45358	45675	48511	48447	44009	43029
2031	45560	45904	48849	48780	44097	*
2032	45762	46135	49186	49113	44180	*
2033	45964	46367	49524	49445	44258	*
2034	46166	46600	49862	49778	44331	*
2035	46368	46834	50200	50110	44398	42995
2036	46570	47069	50538	50442	44461	*
2037	46772	47306	50876	50774	44519	*
2038	46974	47544	51213	51106	44571	*
2039	47176	47783	51551	51438	44618	*
2040	47378	48023	51889	51769	44660	42830
2041	47580	48264	52227	52100	44697	*
2042	47782	48506	52565	52431	44729	*
2043	47984	48750	52902	52762	44756	*

*Informação não disponível

Tabela 19 - Projeções para horizonte de projeto



Uma vez que o método logarítmico e de regressão linear tiveram resultados excessivamente destoante dos outros métodos aplicados, essas projeções foram descartadas. Note-se que a projeção com base na Unidade da Federação, referente à revisão 2018 das projeções populacionais realizadas pelo IBGE até 2060 tem sua curva semelhante à curva dos dados da Fundação SEADE, apresentando junto a esse decaimento da taxa de crescimento populacional.

A projeção da Fundação SEADE prevê início de taxa de crescimento negativa para a população do município de Presidente Epitácio por volta do ano de 2030. Porém, em projeção recente lançada pelo IBGE o Estado de São Paulo só terá essa taxa negativada depois do horizonte de projeto.

APÊNDICE II – GEOREFERENCIAMENTO DOS POSTES

Nas figuras que seguem abaixo, estão representados o restante dos pontos georeferenciados dos postes do município de Presidente Epitácio.

Figura 22 – Pontos com cadastros de postes no Parque O. Figueiral (em verde, luminárias simples, vermelho, luminárias com 2 pétalas, amarelo, luminária com 3 pétalas e branco, postes sem luminária).



Fonte: Levantamento Allevant, referenciado em imagem do Google Earth (acesso em julho de 2018)

Figura 23 – Pontos com cadastros de postes na agrovila 1.



Fonte: Levantamento Allevant, referenciado em imagem do Google Earth (acesso em julho de 2018)

Figura 24 - Pontos com cadastros de postes na agrovila 2.



Fonte: Levantamento Allevant, referenciado em imagem do Google Earth (acesso em julho de 2018)

Figura 25 - Pontos com cadastros de postes na região ao norte do município de Presidente Epitácio (em verde, luminárias simples, vermelho, luminárias com 2 pétalas e em branco, postes sem luminárias).



Fonte: Levantamento Allevant, referenciado em imagem do Google Earth (acesso em julho de 2018)

Figura 26 - Pontos com cadastros de postes na região de Campinal (em verde, postes com luminárias simples).



Fonte: Levantamento Allevant, referenciado em imagem do Google Earth (acesso em julho de 2018)

Figura 27 - Pontos com cadastros de postes no extremo norte do município de Presidente Epitácio (em verde, postes com luminárias simples).



Fonte: Levantamento Allevant, referenciado em imagem do Google Earth (acesso em julho de 2018)

Figura 28 - Pontos com cadastros de postes ao sul da região central do município de Presidente Epitácio (em verde, postes com luminárias simples, em azul, postes com 4 pétalas).



Fonte: Levantamento Allevant, referenciado em imagem do Google Earth (acesso em julho de 2018)

Na Tabela 20 estão representadas todas as características das lâmpadas de Vapor de Sódio e de Vapor de Mercúrio existentes atualmente no Município de Presidente Epitácio.

Tabela 20 - Características das lâmpadas utilizadas atualmente no município de Presidente Epitácio.

Descrição	Potência (W)	Potência do reator (W)	Fluxo luminoso (lm)	Base	Vida média (h)	Equipamento auxiliar	Capacitor Compensador (uF)	Ignitor Pulso de partida (kV)	Quantidade
Vapor de mercúrio	125	15	3600	E-27	16000	Reator AFP	7	-	7
Vapor de sódio (Elipsoidal)	70	15	5600	E-27	28000	Reator AFP	10	3.0 - 4.5	2079
Vapor de sódio (Elipsoidal)	100	18	8500	E-40	32000	Reator AFP	12	3.0 - 4.5	5663
Vapor de sódio (Elipsoidal)	150	26	14000	E-40	32000	Reator AFP	18	3.0 - 4.5	172
Vapor de sódio (Elipsoidal)	250	37	25000	E-40	32000	Reator AFP	30	3.0 - 4.5	597
Vapor de sódio (Elipsoidal)	400	46	47000	E-40	32000	Reator AFP	45	3.0 - 4.5	572
Total:									9090

APÊNDICE III – DIAGNÓSTICO GERAL DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO MUNICÍPIO

Abaixo segue o restante das medições de iluminância realizada em campo no município de Presidente Epitácio.

Rua Noel Rosa – coletora

A Rua Noel Rosa é classificada como V2/P3 e está referenciada na Figura 29 retirada do Google Earth.

Figura 29 - Local de medição: Rua Noel Rosa.

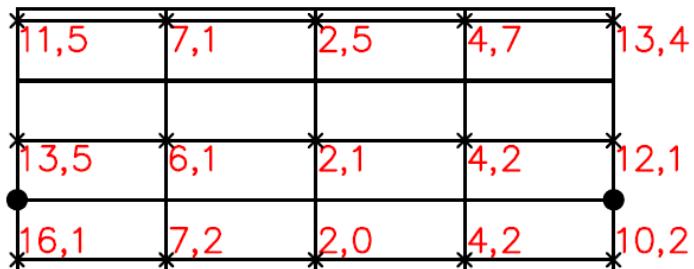


Fonte: Google Earth (acessado em julho de 2018).

A medição dos pontos de iluminância com os respectivos dados técnicos da via, como o avanço dos postes, o espaçamento entre os postes, a altura dos postes e a largura da faixa de rolamento estão contidos na Figura 30, o número em vermelho é o valor da iluminância medida.

Figura 30 - Malha de medição e os dados técnicos da via coletora Rua Noel Rosa (avanço, espaçamento entre os postes, altura do poste e largura da faixa de rolamento).

Nome da Via: Rua Noel Rosa



Espaçamento entre postes: 32,8m

Avanço do poste: 2,5m

Altura da luminária: 7,5m

Largura de rolamento da faixa: 6,0m

Tabela 21 - Iluminância médio (Emédia), Iluminância mínima (Emín) e Fator de Uniformidade (Fator Uni.) da Av. Sebastião Menonça..

Emédia	7,8
Emín	2
Fator Uni.	0,26

A partir dos dados coletados em campo, foi feita uma simulação da Rua Noel Rosa no software Dialux para que ficasse o mais próximo da realidade. A lâmpada que mais se aproximou dos valores coletados foi a de vapor de sódio de 70W, porém a partir dos dados acredita-se que a lâmpada já perdeu 30% da sua capacidade total, ou seja, ela atualmente equivale a uma lâmpada de Vapor de Sódio de aproximadamente 50W.

Figura 31 segue a simulação da malha de medição do passeio.

Figura 31 - Malha de iluminância do passeio para a Rua Noel Rosa, gerada pelo software.

Passeio 2 (P2)

Potência luminosa horizontal [lx]

16.667	15.6	12.0	8.52	6.97	6.37	5.18	6.37	6.97	8.52	12.0	15.6
16.000	17.8	12.7	9.64	6.98	6.30	4.62	6.30	6.98	9.64	12.7	17.8
15.333	20.8	13.9	10.3	7.23	6.17	4.59	6.17	7.23	10.3	13.9	20.8
m	1.491	4.473	7.455	10.436	13.418	16.400	19.382	22.364	25.345	28.327	31.309

Trama: 11 x 3 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
10.2	4.59	20.8	0.450	0.221

Na Figura 32 observa-se o mapa das linhas isográficas gerado pelo software, que se aproxima muito da realidade atual da Rua Noel Rosa.

Figura 32 - Mapa das linhas isográficas atual da Rua Noel Rosa.

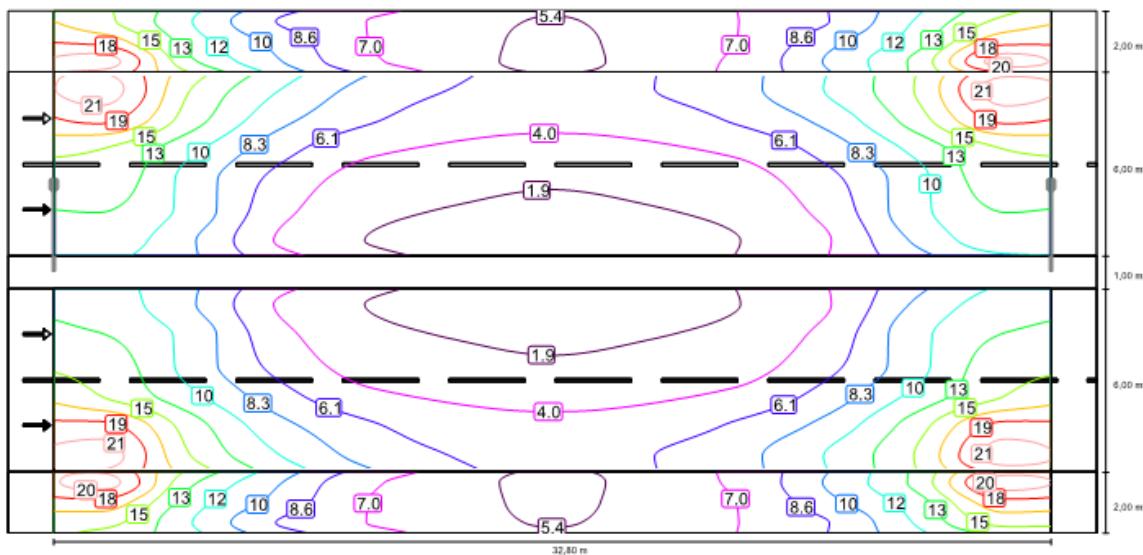


Tabela 22 foi gerada a partir dos requisitos mínimos exigidos pela norma e da realidade atual da avenida. Nela estão contidas todas as classes de iluminação exigidas pela norma, tanto para a via quanto para o passeio. A partir disso, foi observada em qual classe de iluminação a via se encontra.

Tabela 22 - Classificação da Rua Noel Rosa quanto à exigência da norma.

Rua Noel Rosa				
Classe de iluminação	Emédio	Emín	Uniformidade	Norma
V1	NÃO OK	OK	NÃO OK	NÃO OK
V2	NÃO OK	OK	NÃO OK	NÃO OK
V3	NÃO OK	OK	NÃO OK	NÃO OK
V4	NÃO OK	OK	OK	NÃO OK
V5	OK	OK	OK	OK
P1	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK	NÃO OK
P2	OK	OK	OK	OK
P3	OK	OK	OK	OK
P4	OK	OK	OK	OK

A via coletora Rua Noel Rosa está fora da norma para a classe de iluminação da via (V2) porém, está dentro da norma para a classificação do passeio (P3).

Av. Presidente Vargas – arterial

A Av. Presidente Vargas é classificada como V1/P2 e está referenciada na Figura 33 retirada do Google Earth.

Figura 33 - Local de medição: Av. Presidente Vargas.



Fonte: Google Earth (acessado em julho de 2018).

A medição dos pontos de iluminância com os respectivos dados técnicos da rua, como o avanço dos postes, o espaçamento entre os postes, a altura dos postes e a largura da faixa de rolamento estão contidos na Figura 34, o número em vermelho é o valor da iluminância medida.

Figura 34 - Malha de medição e os dados técnicos da via arterial Avenida Presidente Vargas (avanço, espaçamento entre os postes, altura do poste e largura da faixa de rolamento).

Nome da Via: Avenida Presidente Vargas

14,6	6,4	3,8	29,0	62,6
24,3	7,0	6,5	37,0	108,0

40,0	11,6	6,7	39,0	116,0

Espaçamento entre postes: 35,6m

Avanço do poste: 3,0m

Altura da luminária: 7,0m

Largura de rolamento da faixa: 6,0m

Tabela 23 - Iluminância médio (Emédia), Iluminância mínima (Emín) e Fator de Uniformidade (Fator Uni.) da Av. Presidente Vargas.

Emédia	34,17
Emín	3,8
Fator Uni.	0,11

A partir dos dados coletados em campo, foi feita uma simulação da Av. Presidente Vargas no software Dialux para que ficasse o mais próximo da realidade. A lâmpada que mais se aproximou dos valores coletados foi a de vapor de sódio de 250W.

Na Figura 35 segue a simulação da malha de medição do passeio.

Figura 35 - Malha de iluminância do passeio para a Av. Presidente Vargas, gerada pelo software.

Passeio 2 (P2)

Potência luminosa horizontal [lx]

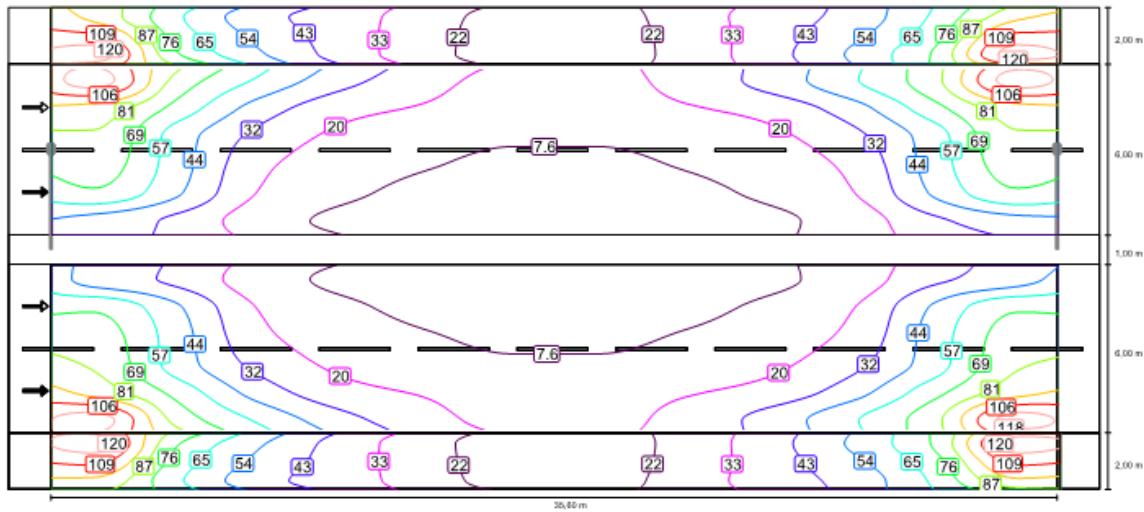
16.667	95.5	67.1	47.2	37.4	26.5	17.7	17.7	26.5	37.4	47.2	67.1	95.5
16.000	111	71.7	51.1	37.8	25.5	17.0	17.0	25.5	37.8	51.1	71.7	111
15.333	125	77.3	55.6	38.4	25.4	16.3	16.3	25.4	38.4	55.6	77.3	125
m	1.483	4.450	7.417	10.383	13.350	16.317	19.283	22.250	25.217	28.183	31.150	34.117

Trama: 12 x 3 Pontos

Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	g1	g2
52.4	16.3	125	0.311	0.130

Na Figura 36 observa-se o mapa das linhas isográficas gerado pelo software, que se aproxima muito da realidade atual da via arterial Av. Presidente Vargas.

Figura 36 - Mapa das linhas isográficas atual da Av. Presidente Vargas.



A Tabela 24 foi gerada a partir dos requisitos mínimos exigidos pela norma e da realidade atual da Av. Presidente Vargas. Nela estão contidas todas as classes de iluminação exigidas pela norma, tanto para a via quanto para o passeio. A partir disso, foi observada em qual classe de iluminação a via se encontra.

Tabela 24 - Classificação da Av. Presidente Vargas quanto à exigência da norma.

Av. Presidente Vargas				
Classe de iluminação	Emédio	Emín	Uniformidade	Norma
V1	OK	OK	OK	OK
V2	OK	OK	OK	OK
V3	OK	OK	OK	OK
V4	OK	OK	OK	OK
V5	OK	OK	OK	OK
P1	OK	OK	OK	OK
P2	OK	OK	OK	OK
P3	OK	OK	OK	OK
P4	OK	OK	OK	OK

A Av. Presidente Vargas está muito acima da norma tanto para a classe de iluminação da via (V1) quanto para a do passeio (P2), ou seja, as lâmpadas estão sobre dimensionadas para a via.

APÊNDICE IV – CARACTERÍSTICAS DAS VIAS DO MUNICÍPIO

Iluminação das Vias Consideradas no Projeto.

Para a elaboração do projeto luminotécnico, as vias do município de Presidente Epitácio foram classificadas de diferentes formas, visando abranger o maior número de possibilidades.

Iluminação das Vias Arteriais

A Figura 37 mostra todas as vias arteriais do município de Presidente Epitácio.

Figura 37 – Vias arteriais do município de Presidente Epitácio.



A Tabela 26 mostra as características das vias arteriais do município de Presidente Epitácio. Atualmente existem 730 luminárias nas vias arteriais, porém, na Av. Tibiriçá deverão ser instalados 68 postes para que fique completamente iluminada dentro da norma NBR 5101. Com isso o total de luminárias com a complementação do parque será de 798. As características das luminárias que deverão ser instaladas estão no item 7 (“Projeto Luminotécnico”).

Na Tabela 25 estão representadas as características das vias arteriais utilizadas para a realização do projeto luminotécnico. (Largura da via, extensão total, espaçamento médio entre postes, total de luminárias existentes atualmente).

Tabela 25 - Tabela resumo das vias arteriais: extensões, largura da rua e quantidade de luminárias atual e após a complementação do parque.

Nomes das vias	Extensão total (km)	Largura da rua (m)	Espaçamento Médio (m)	Total de luminárias atualmente	Postes a instalar para a complementação do parque	Total de luminárias após a complementação do parque
Av. Pres. Vargas	4,61	6,50	35,73	326		326
Av. Tibiriçá (canteiro central)	2,60	13,00	37,14	82	68	150
Av. Tibiriçá (sem canteiro central)	0,96	10,00	32,02	31		31
Av. Marginal	4,77	10,00	29,45	270		270
Rua Nelson Weler	0,72	13,00	34,49	21		21
Total	13,67	-		730	68	798

Tabela 26 - Tabela geral das vias arteriais, antes e após a complementação do parque

Nomes das vias	Extensão total (km)	Largura da rua (m)	Postes				Espaçamento (m)	Total de luminárias atualmente	Postes a instalar para a complementação do parque	Observação
			Luminária simples	Duas pétalas	Três pétalas	Quatro Pétalas				
Av. Pres. Vargas	4,61	6,50		95		34	35,73	326		Canteiro central
Av. Tibiriçá (canteiro central)	2,60	13,00	62	6		2	37,14	82	68	Instalar 68 postes com luminárias simples
Av. Tibiriçá (sem canteiro central)	0,96	10,00	29	1			32,02	31		Postes unilaterais
Av. Marginal	4,77	10,00	126			36	29,45	270		Postes unilaterais
Rua Nelson Weler	0,72	13,00	21				34,49	21		Postes unilaterais
Total	13,67	-	238	102		72		730	68	
			Total de postes atualmente	412						
			Total de luminárias atualmente	730						
			Total de postes após a complementação do parque	480						
			Total de luminárias após a complementação do parque	798						

Vias Coletoras

A Figura 38 indica todas as vias coletoras do município de Presidente Epitácio.

Figura 38 – Vias coletoras da região central do município de Presidente Epitácio.



A Figura 39 mostra a via coletora da região de Campinal, situado ao norte do centro do município.

Figura 39 – Via coletora da região de Campinal situada no município de Presidente Epitácio.



A Tabela 27 mostra as características das vias coletoras do município de Presidente Epitácio. Atualmente existem 434 luminárias nas vias coletoras, porém, na Rua Jucá Pitá, na Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto e na Rua Sebastião Novais deverão ser instalados respectivamente 26, 19 e 20 novos conjuntos de braços com luminárias. Essas instalações deverão ser feitas nos postes que possuem luminárias simples, tornando-os postes com duas pétalas, para que as vias fiquem completamente iluminadas dentro da norma NBR 5101. Com isso o total de luminárias com complementação do parque será de 499.

Na Tabela 28 estão representadas as características das vias coletoras utilizadas para a realização do projeto luminotécnico. (Largura da via, extensão total, espaçamento médio entre postes, total de luminárias existentes atualmente).

Tabela 27 - Tabela geral das vias coletoras, antes e após a complementação do parque.

Nomes das vias	Extensão total (km)	Largura da rua (m)	Postes				Espaçamento (m)	Total de luminárias atualmente	Total de braços a instalar para complementação do parque	Observação
			Luminária simples	Duas pétalas	Três pétalas	Quatro pétalas				
Av. Nishiro Shiguematsu	0,82	9,00	25				32,72	25		Poste unilaterais
Rua Jucá Pitá	2,30	6,50	26	40			34,85	106	26	Instalar mais 1 braço/luminária em cada poste que possui luminárias simples (total de 26 novos braços)
Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto	2,21	7,00	19	41			36,83	101	19	Instalar mais 1 braço/luminária em cada poste que possui luminárias simples (total de 19 novos braços)
Rua Noel Rosa	1,92	9,00	55				34,91	55		Poste unilaterais
Rua Sebastião Novais	1,40	6,50	20	22			33,33	64	20	Instalar mais 1 braço/luminária em cada poste que possui luminárias simples (total de 20 novos braços)
Rua Rio Branco	2,94	8,00	83				35,42	83		Poste unilaterais
Total	11,59		228	103	0	0	0	434	65	
			Total de postes atualmente	331						
			Total de luminárias atualmente	434						
			Total de luminárias após a complementação do parque	499						

Tabela 28 - Tabela resumo das vias coletoras: extensões, largura da rua e quantidade de luminárias atual e após a complementação do parque.

Nomes das vias	Extensão total (km)	Largura da rua (m)	Espaçamento Médio (m)	Total de luminárias atualmente	Total de braços a instalar para complementação do parque	Total de luminárias após a complementação do parque
Av. Nishiro Shiguematsu	0,8181	9,00	32,72	25		25
Rua Jucá Pitá	2,3	6,50	34,85	106	26	132
Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto	2,21	7,00	36,83	101	19	120
Rua Noel Rosa	1,92	9,00	34,91	55		55
Rua Sebastião Novais	1,4	6,50	33,33	64	20	84
Rua Rio Branco	2,94	8,00	35,42	83		83
Total	11,59			434	65	499

Vias Locais

A Figura 40 indica as vias locais da região central do município de Presidente Epitácio.

Figura 40 - Vias locais da região central do município de Presidente Epitácio. Em branco são as vias públicas, e em roxo, vias dentro de condomínio.



A Figura 41 indica as vias locais da Agrovila 1 do município de Presidente Epitácio.

Figura 41 – Vias locais da Agrovila 1.



A Figura 42 indica as vias locais da Agrovila 2 do município de Presidente Epitácio.

Figura 42 – Vias locais da Agrovila 2.



A Figura 43 indica as vias locais da região norte do município de Presidente Epitácio.

Figura 43 - Vias locais da região ao norte do município de Presidente Epitácio. Em branco são as vias públicas, e em roxo, vias dentro de condomínio.



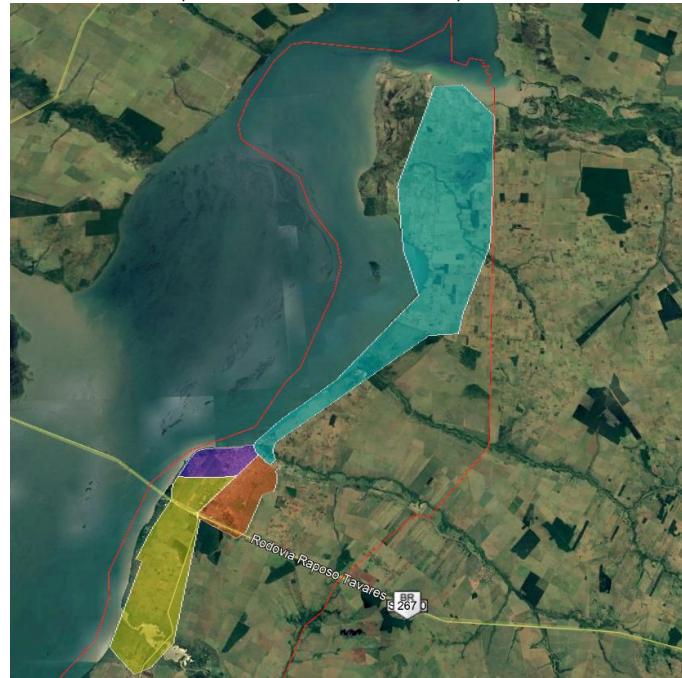
A Figura 44 indica as vias locais da região do extremo norte do município de Presidente Epitácio.

Figura 44 - Vias locais da região ao extremo norte do município de Presidente Epitácio.



Para melhor visualização e caracterização das vias coletoras o município de Presidente Epitácio foi dividido em 4 áreas, como mostrado na Figura 45.

Figura 45 - Divisão por Áreas de Presidente Epitácio. Em marrom, a zona 1, em amarelo, a zona 2, em roxo, a zona 3 e em azul claro, a zona 4.



Atualmente existem 7926 luminárias nas vias locais (vias públicas, agrovilas e condomínios), porém, na área 1, na área 2, na área 3 e na área 4 deverão ser instalados respectivamente 69, 1, 3 e 53 novos conjuntos de braços com luminárias. Essas instalações deverão ser feitas nos postes que não possuem luminárias para que as vias nas quais eles se encontram fiquem completamente iluminadas dentro da norma NBR 5101. Com isso o total de luminárias com a complementação do parque será de 8052.

A Tabela 29 representa o resumo das vias locais (extensões, largura da rua e quantidade de luminárias atual e após a complementação do parque).

Tabela 29 - Tabela resumo das vias locais: extensões, largura da rua e quantidade de luminárias atual e após a complementação do parque.

Nomes das vias	Extensão total (km)	Largura da rua (m)	Espaçamento (m)	Total de luminárias atualmente	Total de braços a instalar para a complementação do parque	Total de luminárias após a complementação do parque
Área 1	104,51	8,5	34,91	3667	69	3736
Área 2	32,52	7,5	36,25	1036	1	1037
Área 3	57,73	9	37,43	2139	3	2142
Área 4	40,03	7,5	38,23	1084	53	1137
Total	234,79			7926	126	8052

A Tabela 30 representa a quantidade de luminárias antes e após a complementação do parque atual.

Tabela 30 - Tabela geral das vias locais antes e após a complementação do parque

Nomes das áreas	Extensão total (km)	Largura da rua (m)	Postes					Espaçamento (m)	Total de luminárias atualmente	Total de braços a instalar para a complementação do parque	Observação
			Luminária simples	Duas pétalas	Três pétalas	Quatro pétalas	Sem luminária				
Área 1	104,51	8,50	2309	551		64	69	34,92	3667	69	Instalar 1 conjunto de braço/luminária em cada poste sem iluminação (total de 69 novos conjuntos)
Área 2	32,52	7,50	840	14		42	1	36,25	1036	1	Instalar 1 braço/luminária em cada poste sem iluminação (total de 1 novo conjunto)
Área 3	57,73	9,00	945	591		3	3	37,44	2139	3	Instalar 1 braço/luminária em cada poste sem iluminação (total de 3 novos conjuntos)
Área 4	40,03	7,50	945	10	37	2	53	38,23	1084	53	Instalar 1 braço/luminária em cada poste sem iluminação (total de 53 novos conjuntos)
Total	234,79		5039	1166	37	111	126		7926	126	
			Total de postes	6479							
			Total de luminárias (substituição do parque)	7926							
			Total de luminárias com complementação do parque	8052							

Vias de expansão imediata

A Figura 46 indica todas as vias de expansão imediata do município de Presidente Epitácio. Lembrando que vias de expansão imediata são vias que, com a passagem da equipe no local, notou-se arruamento para possível construção de habitações. A extensão total de vias de expansão imediata é de 7,76Km.

Figura 46 – Vias de expansão imediata do município de Presidente Epitácio.



Na Tabela 31 pode ser observada a quantidade de postes com luminárias que deverão ser instalados nas vias de expansão imediata. Vale ressaltar que, para chegar a esta quantidade de postes, utilizou-se espaçamento médio entre os postes de 30 metros.

Tabela 31 - Quantidade de postes que deverão ser instalados nas vias de expansão imediata.

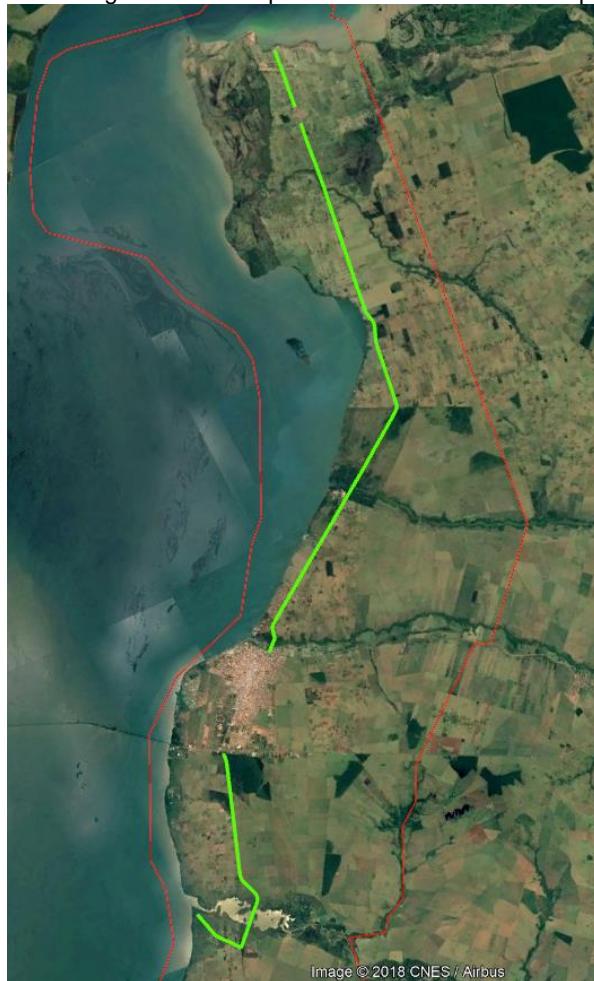
Nomes das vias	Extensão total (km)	Quantidade
Expansão Imediata	7,76	259

Em caso de novos loteamentos, em locais onde não há infraestrutura de iluminação pública, a concessionária ENERGISA é responsável pela instalação de postes e toda infraestrutura de energia, sendo assim a instalação nas luminárias nessa área se dará após a instalação dos postes pela ENERGISA.

Vias vicinais

Vias vicinais são aquelas que fazem ligações com regiões mais afastadas da região mais movimentada da cidade. No caso do município de Presidente Epitácio, a extensão de vias vicinais é de 40,17km. A instalação de postes nestes locais ficará a critério do município, visto que são áreas pouco frequentadas, o que poderá gerar gastos (tanto com energia quanto com a instalação dos postes) com baixo retorno social. A Figura 47 representa um exemplo de via vicinal do município.

Figura 47 - Exemplo de vias vicinais no município.



Na tabela 32 está contido um resumo do diagnóstico realizado no Município de Presidente Epitácio. Nela estão contidas as vias arteriais, coletoras e locais com suas quantidades de luminárias atual e quantidade de postes e luminárias que deverão ser instaladas para que todas as vias do município fiquem dentro da norma NBR 5101.

Tabela 32 – Tabela resumo do diagnóstico.

Nomes das vias	Total de luminárias atualmente	Total de postes/braços a serem instalados	Total de luminárias após a complementação do parque
Av. Pres. Vargas	326		326
Av. Tibiriçá (canteiro central)	82	68 novos postes/braços	150
Av. Tibiriçá (poste unilateral)	31		31
Av. Marginal	270		270
Rua Nelson Weler	21		21
Av. Nishiro Shiguematsu	25		25
Rua Jucá Pitá	106	26 novos braços	132
Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto	101	19 novos braços	120
Rua Noel Rosa	55		55
Rua Sebastião Novais	64	20 novos braços	84
Rua Rio Branco	83		83
Área 1	3667	69 novos braços	3736
Área 2	1036	1 novo braço	1037
Área 3	2139	3 novos braços	2142
Área 4	1084	53 novos braços	1137
Total	9090	259	9349

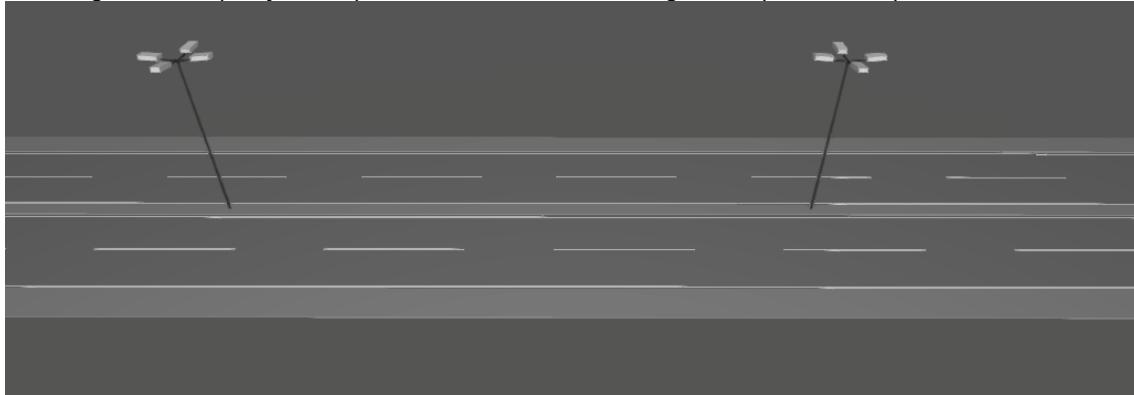
APÊNDICE V – PROJETO LUMINOTÉCNICO

Segue nos itens abaixo o projeto luminotécnico de todas as vias locais, coletoras e arteriais do município de Presidente Epitácio.

Av. Presidente Vargas com 4 petalas e canteiro central.

A extensão da via que possui postes com 4 pétalas é de 1,22km. Além disso possui um total de 34 postes, sendo todos com 4 pétalas com espaçamento médio entre os postes de 35,73 metros.

Figura 48: Disposição dos postes na Av. Presidente Vargas com postes de 4 pétalas e canteiro central.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para que a iluminação da via dentro da norma.

Na figura 49 podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Av. Presidente Vargas com 4 pétalas e lâmpada de LED de 9000 lúmens.

Figura 49: Linhas isográficas de iluminância da Av. Presidente Vargas com 4 pétalas e lâmpada de LED de 9000 lúmens.

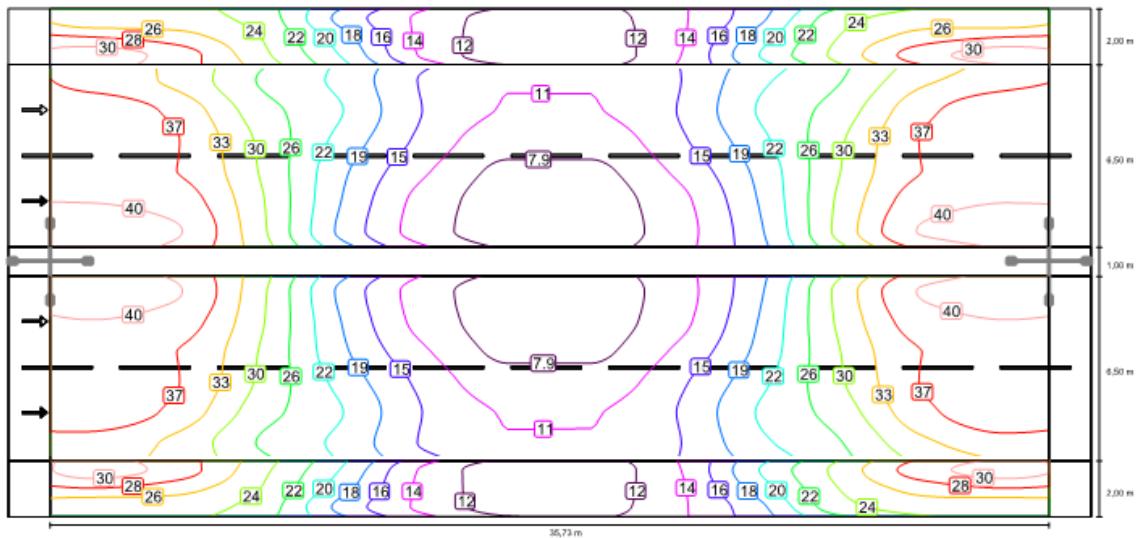
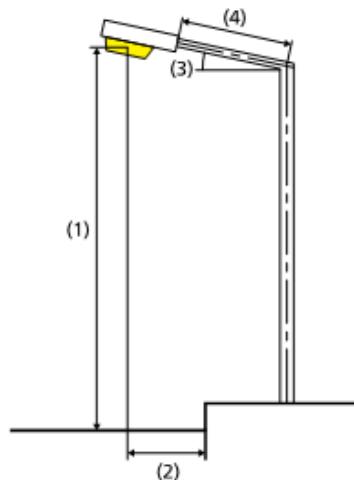


Figura 50: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Presidente Vargas com postes de 4 pétalas.

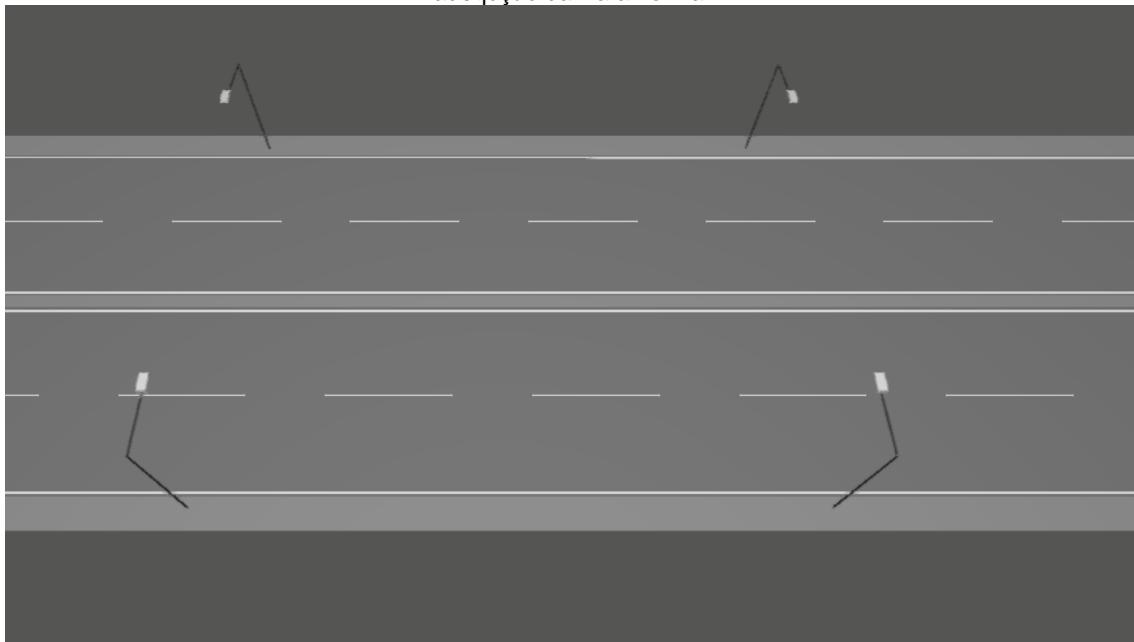


Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	9000.00 lm
Distribuição:	Faixa central
Distância entre postes:	35.730 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.148 m
Altura do ponto de luz (1):	10.000 m
Pendor do ponto de luz (2):	0.800 m

Av. Tibiriçá e canteiro central.

A extensão da via que possui canteiro central é de 2,60km. Além disso possui um total de 70 postes, sendo 62 com luminárias simples, 6 com 2 pétalas e 2 com 4 pétalas, com espaçamento médio entre os postes de 37,14 metros. Toda a extensão da via está com a iluminação fora da norma, pois só um dos lados da via está iluminado, dessa forma deverão ser instalados 68 postes do lado da via que está sem poste com espaçamento médio de 37,14 metros entre os postes. Com isso os postes ficarão dispostos bilateralmente na via conforme a figura abaixo, ocorrendo assim a complementação do parque.

Figura 51: Disposição bilateral dos postes na Av. Tibiriçá, após a complementação do parque e a adequação da via a norma.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura 52 podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Av. Tibiriçá com canteiro central e lâmpada de LED de 20000 lúmens.

Figura 52: Linhas isográficas de iluminância da Av. Tibiriçá com canteiro central e lâmpada de LED de 20000 lúmens.

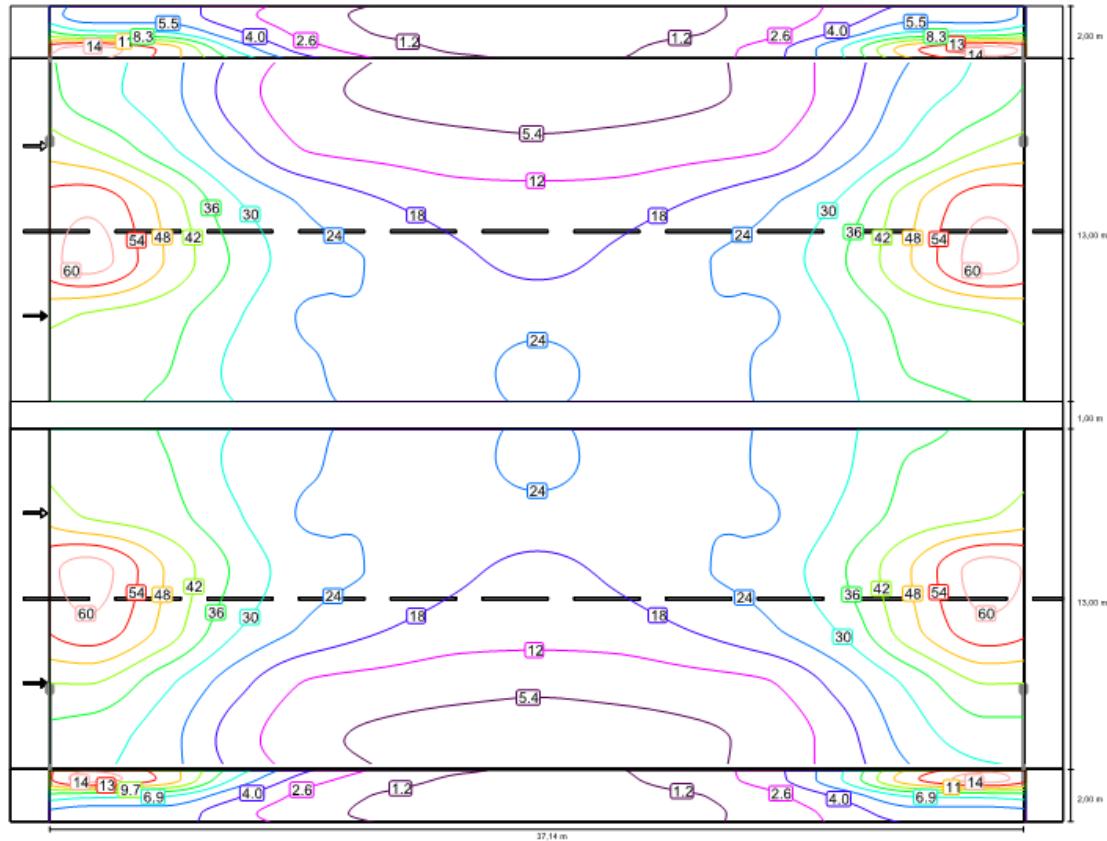
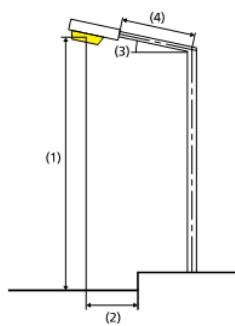


Figura 53: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Tibiriçá com canteiro central.

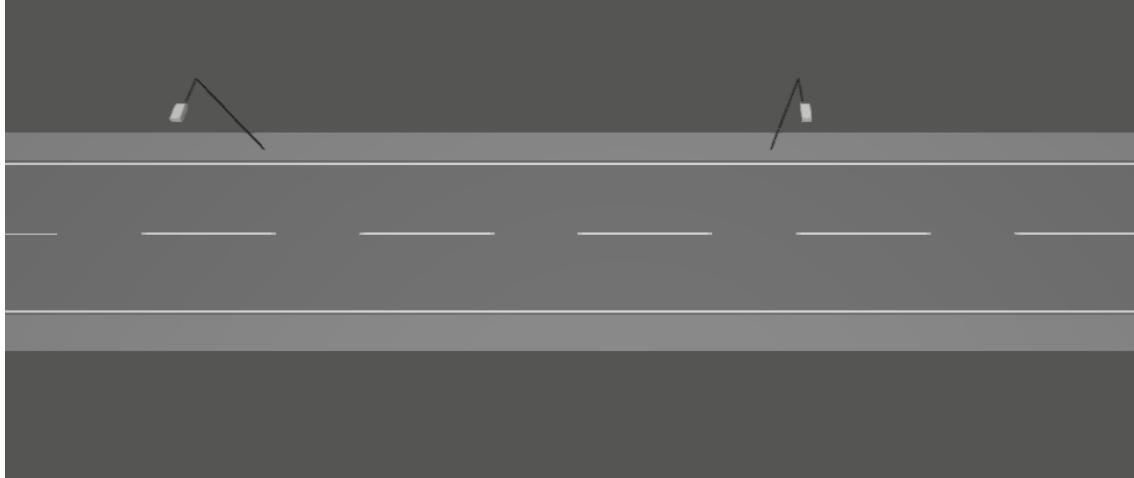


Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	20000.00 lm
Distribuição:	bilateral frente a frente
Distância entre postes:	37.140 m
Inclinação do braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	3.507 m
Altura do ponto de luz (1):	8.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	3.000 m

Av. Tibiriçá com poste unilateral.

A extensão da via que possui poste unilateral é de 0,96km. Além disso possui um total de 30 postes, sendo 29 com luminárias simples e 1 com 2 pétalas, ficando com espaçamento médio entre os postes de 32,02 metros.

Figura 54: Disposição dos postes na Av. Tibiriçá com postes unilaterais.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Av. Tibiriçá com postes unilaterais e lâmpada de LED de 15000 lúmens.

Figura 55: Linhas isográficas de iluminância da Av. Tibiriçá com postes unilaterais e lâmpada de LED de 15000 lúmens.

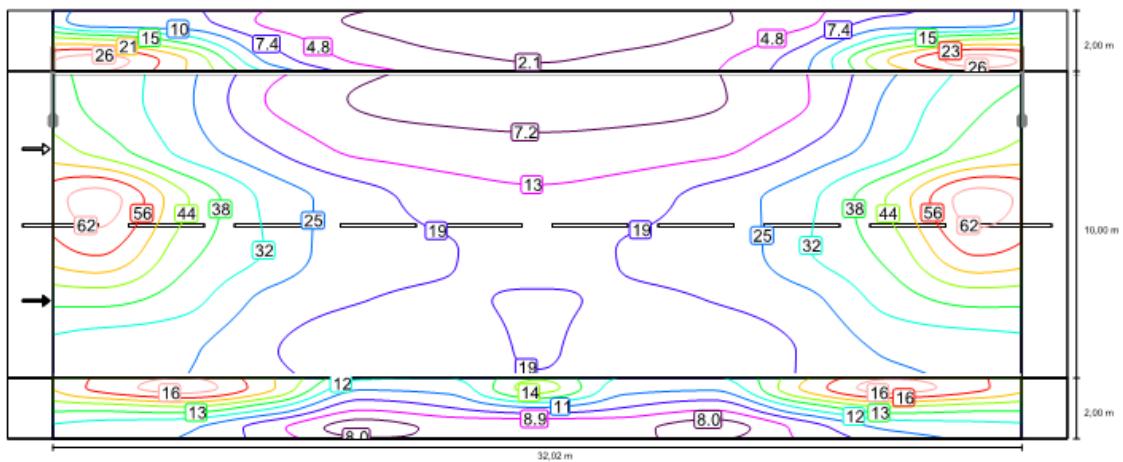
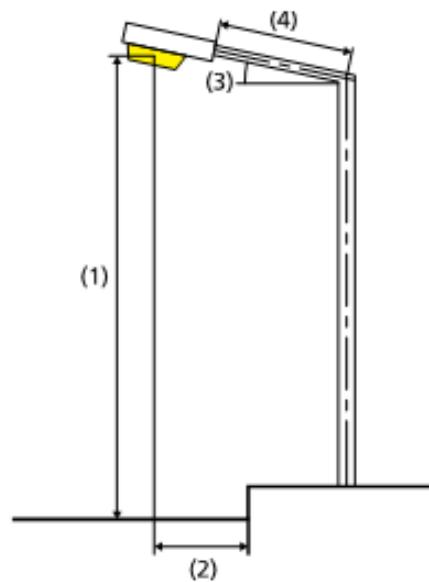


Figura 56: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Tibiriçá com postes unilaterais.

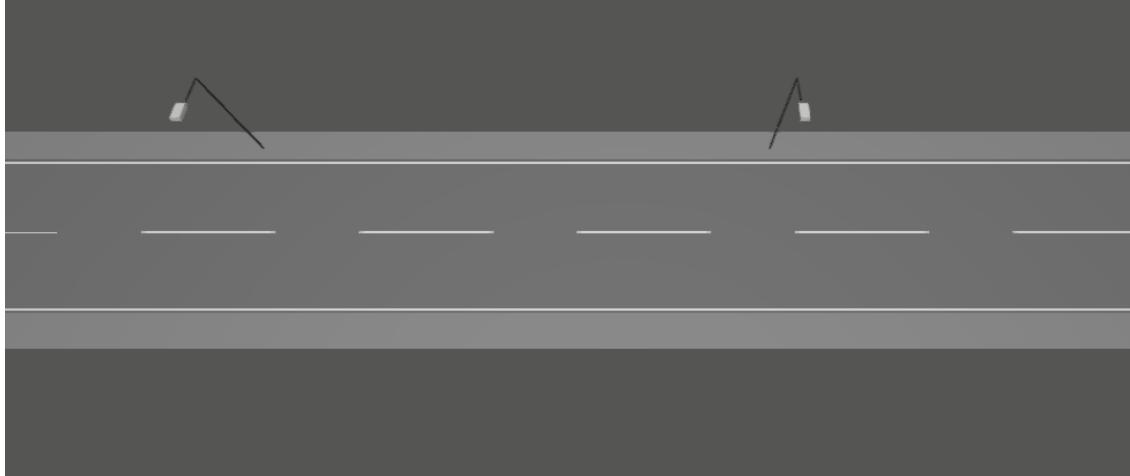


Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	15000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	32.020 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.152 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Av. Marginal com poste unilateral.

A extensão da via que possui poste unilateral é de 4,77km. Além disso possui um total de 162 postes, sendo 126 com luminárias simples e 36 com 4 pétalas, ficando com espaçamento médio entre os postes de 29,45 metros.

Figura 57: Disposição dos postes na Av. Marginal com postes unilaterais.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura 58 podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Av. Marginal com postes unilaterais e lâmpada de LED de 15000 lúmens.

Figura 58: Linhas isográficas de iluminância da Av. Marginal com postes unilaterais e lâmpada de LED de 15000 lúmens.

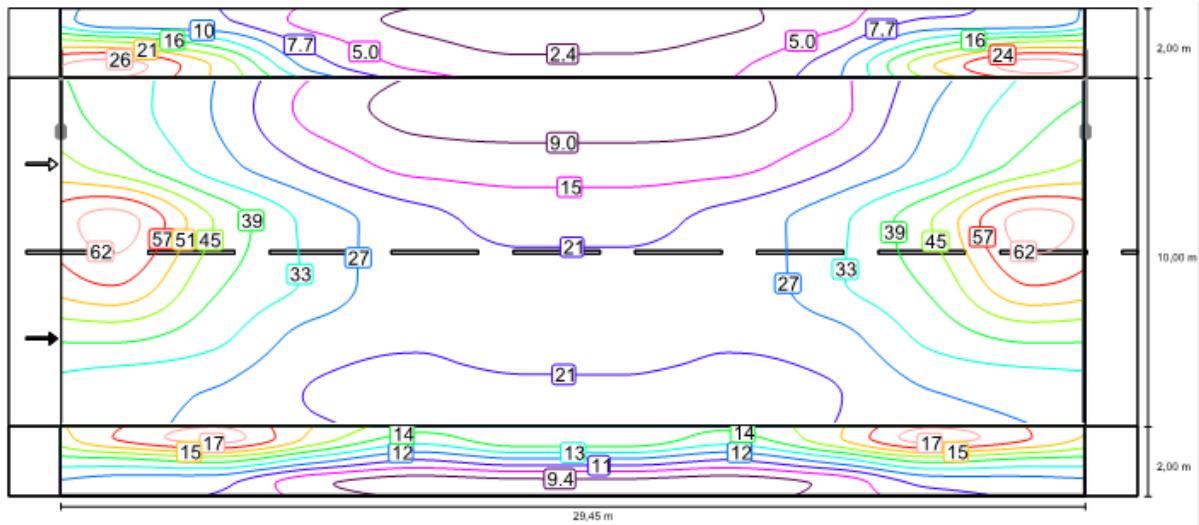
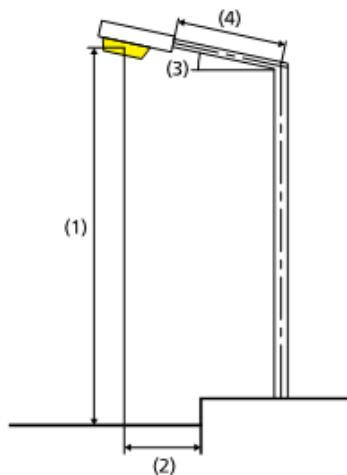


Figura 59: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Marginal com postes unilaterais.

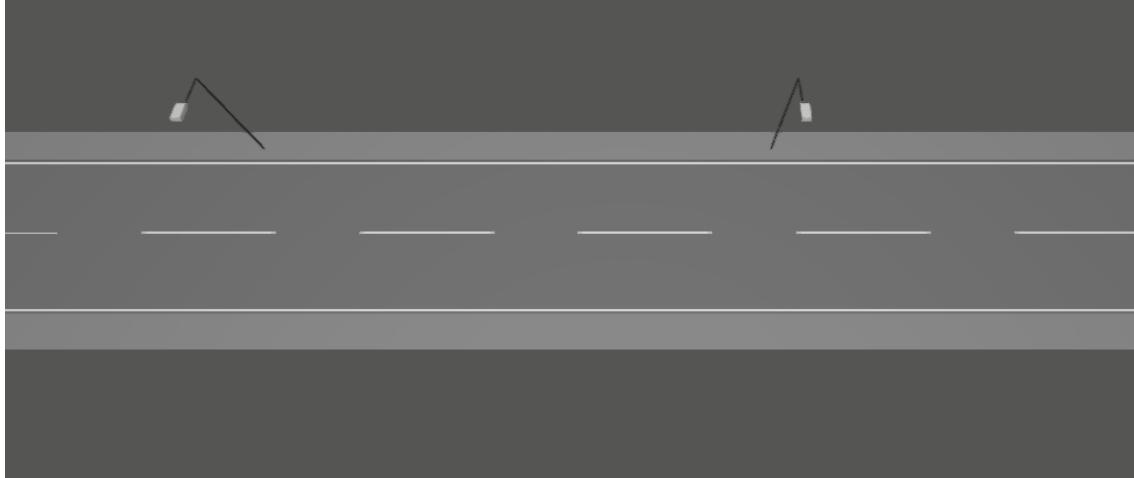


Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	15000.00 lm
Distribuição:	unilateral em cima
Distância entre postes:	29.450 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.152 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Rua Nelson Weler com poste unilateral.

A extensão da via que possui poste unilateral é de 0,72km. Além disso possui um total de 21 postes, sendo todos com luminárias simples, com espaçamento médio entre os postes de 34,49 metros.

Figura 60: Disposição dos postes na Rua Nelson Weler com postes unilaterais.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Rua Nelson Weler com postes unilaterais e lâmpada de LED de 20000 lúmens.

Figura 61: Linhas isográficas de iluminância da Rua Nelson Weler com postes unilaterais e lâmpada de LED de 20000 lúmens.

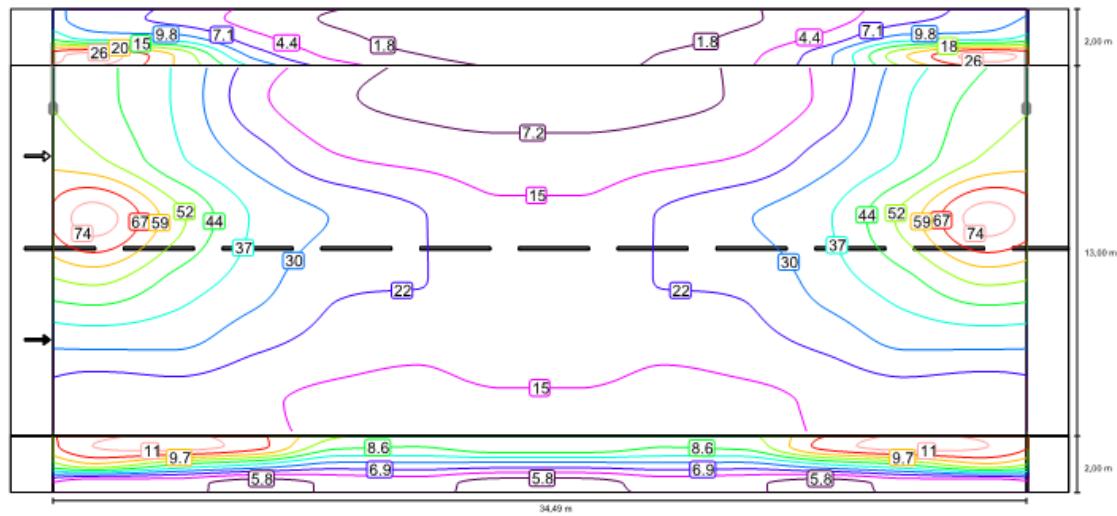
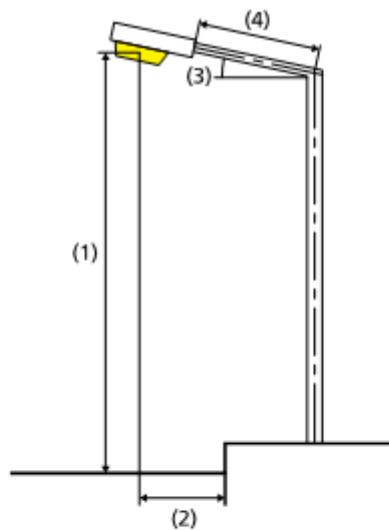


Figura 62: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Rua Nelson Weler com postes unilaterais.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	20000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	34.490 m
Inclinação de braço extensor (3):	10.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.185 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Solução luminotécnica: Vias coletores

Segue o projeto luminotécnico para as vias coletores. Ressalta-se que há trechos com canteiro central, onde somente um dos lados da via está iluminado, portanto a proposta é trocar as luminárias e também instalar novos braços quando necessário, para a complementação do parque atual.

Av. Nishiro Shiguematsu com poste unilateral.

A extensão da via que possui poste unilateral é de 0,82km. Além disso possui um total de 25 postes, sendo todos com luminárias simples, com espaçamento médio entre os postes de 32,72 metros.

Figura 63: Disposição dos postes na Av. Nishiro Shiguematsu com postes unilaterais.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Av. Nishiro Shiguematsu com postes unilaterais e lâmpada de LED de 10000 lúmens.

Figura 64: Linhas isográficas de iluminância da Av. Nishiro Shiguematsu com postes unilaterais e lâmpada de LED de 10000 lúmens.

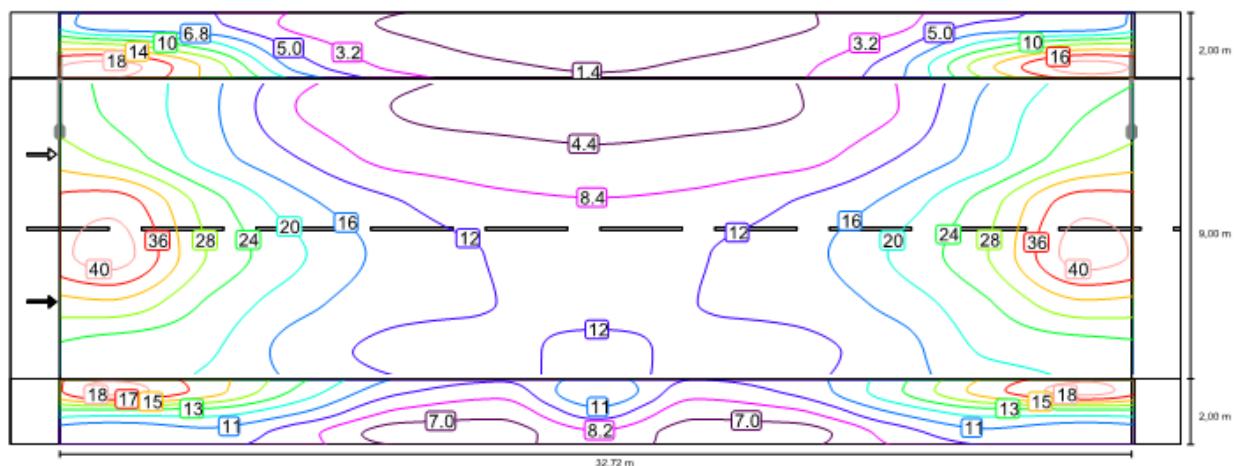
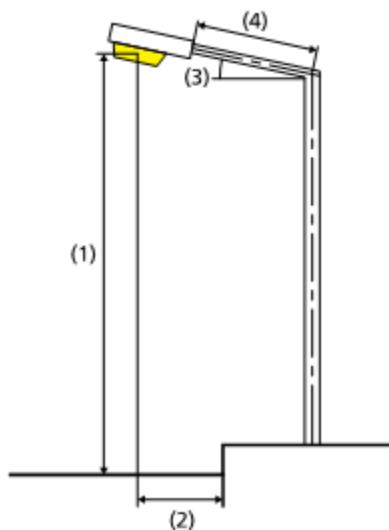


Figura 65: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Av. Nishiro Shiguematsu com postes unilaterais.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	10000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	32.720 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.152 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Rua Jucá Pitá com canteiro central.

A extensão da via que possui canteiro central é de 2,30km. Além disso possui um total de 66 postes, sendo 26 com luminárias simples e 40 com 2 pétalas, com espaçamento médio entre os postes de 34,85 metros. Toda a extensão da via que possui luminárias simples está com a iluminação fora da norma, pois só um dos lados da via se encontra iluminado, como está demonstrado na figura abaixo, dessa forma deverão ser instalados 26 braços nos postes existentes, virados para o lado da via que está sem iluminação.

Figura 66: Disposição dos postes na Rua Jucá Pitá com postes que possuem luminárias simples atualmente (fora da norma).

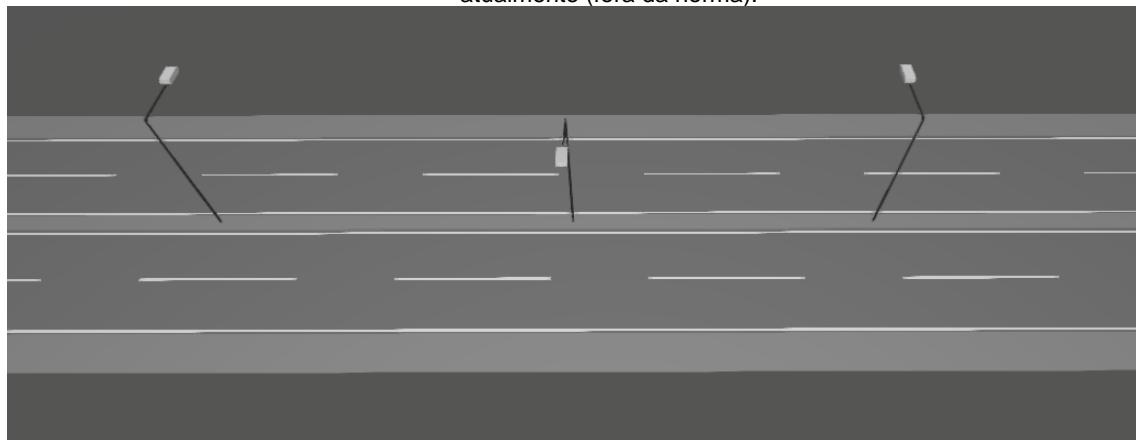
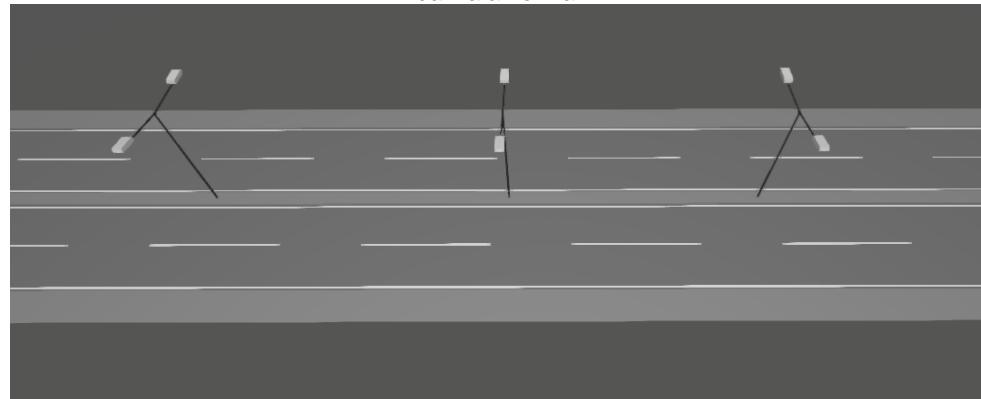


Figura 67: Disposição dos postes na Rua Jucá Pitá após a complementação do parque e a adequação da via a norma.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Rua Jucá Pitá com postes de 2 pétalas e lâmpadas de LED de 8000 lúmens.

Figura 68: Linhas isográficas de iluminância da Rua Jucá Pitá com postes de 2 pétalas no canteiro central e lâmpada de LED de 8000 lúmens.

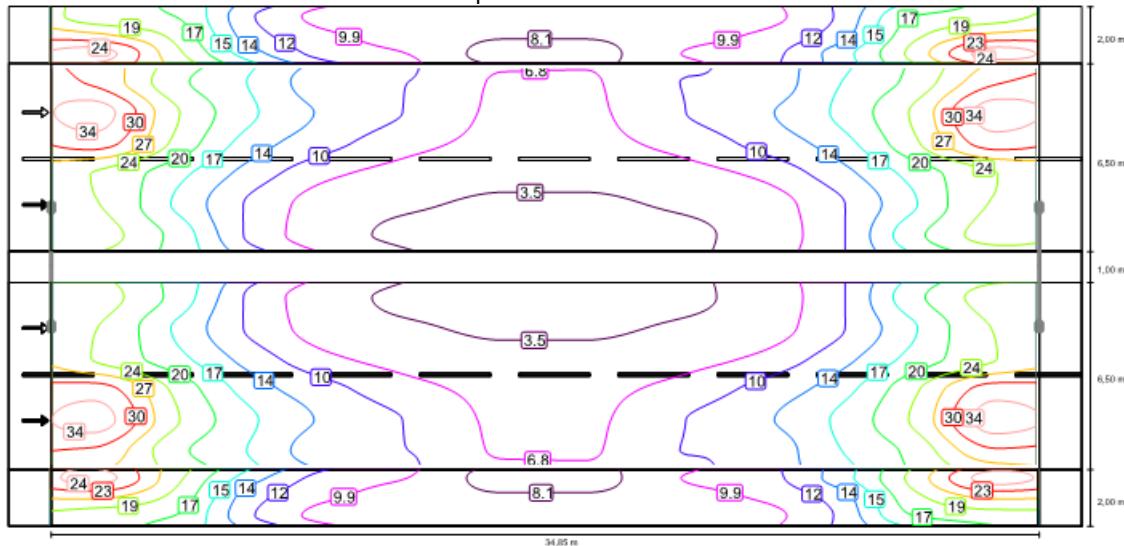
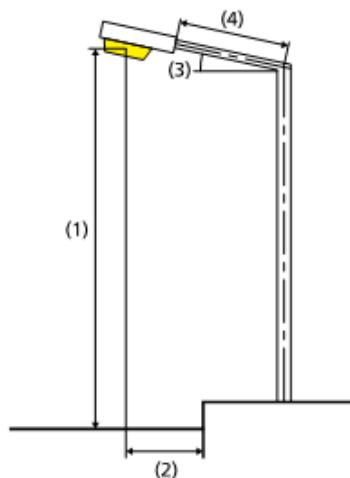


Figura 69: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes na Rua Jucá Pitá com postes de 2 pétalas.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	8000.00 lm
Distribuição:	Faixa central
Distância entre postes:	34.850 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.851 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto com canteiro central.

A extensão da via que possui canteiro central é de 7,00km. Além disso possui um total de 60 postes, sendo 19 com luminárias simples e 41 com 2 pétalas, com espaçamento médio entre os postes de 36,83 metros. Toda a extensão da via que possui luminária simples está com a iluminação fora da norma, pois só um dos lados da via está iluminado, como está demonstrado na figura abaixo, dessa forma deverão ser instalados 19 braços nos postes existentes, virados para o lado da via que está sem iluminação.

Figura 70: Disposição dos postes na Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto com postes que possuem luminárias simples atualmente (fora da norma).

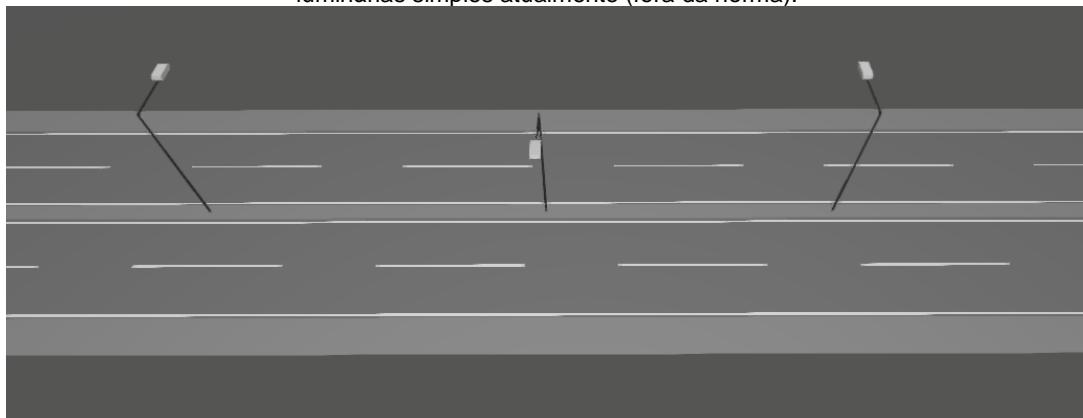
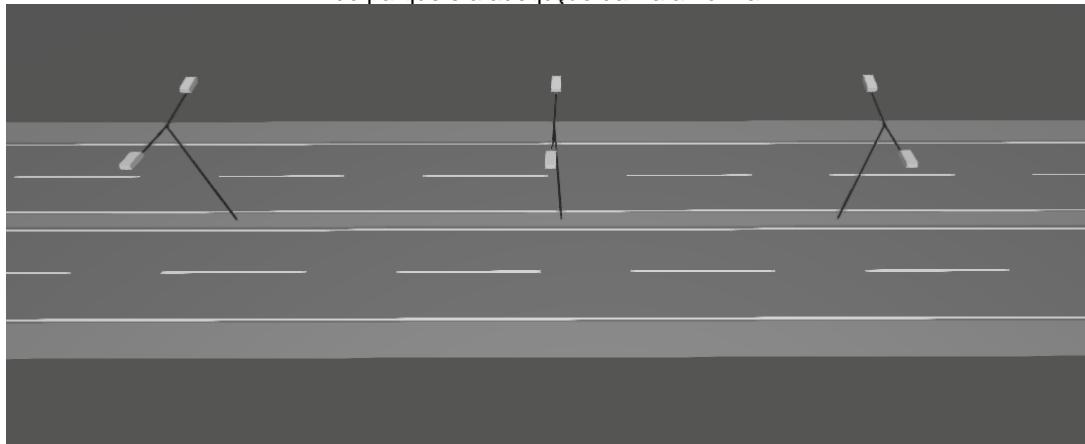


Figura 71: Disposição dos postes na Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto após a complementação do parque e a adequação da via a norma.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto com postes de 2 pétalas e lâmpadas de LED de 9000 lúmens.

Figura 72: Linhas isográficas de iluminância da Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto com postes de 2 pétalas no canteiro central e lâmpada de LED de 9000 lúmens.

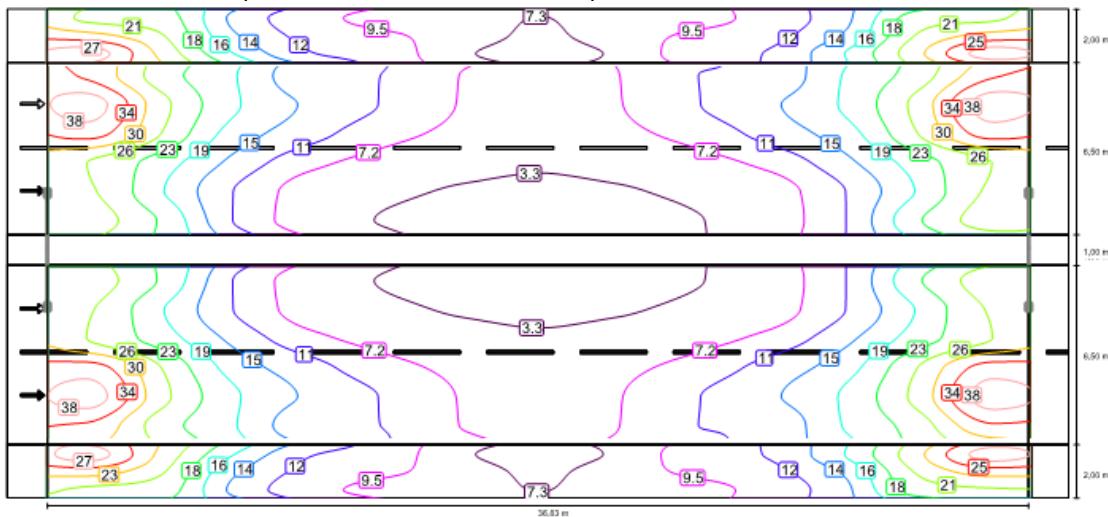
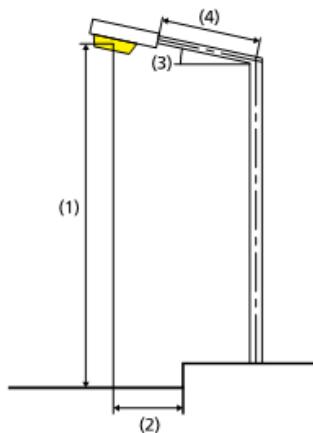


Figura 73: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes na Rua Antônio Marinho de Carvalho Pinto com postes de 2 pétalas.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	9000.00 lm
Distribuição:	Faixa central
Distância entre postes:	36.830 m
Inclinação de braço extensor (4):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.851 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Rua Noel Rosa com poste unilateral.

A extensão da via que possui postes unilaterais é de 1,92km. Além disso possui um total de 55 postes, sendo todos com luminárias simples, com espaçamento médio entre os postes de 34,91 metros.

Figura 74: Disposição dos postes na Rua Noel Rosa com postes unilaterais.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Rua Noel Rosa com postes unilaterais e lâmpadas de LED de 10000 lúmens.

Figura 75: Linhas isográficas de iluminância da Rua Noel Rosa com postes unilaterais e lâmpada de LED de 10000 lúmens.

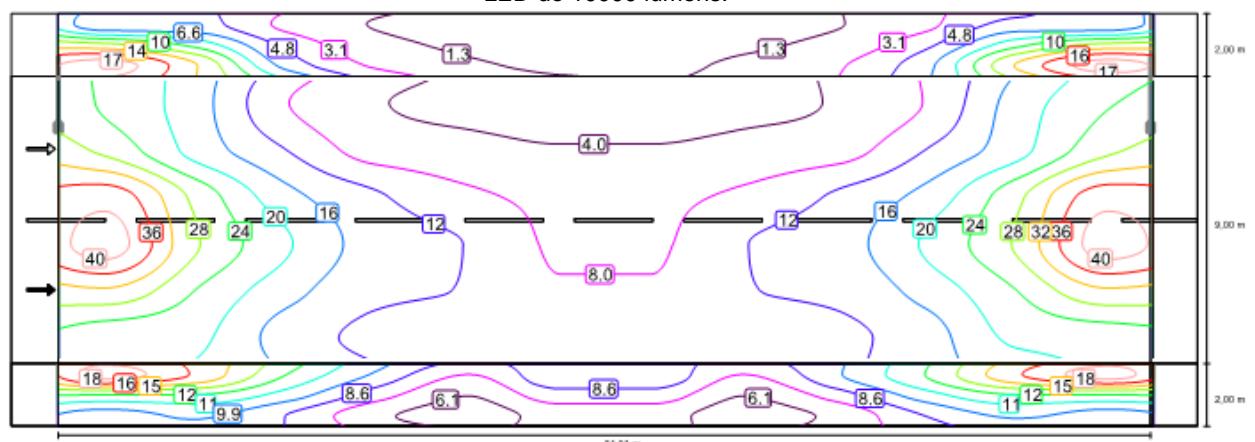
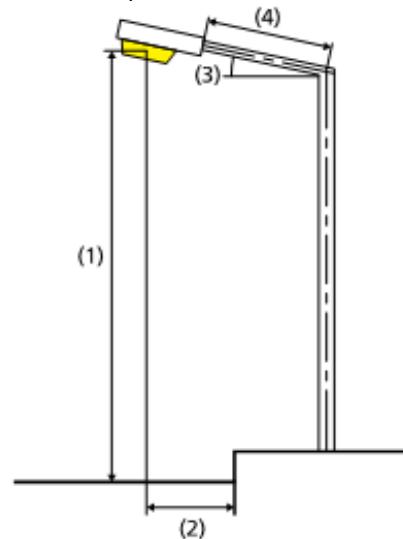


Figura 76: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Rua Noel Rosa com postes unilaterais.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	10000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	34.910 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.002 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Rua Sebastião Novais com canteiro central.

A extensão da via que possui canteiro central é de 1,40km. Além disso possui um total de 42 postes, sendo 20 com luminárias simples e 22 com 2 pétalas, com espaçamento médio entre os postes de 33,33 metros. Toda a extensão da via que possui luminárias simples está com a iluminação fora da norma, pois só um dos lados da via está iluminado, como está demonstrado na figura abaixo, dessa forma deverão ser instalados 20 braços nos postes existentes, virados para o lado da via que está sem iluminação.

Figura 77: Disposição dos postes na Rua Sebastião Novais com postes que possuem luminárias simples atualmente (fora da norma).

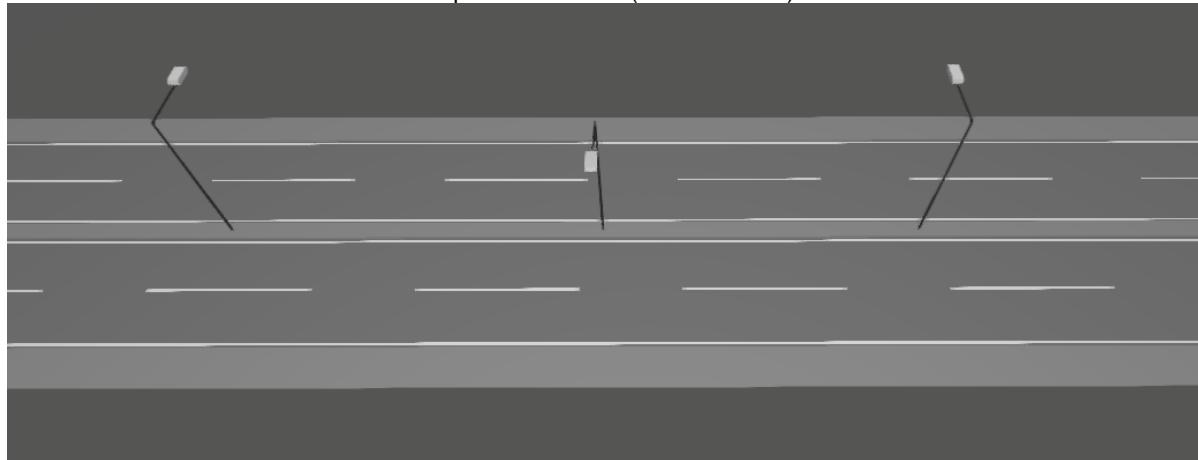
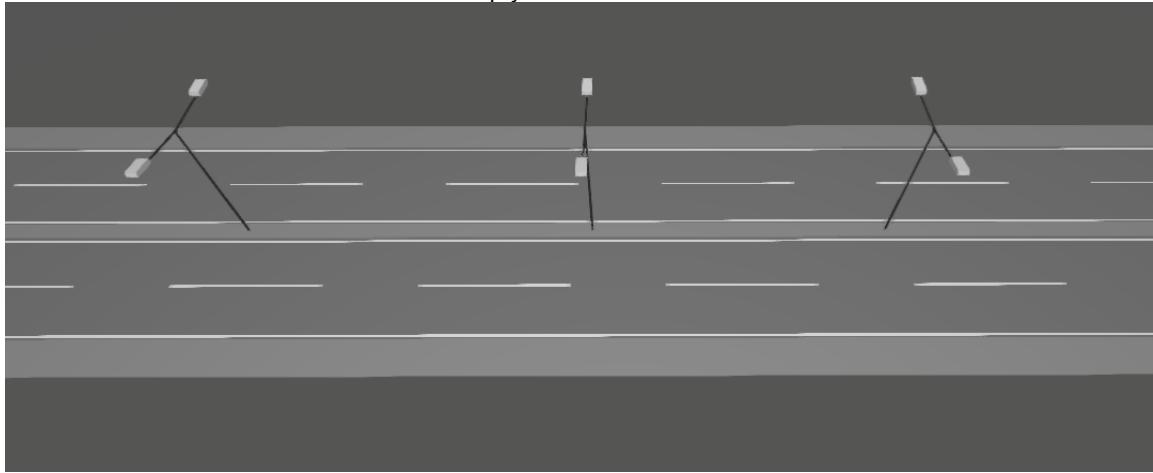


Figura 78: Disposição dos postes na Rua Sebastião Novais após a complementação do parque e a adequação da via a norma.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Rua Sebastião Novais com postes de 2 pétalas e lâmpadas de LED de 8000 lúmens.

Figura 79: Linhas isográficas de iluminância da Rua Sebastião Novais com postes de 2 pétalas no canteiro central e lâmpada de LED de 8000 lúmens.

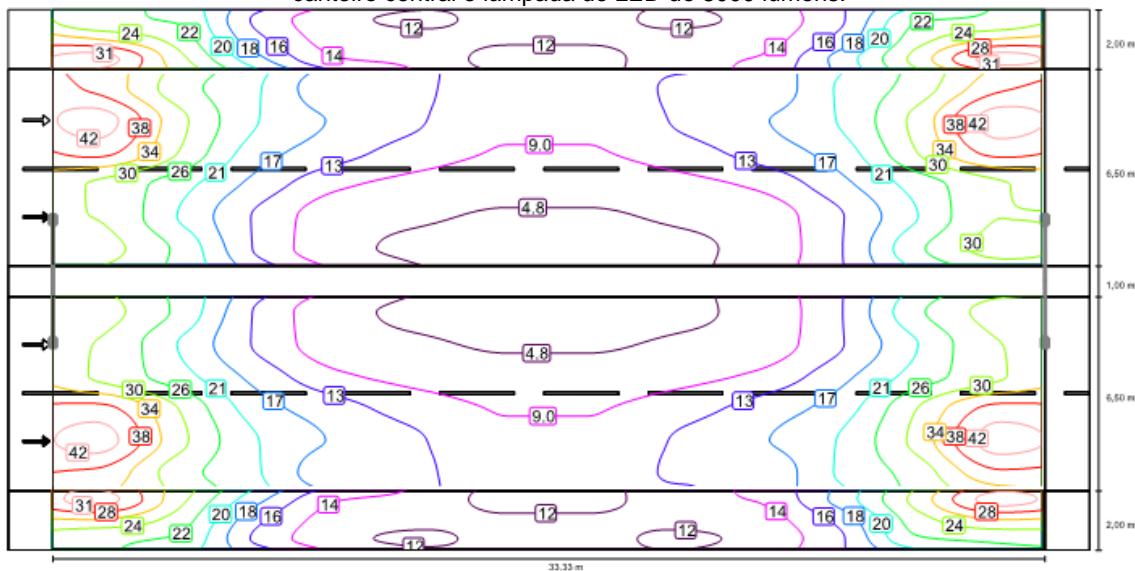
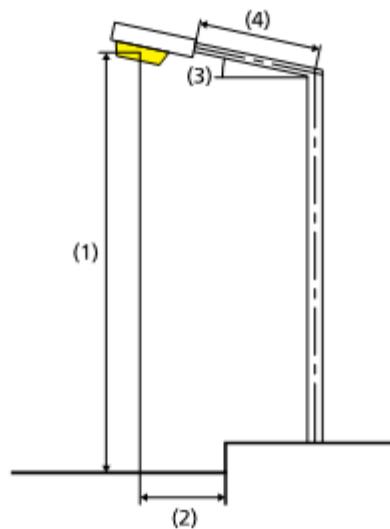


Figura 80: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes na Rua Sebastião Novais com postes de 2 pétalas.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	10000.00 lm
Distribuição:	Faixa central
Distância entre postes:	33.330 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	1.851 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Rua Rio Branco com poste unilateral.

A extensão da via que possui postes unilaterais é de 2,94km. Além disso possui um total de 83 postes, sendo todos com luminárias simples, com espaçamento médio entre os postes de 35,42 metros.

Figura 81: Disposição dos postes na Rua Rio Branco com postes unilaterais.



Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação da via dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para a Rua Rio Branco com postes unilaterais e lâmpadas de LED de 10000 lúmens.

Figura 82: Linhas isográficas de iluminância da Rua Rio Branco com postes unilaterais e lâmpada de LED de 10000 lúmens.

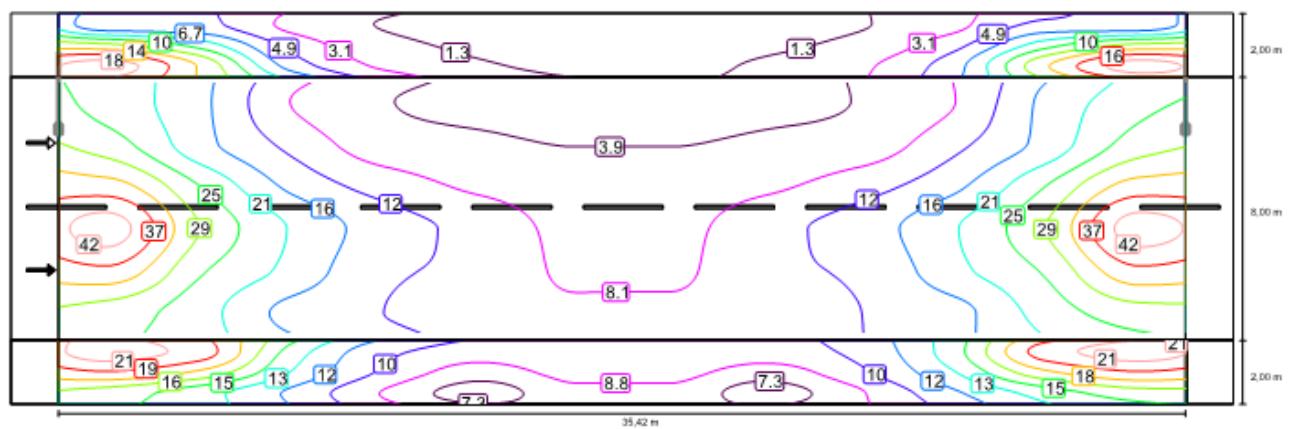
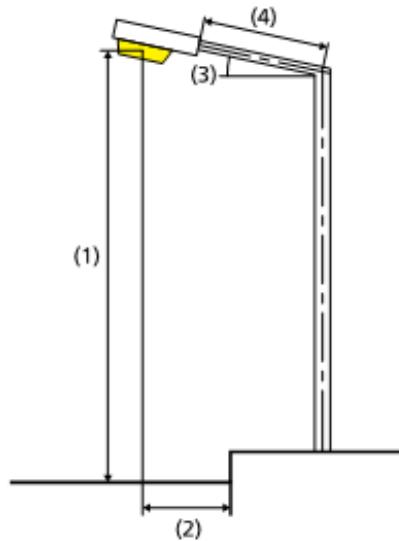


Figura 83: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes da Rua Rio Branco com postes unilaterais.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	10000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	35.420 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.152 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Solução luminotécnica: Vias locais, Condomínios e agrovilas

Segue o projeto luminotécnico para as vias locais, condomínios e agrovilas. Vale lembrar que há trechos onde tem postes sem luminárias, portanto a proposta é de trocar as luminárias e também instalar novos braços quando for necessário, para a complementação do parque atual.

Para um melhor detalhamento das vias locais, o Município foi dividido em 4 áreas, como está exposto no capítulo 6, Diagnóstico.

Área 1 – Via local

Segue o projeto luminotécnico para as vias locais da Área 1. Vale lembrar que há 104,51 Km de vias locais nessa área. As vias locais da Área 1 possuem um total de

2993 postes, sendo 2309 com luminárias simples, 551 com 2 pétalas, 64 com 4 pétalas e 69 sem luminária. Com isso o espaçamento médio entre postes dessa é de aproximadamente 34,92 metros. Para que todas as vias da área 1 fiquem dentro da norma, será necessário instalar braços nos postes que não possuem luminárias, totalizando um total de 69 novos braços.

Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos e, consequentemente, das potências das lâmpadas de LED necessárias para que a iluminação das vias fique dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para todas as vias locais da Área 1 com lâmpada de LED de 7000 lúmens.

Figura 84 - Linhas isográficas de iluminância das vias locais da Área 1 com lâmpada de LED de 7000lúmens.

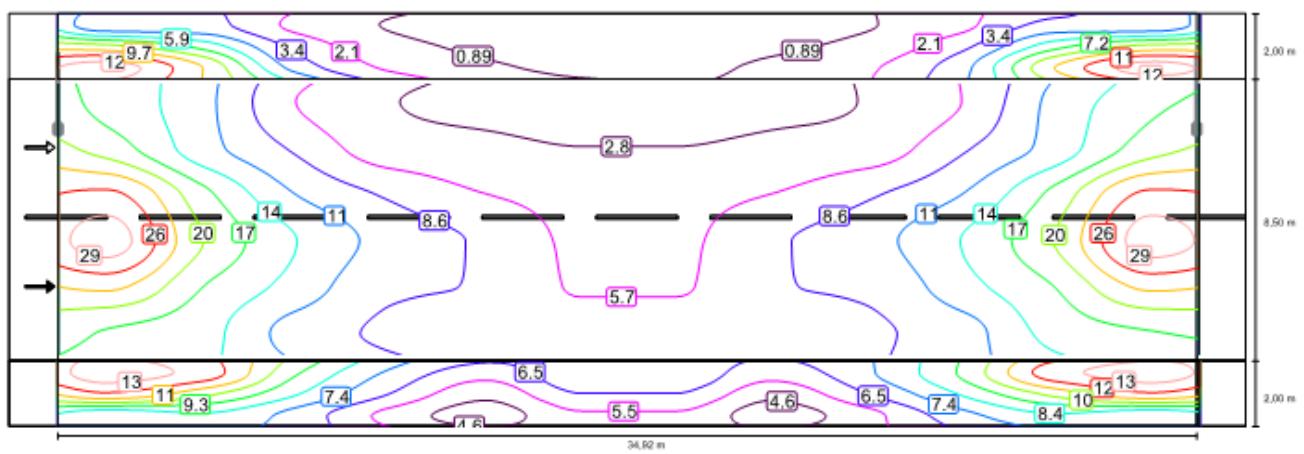
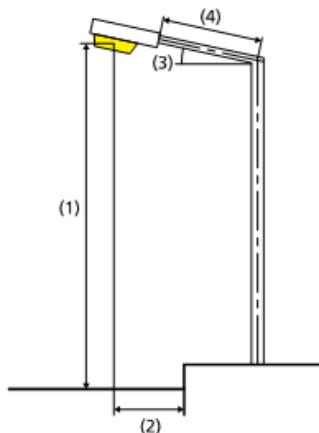


Figura 85: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias locais da Área 1.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	7000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	34.920 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.152 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Área 2 – Via local .

Segue o projeto luminotécnico para as vias locais da Área 2. Ressalta-se que há 32,52 Km de vias locais nessa área. As vias locais da Área 2 possuem um total de 897 postes, sendo 840 com luminárias simples, 14 com 2 pétalas, 42 com 4 pétalas e 1 sem luminária. Com isso o espaçamento médio entre postes dessa área é de aproximadamente 36,25 metros. Para que todas as vias da área 2 fiquem dentro da norma, será necessário instalar braços nos postes que não possuem luminárias, totalizando um total de 1 novo braço com luminária.

Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos e, consequentemente, das potências das lâmpadas de LED necessárias para que a iluminação das vias fique dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para todas as vias locais da Área 2 com lâmpada de LED de 7000 lúmens.

Figura 86 - Linhas isográficas de iluminância das vias locais da Área 2 com lâmpada de LED de 7000 lúmens.

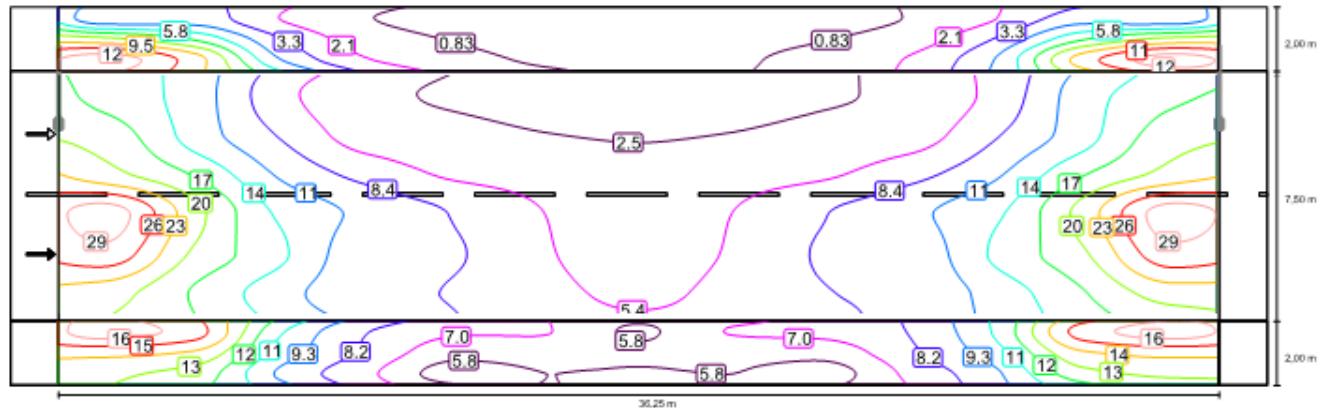
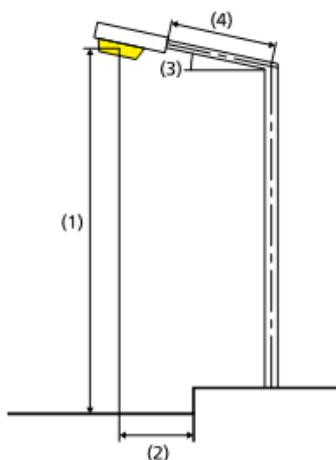


Figura 87: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias locais da Área 2.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	7000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	36.250 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.152 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Área 3 – Via local .

Segue o projeto luminotécnico para as vias locais da Área 3. Ressalta-se que há 57,73 Km de vias locais nessa área. As vias locais da Área 3 possuem um total de 1542 postes, sendo 945 com luminárias simples, 591 com 2 pétalas, 3 com 4 pétalas e 3 sem luminária. Com isso o espaçamento médio entre postes dessa área é de aproximadamente 37,44 metros. Para que todas as vias da área 3 fiquem dentro da norma, será necessário instalar braços nos postes que não possuem luminárias, totalizando um total de 3 novos braços com luminárias.

Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos e, consequentemente, das potências das lâmpadas de LED necessárias para deixar a iluminação das vias dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para todas as vias locais da Área 3 com lâmpada de LED de 8000 lúmens.

Figura 88 - Linhas isográficas de iluminância das vias locais da Área 3 com lâmpada de LED de 8000 lúmens.

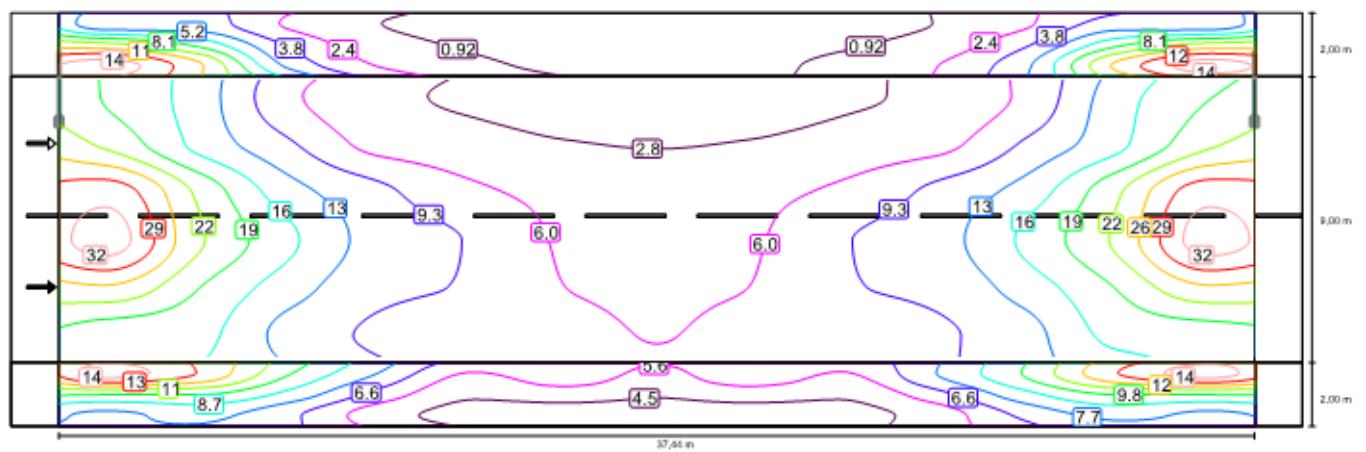
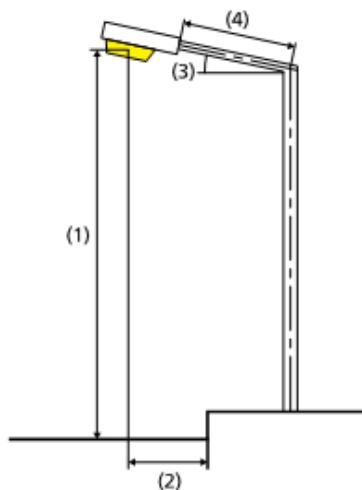


Figura 89: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias locais da Área 3.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	8000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	37.440 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.152 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Área 4 – Vía local .

Segue o projeto luminotécnico para as vias locais da Área 4. Ressalta-se que há 40,03Km de vias locais nessa área. As vias locais da Área 4 possuem um total de 1047 postes, sendo 945 com luminárias simples, 10 com 2 pétalas, 37 com 3 pétalas, 2 com 4 pétalas e 53 sem luminária. Com isso o espaçamento médio entre postes dessa área é de aproximadamente 38,23 metros. Para que todas as vias da área 4 fiquem dentro da norma, será necessário instalar braços nos postes que não possuem luminária, totalizando um total de 53 novos braços com luminárias.

Com esses dados foi feita a simulação para a escolha dos fluxos luminosos e, consequentemente, das potências das lâmpadas de LED necessárias para que a iluminação das vias fique dentro da norma.

Na figura a seguir podem ser observadas as linhas isográficas de iluminância para todas as vias locais da Área 4 com lâmpada de LED de 7000 lúmens.

Figura 90 - Linhas isográficas de iluminância das vias locais da Área 4 com lâmpada de LED de 7000lúmens.

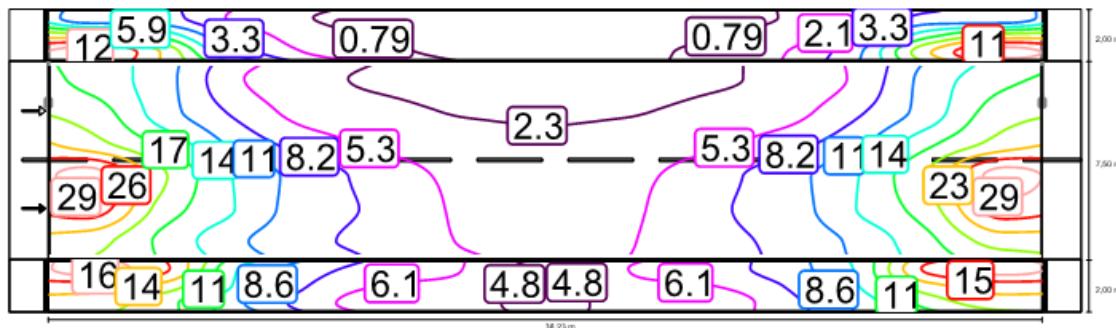
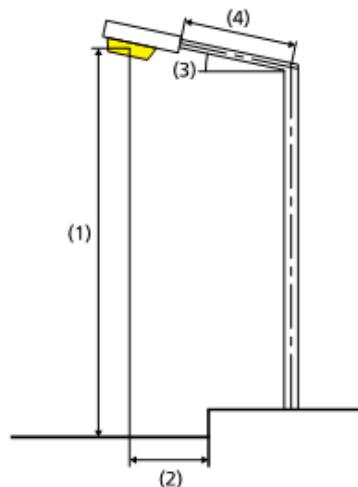


Figura 91: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias locais da Área 4.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	7000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	38.230 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.152 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Solução luminotécnica: expansão imediata

Na cidade de Presidente Epitácio existem 7,76Km de vias de expansão imediata, portanto instalando postes com espaçamento de 30m entre eles, será necessária a instalação de 259 postes com luminárias de 7000 lúmens.

Figura 92: Disposição de instalação dos postes para as novas vias de expansão imediata (postes unilaterais).



Figura 93 - Linhas isográficas de iluminância das vias de expansão imediata com lâmpada de LED de 7000lúmens.

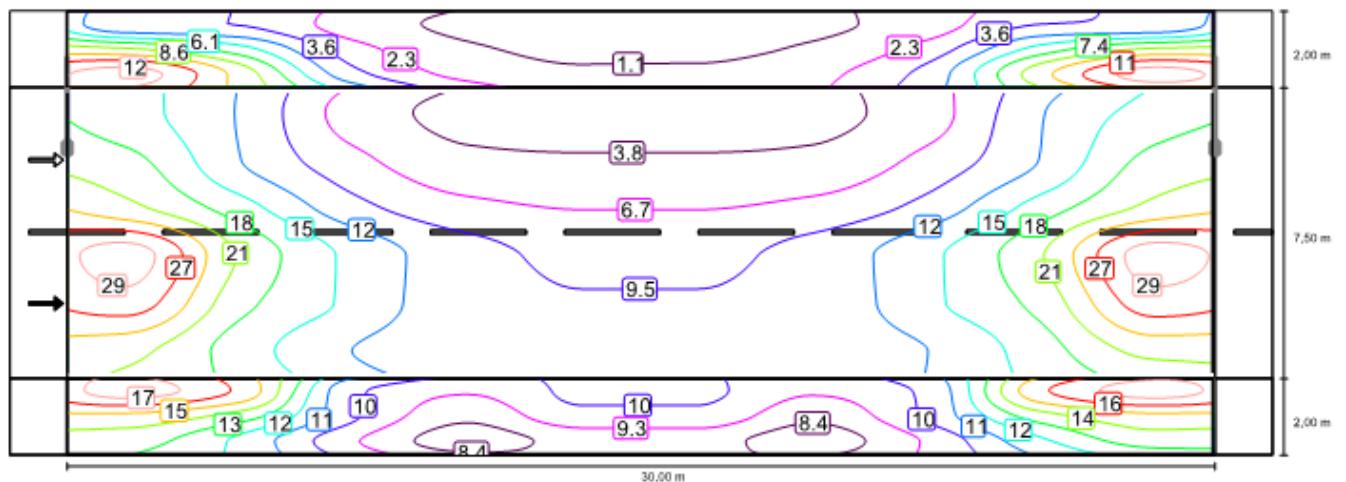
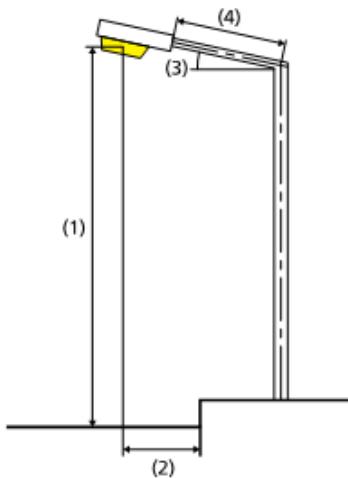


Figura 94: Características de instalação das luminárias, dos braços e dos postes das vias de expansão imediata.



Lâmpada:	definido pelo utilizador
Fluxo luminoso (luminária):	7000.00 lm
Distribuição:	unilateral
Distância entre postes:	30.000 m
Inclinação de braço extensor (3):	5.0°
Comprimento braço extensor (4):	2.152 m
Altura do ponto de luz (1):	7.500 m
Pendor do ponto de luz (2):	1.500 m

Solução luminotécnica: Vias vicinais

As vias vicinais de Presidente Epitácio possuem uma extensão total de 40,17 Km. Para uma eventual iluminação das vias vicinais, a quantidade de postes instalados deverá ser de 1339 postes do tipo unilateral com um espaçamento médio de 30 m entre cada um deles.

As lâmpadas LED propostas para essas vias possuem uma capacidade de 7000 lúmens.

É importante ressaltar que não faz parte do escopo inicial da concessão implantar luminárias nessas vicinais.

Solução luminotécnica: expansão vegetativa até o ano de 2043

Para a expansão vegetativa até o ano de 2043, foi calculada a quantidade de poste aproximada que deverá ser instalada, como pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 33 - Cálculo aproximado da quantidade de postes que deverão ser instalados para a expansão vegetativa até o ano de 2043.

Anos	População	Relação hab/poste (pop. IBGE 2018/parque atual)	Postes a serem instalados (a cada 5 anos)	Postes a serem instalados (acumulado)
2019	42.707	4,68	24	24
2023	43.249	4,68	116	140
2028	43.818	4,68	122	262
2033	44.258	4,68	94	356
2038	44.571	4,68	67	423
2043	44.756	4,68	40	462

Para a expansão vegetativa, é sugerida a instalação de um poste a cada 30m com altura padrão da luminária de 7,5m, e fluxo luminoso de 7000 lúmens totalizando **462 postes** até o ano de 2043. Na Tabela 34 estão representadas as características de instalação das luminárias para as vias de expansão vegetativa. Considerando que **todas as novas vias serão locais**.

Tabela 34 - Características técnicas para a instalação das lâmpadas de LED para a expansão vegetativa até o ano de 2043 da cidade de Presidente Epitácio.

Anos	Postes a serem instalados (a cada 5 anos)	Postes a serem instalados (acumulado)	Fluxo luminoso (lm)	Ângulo de instalação da luminária	Altura de instalação da luminária (m)	Tamanho do braço (m)	Tipo de via
2019	24	24	7.000	5°	7,50	1,50	V4 E P4
2023	116	140	7.000	5°	7,50	1,50	V4 E P4
2028	122	262	7.000	5°	7,50	1,50	V4 E P4
2033	94	356	7.000	5°	7,50	1,50	V4 E P4
2038	67	423	7.000	5°	7,50	1,50	V4 E P4
2043	40	462	7.000	5°	7,50	1,50	V4 E P4

Expansão imediata

Na Tabela 35 estão representadas a quantidade de luminárias e os seus respectivos fluxos luminosos para a instalação das novas luminárias. Considerando que o espaçamento entre os novos postes deverá ser de 30m, e **todas as novas vias serão locais**.

Tabela 35 - Características técnicas de instalação das lâmpadas de LED para a expansão imediata de Presidente Epitácio.

Nomes das vias	Extensão total (km)	Fluxo Luminoso (Lúmens)	Quantidade	Ângulo de instalação da luminária	Altura de instalação da luminária (m)	Tamanho do braço (m)	Tipo de via
Expansão Imediata	7,76	7000	259	5°	7,50	1,50	V4 E P4

APÊNDICE VI – CUSTOS DOS CENÁRIOS APÓS A SUBSTITUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS PARA LED

Cenário base - Substituição do parque atual para LED

Nas tabelas abaixo pode ser observado o custo mensal e anual aproximado do cenário base para todas as luminárias sem dimerização e com dimerização a partir de luminárias de 10000 lúmens (100W).

Tabela 36- Parque de luminárias do cenário base.

Quantidade		Fluxo Luminoso (lúmens)
Luminárias Existentes	Postes e/ou luminárias a instalar	
5.787		7.000
2.309		8.000
237		9.000
163		10.000
491		15.000
103		20.000
SUBTOTais	9.090	
TOTAL	9.090	

Tabela 37- Custo do cenário base sem dimerização.

Estações do Ano - Sem dimerização				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$131.249,16	R\$109.374,30	R\$131.249,16	R\$153.124,02
80	R\$59.849,28	R\$49.874,40	R\$59.849,28	R\$69.824,16
90	R\$6.910,92	R\$5.759,10	R\$6.910,92	R\$8.062,74
100	R\$5.281,20	R\$4.401,00	R\$5.281,20	R\$6.161,40
150	R\$23.862,60	R\$19.885,50	R\$23.862,60	R\$27.839,70
200	R\$6.674,40	R\$5.562,00	R\$6.674,40	R\$7.786,80
Por mês:	R\$77.942,52	R\$64.952,10	R\$77.942,52	R\$90.932,94
Por ano:	R\$935.310,24			
Média mensal	R\$77.942,52			

Tabela 38- Custo do cenário base com dimerização.

Estações do Ano - Com dimerização a partir de 100W				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$131.249,16	R\$109.374,30	R\$131.249,16	R\$153.124,02
80	R\$59.849,28	R\$49.874,40	R\$59.849,28	R\$69.824,16
90	R\$6.910,92	R\$5.759,10	R\$6.910,92	R\$8.062,74
100	R\$4.224,96	R\$4.401,00	R\$4.224,96	R\$4.929,12
150	R\$19.090,08	R\$19.885,50	R\$19.090,08	R\$22.271,76
200	R\$5.339,52	R\$5.562,00	R\$5.339,52	R\$6.229,44
Por mês:	R\$75.554,64	R\$64.952,10	R\$75.554,64	R\$88.147,08
Por ano:	R\$912.625,38			
Média mensal	R\$76.052,12			

Cenário 1 - Substituição do parque atual para LED + complementação do parque

Nas tabelas abaixo pode ser observado o custo mensal e anual aproximado do 1 base para todas as luminárias sem dimerização e com dimerização a partir de luminárias de 10000 lúmens (100W).

Tabela 39 - Parque de luminárias do cenário 1.

Quantidade		Fluxo Luminoso (lúmens)
Luminárias Existentes	Postes e/ou luminárias a instalar	
5.787	123	7.000
2.309	49	8.000
237	19	9.000
163		10.000
491		15.000
103	68	20.000
SUBTOTAIS	9.090	
TOTAL		9.349

Tabela 40 - Custo do cenário 1 sem dimerização.

Estações do Ano - Sem dimerização				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$134.038,80	R\$111.699,00	R\$134.038,80	R\$156.378,60
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$5.281,20	R\$4.401,00	R\$5.281,20	R\$6.161,40
150	R\$23.862,60	R\$19.885,50	R\$23.862,60	R\$27.839,70
200	R\$11.080,80	R\$9.234,00	R\$11.080,80	R\$12.927,60
Por mês:	R\$80.949,24	R\$67.457,70	R\$80.949,24	R\$94.440,78
Por ano:	R\$971.390,88			
Média mensal	R\$80.949,24			

Tabela 41 - Custo do cenário 1 com dimerização.

Estações do Ano - Com dimerização a partir de 100W				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$134.038,80	R\$111.699,00	R\$134.038,80	R\$156.378,60
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$4.224,96	R\$4.401,00	R\$4.224,96	R\$4.929,12
150	R\$19.090,08	R\$19.885,50	R\$19.090,08	R\$22.271,76
200	R\$8.864,64	R\$9.234,00	R\$8.864,64	R\$10.342,08
Por mês:	R\$78.267,60	R\$67.457,70	R\$78.267,60	R\$91.312,20
Por ano:	R\$945.915,30			
Média mensal	R\$78.826,28			

Cenário 2 - Substituição do parque atual para LED + complementação do parque + expansão imediata

Nas tabelas abaixo pode ser observado o custo mensal e anual aproximado do cenário 2 para todas as luminárias sem dimerização e com dimerização a partir de luminárias de 10000 lúmens (100W).

Tabela 42 - Parque de luminárias do cenário 2.

Quantidade		Fluxo Luminoso (lúmens)
Luminárias Existentes	Postes e/ou luminárias a instalar	
5.910	259	7.000
2.358		8.000
256		9.000
163		10.000
491		15.000
171		20.000
SUBTOTais	9.349	259
TOTAL	9.608	

Tabela 43 - Custo do cenário 2 sem dimerização.

Estações do Ano - Sem dimerização				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$139.905,36	R\$116.587,80	R\$139.905,36	R\$163.222,92
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$5.281,20	R\$4.401,00	R\$5.281,20	R\$6.161,40
150	R\$23.862,60	R\$19.885,50	R\$23.862,60	R\$27.839,70
200	R\$11.080,80	R\$9.234,00	R\$11.080,80	R\$12.927,60
Por mês:	R\$82.904,76	R\$69.087,30	R\$82.904,76	R\$96.722,22
Por ano:	R\$994.857,12			
Média mensal	R\$82.904,76			

Tabela 44 - Custo do cenário 2 com dimerização.

Estações do Ano - Com dimerização a partir de 100W				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$139.905,36	R\$116.587,80	R\$139.905,36	R\$163.222,92
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$4.224,96	R\$4.401,00	R\$4.224,96	R\$4.929,12
150	R\$19.090,08	R\$19.885,50	R\$19.090,08	R\$22.271,76
200	R\$8.864,64	R\$9.234,00	R\$8.864,64	R\$10.342,08
Por mês:	R\$80.223,12	R\$69.087,30	R\$80.223,12	R\$93.593,64
Por ano:	R\$969.381,54			
Média mensal	R\$80.781,80			

Cenário 3 - Substituição do parque atual para LED + complementação do parque + expansão imediata + expansão vegetativa até 2019

Nas tabelas abaixo pode ser observado o custo mensal e anual aproximado do cenário 3 até 2019 para todas as luminárias sem dimerização e com dimerização a partir de luminárias de 10000 lúmens (100W).

Tabela 45 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2019.

Quantidade	Postes e/ou luminárias a instalar	Fluxo Luminoso (lúmens)
Luminárias Existentes		
6.169	24	7.000
2.358		8.000
256		9.000
163		10.000
491		15.000
171		20.000
SUBTOTALS	9.608	24
TOTAL		9.632

Tabela 46 - Custo do cenário 3 até 2019 sem dimerização.

Estações do Ano - Sem dimerização				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$140.457,24	R\$117.047,70	R\$140.457,24	R\$163.866,78
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$5.281,20	R\$4.401,00	R\$5.281,20	R\$6.161,40
150	R\$23.862,60	R\$19.885,50	R\$23.862,60	R\$27.839,70
200	R\$11.080,80	R\$9.234,00	R\$11.080,80	R\$12.927,60
Por mês:	R\$83.088,72	R\$69.240,60	R\$83.088,72	R\$96.936,84
Por ano:	R\$997.064,64			
Média mensal	R\$83.088,72			

Tabela 47 - Custo do cenário 3 até 2019 com dimerização.

Estações do Ano - Com dimerização a partir de 100W				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$140.457,24	R\$117.047,70	R\$140.457,24	R\$163.866,78
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$4.224,96	R\$4.401,00	R\$4.224,96	R\$4.929,12
150	R\$19.090,08	R\$19.885,50	R\$19.090,08	R\$22.271,76
200	R\$8.864,64	R\$9.234,00	R\$8.864,64	R\$10.342,08
Por mês:	R\$80.407,08	R\$69.240,60	R\$80.407,08	R\$93.808,26
Por ano:	R\$971.589,06			
Média mensal	R\$80.965,76			

Cenário 3 - Substituição do parque atual para LED + complementação do parque + expansão imediata + expansão vegetativa até 2023

Nas tabelas abaixo pode ser observado o custo mensal e anual aproximado do cenário 3 até 2023 para todas as luminárias sem dimerização e com dimerização a partir de luminárias de 10000 lúmens (100W).

Tabela 48 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2023.

Quantidade		Fluxo Luminoso (lúmens)
Luminárias Existentes	Postes e/ou luminárias a instalar	
6.193	116	7.000
2.358		8.000
256		9.000
163		10.000
491		15.000
171		20.000
SUBTOTALS	9.632	116
TOTAL	9.748	

Tabela 49 - Custo do cenário 3 até 2023 sem dimerização.

Estações do Ano - Sem dimerização				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$143.083,86	R\$119.236,55	R\$143.083,86	R\$166.931,16
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$5.281,20	R\$4.401,00	R\$5.281,20	R\$6.161,40
150	R\$23.862,60	R\$19.885,50	R\$23.862,60	R\$27.839,70
200	R\$11.080,80	R\$9.234,00	R\$11.080,80	R\$12.927,60
Por mês:	R\$83.964,26	R\$69.970,22	R\$83.964,26	R\$97.958,30
Por ano:	R\$1.007.571,10			
Média mensal	R\$83.964,26			

Tabela 50 - Custo do cenário 3 até 2023 com dimerização.

Estações do Ano - Com dimerização a partir de 100W				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$143.083,86	R\$119.236,55	R\$143.083,86	R\$166.931,16
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$4.224,96	R\$4.401,00	R\$4.224,96	R\$4.929,12
150	R\$19.090,08	R\$19.885,50	R\$19.090,08	R\$22.271,76
200	R\$8.864,64	R\$9.234,00	R\$8.864,64	R\$10.342,08
Por mês:	R\$982.095,52			
Média mensal	R\$81.841,29			

Cenário 3 - Substituição do parque atual para LED + complementação do parque + expansão imediata + expansão vegetativa até 2028

Nas tabelas abaixo pode ser observado o custo mensal e anual aproximado do cenário 3 até 2028 para todas as luminárias sem dimerização e com dimerização a partir de luminárias de 10000 lúmens (100W).

Tabela 51 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2028.

Quantidade		Fluxo Luminoso (lúmens)
Luminárias Existentes	Postes e/ou luminárias a instalar	
6.309	122	7.000
2.358		8.000
256		9.000
163		10.000
491		15.000
171		20.000
SUBTOTALS	9.748	122
TOTAL		9.870

Tabela 52 - Custo do cenário 3 até 2028 sem dimerização.

Estações do Ano - Sem dimerização				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$145.841,32	R\$121.534,43	R\$145.841,32	R\$170.148,20
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$5.281,20	R\$4.401,00	R\$5.281,20	R\$6.161,40
150	R\$23.862,60	R\$19.885,50	R\$23.862,60	R\$27.839,70
200	R\$11.080,80	R\$9.234,00	R\$11.080,80	R\$12.927,60
Por mês:	R\$84.883,41	R\$70.736,18	R\$84.883,41	R\$99.030,65
Por ano:		R\$1.018.600,95		
Média mensal		R\$84.883,41		

Tabela 53 - Custo do cenário 3 até 2028 com dimerização.

Estações do Ano - Com dimerização a partir de 100W				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$145.841,32	R\$121.534,43	R\$145.841,32	R\$170.148,20
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$4.224,96	R\$4.401,00	R\$4.224,96	R\$4.929,12
150	R\$19.090,08	R\$19.885,50	R\$19.090,08	R\$22.271,76
200	R\$8.864,64	R\$9.234,00	R\$8.864,64	R\$10.342,08
Por mês:	R\$82.201,77	R\$70.736,18	R\$82.201,77	R\$95.902,07
Por ano:	R\$993.125,37			
Média mensal	R\$82.760,45			

Cenário 3 - Substituição do parque atual para LED + complementação do parque + expansão imediata + expansão vegetativa até 2033

Nas tabelas abaixo pode ser observado o custo mensal e anual aproximado do cenário 3 até 2033 para todas as luminárias sem dimerização e com dimerização a partir de luminárias de 10000 lúmens (100W).

Tabela 54 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2033.

Quantidade		Fluxo Luminoso (lúmens)
Luminárias Existentes	Postes e/ou luminárias a instalar	
6.430	94	7.000
2.358		8.000
256		9.000
163		10.000
491		15.000
171		20.000
SUBTOTais	9.870	94
TOTAL		9.964

Tabela 55 - Custo do cenário 3 até 2033 sem dimerização.

Estações do Ano - Sem dimerização				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$147.973,62	R\$123.311,35	R\$147.973,62	R\$172.635,90
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$5.281,20	R\$4.401,00	R\$5.281,20	R\$6.161,40
150	R\$23.862,60	R\$19.885,50	R\$23.862,60	R\$27.839,70
200	R\$11.080,80	R\$9.234,00	R\$11.080,80	R\$12.927,60
Por mês:	R\$85.594,18	R\$71.328,48	R\$85.594,18	R\$99.859,88
Por ano:	R\$1.027.130,18			
Média mensal	R\$85.594,18			

Tabela 56 - Custo do cenário 3 até 2033 com dimerização.

Estações do Ano - Com dimerização a partir de 100W				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$147.973,62	R\$123.311,35	R\$147.973,62	R\$172.635,90
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$4.224,96	R\$4.401,00	R\$4.224,96	R\$4.929,12
150	R\$19.090,08	R\$19.885,50	R\$19.090,08	R\$22.271,76
200	R\$8.864,64	R\$9.234,00	R\$8.864,64	R\$10.342,08
Por mês:	R\$82.912,54	R\$71.328,48	R\$82.912,54	R\$96.731,30
Por ano:	R\$1.001.654,60			
Média mensal	R\$83.471,22			

Cenário 3 - Substituição do parque atual para LED + complementação do parque + expansão imediata + expansão vegetativa até 2038

Nas tabelas abaixo pode ser observado o custo mensal e anual aproximado do cenário 3 até 2038 para todas as luminárias sem dimerização e com dimerização a partir de luminárias de 10000 lúmens (100W).

Tabela 57 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2038.

Quantidade		Fluxo Luminoso (lúmens)
Luminárias Existentes	Postes e/ou luminárias a instalar	
6.524	67	7.000
2.358		8.000
256		9.000
163		10.000
491		15.000
171		20.000
SUBTOTAIS	9.964	67
TOTAL		10.031

Tabela 58 - Custo do cenário 3 até 2038 sem dimerização.

Estações do Ano - Sem dimerização				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$149.490,47	R\$124.575,39	R\$149.490,47	R\$174.405,55
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$5.281,20	R\$4.401,00	R\$5.281,20	R\$6.161,40
150	R\$23.862,60	R\$19.885,50	R\$23.862,60	R\$27.839,70
200	R\$11.080,80	R\$9.234,00	R\$11.080,80	R\$12.927,60
Por mês:	R\$86.099,80	R\$71.749,83	R\$86.099,80	R\$100.449,76
Por ano:	R\$1.033.197,56			
Média mensal	R\$86.099,80			

Tabela 59 - Custo do cenário 3 até 2038 com dimerização.

Estações do Ano - Com dimerização a partir de 100W				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$149.490,47	R\$124.575,39	R\$149.490,47	R\$174.405,55
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$4.224,96	R\$4.401,00	R\$4.224,96	R\$4.929,12
150	R\$19.090,08	R\$19.885,50	R\$19.090,08	R\$22.271,76
200	R\$8.864,64	R\$9.234,00	R\$8.864,64	R\$10.342,08
Por mês:	R\$83.418,16	R\$71.749,83	R\$83.418,16	R\$97.321,18
Por ano:	R\$1.007.721,98			
Média mensal	R\$83.976,83			

Cenário 3 - Substituição do parque atual para LED + complementação do parque + expansão imediata + expansão vegetativa até 2043

Nas tabelas abaixo pode ser observado o custo mensal e anual aproximado do cenário 3 até 2043 para todas as luminárias sem dimerização e com dimerização a partir de luminárias de 10000 lúmens (100W).

Tabela 60 - Parque de luminárias do cenário 3 até 2043.

Quantidade		Fluxo Luminoso (lúmens)
Luminárias Existentes	Postes e/ou luminárias a instalar	
6.591	40	7.000
2.358		8.000
256		9.000
163		10.000
491		15.000
171		20.000
SUBTOTALS	10.031	40
TOTAL		10.071

Tabela 61 - Custo do cenário 3 até 2043 sem dimerização.

Estações do Ano - Sem dimerização				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$150.387,01	R\$125.322,51	R\$150.387,01	R\$175.451,51
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$5.281,20	R\$4.401,00	R\$5.281,20	R\$6.161,40
150	R\$23.862,60	R\$19.885,50	R\$23.862,60	R\$27.839,70
200	R\$11.080,80	R\$9.234,00	R\$11.080,80	R\$12.927,60
Por mês:	R\$86.398,64	R\$71.998,87	R\$86.398,64	R\$100.798,42
Por ano:	R\$1.036.783,72			
Média mensal	R\$86.398,64			

Tabela 62 - Custo do cenário 3 até 2043 com dimerização.

Estações do Ano - Com dimerização a partir de 100W				
Potência das lâmpadas (W)	Primavera(12h)	Verão(10h)	Outono(12h)	Inverno(14h)
70	R\$150.387,01	R\$125.322,51	R\$150.387,01	R\$175.451,51
80	R\$61.119,36	R\$50.932,80	R\$61.119,36	R\$71.305,92
90	R\$7.464,96	R\$6.220,80	R\$7.464,96	R\$8.709,12
100	R\$4.224,96	R\$4.401,00	R\$4.224,96	R\$4.929,12
150	R\$19.090,08	R\$19.885,50	R\$19.090,08	R\$22.271,76
200	R\$8.864,64	R\$9.234,00	R\$8.864,64	R\$10.342,08
Por mês:	R\$83.717,00	R\$71.998,87	R\$83.717,00	R\$97.669,84
Por ano:	R\$1.011.308,14			
Média mensal	R\$84.275,68			