

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA ELÉTRICA
RAFAEL BENETON DAMASCENO

COMPARATIVOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
NO TREVO DA CIDADE UNIVERSITÁRIA: um estudo de caso

Varginha

2018

RAFAEL BENETON DAMASCENO

**COMPARATIVOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
NO TREVO DA CIDADE UNIVERSITÁRIA: um estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel, sob orientação do professor Me. Paulo Roberto novo.

**Varginha
2018**

RAFAEL BENETON DAMASCENO

**COMPARATIVOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
NO TREVO DA CIDADE UNIVERSITÁRIA: Um estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel, sob orientação do professor Me. Paulo Roberto Novo.

Aprovado em: / /2018

Prof. Paulo Roberto Novo:

Prof. Marcelo Gonçalves:

Prof. Erick Nagata:

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a DEUS, por me acompanhar sempre na minha caminhada, a minha mãe Mônica Maria Beneton Damasceno que com muita garra e carinho me ajudou a tornar a pessoa que sou hoje, a meu pai Rogério Luiz Damasceno que sempre esteve ao meu lado me apoiando e aos amigos e colegas com quem convivi ao longo desses anos, em especial meu amigo Wellerson C. Leite por todo apoio e ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por me ajudar a chegar até essa etapa de minha vida. Aos meus pais e irmão por estarem sempre ao meu lado me apoiando, me dando força e me ensinando a ser uma pessoa melhor a cada dia. Agradecimentos especiais aos meus amigos que se tornaram uma família ao longo desses anos, ao meu professor e orientador. Me. Paulo Roberto Novo por ter me estendido a mão quando mais precisei.

“Diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo, é um imenso prazer para mim dividir um planeta inteiro e uma época com cada um de vocês.”

Carl Sagan

RESUMO

Os sistemas de iluminação são importantes componentes da matriz de consumo de energia elétrica de diversas instalações principalmente em vias de trânsito sejam eles em vias locais, vias de acesso, vias de trânsito lento e intenso em ocupações urbanas além de instalações residenciais, comerciais e prédios públicos. Para os diversos centros de consumo citados, é de extrema importância a adoção de metodologias que impliquem em uma melhor utilização da energia nos sistemas de iluminação. Dessa maneira, projetos de iluminação em vias públicas devem fornecer a todos os seus usuários segurança, conforto, alta eficiência e respeito ao meio ambiente. A iluminação é feita principalmente através da instalação de luminárias nos postes da rede aérea de distribuição de energia e segue padrões exigidos em normas fornecidas pelas concessionárias elétricas regionais com o objetivo de estabelecer os critérios básicos para todos os projetos de implantação de novas áreas de iluminação garantindo as condições técnicas e econômicas básicas para a iluminação das vias públicas. O objetivo deste trabalho foi verificar se atualmente é economicamente viável investir em uma tecnologia relativamente mais nova na implantação de sistemas de iluminação, no caso a tecnologia LED, em um trevo e vias de acesso para um campus universitário na cidade de Varginha no sul de Minas Gerais que será, no futuro, apresentado com o devido estudo de caso.

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

ABSTRACT

The lighting systems are important components of the electric energy consumption of several facilities mainly in the process of developing them transit sites, access roads, slow and intense transit routes in urban occupations in addition to residential, commercial facilities and public buildings. To the various consumption centers cited, is of extreme importance the adoption of methodologies resulting in better utilization of energy in lighting systems. In this manner, lighting projects on public roads must provide all their users safety, comfort, high efficiency and respect for the environment. The lighting is done primarily through the installation of lamps on posts of air power distribution network and follows standards required in standards provided by electric regional dealers with the goal of establishing the basic criteria for all projects of implementation of new lighting areas ensuring the technical and economic conditions for the illumination of the roadway. The objective of this work was to verify that he is currently economically viable to invest in a relatively new technology in lighting systems, in case the LED technology in a clover and access roads to a University campus in the city of Varginha in southern Minas Gerais which will be presented in future with the proper case study.

Keywords: *Public Lighting, LED, Energy Efficiency.*

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (01)	18
Equação (02)	19
Equação (03)	19
Equação (04)	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Projeto de substituição de lâmpada VM por VS	25
Figura 02: Modelos De Lâmpadas A Vapor De Sódio Tubular E Ovoide	26
Figura 03: Lâmpadas A Vapor De Mercúrio Tubular E Ovoide.....	27
Figura 04: Lâmpadas A Vapor Metálico Tubular E Ovoide.....	28
Figura 05: Lâmpadas LED.....	29
Figura 06: Tipos de Luminárias.....	31
Figura 07: Características técnicas dos reatores.....	31
Figura 08: Modelos de Relés Fotoelétricos	32
Figura 09: Cabos de alumínio.....	33
Figura 10 – Compatibilidade entre suportes, luminárias, lâmpadas e postes para iluminação de vias.....	34
Figura 11 – Variação da iluminância para pistas convergentes aos trevos.....	35
Figura 12 - Disposição de postes em trevos de vias rurais.....	36
Figura 13 – Trevo de acesso aeroporto de Varginha- MG.....	38
Figura 14 – Planta baixa de trevo rodoviário BR491.....	39
Figura 15 – Luminária LED Mod:BGP322.....	40
Figura 16 – Luminária VSMoD:ILP2540.....	40
Figura 17 – Área referência escolhida para cálculo luminotécnico.....	42
Figura 18 – Área referência escolhida para cálculo luminotécnico – trecho 1.....	42
Figura 19 – Área referência escolhida para cálculo luminotécnico LED 76W trecho 1.....	– 43
Figura 20 - Área referência escolhida para cálculo luminotécnico trecho 2.....	– 44
Figura 21 - Área referência escolhida para cálculo luminotécnico LED 76W trecho 2.....	– 45
Figura 22 - Área referência escolhida para cálculo luminotécnico VS 150W trecho 1.....	– 46
Figura 23 - Área referência escolhida para cálculo luminotécnico VS 150W trecho 2.....	– 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Características das luminárias.....	41
Tabela 02 – Tabela de dados comparativos led x vs (trecho1)	53
Tabela 03 – Tabela de dados comparativos led x vs (trecho2)	54
Tabela 04 – Tabela de dados comparativos econômicos led x vs (rda)	54
Tabela 05 – Tabela de dados comparativos econômicos led x vs (rds)	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	– Ampère
ANEEL	– Agência Nacional de Energia Elétrica
CEMIG	– Companhia Energética de Minas Gerais
F	– Faraday, unidade de capacitância
Hz	– Hertz
IP	– Iluminação Pública
IPHAN	– Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
K	– Graus Kelvin
L	– Lúmen
LED	– Diodo Emissor de Luz – Light Emitting Diode
n, μ , m, k, M, G	– nano, micro, mili, kilo, mega e giga respectivamente
ND	– Norma Descritiva
NBR	– Norma Brasileira
ONS	– Operador Nacional do Sistema
pu	– <i>per unit</i> , “por unidade”
RDS	– Rede de Distribuição Subterrânea
V	– volt
VA	– volt-ampère
VM	– Vapor de Mercurio
VS	– Vapor de Sódio
W	– watt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. CONCEITOS BÁSICOS	20
2.1. Luz	20
2.2. Iluminância.....	20
2.3. Fluxo Luminoso.....	21
2.4. Eficiência luminosa.....	21
2.5. Intensidade luminosa.....	21
2.6. Luminância	22
2.7. Refletância	22
2.8. Emitância	22
2.9. Temperatura de cor	22
3. NORMATIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS	24
3.1. Lâmpadas	24
3.1.1. Lâmpadas a vapor de sódio (VS)	25
3.1.2. Lâmpadas a vapor de mercúrio a alta pressão (VM)	26
3.1.3. Lâmpadas a vapor metálico (VMT)	26
3.1.4. Lâmpadas LED	29
3.2. Luminárias	30
3.3. Reatores	31
3.4. Comando e Caixa de Comando	32
3.5. Relés Fotoelétricos, Dimerização E Temporização Da Iluminação Pública	32
3.6. Chave magnética 50 A (Base 50 A)	33
3.7. Condutores e Ferragens	33
3.8. Postes para rede de distribuição	34
3.9. Braços e suportes	34
4. PROJETOS DE ILUMINAÇÃO DE TREVOS E INTERCESSÕES	35
4.1. Iluminação específica de trevos e acessos	35
4.2. Iluminação de trevos em vias rurais	36
4.3. Implantação e manutenção em projetos de iluminação pública	37

5. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA ESTUDO DE CASO.....	38
5.1. Objeto de estudo.....	38
5.2. Proposta de projetos elétricos e luminotécnicos	39
5.3. Características técnicas das luminárias aplicadas.....	39
5.4. Características técnicas aplicadas ao projetos luminotécnicos.....	41
5.4.1. Trechos referencias aplicados ao cálculo luminotécnico.....	41
5.4.2. Estudo luminotécnico aplicado a luminária LED 76W-trecho1.....	42
5.4.3. Estudo luminotécnico aplicado a luminária LED 76W-trecho2.....	44
5.4.4. Estudo luminotécnico aplicado a luminária VS 150W-trecho1.....	45
5.4.5. Estudo luminotécnico aplicado a luminária VS 150W-trecho2.....	45
5.5. Características técnicas aplicadas aos cálculos de que de tensão.....	48
5.6. Características técnicas aplicadas a lista de material	48
6. CARACTERÍSTICAS DE PROEJTO PARA EXTENSÃO DE REDE AÉRIA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PUBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS DE LED 76W.....	49
6.1. Memorial de cálculo	49
6.1.1. Lista de material.....	49
7. CARACTERÍSTICAS DE PROEJTO PARA EXTENSÃO DE REDE AÉRIA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PUBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS VS 150.....	50
7.1. Memorial de cálculo	50
7.1.1. Lista de material.....	50
8. CARACTERÍSTICAS DE PROEJTO PARA EXTENSÃO DE REDE SUBTERRÂNEA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PUBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS DE LED 76W.....	51
8.1. Memorial de cálculo	51
8.1.1. Lista de material.....	51
9. CARACTERÍSTICAS DE PROEJTO PARA EXTENSÃO DE REDE SUBTERRÂNEA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PUBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS VS 150W.....	52
9.1. Memorial de cálculo	52

9.1.1. Lista de material.....	52
10. COMPARATIVOS TÉCNICOS E ECONOMICOS ENTRE PROJETOS DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO APLICADOS AO TREVO RODOVIÁRIO EM ESTUDO....	53
10.1.Comparativos técnicos led 76W e vs 150W.....	53
10.2. Comparativos econômicos entre tecnologias e instalações.....	54
11. CONCLUSÃO.....	56
12. REFERÊNCIAS.....	57
ANEXO A – NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA LUX NO PISO LED 76W (TRECHO 1)	59
ANEXO B – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE LUX – LED 76W (TRECHO 1)	60
ANEXO C – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE TEMPERATURA DE CORES – LED 76W (TRECHO 1)	61
ANEXO D – NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA LUX NO PISO LED 76W (TRECHO 2)	62
ANEXO E – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE LUX – LED 76W (TRECHO 2)	63
ANEXO F – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE TEMPERATURA DE CORES – LED 76W (TRECHO 2)	64
ANEXO G – NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA LUX NO PISO VS 150W (TRECHO 1)	65
ANEXO H – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE LUX – VS 150W (TRECHO 1)	66
ANEXO I – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE TEMPERATURA DE CORES – VS 150W (TRECHO 1)	67

ANEXO J – NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA LUX NO PISO VS 150W (TRECHO 2)	68
ANEXO K – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE LUX – VS 150W (TRECHO 2)	69
ANEXO L – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE TEMPERATURA DE CORES – VS 150W (TRECHO 2)	70
ANEXO M – PROJETO DE EXTENSÃO DE RDA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS DE LED 76W.....	71
ANEXO N – MEMORIAL DE CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO LUMINÁRIAS DE LED 76W (RDA)	72
ANEXO O - LISTA DE MATERIAL / SERVIÇO CONTRATADO / VALOR GLOBAL DA OBRA PARA EXECUÇÃO DE SERVIÇO COM LUMINÁRIAS DE LED 76W (RDA)	77
ANEXO P – PROJETO DE EXTENSÃO DE RDA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS VS 150W.....	80
ANEXO Q – MEMORIAL DE CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO LUMINÁRIAS DE VS 150W (RDA)	81
ANEXO R - LISTA DE MATERIAL / SERVIÇO CONTRATADO / VALOR GLOBAL DA OBRA PARA EXECUÇÃO DE SERVIÇO COM LUMINÁRIAS DE VS 150W (RDA)	86
ANEXO S – PROJETO DE EXTENSÃO DE RDS PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS LED 76W.....	89
ANEXO T – MEMORIAL DE CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO LUMINÁRIAS DE LED 76W (RDS)	90
ANEXO U - LISTA DE MATERIAL / SERVIÇO CONTRATADO / VALOR GLOBAL DA OBRA PARA EXECUÇÃO DE SERVIÇO COM LUMINÁRIAS DE LED 76W (RDS)	95

ANEXO V – PROJETO DE EXTENSÃO DE RDS PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS DE VD 150W.....98

ANEXO X – MEMORIAL DE CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO LUMINÁRIAS DE VS 150W (RDS) 99

ANEXO Y - LISTA DE MATERIAL / SERVIÇO CONTRATADO / VALOR GLOBAL DA OBRA PARA EXECUÇÃO DE SERVIÇO COM LUMINÁRIAS DE VS 150W (RDS) 104

1. INTRODUÇÃO

A iluminação pública é primordial para a segurança e qualidade de vida nas cidades. Como utiliza energia elétrica, gera gastos para o município e encargos aos cidadãos. O uso de lâmpadas como fontes de luz para iluminação pública caracteriza uma das aplicações mais significativas no ramo da eletricidade. De acordo com o Capítulo IV, art. 30, inciso V da Constituição de 1988, a organização e a prestação do serviço de iluminação pública é de responsabilidade do Poder Público Municipal, no entanto, devido à falta de recursos técnicos, humanos e financeiros, vários municípios brasileiros, até o final da década de 90, optaram por transferir esta responsabilidade às concessionárias estaduais se utilizando de licitações já que estas concessionárias já dispunham de mão-de-obra especializadas, além de equipamentos para prover a manutenção destes sistemas. Administrado pela concessionária de energia elétrica, o sistema de iluminação pública tem seus projetos e especificações de materiais voltados especialmente para eficiência energética, redução de custos e atendimento aos requisitos fotométricos mínimos estipulados em normas, em especial a NBR (Norma Brasileira) 5101:1992. Entretanto, os benefícios de uma iluminação pública eficiente podem ser explorados também no sentido de melhorar a imagem de uma cidade, favorecendo o turismo, o comércio, o lazer noturno, melhorando a segurança pública no tráfego, sendo inclusive um indicador de desenvolvimento da mesma, todos fatores de interesse do Poder Público Municipal. Este conceito, indiretamente proposto na própria Constituição Federal, foi e está sendo resgatado por muitos administradores públicos, favorecidos pela disseminação de conhecimento a respeito de várias alternativas tecnológicas aplicáveis aos sistemas de iluminação pública, apresentadas principalmente por fabricantes e fornecedores do setor. No entanto, as lâmpadas produzidas no início do século XX e que continuaram a ser utilizadas até aos dias atuais apresentam uma eficiência muito baixa, ou seja, a potência consumida pela lâmpada acaba sendo muito maior do que sua respectiva iluminância. Com os avanços tecnológicos e o desenvolvimento industrial, houve a necessidade de se obter sistemas de iluminação elétrica que oferecessem cada vez mais durabilidade e eficiência luminosa. Em resposta a essa demanda as lâmpadas foram aperfeiçoadas e vários outros tipos de dispositivos elétricos de iluminação também foram criados. Além disso, a estética e arquitetura das edificações também são fatores que passaram a ser levados em consideração no desenvolvimento das lâmpadas encontradas no mercado. Dessa maneira, o objetivo deste trabalho é contribuir com as municipalidades e empresários envolvidos como um orientativo geral a respeito dos aspectos técnicos relacionados às configurações dos sistemas de iluminação

pública, assessorar em prol da busca por sistemas eficientes, utilização de materiais e equipamentos de boa qualidade, reduzindo insatisfações por parte da população com os serviços prestados, desperdícios de recursos e aspectos ambientais além de instruir quanto a impactos negativos nas redes de distribuição de energia, relacionados diretamente à qualidade de energia.

2. CONCEITOS BÁSICOS

Para que se possa compreender melhor acerca de lâmpadas e iluminação de ambientes e vias públicas é conveniente uma abordagem prévia dos principais parâmetros e conceitos acerca do assunto. São importantes todas as grandezas relacionadas com a conservação de energia como: eficiência luminosa, temperatura de cor e índice de reprodução de cores. Outras, por sua vez, são tradicionalmente conhecidas como o fluxo luminoso e a iluminância, devido ao emprego constante e absolutamente necessário nos projetos de iluminação. Julga-se que o mais importante é ter a noção física da grandeza e o que ela representa para o sistema de iluminação, principalmente em termos de economia energética.

2.1. Luz

É uma fonte de radiação que emite ondas eletromagnéticas em diferentes comprimentos. Apenas algumas faixas de ondas, compreendidas em uma faixa de frequência, são visíveis ao ser humano. As radiações de frequências maiores, como o violeta e o azul, intensificam a sensação luminosa do olho humano quando o ambiente é iluminado com pouca luz. Já as radiações de frequências menores, como o laranja e o vermelho, minimizam a sensação luminosa do olho humano quando o ambiente é iluminado com muita luz. (GOEKING, 2009)

2.2. Iluminância

Goeking (2009) define a iluminância como sendo o limite do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado para a área da superfície quando esta tende a zero. A iluminância também é conhecida como nível de iluminamento. É expressa em “lux”, que corresponde ao fluxo luminoso incidente numa determinada superfície por unidade de área. Com isso tem-se que:

$$E = \frac{\psi}{S} [\text{Lux}] \quad (01)$$

Em que:

E = Iluminância, em Lux;

ψ = Fluxo luminoso, em Lumens;

S = Área da superfície iluminada, em m²;

2.3. Fluxo Luminoso

É a radiação total emitida em todas as direções por uma fonte luminosa ou fonte de luz que pode produzir estímulo visual. Esses estímulos estão associados a luzes em que o comprimento de onda estão compreendidos entre 380 a 780 nm. Sua unidade é o Lumen (Lm). Para aferir quantos lumens são emitidos por uma fonte luminosa, é preciso medir nas direções onde se deseja esta informação, já que a fonte luminosa quase nunca irradia luz uniformemente em todas as direções. (GOEKING, 2009).

2.4. Eficiência luminosa

É a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte luminosa e a potência em watts consumida pela mesma. É importante ressaltar que a eficiência luminosa de uma fonte pode ser influenciada pelo vidro difusor da luminária caso esse absorva alguma quantidade de energia luminosa irradiada. (GOEKING, 2009).

A Eficiência luminosa é caracterizada pela seguinte expressão:

$$\eta = \frac{\psi}{P_c} \text{ [Lumens/Watt]} \quad (02)$$

Onde:

η = Eficiência Luminosa, em Lumens/Watt;

ψ = Fluxo luminoso, em Lumens;

P_c = Potência ativa da lâmpada, em Watts;

2.5. Intensidade luminosa

É definida como “o limite da relação entre o fluxo luminoso em um ângulo sólido em torno de uma direção dada e o valor desse ângulo sólido, quando o ângulo sólido tende a zero”, para Goeking (2009). Sua unidade é denominada Candela (Cd). Dessa forma, tem-se que:

$$I = \frac{d\psi}{d\beta} \text{ [Cd]} \quad (03)$$

Em que:

I = Intensidade Luminosa, em Candelas;

ψ = Fluxo luminoso, em Lumens;

β = Valor do ângulo sólido;

2.6. Luminância

É a relação entre a intensidade luminosa com a qual irradia, em uma direção determinada, uma superfície elementar contendo um ponto dado e a área aparente dessa superfície para uma direção considerada, quando esta área tende para zero. Sua unidade é expressa em Cd/m^2 . (GOEKING, 2009).

Tem-se assim a seguinte expressão para Luminância:

$$L = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha} [\text{Cd}/\text{m}^2] \quad (04)$$

Onde:

L = Luminância, em Candelas/ m^2 ;

I = Intensidade luminosa, em Candelas;

S = Área da superfície iluminada, em m^2 ;

α = Ângulo entre a superfície iluminada e a vertical, que é ortogonal à direção do fluxo luminoso;

A Luminância é entendida como sendo a medida da sensação de claridade provocada por uma fonte de luz ou superfície iluminada e avaliada pelo cérebro. (GOEKING, 2009).

2.7. Refletância

É a relação entre fluxo luminoso refletido por uma dada superfície e o fluxo luminoso incidente sobre a mesma. Sabe-se que os objetos refletem a luz diferentemente uns dos outros. Assim, dois objetos colocados num ambiente de luminosidade conhecidas originam luminâncias diferentes. (GOEKING, 2009).

2.8. Emitância

É a quantidade de fluxo luminoso emitido por uma fonte superficial por unidade de área. Sua unidade é expressa em $\text{Lúmem}/\text{m}^2$. (GOEKING, 2009).

2.9. Temperatura de cor

Simboliza o aspecto de cor da luz emitida pela fonte de luz. Sua unidade de medida é o Kelvin (K). Quanto maior a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz. Quando falamos em luz quente ou fria, não estamos querendo nos referir ao calor físico da lâmpada, e sim à tonalidade de cor que ela fornece ao ambiente. Luz com tonalidade de cor mais suave

torna-se mais aconchegante e relaxante, luz mais clara torna-se mais estimulante. (GOEKING, 2009).

3. NORMATIZAÇÃO DE ILUMINAÇÃO DE VIAS PÚBLICAS

A constituição define que a prestação dos serviços públicos de interesse local, nos quais se insere a iluminação pública, é de competência dos municípios. Mas por se tratar de um serviço que requer o fornecimento de energia elétrica, está submetido também à legislação federal. Atualmente a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL é o órgão regulador e fiscalizador dos serviços de energia elétrica no Brasil. As condições de fornecimento de energia destinado à iluminação pública são regulamentadas especificamente pela Resolução ANEEL nº 456/2000. Esta resolução estabelece que, mediante contrato ou convênio, o concessionário poderá efetuar os serviços de iluminação pública, ficando o Poder Público Municipal responsável pelas despesas decorrentes. Entretanto, quando o ponto de entrega da energia é no bulbo da lâmpada, os serviços de operação e manutenção, inclusive seus custos são de responsabilidade da concessionária. A tendência atual é de que a manutenção da iluminação pública passe a ser de responsabilidade total dos municípios. CEMIG (2012).

3.1. Lâmpadas

De acordo com a CEMIG ND-2.6 (2012), as lâmpadas destinadas a iluminação pública são padronizadas e devem ser disponibilizadas em vapor de sódio, vapor de mercúrio, vapor metálico e led. Sendo assim, serão apresentadas de maneira simplificada algumas tecnologias dos principais equipamentos que compõem os sistemas de iluminação pública, bem como as normativas aplicáveis para a especificação dos mesmos. Atualmente existe uma diversidade de lâmpadas disponíveis no mercado. O uso específico de um determinado tipo de lâmpada está associado às características abordadas no projeto de iluminação, que leva em consideração basicamente os seguintes pontos fundamentais:

- a) Nível de iluminamento suficiente para cada atividade específica;
- b) Distribuição espacial da luz sobre o ambiente;
- c) Escolha da cor da luz e seu respectivo rendimento;
- d) Escolha apropriada dos aparelhos de iluminação;
- e) Tipo de execução das paredes e pisos;
- f) Iluminação de acesso;

3.1.1. Lâmpadas a vapor de sódio (VS)

A lâmpada a vapor de sódio em alta pressão, comercializada a partir de 1955, tem princípio de funcionamento muito similar à vapor de mercúrio, tendo como diferença básica a adição do sódio, e que devido suas características físicas exige que a partida seja feita mediante a um pico de tensão da ordem de alguns quilos Volts com duração da ordem de micro segundos. São constituídas por um tubo de descarga contendo um excesso de sódio que se vaporiza durante o período de acendimento em condições de saturação. Faz-se o uso de um gás inerte em alta pressão, o xenônio, para se obter uma baixa tensão de ignição.

Ao contrário das lâmpadas a vapor de sódio de baixa pressão, essas lâmpadas apresentam um espectro visível contínuo, propiciando uma razoável reprodução de cor. As principais características das lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão são:

- a) Vida útil 18000 horas;
- b) Eficiência luminosa média: 130 Lúmens/Watt;
- c) Temperatura de cor: aproximadamente 2700 K, mas pode variar de acordo com os elementos adicionais agregados em sua produção.

Devido à sua característica de reprodução de cores, podem ser utilizadas no interior de instalações industriais, ruas de rolamento lento ou abaixo de 60km/h onde não há uma demanda de grande fidelidade de cor. De acordo com a CEMIG ND-2.6 (2012), há projetos desenvolvidos pela corporação para substituição de lâmpadas de vapor de mercúrio (VM) para vapor de sódio (VS) em vias públicas por conta do baixo custo de manutenção uma vez que a durabilidade das VS é maior se comparadas às VM. A Figura 01 mostra o comparativo entre estes tipos de lâmpadas.

Figura 01 – Projetos de substituição de lâmpadas VM por VS

VM	2x400 W	400 W	250 W	125 e 80 W
VS	250 W	150 ou 250 W	150 ou 70 W	100 ou 70 W

Fonte: CEMIG, (2018).

Figura 02: Modelos De Lâmpadas A Vapor De Sódio Tubular E Ovoide



Fonte: OSRAM, (2018)

Na Figura 02 tem-se a exemplificação das lâmpadas a vapor de sódio de modo geral. Devem ser utilizadas nos novos projetos de via pública ou extensão de rede, reforma e melhoramento. Também podem ser instaladas na iluminação pública decorativa de praças, em segundo nível, calçadas, fachadas e monumentos. (CEMIG ND-2.6, 2012).

3.1.2. Lâmpadas a vapor de mercúrio (VM)

São constituídas por um pequeno tubo de quartzo, onde são instalados nas extremidades, em geral, dois eletrodos principais e um eletrodo auxiliar ligados em série com uma resistência de valor elevado. Dentro do tubo são colocadas algumas gotas de mercúrio, juntamente com gás inerte, como o argônio, cuja a finalidade é facilitar a formação da descarga inicial. Por outro lado, o mercúrio é vaporizado durante o período de preaquecimento da lâmpada. O tubo de quartzo é colocado dentro de um invólucro de vidro contendo uma certa quantidade de azoto cuja função é a distribuição uniforme da temperatura. Ao aplicar a tensão nos terminais da lâmpada, cria-se um campo elétrico entre os eletrodos auxiliares e o principal mais próximo, fato que provoca a formação de um arco elétrico entre os mesmos. Esse fenômeno aquece as substâncias emissoras de luz, o que resulta na ionização do gás e na conseqüente formação do vapor de mercúrio. O choque dos elétrons com os átomos do vapor de mercúrio no interior do tubo transforma sua estrutura atômica. A luz finalmente é produzida pela energia liberada pelos átomos atingidos quando esses retornam a sua estrutura normal. As principais características dessas lâmpadas são:

- a) Vida útil: 18000 horas;

- b) Eficiência luminosa média: 55 Lumens/Watt e decresce com o uso ao de sua vida útil, podendo chegar a até 35 Lumens/Watt;
- c) Temperatura de cor: igual ou superior a 3300 K;
- d) Necessitam de dispositivos auxiliares;
- e) São ligadas somente em 220 V;
- f) Quando se desliga uma lâmpada de vapor de mercúrio é necessário um tempo de 4 a 5 minutos para reacendê-la;
- g) Não emitem em seu espectro a luz vermelha, o que limita o seu uso em ambientes onde não haja necessidade de boa reprodução de cores. Para corrigir esse problema faz-se o uso de fósforo em alguns tipos de lâmpadas;

A partir da Figura 03 é possível observar as principais características desse modelo de lâmpada.

Figura 03: Lâmpadas A Vapor De Mercúrio Tubular E Ovoide



Fonte: OSRAM, (2018)

A lâmpada a vapor de mercúrio, comercializada a partir de 1908, tem sua produção de luz através da excitação de gases provocada por corrente elétrica. Devem ser utilizadas apenas na manutenção do sistema existente. (CEMIG ND-2.6, 2012).

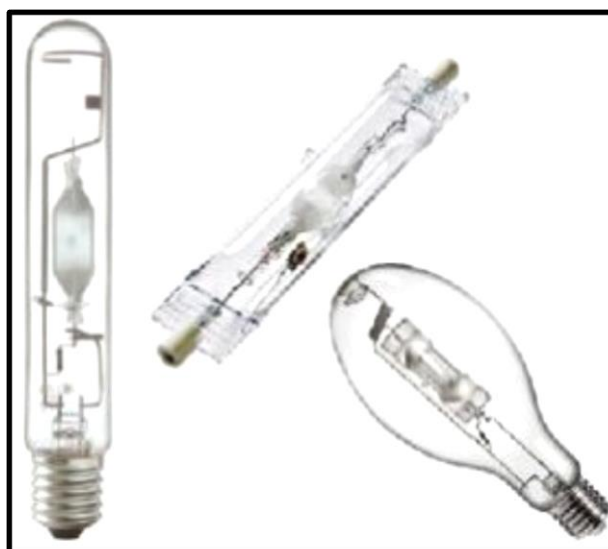
3.1.3. Lâmpadas a vapor metálico (VMT)

Este tipo de lâmpada é um tipo particular da lâmpada a vapor de mercúrio em que são adicionadas iodeto de índio, tálio e sódio. A mistura adequada desses compostos no tubo de descarga proporciona um fluxo luminoso de excelente reprodução de cores. Apresentam elevada eficiência luminosa, vida útil longa e baixa depreciação. Uma das lâmpadas mais utilizadas nos últimos anos pelas concessionárias elétricas, atualmente as lâmpadas de vapor metálico são basicamente utilizadas em iluminação de praças, em segundo nível, em áreas verdes, calçadas, e na iluminação de fachadas e monumentos. Em projetos de áreas históricas com RDS, essas lâmpadas devem ser obrigatoriamente utilizadas. Sua utilização na iluminação de pistas de rolamento de veículos tornou-se inviável devido ao alto custo de manutenção. (CEMIG ND-2.6, 2012). Suas principais características são:

- a) Vida útil: 24000 horas;
- b) Eficiência luminosa média: 98 Lumens/Watt;
- c) Temperatura de cor: cerca de 4000 K;
- d) Custo elevado;
- e) Ótima eficiência luminosa e vida útil;
- f) Necessitam de dispositivos auxiliares.

São indicadas particularmente para aplicação em áreas de pátios de estacionamento, quadras esportivas, campos de futebol e galpões destinados a produtos de exposição. Pode-se analisar uma lâmpada de vapor metálico na Figura 04.

Figura 04: Lâmpadas A Vapor Metálico Tubular E Ovoide



Fonte: OSRAM, (2018).

3.1.3. Lâmpadas LED

Tem-se observado a crescente evolução da tecnologia das luminárias para iluminação pública utilizando como fonte luminosa o LED. Diferentemente das lâmpadas incandescentes ou de descarga, que emitem luz através da queima de um filamento ou pela ionização de alguns gases específicos, o LED produz sua luminosidade, basicamente, através da liberação de fótons provocada quando uma corrente elétrica flui através deste componente. Na Figura 05 se vê os principais aspectos construtivos das lâmpadas LED:

Figura 05: Lâmpadas LED



Fonte: OSRAM, (2018).

Por se tratarem de fontes luminosas com fecho de luz bem direcionado, livres de metais pesados, com alta vida mediana, cerca de 50.000 horas, alta eficiência – cerca de 80lm/W, resistentes a vibrações, elevado IRC, e com flexibilidade na escolha da temperatura de cor, há a expectativa de que os equipamentos empregando estes componentes sejam no futuro a alternativa mais viável para sistemas de iluminação. No entanto, atualmente o custo elevado, a falta de normativas a respeito e o desconhecimento do real desempenho de todo o conjunto tornam a aplicação em larga escala inviável. (CEMIG ND-2.6, 2012). A tecnologia LED começou a ser implantada de uma maneira mais completa no segmento de iluminação ao final do século XX. A partir do ano de 1999 começou a revolucionar o setor elétrico entregando economia, durabilidade e ecoeficiência de uma forma efetiva. Sendo assim, a tecnologia LED trouxe possibilidades de aplicações que englobam iluminação pública, painéis de publicidade, iluminação de áreas comerciais, dentre diversas outras aplicações. O LED tem se tornado uma

opção eficaz para iluminação com baixo custo energético e durabilidade. As principais características dessas lâmpadas são:

- a) Vida útil: superior a 50000 horas;
- b) Eficiência luminosa média: de 10 a 90 Lumens/Watt;
- c) Temperatura de cor: entre 3000 K e 6400 K;
- d) Baixa manutenção;
- e) Não emitem luz ultravioleta;
- f) Custo de aquisição elevado;
- g) Quantidade luz emitida pelo LED reduz com o aumento da temperatura.

3.2. Luminárias

De acordo com o padrão adotado pela Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG, todas as luminárias devem ser padronizadas e quando adquiridas devem possuir todos os equipamentos incorporados, a exceção do lampião colonial. As diversas luminárias aprovadas pela Cemig apresentam variação estética dependendo do fabricante. Contudo, o desempenho é equivalente, uma vez que as mesmas são avaliadas conforme critérios definidos nas especificações técnicas. São chamadas de luminárias reflexivas aquelas que possuem corpo refletor interno. Os refletores podem utilizar o alumínio polido e anodizado, revestimento com película de prata ou uma camada vitrificada conforme verificada na Figura 06 onde se vê os principais aspectos construtivos das luminárias. Os projetos novos devem priorizar a utilização das luminárias com vidro plano, devido a sua maior durabilidade. A utilização de luminárias com refrator em policarbonato deve ser feita nos pontos onde houver vandalismo, sendo que as duas alternativas podem ser instaladas em um mesmo projeto. Nas áreas históricas com RDS, a iluminação pública deve ser feita através de luminária tipo lampião colonial, aprovada pelo IPHAN. A distribuição fotométrica desenvolvida para este lampião permite a completa visualização das principais características das edificações históricas como os telhados e sobrados. (CEMIG ND-2.6, 2012).

Figura 06: Tipos de Luminárias



Fonte: OSRAM, (2018)

3.3. Reatores

Reatores são equipamentos auxiliares utilizados em conjunto com lâmpadas de descarga elétrica. Servem para dar partida estabilizada e firme à lâmpada de descarga, sem cintilação em qualquer situação. Sem reator, a lâmpada ligada diretamente à rede iria exigir mais e mais corrente até se queimar. A corrente ideal para o funcionamento da lâmpada é limitada pelo reator. Para a Companhia Energética de Minas Gerais, os reatores para as lâmpadas devem ser integrados e padronizados, estes dispositivos são montados em chassis que garantem a integração e intercambialidade entre os diversos fabricantes e luminárias aprovadas pela norma da empresa. (CEMIG ND-2.6, 2012). A Figura 07 traz as principais características dos reatores utilizados na iluminação pública.

Figura 07 - Características técnicas dos reatores

Tipo de lâmpada (220 V - 60 Hz)	Potência do reator (W)	Perdas Máximas (W)	Fator de potência
VS	70	14	0,92
	100	17	
	150	22	
	250	30	
	400	38	
VM	80	11	
	125	14	
	250	20	
	400	26	
VMT	35	10	
	70	14	
	150	25	

Fonte: CEMIG, (2018).

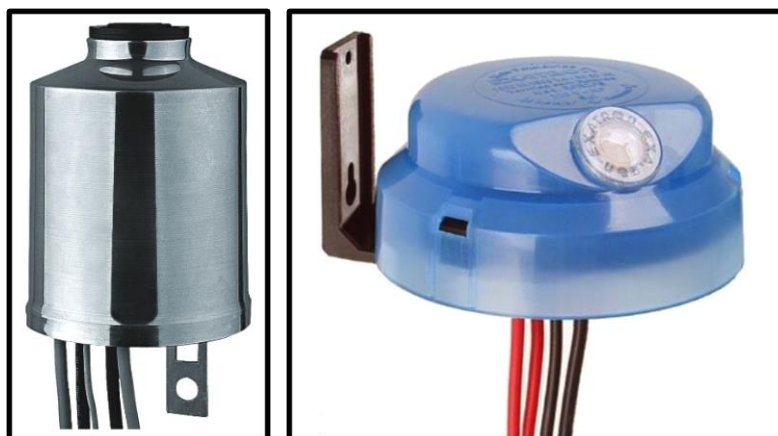
3.4. Comando e Caixa de Comando

O comando da iluminação pública é predominantemente individual feito por relés fotoelétricos instalados nas luminárias. Quando o circuito é exclusivo para iluminação pública, os relés fotoelétricos são instalados em uma chave magnética de 50 A (Base 50 A) ou em caixa de comando, se forem necessários valores de corrente superiores a 50 A. Este dispositivo de comando deve ser empregado somente em projetos especiais como rodovias, trevos, complexos viários, onde a corrente a ser controlada for superior a 50 A, e não for viável do ponto de visto técnico e de manutenção a divisão dos circuitos. (CEMIG ND-2.6, 2012).

3.5. Relés Fotoelétricos, Dimerização E Temporização Da Iluminação Pública

Os relés fotoelétricos (Figura 08) são equipamentos de comando amplamente utilizados na iluminação pública. Eles têm o objetivo de ligar as lâmpadas no início da noite, quando a iluminância ambiente estiver abaixo de 10 lux, e desligá-las ao amanhecer, quando a iluminância estiver acima deste valor. Para efeitos de cálculo de consumo de energia dos equipamentos de iluminação pública, visto que não são usados medidores para esta aplicação, considera-se que os relés passam 12 horas por dia fechados, conduzindo corrente, e 12 horas abertos. Para perfeito funcionamento no inverno e verão, devem ter o sensor voltado para o sul no momento da instalação.

Figura 08: Modelos de Relés Fotoelétricos



Fonte: OSRAM, (2018).

Os relés fotoelétricos padronizados são do tipo eletrônico e possuem sistema de acionamento que mantém a lâmpada apagada em caso de falha. A dimerização pode ser

utilizada em qualquer instalação de iluminação pública desde que não ultrapasse o limite de 30% do nível de iluminância projetado. A temporização somente pode ser utilizada na iluminação pública de praças, fachadas e monumentos, desde que não haja comprometimento da segurança dos usuários e do patrimônio público. (CEMIG ND-2.6, 2012).

3.6. Chave magnética 50 A (Base 50 A)

A chave magnética possui uma tomada do tipo integrada e um contator para 50 A e deve ser utilizada como comando em grupo quando o circuito for exclusivo de iluminação pública. Quando o projeto for exclusivo de iluminação pública e forem utilizadas luminárias que não sejam ornamentais, deve ser prevista a utilização do shorting-cap para curto-circuitar a tomada para que o comando seja feito através da chave magnética. (CEMIG ND-2.6, 2012).

3.7. Condutores e Ferragens

Para fazer a conexão elétrica entre os diversos equipamentos citados, é recomendado o uso de cabo de cobre com dupla isolamento em XLPE, bitola de 2,5 mm², para todos os tipos e potências de lâmpadas. Aplicações demonstram que o cobre é um material de mais fácil manuseio quando comparado com o alumínio, exigindo menos ferramentas especiais, além de ser mais resistente à corrosão. Dentre as ferragens necessárias podem ser citados parafusos, arruelas, porcas, terminais, conectores, fita isolante entre outros. Para circuitos exclusivos de iluminação pública, o cálculo da queda de tensão não deve ser superior a 10% da tensão nominal do conjunto reator/lâmpada. A Figura 09 apresenta os condutores padronizados para rede secundária e suas características elétricas para sistemas monofásicos e trifásicos, com fator de potência igual a 0,92. (CEMIG ND-2.6, 2012).

Figura 09 - Cabos de alumínio - f.p. = 0,92 - Condução de corrente e queda de tensão

Condutor de alumínio bitola (mm ²)	Capacidade de corrente nominal (A)		Coeficiente unitário de queda de tensão (V / A.km)	
	2 Condutores	3 Condutores	Sistema trifásico	Sistema monofásico
10	56	47	5,81	6,86
16	73	61	3,70	4,30
25	93	78	2,049	2,70
50	132	112	1,32	1,51
70	163	138	1,09	1,08
120	220	186	0,67	0,65
240	321	272	0,39	0,38

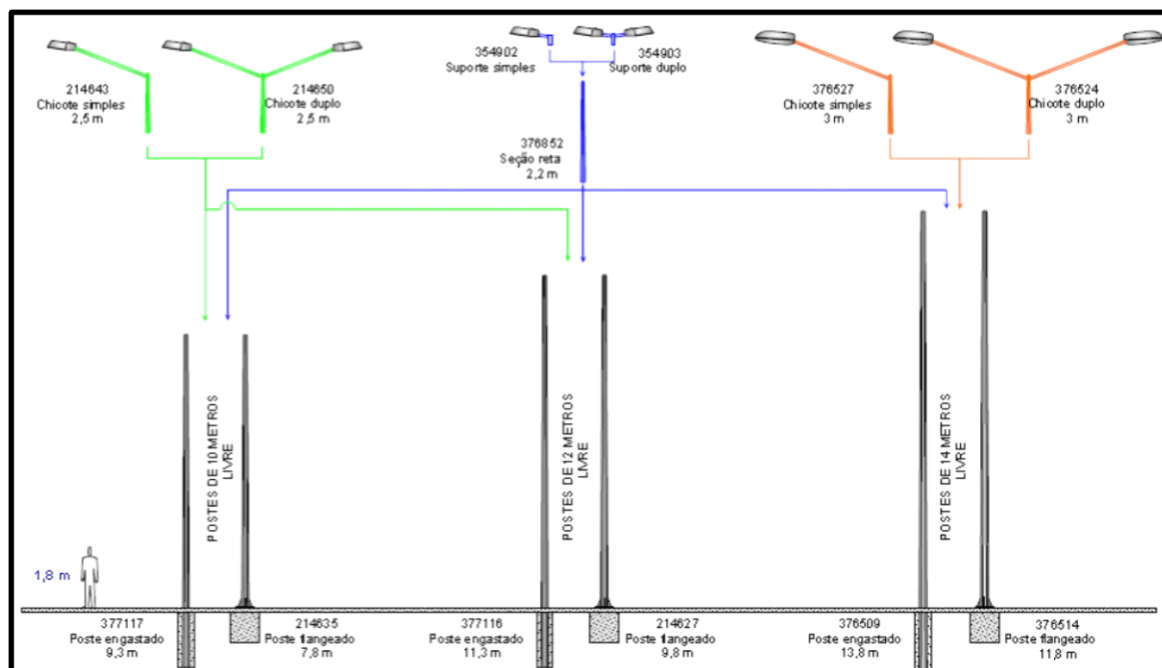
Nota - Dados Alcoa - Cabo Forex XLPE / EPR - Sem Cobertura - 0.6 / 1 kV

Fonte: CEMIG, (2018).

3.8. Postes para rede de distribuição

Em projetos específicos de iluminação pública com RDS, devem ser utilizados postes de aço ou concreto especialmente desenvolvidos para estas instalações. Os postes de concreto de conicidade reduzida (RC) são recomendados para vias com velocidade ≤ 60 km/h, enquanto os postes de aço são recomendados para vias com velocidade ≥ 60 km/h. Os postes de aço utilizados para iluminação de pistas com velocidade ≥ 60 km/h são modulares e sua montagem é feita a partir da combinação de diversas peças. O esquema de instalação para obtenção das diversas alturas e arranjos é apresentado na figura 10. Para as cidades ou conjuntos históricos, o poste de aço é do tipo cônico escalonado com acabamento na cor preta. Este poste deve sempre ser uma alternativa ao suporte de parede devido a largura reduzida das calçadas. (CEMIG ND-2.6, 2012).

Figura 10 – Compatibilidade entre suportes, luminárias, lâmpadas e postes para iluminação de vias



Fonte: CEMIG, (2018).

3.9. Braços e suportes

Para que se possa obter um melhor aproveitamento da iluminação sobre a via, as luminárias instaladas em braços ou suportes não devem de acordo com a CEMIG ND-2.6 (2012), ultrapassar o eixo longitudinal da pista de rolamento. Os projetos de iluminação com RDS devem ser realizados utilizando apenas 1 ou 2 luminárias por poste. (CEMIG, 2012).

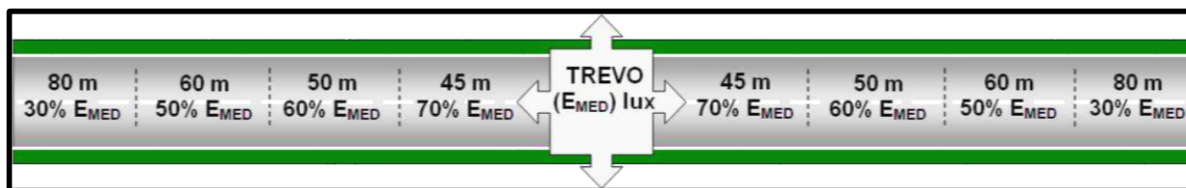
4. PROJETOS DE ILUMINAÇÃO DE TREVOS E INTERCESSÕES

Os trevos e as rotatórias são responsáveis pelas junções de vias rurais ou pelos acessos e saídas destas podendo ser de baixa ou alta complexidade e ter um ou mais níveis de pista. Durante o dia, os motoristas identificam a presença dos trevos através da iluminação natural e a existência de uma sinalização adequada. Contudo, a percepção se torna mais difícil à noite, pois os trevos e a sinalização tendem a não ser tão clara a longa distância. A iluminação deve permitir aos motoristas identificar as características dos trevos, a visualização dos demais veículos acessantes bem como permitir a percepção dos veículos que já trafegam na via. Do ponto de vista de segurança, a condição mais crítica é quando temos apenas um nível, pois é quando a probabilidade de colisão é maior. (CEMIG ND-2.1, 2012).

4.1. Iluminação específica de trevos e acessos

A iluminação dos trevos e acessos às cidades pode ser feita de forma específica. Nestes casos, a iluminação deve ser reduzida ou incrementada gradualmente, para que a acomodação visual do motorista seja feita sem a possibilidade de ocorrer cegueira momentânea por ofuscamento ou pelo escurecimento repentino. Esta iluminação deve se estender a uma distância mínima de 100 metros para trevos em áreas urbanas e 200 metros para trevos em vias especiais e rurais, conforme apresentado na Figura 11. (CEMIG ND-2.1, 2012).

Figura 11 – Variação da iluminância para pistas convergentes aos trevos



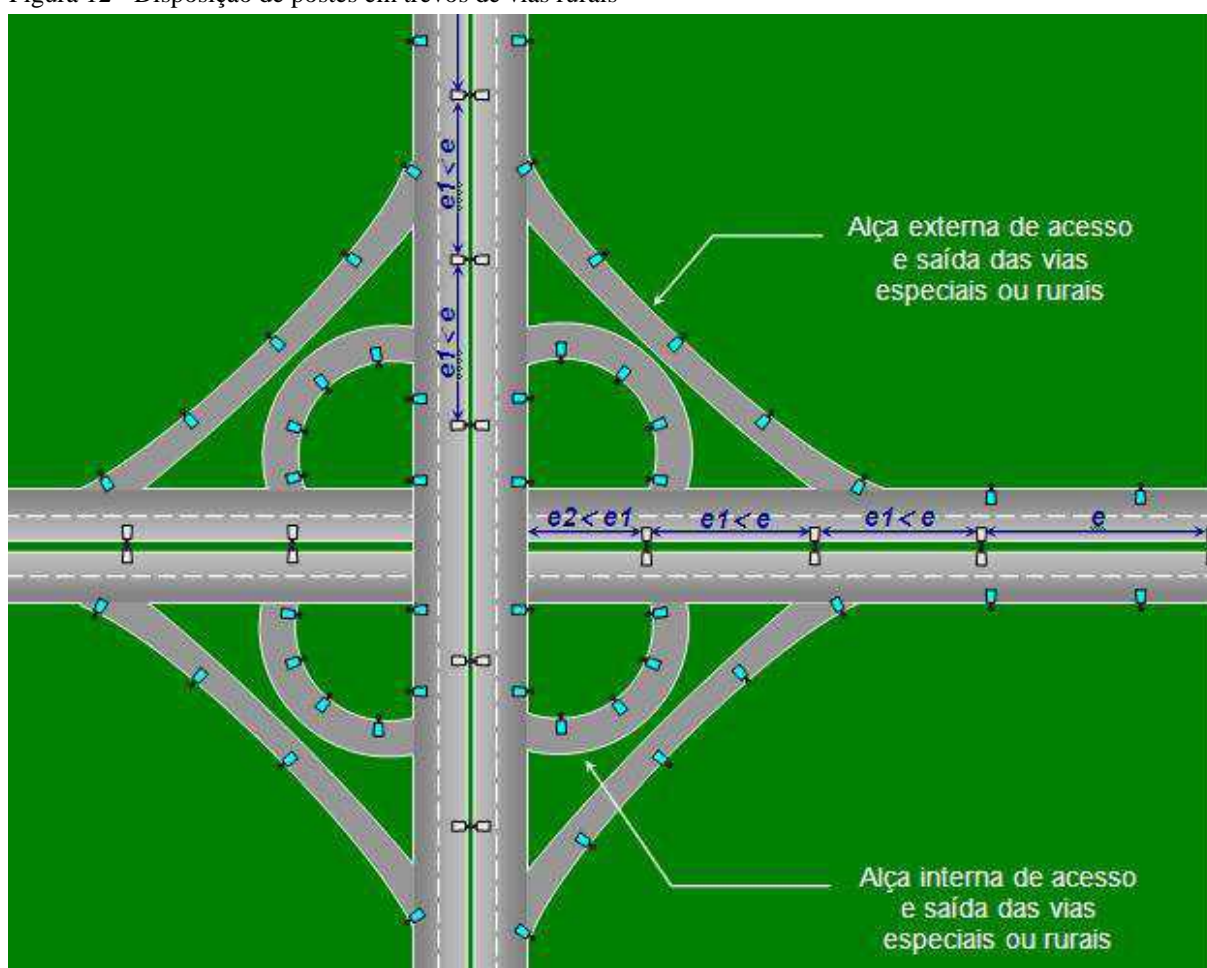
Fonte: CEMIG, (2018).

Para a CEMIG ND-2.1 (2012), a redução e o incremento gradual da iluminação podem ser implementados através do aumento ou redução do espaçamento (e) entre os postes e também pela redução da potência das lâmpadas. Se as vias de acesso não forem iluminadas, o cálculo da iluminação deve considerar os níveis de iluminância das vias especiais. (CEMIG ND-2.1, 2012).

4.2. Iluminação de trevos em vias rurais

O nível de iluminância dos trevos em vias rurais deve ser no mínimo, 50% superior aos índices da via. O incremento do nível de iluminação poderá ser obtido através da redução do espaçamento. Se as vias de acesso não forem iluminadas, o cálculo da iluminação deve considerar os níveis de iluminância das vias especiais. A Figura 12 apresenta a disposição recomendada dos postes de iluminação pública em um trevo típico em vias rurais. (CEMIG ND-2.1, 2012).

Figura 12 - Disposição de postes em trevos de vias rurais



Fonte: CEMIG, (2018).

e = espaçamento projetado ao longo da via;

$e1$, $e2$ = espaçamento reduzido.

- Luminária para lâmpada VS 150 W ou VS 250 W, instalada em poste de 10 ou 12 metros de altura livre;
- Luminárias para lâmpada VS 400 W, instalada em poste de aço de 14 metros de altura livre.

4.3. Implantação e manutenção em projetos de iluminação pública

Durante a elaboração de um projeto de iluminação, a altura de montagem das luminárias ou projetores deve ser compatível com o tipo de veículo disponível para manutenção e o acesso aos postes deve ser livre de obstáculos fixos como bancos, jardins, etc. Nas praças, parques e calçadas, o piso de acesso aos postes deve ser compatível com o peso dos veículos. Atenção especial deve ser dada ao entorno de igrejas e prédios históricos onde é muito comum a existência de galerias subterrâneas. Estes procedimentos de implantação de iluminação pública em vias de trânsito rápido e lento serão abordados ao longo dos próximos capítulos.

5. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA ESTUDO DE CASO:

Conforme pode ser observado ao longo do referencial teórico deste, todo trecho de iluminação pública possui suas peculiaridades e particularidades, das quais, precisam ser tratadas com todo refino estudo de engenharia, que passam por projetos civis, arquitetônicos, estruturais, e por fim, o objetivado nesta conclusão, o elétrico/luminotécnico. Afim de elucidar o proposto, este estudo toma como exemplo o trevo rodoviário de acesso à cidade universitária, e por sua vez, visa comparar os aspectos técnicos e econômicos inerentes as práticas aplicadas na engenharia elétrica, respaldado nas normas vigentes.

5.1. Objeto do estudo

O componente de estudo desse trata-se de um trevo de acesso, localizado na BR 491, KM 239+335m, na cidade de Varginha –MG, utilizado como vias de acesso para o aeroporto de Varginha, Cidade Universitária do Centro Universitário do Sul de Minas e retorno Varginha-Elói Mendes. Possui uma faixa média de 1,1Km de extensão em área transitável, com acesso disponível para pedestres e veículos de variados portes, conforme pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Trevo de acesso aeroporto de Varginha-MG.

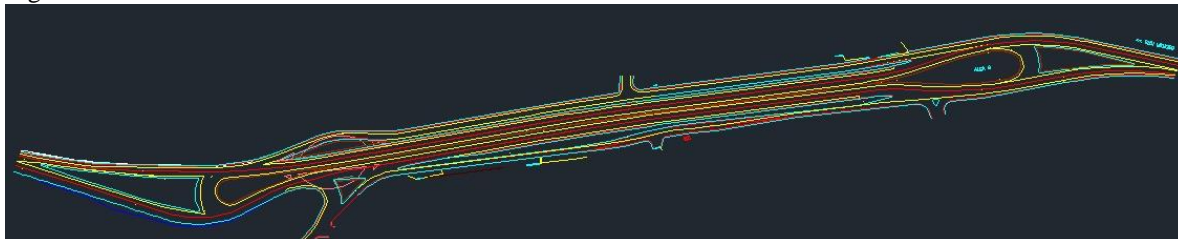


Fonte: Google, (2018).

Para melhor compreensão deste estudo, foi tomado por base uma planta

baixa (Figura 14), contendo o projeto civil do trevo proposto, para melhor exatidão do projeto elétrico/luminotécnico, e com intuito de comparativo mais próximo a realidade.

Figura 14 – Planta baixa de trevo rodoviário BR491



Fonte: (o Autor).

5.1. Propostas de projetos elétricos e luminotécnicos.

Existem grandes possibilidades em projetos elétricos e luminotécnicos, que em geral podem e são aplicadas em todos os tipos de trevos rodoviários. Afim de um estudo de caso com maior eficiência e próximo a realidade proposta, este visa um comparativo focado em alguns destes como:

- a) Rede de distribuição elétrica aérea (RDA) para lâmpada LED 76W.
- b) Rede de distribuição elétrica aérea (RDA) para lâmpada Vapor de sódio 150W.
- c) Rede de distribuição elétrica subterrânea (RDS) para lâmpada LED 76W.
- d) Rede de distribuição elétrica subterrânea (RDS) para lâmpada Vapor de sódio 150W

A escolha do nível de potência nas lâmpadas aplicadas neste estudo, dar-se-á pelo fato de ser adotado pela maioria dos fabricantes o projeto de substituição das lâmpadas de 150W de vapor de sódio para as lâmpadas de 76W em LED, pois entre elas encontra-se um nível aceitável de parâmetros técnicos, elétricos e viabilidade econômica.

Vale ressaltar, que estas potências em watts inferiores para LED, é devido ao fato de seu foco luminoso ser menos dispersado quando comparado com a lâmpada em vapor de sódio, trazendo assim uma eficiência até 63% maior, conforme será melhor tratado posteriormente.

5.2. Características técnicas das luminárias aplicadas.

Para projeção foram escolhidos os modelos LED BGP322 e VS ILP2540 (Figuras 15 e 16), que melhor atendem a especificação geral, possui melhor custo benefício para a regional ao qual será aplicado, e conta também com as características básicas necessárias para aplicação pretendida.

Figura 15 – Luminária LED Mod: BGP322



Fonte: Philips, (2018)

Figura 16 – Luminária VS Mod: ILP2540



Fonte: Ilumatic, (2018).

Conforme pode ser observado na Tabela 1, as características elétricas e luminotécnicas das lâmpadas escolhidas para este estudo, correspondem entre si, em equivalência de características luminosas, elétricas de funcionamento, montagem geral e mais próximas nas questões econômicas, com relação ao custo benefício, que engloba tratativas como:

- a) Consumo geral em kWh;
- b) Fluxo luminoso adequado;
- c) Conceitos básicos de instalação (execução);
- d) Material básico de instalação (componentes gerais).

Tabela 1 – Características das luminárias

<i>Tipo de Luminária</i>	<i>Potência (W)</i>	<i>Modelo de Bulbo</i>	<i>Fluxo Luminoso (lm)</i>	<i>Corrente Nominal (A)</i>	<i>Corrente de Partida (A)</i>	<i>Vida Média (hrs)</i>
LED	76	160 led	1400 a 17.800	0,41	0,63	75.000
VAPOR DE SÓDIO	150	Tubular	17.500	0,81	1,24	32.000

Fonte: Adaptado de CEMIG/Fabricante LED, (2018).

5.3. Características técnicas aplicadas aos projetos luminotécnicos.

Afim de projeção precisa e normalizada conforme as regras da concessionária, o primeiro ponto a ser observado no projeto de iluminação pública em geral, passa pelo projeto luminotécnico.

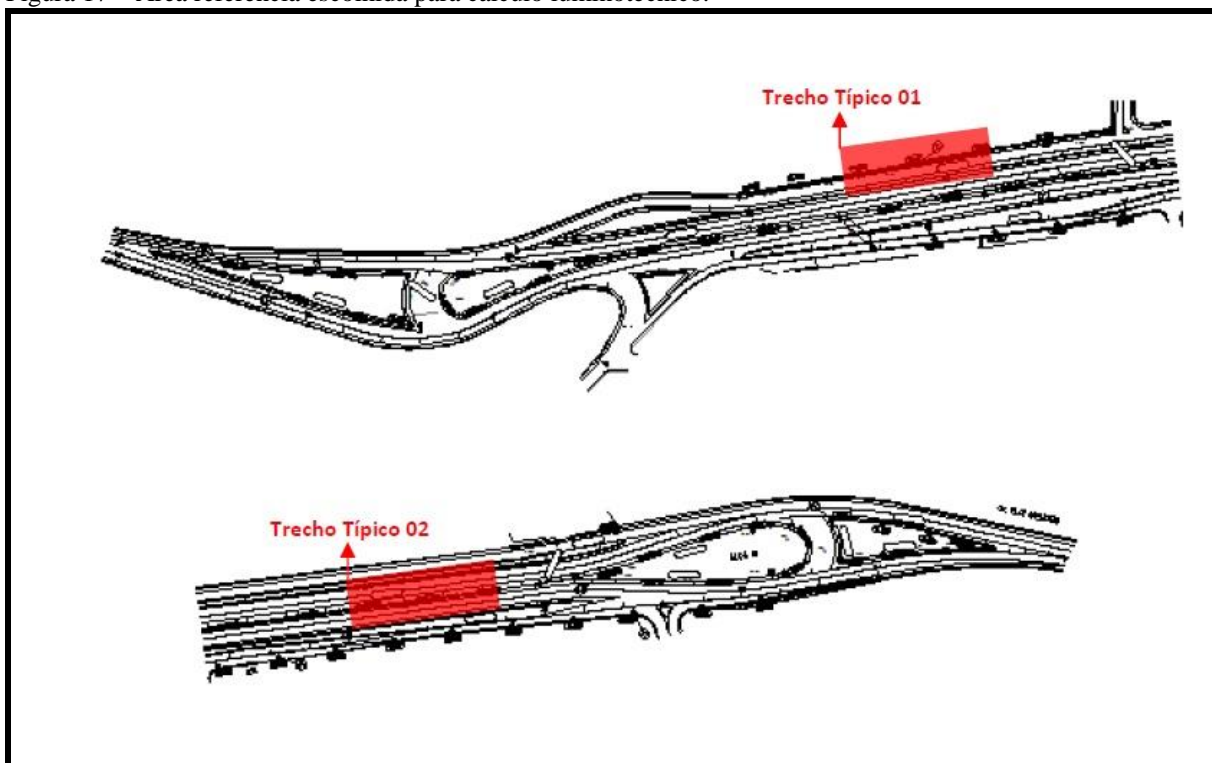
Este projeto, visa calcular e definir o componente fundamental do proposto, a iluminação eficiente, precisa, com cuidado para atendimento das normas, e dos padrões estabelecidos conforme solicitado, evitando assim desperdícios de superdimensionamento ou subdimensionamento para com os componentes a serem instalados (luminárias, postes, cabos e proteções em geral), dando assim os parâmetros intrínsecos necessários para os materiais a serem utilizados no mesmo.

Ele conta com dados que variam desde a representação da área estudada em escala de lux, níveis de iluminância no piso, até gráficos de temperaturas de cores, conforme poderá ser observado posteriormente em cada caso.

5.3.1. Trechos referências aplicados ao cálculo luminotécnico

Afim de agilizar o processo de cálculo luminotécnico, conforme pode ser observado na Figura 17, foram retirados do projeto, dois pontos específicos, escolhidos por possuírem as características necessárias que contam com todas as peculiaridades do trevo rodoviário em estudo, gerando assim os dados necessários para completo entendimento do mesmo.

Figura 17 – Área referênciada escolhida para cálculo luminotécnico.



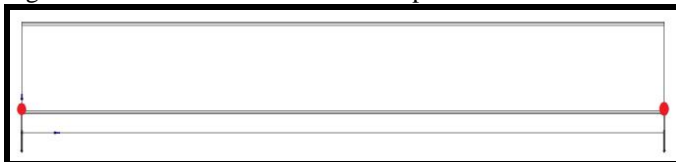
Fonte: (o Autor)

Por fim, foi utilizado o software LUXSIMON 10, para geração de gráficos e entendimento do estudo proposto conforme pode ser observado nos itens subsequentes. Com essa tratativa, os pontos são previamente escolhidos, com intuito de minimizar eventuais retrabalhos na projeção, uma vez que, identificados os componentes que compõem o projeto em uma subparte do mesmo, pede-se que seja aplicado ao todo, não correndo assim risco de perda de tempo na projeção completa erroneamente.

5.3.2. Estudo luminotécnico aplicado a luminária LED 76W-Trecho 1

O trecho estudado trata-se de uma via de mão única com postes localizados em apenas um lado da via. Ao observar a Figura 18, os pontos marcados em vermelho, tratam-se das luminárias que estão dispostas nos postes referenciados em um ângulo de 0° , uma altura de 9,00m e distância de 35m entre eles.

Figura 18 – Área referênciada escolhida para cálculo luminotécnico- trecho 1.



Fonte: LUXSIMON 10, (2018).

Afim de entendimento de qual nível de iluminância será injetada diretamente no piso, partindo do ponto de altura da luminária escolhida, é gerado a escala de iluminância do mesmo, contendo em seu eixo X a distância entre dois pontos a serem estudados (35m), e no seu eixo Y, a largura da via em questão (5m), conforme pode ser observado no **ANEXO A**. Com isso, é obtido os resultados expressos ao longo da escala, os valores em lux para o projetado.

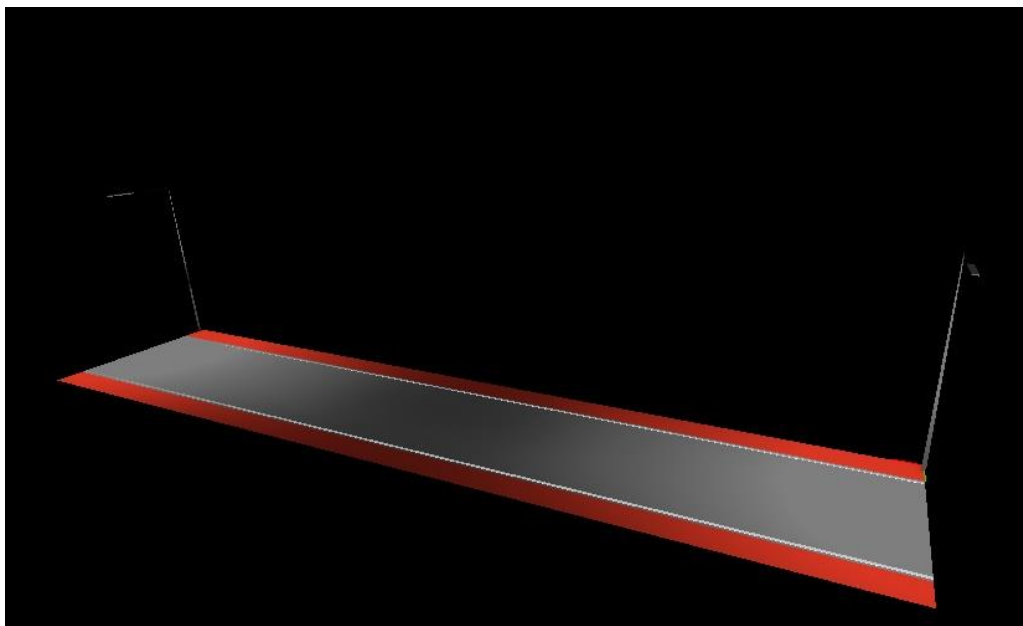
No caso das luminárias em LED para o trecho 1, os valores ficaram nas seguintes grandezas: Nível Médio de 57lux; Nível Mínimo de 9lux e Nível Máximo de 167lux.

Em sequência, é representada a área estudada em escala de lux (**ANEXO B**), que conta com os pontos de maior intensidade de iluminância (amarelo mais claro da escala- 167lux) próximos aos pontos onde estão instaladas as luminárias, e gradativamente, conforme é observada a distância dada partindo do ponto de instalação da luminária em sentido oposto ao tal, as áreas de menor intensidade luminosa (verde escuro/preto-19 a 0lux) da via.

Através dos dados de iluminância levantados previamente, é gerado a escala de temperatura de cores em 3D (**ANEXO C**), que informa quais as zonas de maior e menor impacto luminoso. A escala sai de vermelho para uma área afetada de 24 a 9lux, para pela área central de luminosidade média, na cor verde escuro que gira em torno de 81 a 95lux, e passa para o ponto maior intensidade luminosa, na cor roxa variando de 153 a 167lux.

Com estes resultados, obtém-se a média de iluminância, que para a lâmpada de LED 76W, gira em torno de 57lux no trecho estudado e com o somatório dos resultados. Obtém-se uma imagem em 3D mais próxima da realidade ao qual o projeto se encontra (Figura 19)

Figura 19 – Área referênciada escolhida para cálculo luminotécnico LED 76W- trecho 1.

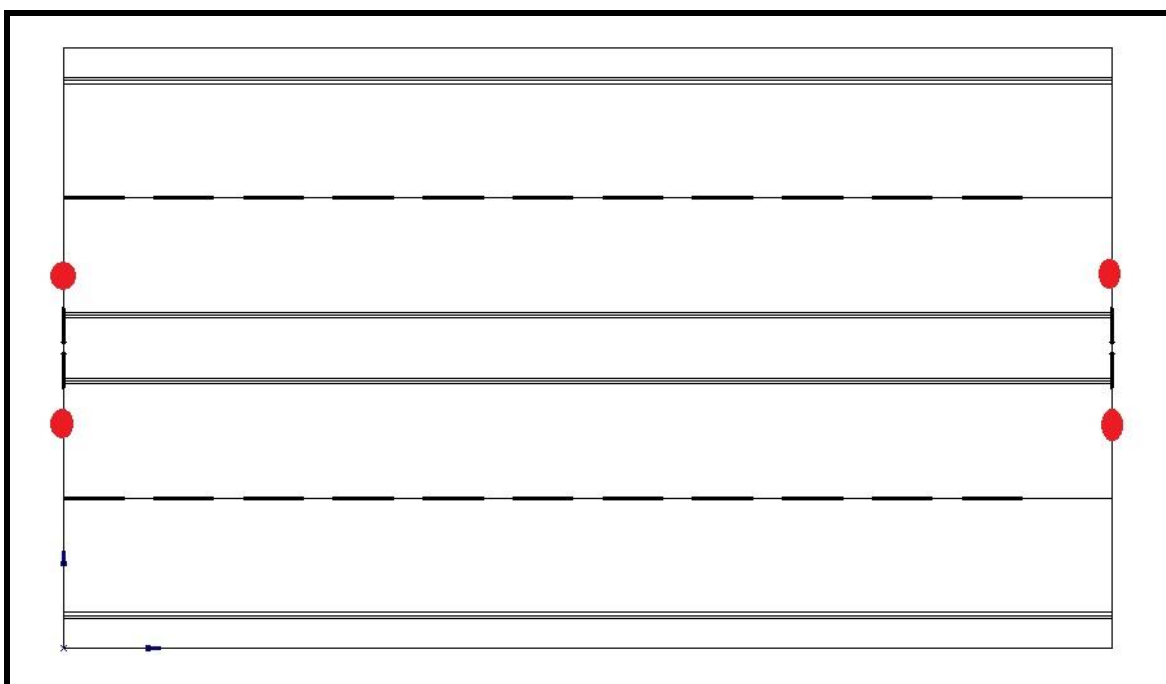


Fonte: LUXSIMON 10, (2018).

5.3.3. Estudo luminotécnico aplicado a luminária LED 76W-Trecho 2

O trecho estudado trata-se de duas vias contendo duas pistas em cada via, com postes localizados no canteiro central da via. Ao observar a Figura 20, os pontos marcados em vermelho, tratam-se das luminárias que estão dispostas nos postes referenciados em um ângulo de 0° , uma altura de 9,00m e distância de 35m entre eles.

Figura 20 – Área referência escolhida para cálculo luminotécnico- trecho2.



Fonte: LUXSIMON 10, (2018).

A fim de entendimento de qual nível de iluminância será injetada diretamente no piso, partindo do ponto de altura da luminária escolhida, é gerado a escala de iluminância do mesmo, contendo em seu eixo X a distância entre dois pontos a serem estudados (35m), e no seu eixo Y, a largura das vias em questão (8m cada), a largura do canteiro central (2m), conforme pode ser observado no **ANEXO D**. Com isso, é obtido os resultados expressos ao longo da escala, os valores em lux para o projetado.

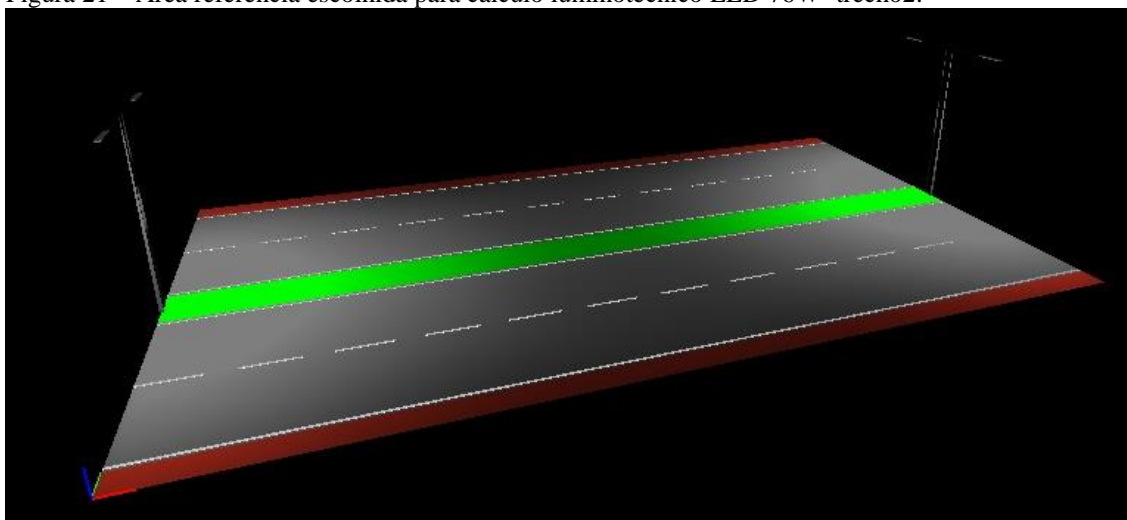
No caso das luminárias em LED para o trecho 2, os valores ficaram nas seguintes grandezas: Nível Médio de 67lux; Nível Mínimo de 8lux e Nível Máximo de 262lux.

Em sequência, é representada a área estudada em escala de lux (**ANEXO E**), que conta com os pontos de maior intensidade de iluminância (amarelo mais claro da escala- 262lux) próximos aos pontos onde estão instaladas as luminárias, e gradativamente, conforme é observada a distância dada partindo do ponto de instalação da luminária em sentido oposto ao tal, as áreas de menor intensidade luminosa (verde escuro/preto-29 a 0lux) das vias.

Através dos dados de iluminância levantados previamente, é gerado a escala de temperatura de cores em 3D (**ANEXO F**), que informa quais as zonas de maior e menor impacto luminoso. A escala sai de vermelho para uma área afetada de 31 a 8lux, para pela área central de luminosidade média, na cor verde escuro que gira em torno de 123 a 146lux, e passa para o ponto maior intensidade luminosa, na cor roxa variando de 239 a 262lux.

Com estes resultados, obtém-se a média de iluminância, que para a lâmpada de LED 76W no trecho 2, gira em torno de 67lux no trecho estudado e com o somatório dos resultados. Obtém-se uma imagem em 3D mais próxima da realidade ao qual o projeto se encontra (Figura 21)

Figura 21 – Área referênciada escolhida para cálculo luminotécnico LED 76W- trecho2.



Fonte: LUXSIMON 10, (2018).

5.3.4. Estudo luminotécnico aplicado a luminária VS 150W-Trecho 1

O trecho estudado trata-se do previamente apresentado no item 5.3.2 (Figura 17), com características e dimensões idênticas.

Conforme pode ser observado no **ANEXO G**. Com isso, é obtido os resultados expressos ao longo da escala, os valores em lux para o projetado.

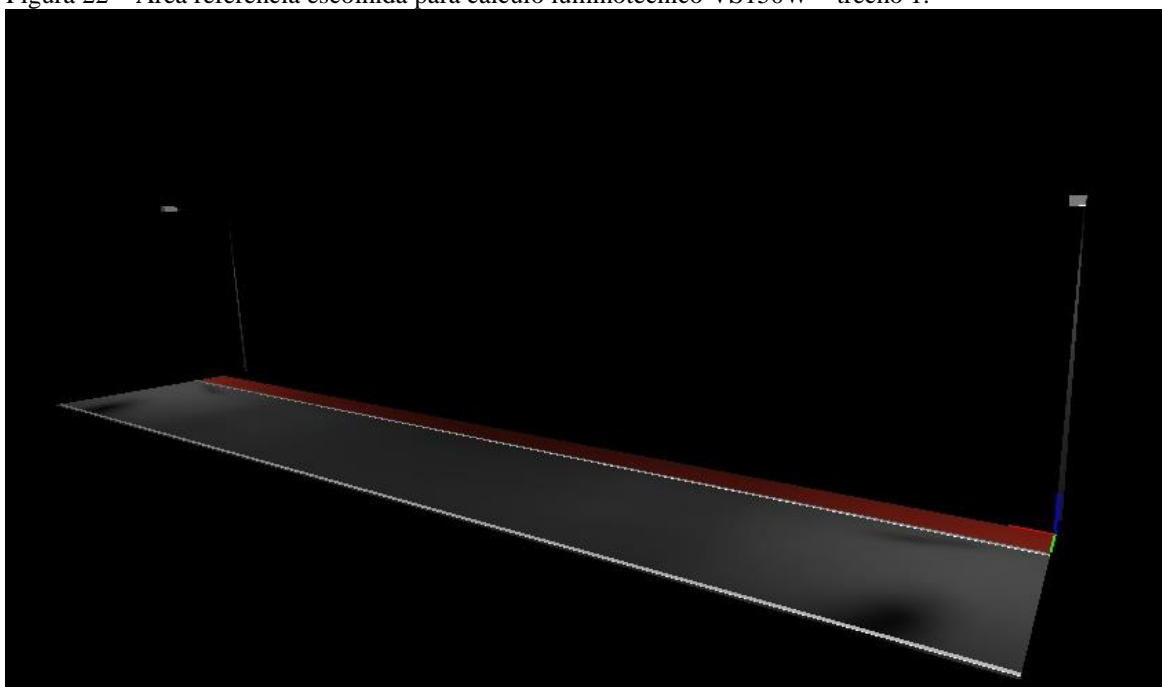
No caso das luminárias em VS 150W para o trecho 1, os valores ficaram nas seguintes grandezas: Nível Médio de 31lux; Nível Mínimo de 8lux e Nível Máximo de 62lux.

Em sequência, é representada a área estudada em escala de lux (**ANEXO H**), que conta com os pontos de maior intensidade de iluminância (amarelo mais claro da escala- 60lux) próximos aos pontos onde estão instaladas as luminárias, e gradativamente, conforme é observada a distância (neste caso sem uniformidade, com perda por dissipação de iluminância)

dada partindo do ponto de instalação da luminária em sentido oposto ao tal, as áreas de menor intensidade luminosa (verde escuro/preto-7 a 0lux) da via..

Através dos dados de iluminância levantados previamente, é gerado a escala de temperatura de cores em 3D (**ANEXO I**), que informa quais as zonas de maior e menor impacto luminoso. A escala sai da cor vermelha para uma área afetada de 8 a 3lux, pela área central de luminosidade média, na cor verde escuro que gira em torno de 29 a 34lux, e passa para o ponto maior intensidade luminosa, na cor roxa variando de 55 a 60lux.

Figura 22 – Área referência escolhida para cálculo luminotécnico VS150W – trecho 1.



Fonte: LUXSIMON 10, (2018).

Com estes resultados, obtém-se a média de iluminância, que para a lâmpada de VS 150W no trecho 1, gira em torno de 31lux no trecho estudado e com o somatório dos resultados. Obtém-se uma imagem em 3D mais próxima da realidade ao qual o projeto se encontra (Figura 22)

5.3.5. Estudo luminotécnico aplicado a luminária VS 150W-Trecho 2

O trecho estudado trata-se do previamente apresentado no item 5.3.3 (Figura 17), com características e dimensões idênticas.

Conforme pode ser observado no **ANEXO J**. Com isso, é obtido os resultados expressos ao longo da escala, os valores em lux para o projetado.

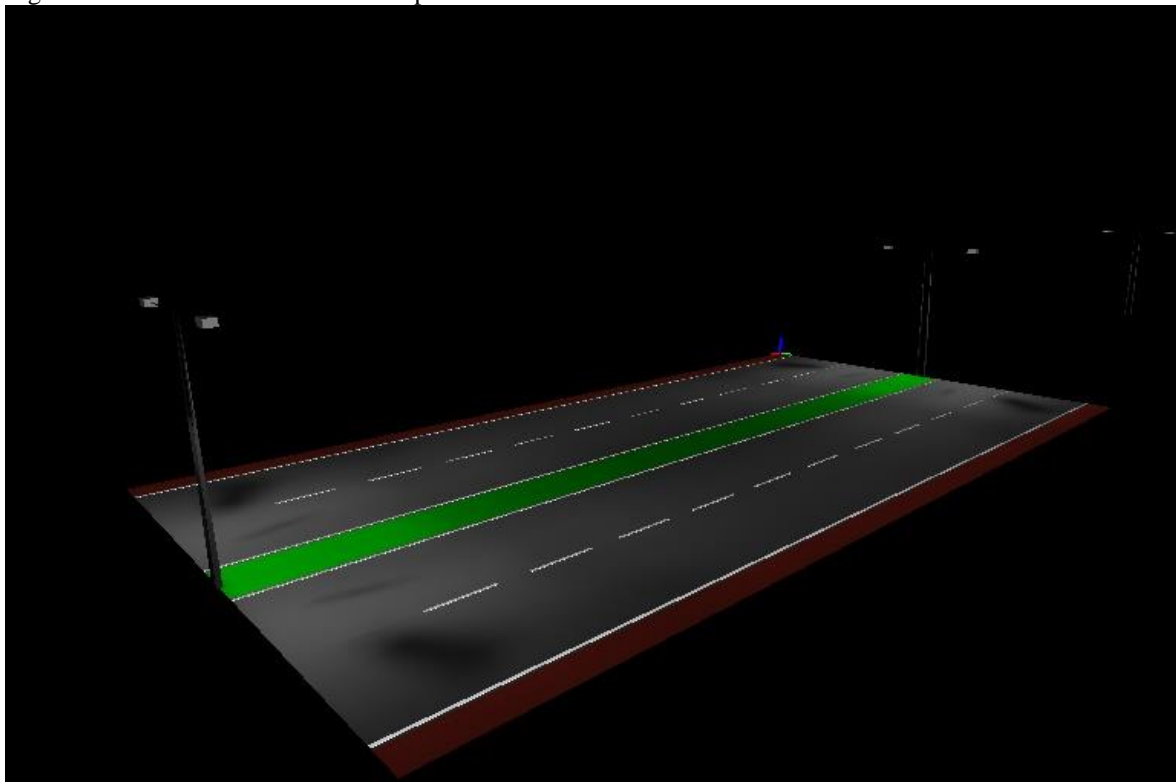
No caso das luminárias em VS 150W para o trecho 2, os valores ficaram nas seguintes grandezas: Nível Médio de 26lux; Nível Mínimo de 5lux e Nível Máximo de 80lux.

Em sequência, é representada a área estudada em escala de lux (**ANEXO K**), que conta com os pontos de maior intensidade de iluminância (amarelo mais claro da escala- 80lux) próximos aos pontos onde estão instaladas as luminárias, e gradativamente, conforme é observada a distância (neste caso sem uniformidade, com perda por dissipação de iluminância) dada partindo do ponto de instalação da luminária em sentido oposto ao tal, as áreas de menor intensidade luminosa (verde escuro/preto-9 a 0lux) das vias..

Através dos dados de iluminância levantados previamente, é gerado a escala de temperatura de cores em 3D (**ANEXO L**), que informa quais as zonas de maior e menor impacto luminoso. A escala sai da cor vermelha para uma área afetada de 12 a 5lux, pela área central de luminosidade média, na cor verde escuro que gira em torno de 39 a 46lux, e passa para o ponto maior intensidade luminosa, na cor roxa variando de 73 a 80lux.

Com estes resultados, obtém-se a média de iluminância, que para a lâmpada de VS 150W no trecho 1, gira em torno de 26lux no trecho estudado e com o somatório dos resultados. Obtém-se uma imagem em 3D mais próxima da realidade ao qual o projeto se encontra (Figura 23)

Figura 23 – Área referência escolhida para cálculo luminotécnico VS150W – trecho 2.



Fonte: LUXSIMON 10, (2018).

5.4. Características técnicas aplicadas aos cálculos de queda de tensão.

O cálculo de queda de tensão nos circuitos, possui como principal objetivo, verificar a % de queda de tensão no circuito do transformador, e com isto, definir parâmetros técnicos como a bitola dos cabos a serem utilizados, dispositivos de proteção geral, entre outros.

O cálculo é realizado por trechos definidos no circuito, usualmente nomeados por ponto check. Este trecho fica definido pela mudança da bitola do condutor e suas derivações, utilizando do comprimento deste e a distribuição de tensão nele definida fica dada pela distância total do mesmo multiplicada pela tensão das luminárias a serem instaladas ao longo deste circuito.

Outra característica importante neste cálculo, é denominada de acúmulo de tensão. Este acúmulo de tensão é proveniente da somatória das tensões distribuídas no trecho, que vai da ponta do circuito até a entrada do transformador.

E por fim, faz-se necessário sempre a indicação do condutor a ser testado no trecho, juntamente da sua resistência unitária dada em % para KVA x 100m, com intuito de observação da queda de tensão do mesmo, que como é de conhecimento da área, não pode passar de 5% para circuitos em iluminação pública. Caso isso venha a ocorrer, basta recalcular o circuito, por sua vez, utilizando um condutor de bitola superior a previamente indicada, conforme necessidade de cada trecho.

5.5. Características técnicas aplicadas a lista de material.

Por fim, a lista de material a ser utilizada nos projetos de iluminação pública em geral, conta com uma série de pontos de suma importância, que vai desde o planejamento econômico da obra, contando com dados financeiros dos itens utilizados na mesma, mão de obra de projeto e mão de obra de execução em geral, até a parte que contempla a separação de material, para pleno desenvolvimento e execução do proposto, otimizando assim a mesma, conforme faz-se necessário, evitando desperdícios, atrasos e outros inconvenientes que fazem parte do escopo executivo.

6. CARACTERÍSTICAS DE PROJETO PARA EXTENSÃO DE REDE AÉREA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS LED 76W:

Conforme pode ser observado no projeto (**ANEXO M**), onde o mesmo foi dimensionado seguindo as normas vigentes da concessionária local (CEMIG-ND 3.1,2012), utilizando características intrínsecas para o pleno funcionamento e adequação conforme a mesma, seguindo os itens primordiais:

- a) 66 postes projetados de 11/12-300dan concreto circular;
- b) 91 luminárias Mod: BGP322;
- c) 91 braços tipo médio;
- d) Cabo tríplice isolado bifásico 2x1x35+70 / 2x1x25+25
- e) 3 Padrões PEP 7m – 3F – DJ. BI 60^a

6.1. Memorial de cálculo

Conforme pode ser observado ao longo do **ANEXO N**, foi elaborado o memorial de cálculo, com intuito de dimensionamento dos condutores, avaliando sempre o % de queda de tensão em cada trecho, levando em consideração a quantidade de luminárias e a distância do trecho, assim como a distribuição da carga do trecho e sua acumulada.

Com isso, ficou definido os detalhes de cabo dimensionado, 2x1x35+70 para o trecho T-A, não somente pelas características de tensão, como também pelo trecho se encontrar no tronco do transformador. Sendo assim, para os trechos restantes ficou definido o cabo 2x1x25+25.

6.1.1. Lista de Material

Conforme pode ser observado no **ANEXO O** em projetos desta magnitude, faz-se necessário a subdivisão da lista de material em 3 tipos:

- a) Materiais requisitados;
- b) Serviços contratados;
- c) Global (total do projeto incluindo mão de obra de projeto/instalação e materiais).

Com isto ficou definido os valores totais para a implantação do serviço completo na ordem de R\$210.662,12.

7. CARACTERÍSTICAS DE PROJETO PARA EXTENSÃO DE REDE AÉREA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS VS 150W:

Conforme pode ser observado no projeto (**ANEXO P**), onde o mesmo foi dimensionado seguindo as normas vigentes da concessionária local (CEMIG-ND 3.1,2012), utilizando características intrínsecas para o pleno funcionamento e adequação conforme a mesma, seguindo os itens primordiais:

- f) 66 postes projetados de 11/12-300dan concreto circular;
- g) 91 luminárias Mod: ILP2540;
- h) 91 braços tipo médio;
- i) Cabo tríplice isolado bifásico 2x1x35+70 / 2x1x25+25
- j) 3 Padrões PEP 7m – 3F – DJ. BI 60^a

7.1. Memorial de cálculo

Conforme pode ser observado ao longo do **ANEXO Q**, foi elaborado o memorial de cálculo, com intuito de dimensionamento dos condutores, avaliando sempre o % de queda de tensão em cada trecho, levando em consideração a quantidade de luminárias e a distância do trecho, assim como a distribuição da carga do trecho e sua acumulada.

Com isso, ficou definido os detalhes de cabo dimensionado, 2x1x35+70 para o trecho T-A, não somente pelas características de tensão, como também pelo trecho se encontrar no tronco do transformador. Sendo assim, para os trechos restantes ficou definido o cabo 2x1x25+25.

7.1.1. Lista de Material

Conforme pode ser observado no **ANEXO R** em projetos desta magnitude, faz-se necessário a subdivisão da lista de material em 3 tipos:

- d) Materiais requisitados;
- e) Serviços contratados;
- f) Global (total do projeto incluindo mão de obra de projeto/instalação e materiais).

Com isto ficou definido os valores totais para a implantação do serviço completo na ordem de R\$174.287,15.

8. CARACTERÍSTICAS DE PROJETO PARA EXTENSÃO DE REDE SUBTERRÂNEA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS LED 76W:

Conforme pode ser observado no projeto (**ANEXO S**), onde o mesmo foi dimensionado seguindo as normas vigentes da concessionária local (CEMIG-ND 3.1,2012), utilizando características intrínsecas para o pleno funcionamento e adequação conforme a mesma, seguindo os itens primordiais:

- k) 66 postes projetados de 11,5-150dan concreto circular;
- l) 91 luminárias Mod: BGP322;
- m) 91 braços tipo médio;
- n) Cabo alumínio 2#16(16)
- o) 3 Padrões PEP 7m – 3F – DJ. BI 60ª
- p) 68 caixas de passagem ZA e ZB

8.1. Memorial de cálculo

Conforme pode ser observado ao longo do **ANEXO T**, foi elaborado o memorial de cálculo, com intuito de dimensionamento dos condutores, avaliando sempre o % de queda de tensão em cada trecho, levando em consideração a quantidade de luminárias e a distância do trecho, assim como a distribuição da carga do trecho e sua acumulada.

Com isso, ficou definido os detalhes de cabo dimensionado, alumínio 2#16(16) para todo o trecho do trevo rodoviário em estudo.

8.1.1. Lista de Material

Conforme pode ser observado no **ANEXO U** em projetos desta magnitude, faz-se necessário a subdivisão da lista de material em 3 tipos:

- g) Materiais requisitados;
- h) Serviços contratados;
- i) Global (total do projeto incluindo mão de obra de projeto/instalação e materiais).

Com isto ficou definido os valores totais para a implantação do serviço completo na ordem de R\$376.499,77.

9. CARACTERÍSTICAS DE PROJETO PARA EXTENSÃO DE REDE SUBTERRÂNEA PARA INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS VS 150W:

Conforme pode ser observado no projeto (**ANEXO V**), onde o mesmo foi dimensionado seguindo as normas vigentes da concessionária local (CEMIG-ND 3.1,2012), utilizando características intrínsecas para o pleno funcionamento e adequação conforme a mesma, seguindo os itens primordiais:

- q) 66 postes projetados de 11,5-150dan concreto circular;
- r) 91 luminárias Mod: ILP2540;
- s) 91 braços tipo médio;
- t) Cabo alumínio 2#16(16)
- u) 3 Padrões PEP 7m – 3F – DJ. BI 60ª
- v) 68 caixas de passagem ZA e ZB

9.1. Memorial de cálculo

Conforme pode ser observado ao longo do **ANEXO X**, foi elaborado o memorial de cálculo, com intuito de dimensionamento dos condutores, avaliando sempre o % de queda de tensão em cada trecho, levando em consideração a quantidade de luminárias e a distância do trecho, assim como a distribuição da carga do trecho e sua acumulada.

Com isso, ficou definido os detalhes de cabo dimensionado, alumínio 2#16(16) para todo o trecho do trevo rodoviário em estudo.

9.1.1. Lista de Material

Conforme pode ser observado no **ANEXO Y** em projetos desta magnitude, faz-se necessário a subdivisão da lista de material em 3 tipos:

- j) Materiais requisitados;
- k) Serviços contratados;
- l) Global (total do projeto incluindo mão de obra de projeto/instalação e materiais).

Com isto ficou definido os valores totais para a implantação do serviço completo na ordem de R\$337.844,55.

10. COMPARATIVOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS ENTRE PROJETOS DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO APLICADOS AO TREVO RODOVIÁRIO EM ESTUDO.

Como o principal objetivo deste, visa comparar as tecnologias e modelos de execução da obra em questão, este capítulo visa explicar comparativos técnicos e econômicos, afim de, através destes, obter-se a tecnologia que melhor possui custo x benefício, passando por detalhes que vão desde a eficiência de luminosidade de cada luminária, os valores de investimento para implementação do mesmo, e por fim, seu payback calculado em valor médio geral.

10.1 Comparativos técnicos led 76W x vs 150W

Conforme pode ser observado pela Tabela 2, quando comparamos as tecnologias e suas principais características, pontos importantes precisam ser destacados como sua eficiência energética, fatores que visam a economia, trazendo melhor luminosidade com menos gasto em kWh.

Analisando os dados apresentados, fica evidente que novas tecnologias além de todas as questões previamente apresentadas ao longo deste, destaca-se todo aspecto técnico que gira em torno da tecnologia em LED, uma vez que, com menor potência, gerando assim, menor consumo, conseqüentemente, maior economia, ele supriu as necessidades luminotécnicas aplicadas pela tecnologia em vapor de sódio, que sempre foi utilizado como carro chefe de instalações aplicadas a iluminação pública.

Tabela 2- Tabela de dados comparativos led x vs (trecho 1)

TECNOLOGIA APLICADA	Impacto Luminoso mínimo (lux)	Impacto Luminoso máximo (lux)	Fluxo Luminoso (lm)	Eficiencia energética (lm/W)	Vida útil das luminárias (hrs)	Média consumo (kWh/mês)
LED 76W	9	167	17800	234	100.000	1900
VS 150W	8	62	17500	116	32.000	4914

Fonte: (o Autor).

O mesmo pode ser observado na Tabela 3, com dados aplicados ao trecho 2, comprovando assim sua eficiência em diversos tipos de instalação, indiferentes de distancias, trajetos, aplicações entre outros.

Tabela 3- Tabela de dados comparativos led x vs (trecho 2)

TECNOLOGIA APLICADA	Impacto Luminoso mínimo (lux)	Impacto Luminoso máximo (lux)	Fluxo Luminoso (lm)	Eficiencia energética (lm/W)	Vida útil das luminárias (hrs)	Média consumo (kWh/mês)
LED 76W	8	262	17800	234	100.000	1900
VS 150W	5	80	17500	116	32.000	4914

Fonte: (o Autor).

10.2 Comparativos econômicos entre tecnologias e instalações

Como um dos focos do estudo visa viabilizar de modo claro e preciso os custos que cada tecnologia demanda, foram efetuadas pesquisas com os principais fornecedores de mão de obra de serviço e material da região, através de análise junto a empreiteiras com ramo focado na execução de projetos deste porte, para que, sendo assim, o valor do custo do projeto se aproxime ao máximo dos valores práticos na atualidade (2018).

Para efeito de comparativo, foram definidas as tecnologias como referencias, assim como o tipo de instalação (RDA ou RDS), para efeito de estudo.

Conforme pode ser observado na Tabela 4, o estudo contou com dados imprescindíveis para a execução do projeto, assim como itens que se tornam fatores de destaque quanto a relação custo x benefício ao longo da vida útil dos equipamentos instalados.

Tabela 4- Tabela de dados comparativos econômicos led x vs (rda)

TECNOLOGIA APLICADA	Vida útil das luminárias (hrs)	Média consumo (kWh/mês)	Valor consumido	Valor Material Requisitado	Valor Mão de Obra solicitada	Valor total	Fator Manutenção
LED 76W	100.000	1900	R\$ 969,00	R\$ 121.449,1	R\$ 90.914,20	R\$ 212.363,37	23 anos
VS 150W	32.000	4914	R\$ 2.506,14	R\$ 83.372,95	R\$ 90.914,20	R\$ 174.287,15	7 anos

Fonte: (o Autor).

Em se tratando de tecnologia, mesmo aparentemente a VS possuir um custo de implementação menor que a de LED, a viabilidade dela se torna questionável, uma vez que fatores como manutenção, consumo mensal médio, e conseqüentemente o valor dispensado

para manter a mesma em funcionamento, acaba por ser totalmente ofuscado pelo desempenho na tecnologia LED.

Outro dado importante a ser analisado são os custos dispensados na execução da obra em vias aéreas, que vem se destacando das demais em geral.

Do mesmo modo, e partindo do mesmo princípio anteriormente citado, as tecnologias foram também comparadas entre si, e utilizando de sistema de rede de distribuição subterrânea, conforme Tabela 5

Tabela 5- Tabela de dados comparativos econômicos led x vs (rds)

<i>TECNOLOGIA APLICADA</i>	<i>Vida útil das luminárias (hrs)</i>	<i>Média consumo (kWh/mês)</i>	<i>Valor kWh/mês consumido</i>	<i>Valor Material Requisitado</i>	<i>Valor Mão de Obra solicitada</i>	<i>Valor total</i>	<i>Fator Manutenção</i>
LED 76W	100.000	1900	R\$ 969,00	R\$ 151.946,42	R\$ 224.553,3	R\$ 376.499,77	23 anos
VS 150W	32.000	4914	R\$ 2.506,14	R\$ 113.291,20	R\$ 224.553,3	R\$ 337.844,55	7 anos

Fonte: (o Autor).

O principal ponto a ser observado entre as comparações, passa pelo alto valor agregado em se tratando de redes de distribuição subterrâneas, chegando a uma média 40% acima do valor praticado para instalações em rede de distribuição aérea.

Em contrapartida, a tecnologia LED, mesmo apresentando seu custo de instalação superior ao da tecnologia VS, ganha fortes aliados que visam a ter um payback a longo prazo porem com uma tecnologia melhor eficiente, com fortes laços voltados para a sustentabilidade, e que vem entrando em extremo declínio de preço, por estar sendo extremamente fabricada em larga escala.

11. CONCLUSÃO

Após o término de todo dimensionamento do projeto e estudo de viabilidade técnica e econômica, verificou-se que entre as tecnologias apresentadas para iluminação (LED e VS), e a implantação das duas modalidades de rede de distribuição (RDA e RDS), a melhor opção a ser implantada no trevo rodoviário da BR491 km 239 + 335m, é a tecnologia em LED, com luminária de 76W, com a rede de distribuição AÉREA. Esta escolha se deu, devido ao fato de possuir melhor custo benefício e eficiência com relação aos parâmetros técnicos, em especial sua luminosidade ofertada. Estes dados podem ser observados através do estudo apresentado em luminosidade, do qual destaca-se uma eficiência quando comparada a tecnologia VS, superior a 75%. Levando também em consideração, a luminária em LED possui o triplo da vida útil que a VS apresenta.

Referente a rede de distribuição subterrânea, possui alto custo de implantação quando comparada com a rede de distribuição aérea, inviabilizando assim a construção, principalmente devido ao fato do mesmo, ser de interesses particulares. Já na contramão da rede subterrânea, a rede aérea possui um custo de implantação próximo de 40% mais barato, o que pode ser verificado ao longo do estudo, comprovando e entendendo assim, os motivos pelos quais as RDA's são amplamente aplicadas na região.

Enfim, a escolha da iluminação em LED, com rede de distribuição AÉREA, mostrou a de maior viabilidade, comprovando a eficiência dos gestores que por ela optaram previamente.

REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, R.L.; NASHELSKY L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. ed. 8ª, Editora Prentice Hall, 2004.

BRASIL. **Constituição**, 1988.

BULLOUGH, J. D. **Lighting answers: LED Lighting Systems**. National Lighting Product Information Program, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute. Vol. 7, Issue 3, 2003.

CEMIG, **Manual de Iluminação Pública**. na ND-2.1 "Instalações Básicas de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas Disponível em: < <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20T%C3%A9cnicas/>>. Acesso em 04 de Junho de 2018.

CEMIG, **Manual de Iluminação Pública**. ND-2.3 “Instalações Básicas de Redes de Distribuição Subterrâneas”. Disponível em: < <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20T%C3%A9cnicas/>>. Acesso em 04 de Junho de 2018.

CEMIG, **Manual de Iluminação Pública**. ND-2.6 “Padrões e Especificações de Materiais e Equipamentos da Distribuição”. Disponível em: < <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20T%C3%A9cnicas/>>. Acesso em 04 de Junho de 2018.

CEMIG, **Manual de distribuição**. ND-3.1 “Projeto de redes de distribuição aéreas urbanas ”. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20T%C3%A9cnicas/nd3_1_000001p.pdf>. Acesso em 04 de Junho de 2018.

COSTA, G. J. C. da; **Iluminação Econômica – Cálculo e Avaliação**. n, 3ª ed., Editora EDIPUCRS, 2005.

GOEKING, W. **Lâmpadas e LEDs**. Portal o Setor Elétrico. Edição 46, Novembro de 2009.

HARRIS, J. B. **Electric lamps, past and present**. IEE Engineers. IEEE Std 446-1995: recommended practice for emergency and standby power systems for industrial and commercial applications. 1995.

ILUMATIC, **Catálogo de produtos**. Disponível em: <<http://www.ilumatic.com.br/produtos.asp?codCategoria=35&codSubCategoria=106&codProduto=103/>>. Acesso em 05 de setembro de 2018.

OSRAM. **Iluminação: Conceitos e Projetos**. Disponível em: <<http://www.osram.com.br>> Acesso em 15 de novembro de 2012.

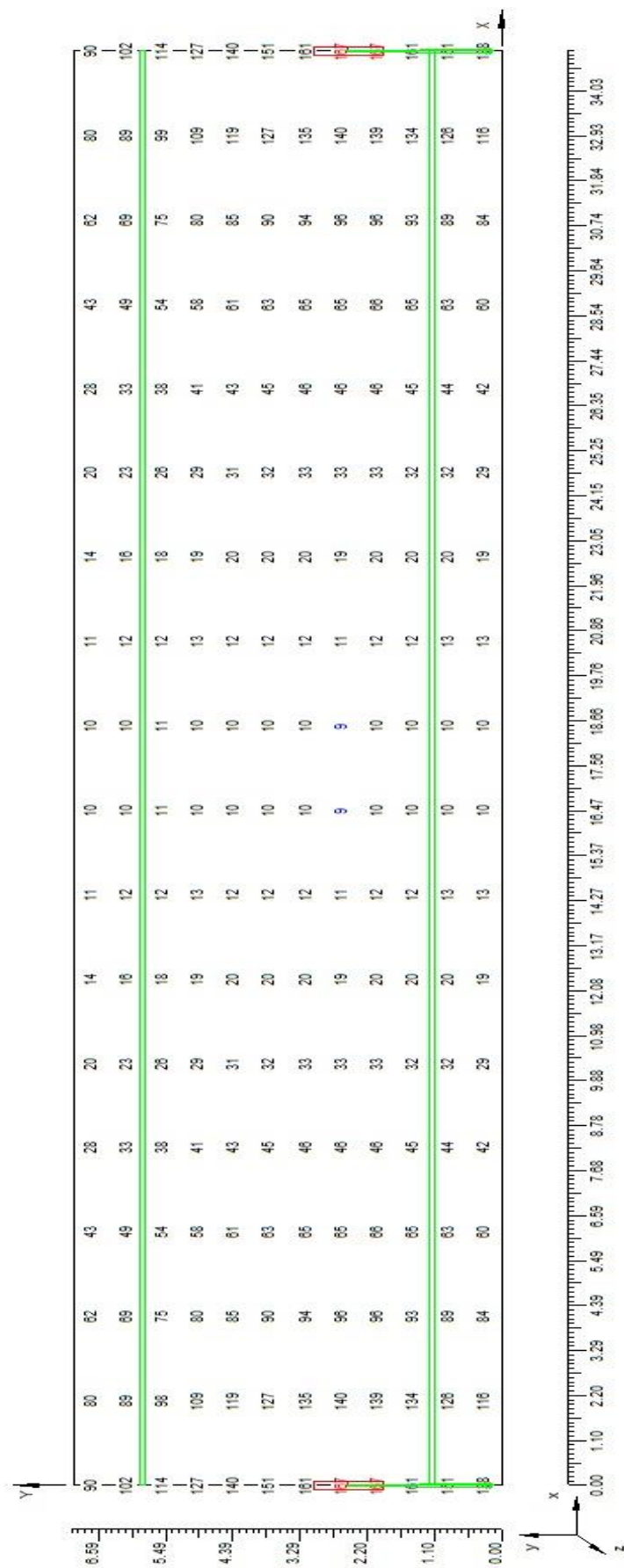
PHILIPS, **Catálogo de produtos**. Disponível em: <<https://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/comf1187-pss-global/>>. Acesso em 05 de setembro de 2018.

PINTO, R. A. **Projeto e Implementação de Lâmpada para Iluminação de Interiores Empregando Diodos Emissores de Luz (LEDS)**. Dissertação de Mestrado, UFSM, 2008.

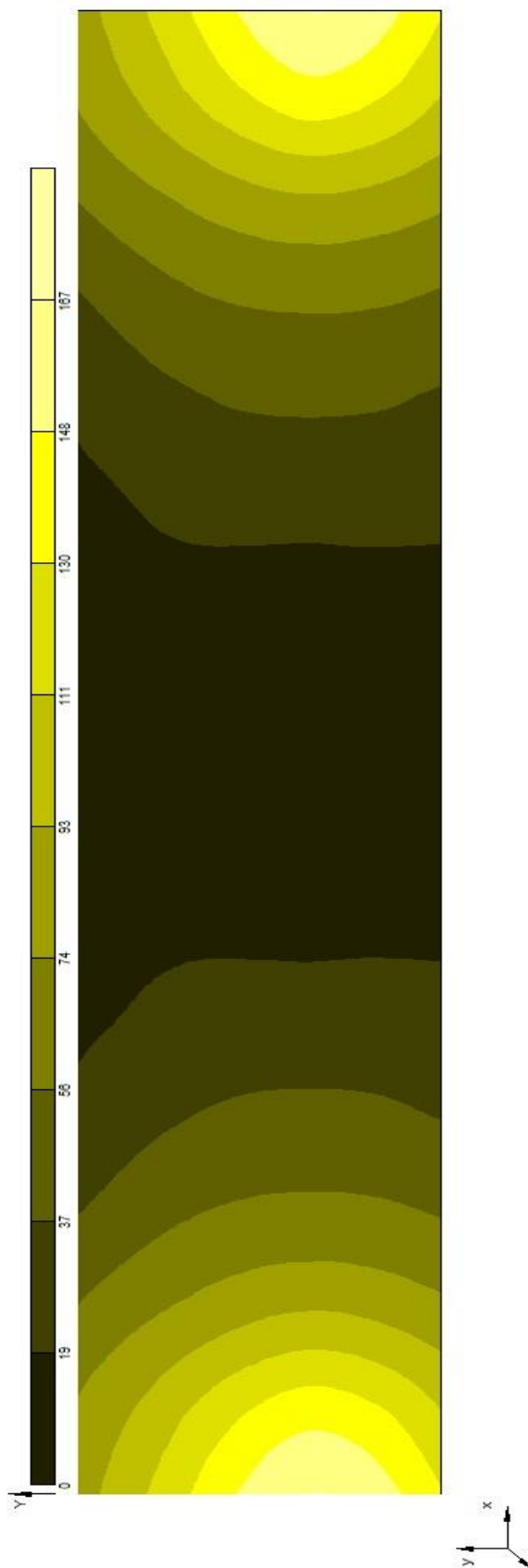
RANGEL, M. G. SILVA, P. B., GUEDE, J. R. A. **LED - Iluminação de Estado Sólido**. XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

SÁ JUNIOR, E. M. **Design of an electronic driver for LEDs**. In: 9º Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência, p. 341-345, 2007.

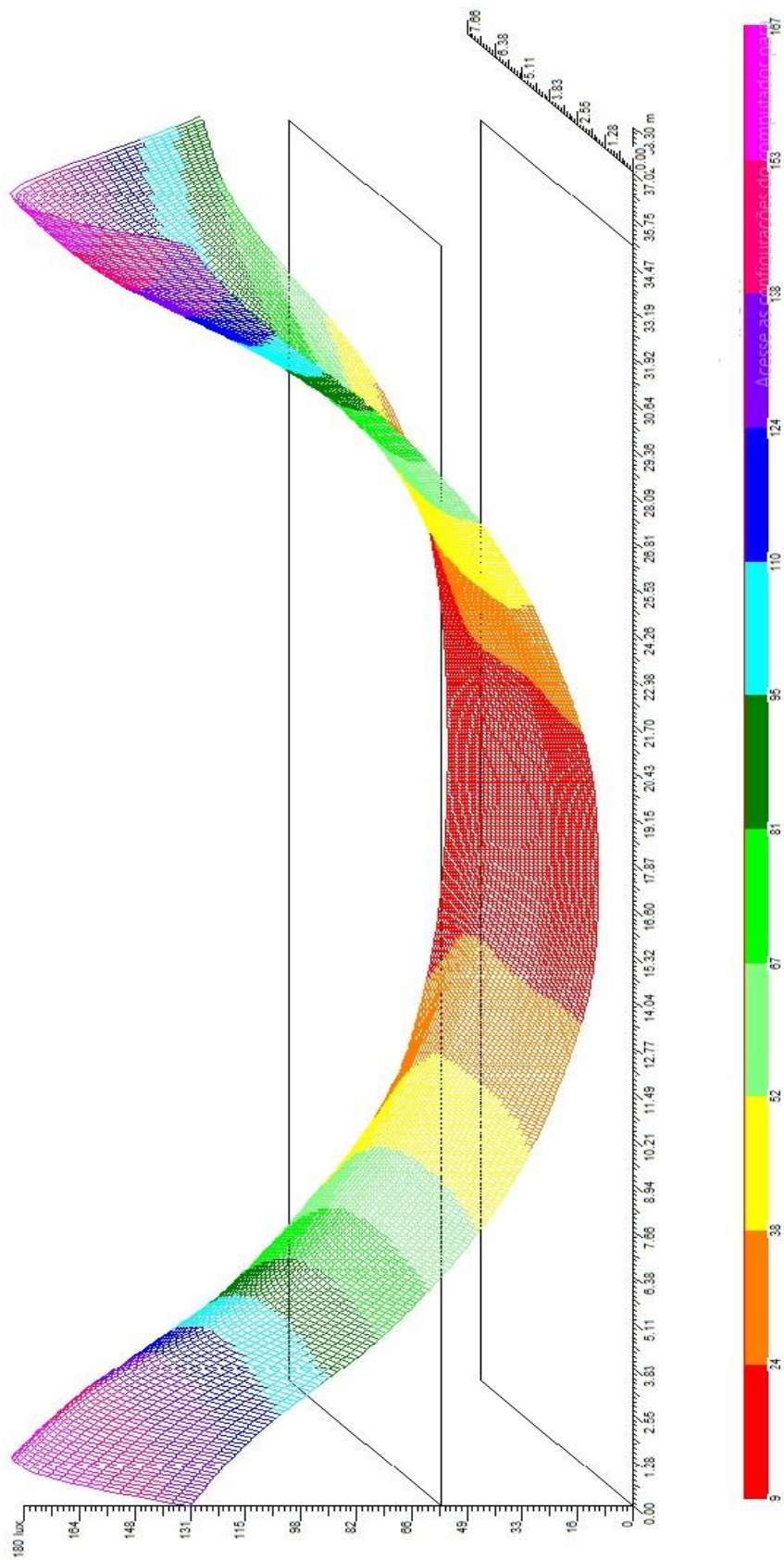
ANEXO A – NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA LUX NO PISO. LED 76W (TRECHO 1)



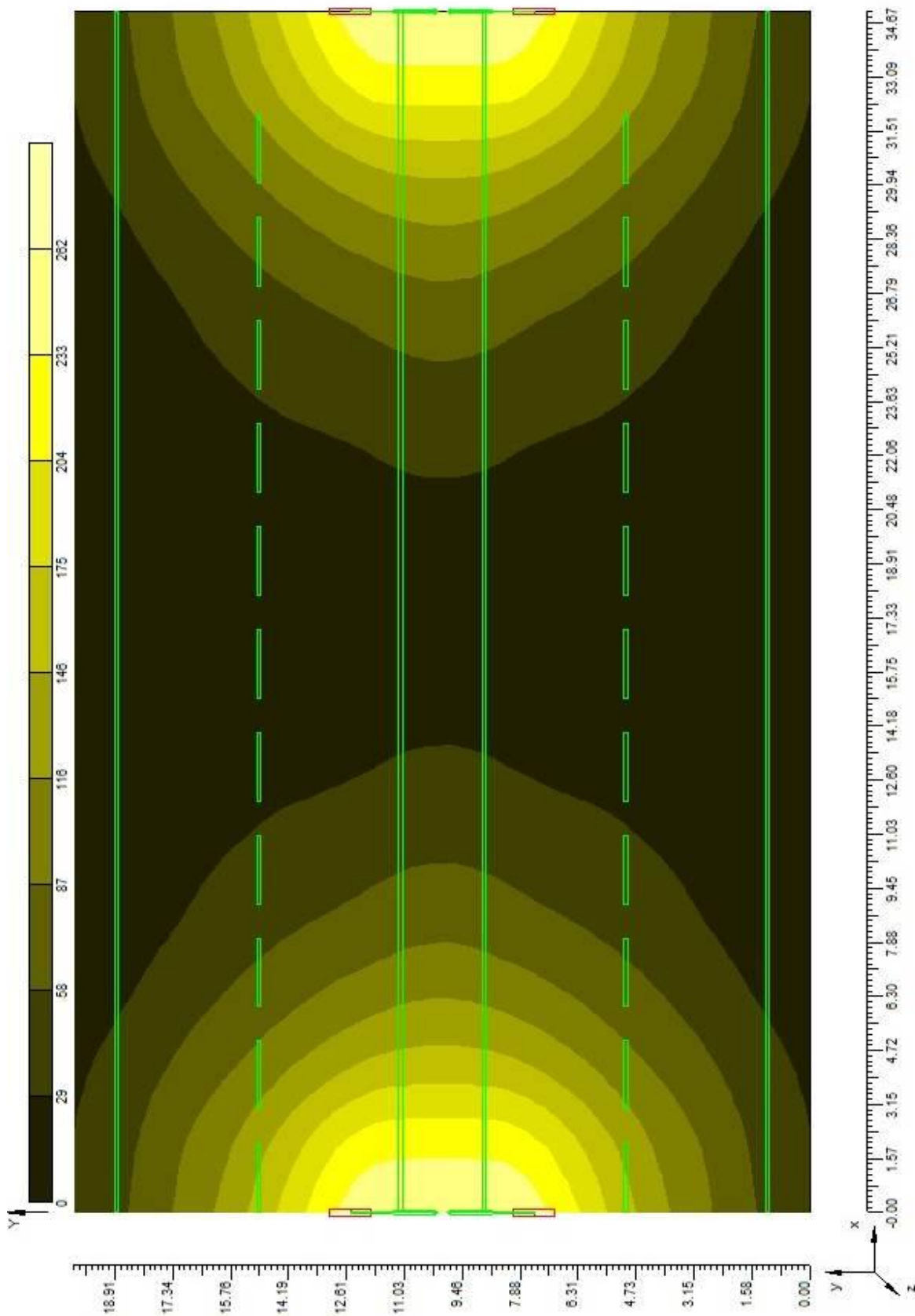
**ANEXO B – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE LUX – LED
76W (TRECHO 1)**



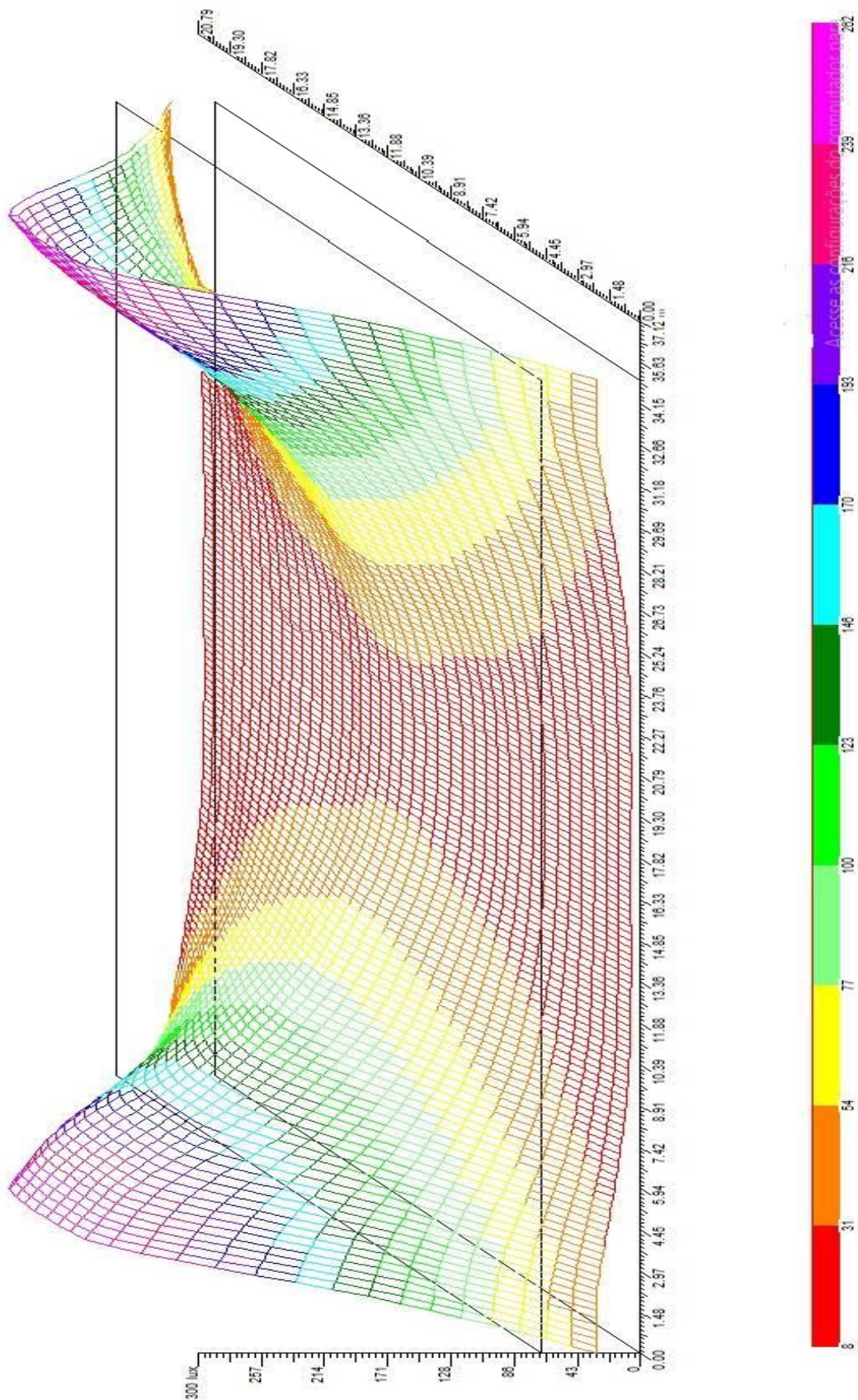
ANEXO C – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE TEMPERATURA DE CORES – LED 76W (TRECHO 1)



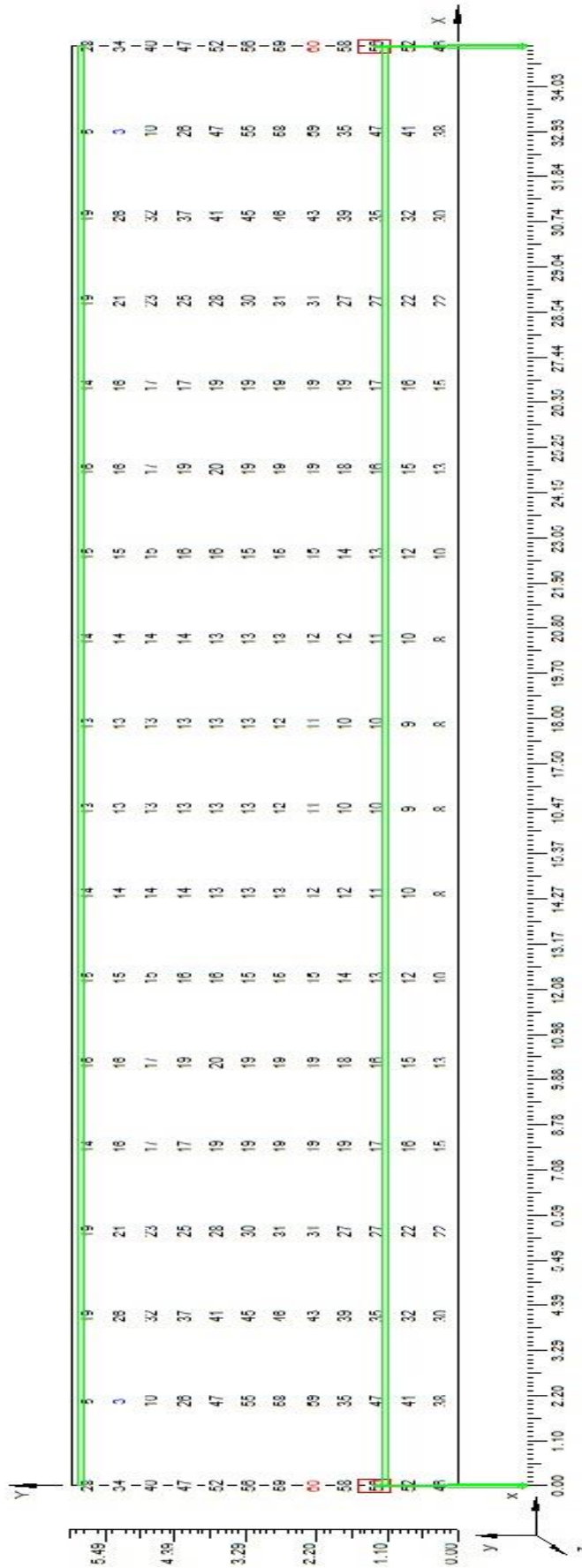
ANEXO E – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE LUX – LED 76W (TRECHO 2)



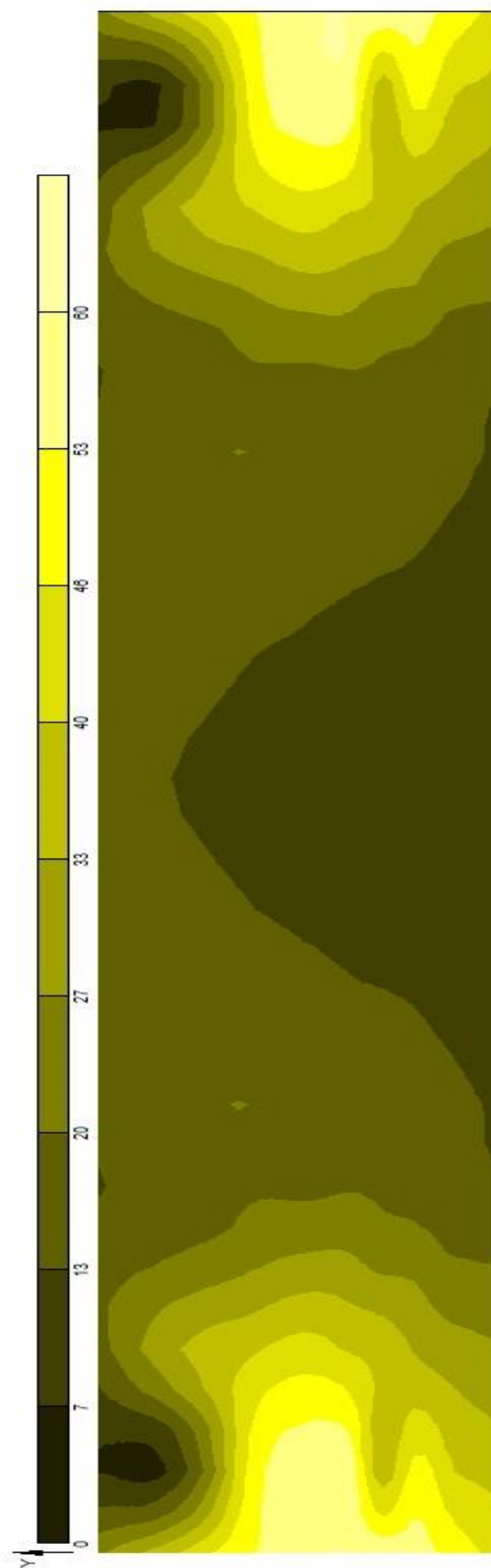
ANEXO F – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE TEMPERATURA DE CORES – LED 76W (TRECHO 2)



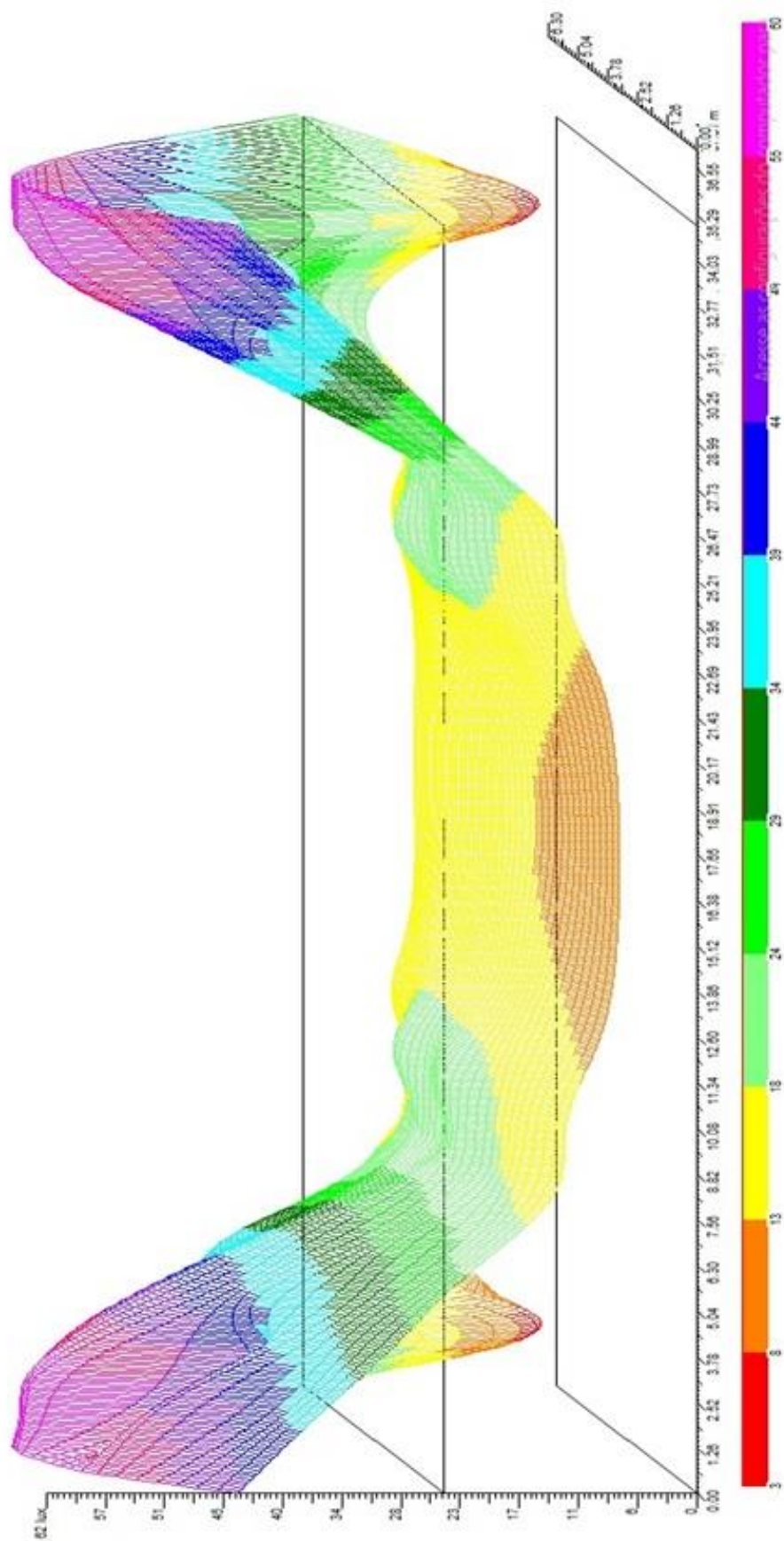
ANEXO G – NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA LUX NO PISO VS 150W (TRECHO 1)



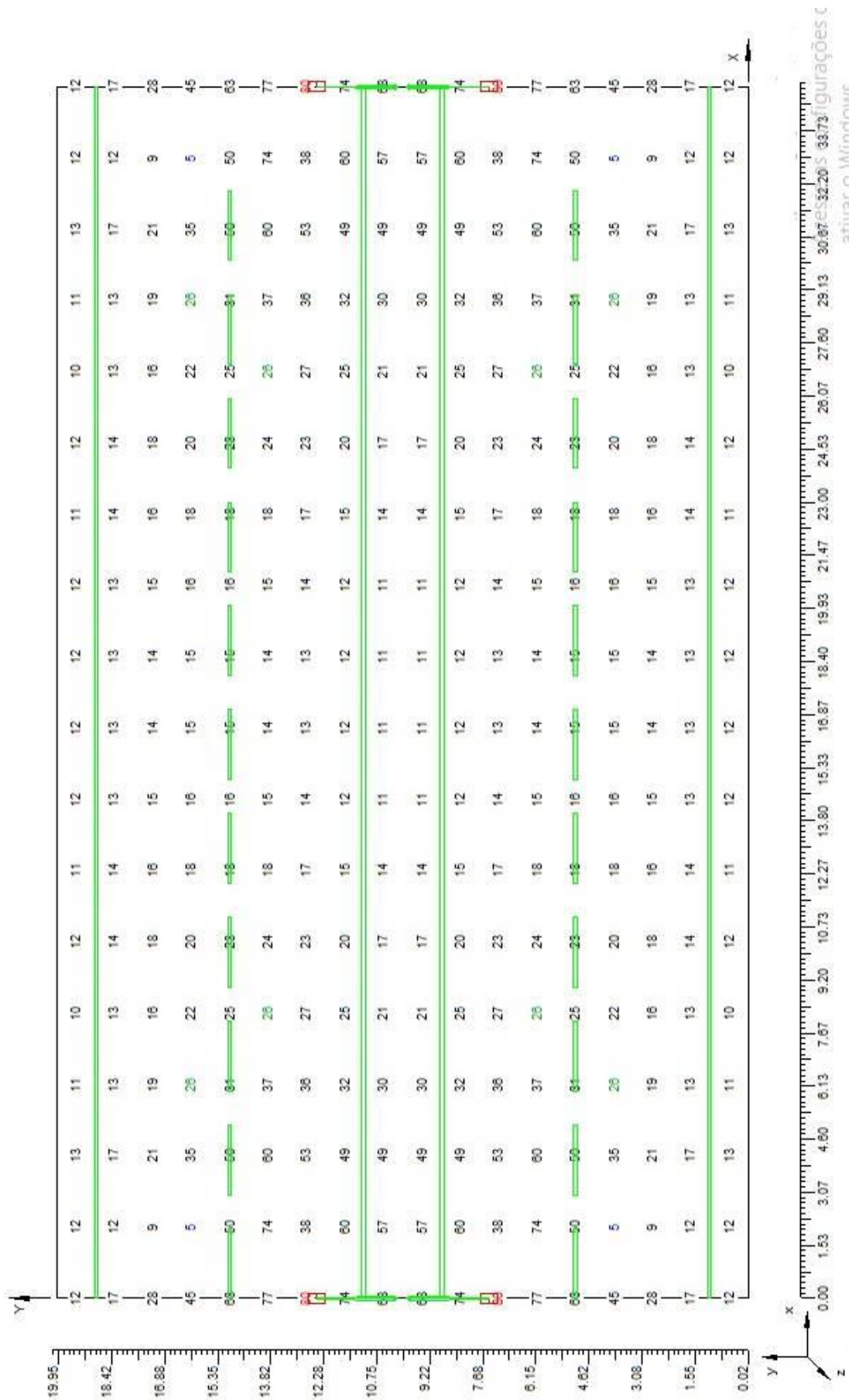
**ANEXO H – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE LUX – VS
150W (TRECHO 1)**



ANEXO I – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE TEMPERATURA DE CORES – VS 150W (TRECHO 1)

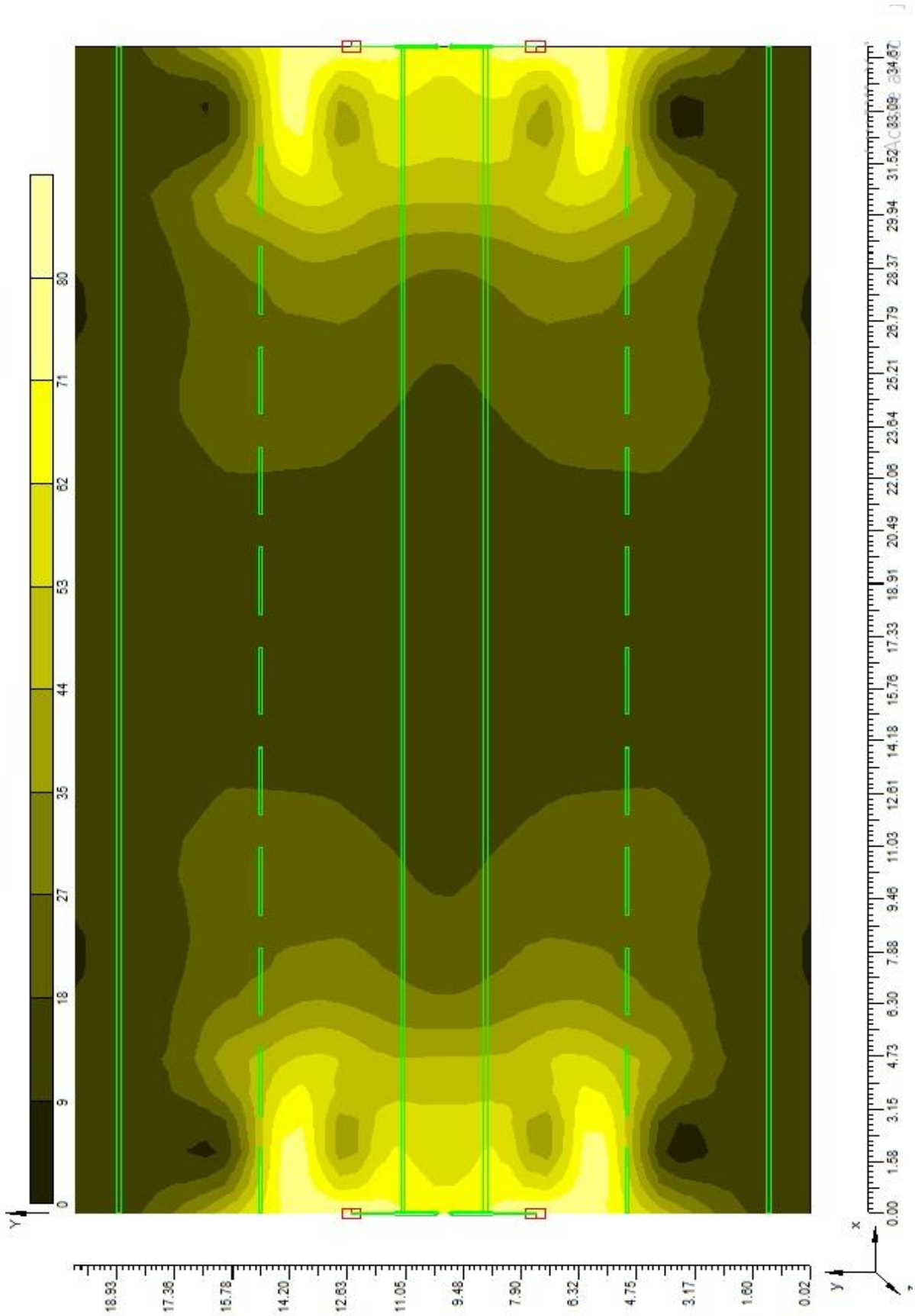


ANEXO J – NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA LUX NO PISO VS 150W (TRECHO 2)

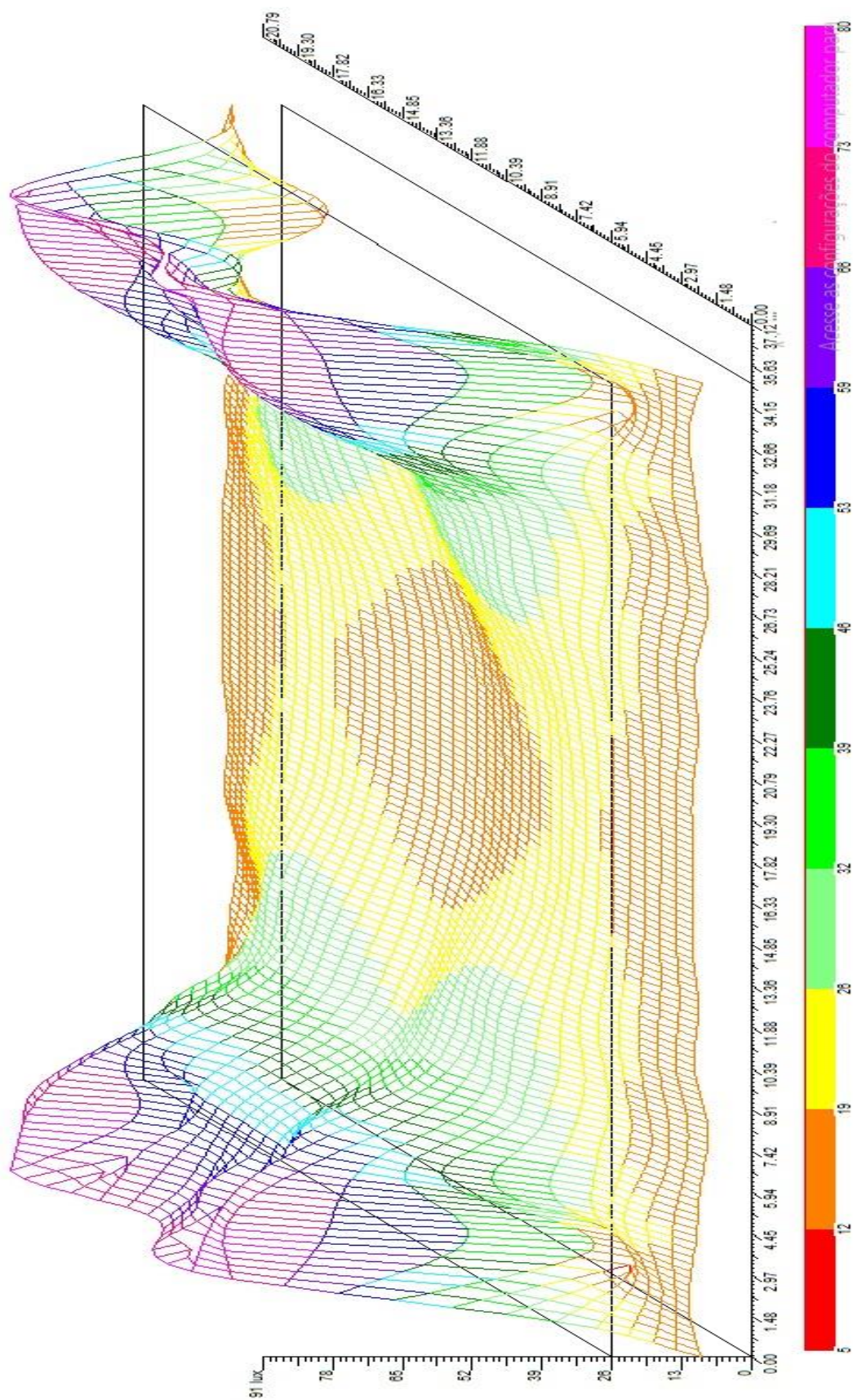


atuar o Mindence

ANEXO K – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE LUX – VS 150W (TRECHO 2)



ANEXO L – REPRESENTAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA EM ESCALA DE TEMPERATURA DE CORES – VS 150W (TRECHO 2)

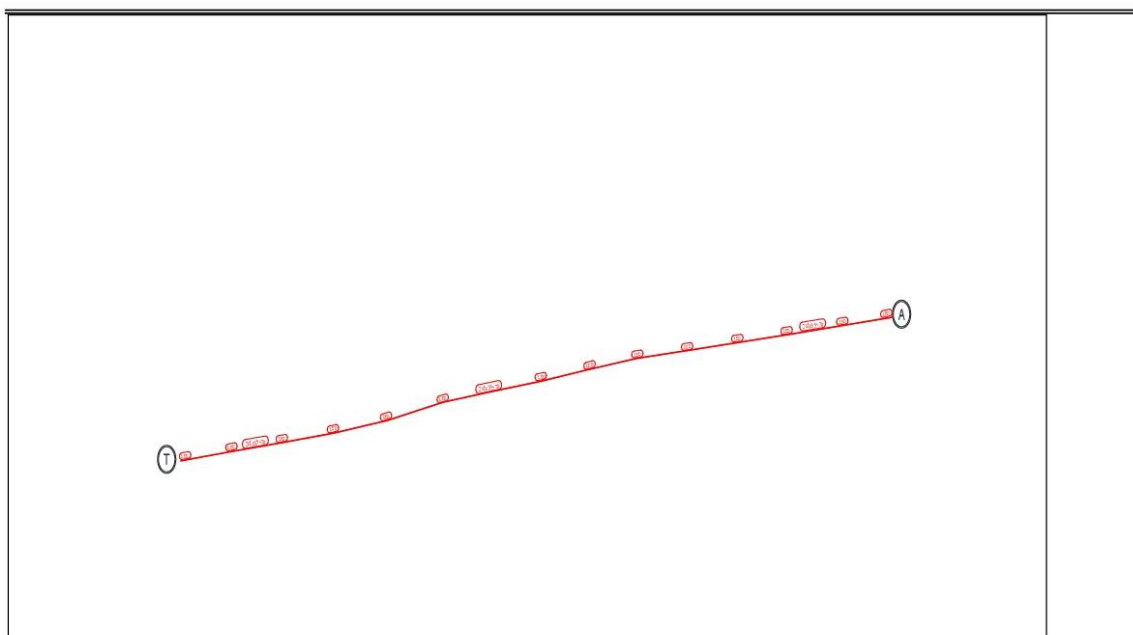


**ANEXO M – PROJETO DE EXTENSÃO DE RDA PARA INSTALAÇÃO DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS DE LED 76W**

ANEXO N – MEMORIAL DE CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO LUMINÁRIAS DE LED 76W (RDA)

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO **TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA**

Serviço: REDE AÉREA LED 76W
 Número Trafo: Alim.: Folha: 1-5
 Primário: 13,8 V
 Secundário: 220/127V FP 0,92



TRECHO		CARGA			CONDUTORES		QUEDA DE TENSÃO	
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO	TOTAL		UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL
A	B	C	D	E = (C/2+D)B	F	G	H = ExG	I
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NUMERO			
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG	%	%	%
T-A	0,495	1,652	1,652	1,227	2x1+35+70	0,336	0,412	0,412
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		16,304	

* Carga estimada de 0,12 Kva por IP.

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO **TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA**

Serviço:
Número Trafo:
Primário:
Secundário:

13,8 V
220/127V

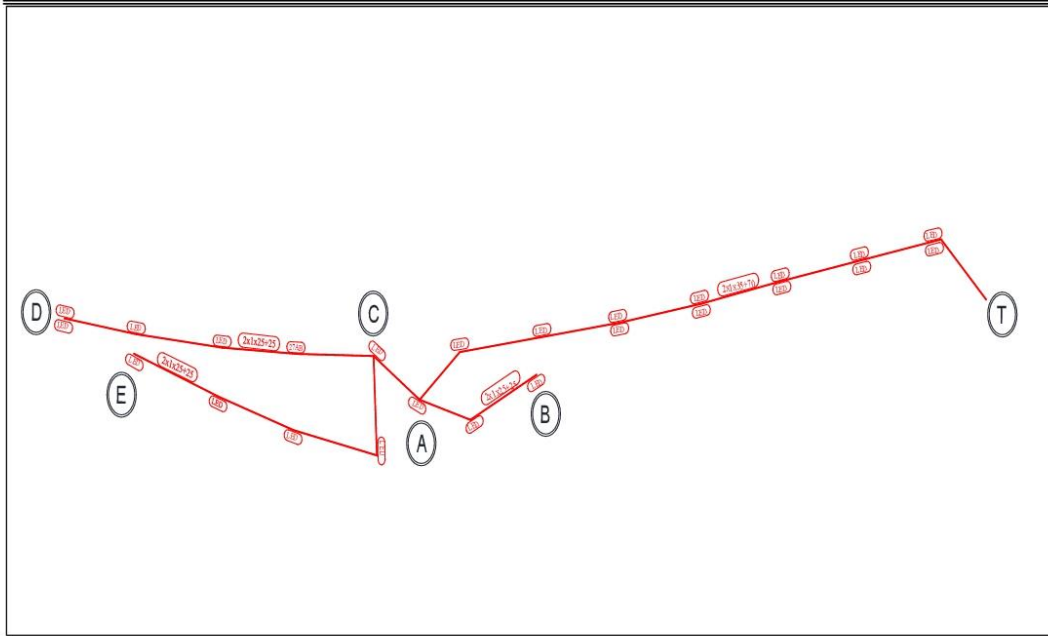
Alim.:

REDE AÉREA LED 76W

Folha:

2-5

FP 0,92



TRECHO	CARGA				CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO		
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO	TOTAL	UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL	
A	B	C	D	E = (C/2+D)B	F	G	H = ExG	I
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NÚMERO			
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG	%	%	%
T-A	0,259	1,530	2,820	0,929	2x1+35+70	0,336	0,312	0,312
A-B	0,054	0,236	0,236	0,019	2x1x25+25	0,477	0,009	0,321
A-C	0,023	0,118	1,298	0,031	2x1x25+25	0,477	0,015	0,336
C-D	0,134	0,592	1,062	0,182	2x1x25+25	0,477	0,087	0,398
C-E	0,137	0,472	0,472	0,097	2x1x25+25	0,390	0,038	0,436
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		19,710	

* Carga estimada de 0,12 Kva por IP.

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO **TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA**

Serviço:
Número Trafo:
Primário:
Secundário:

13,8 V
220/127V

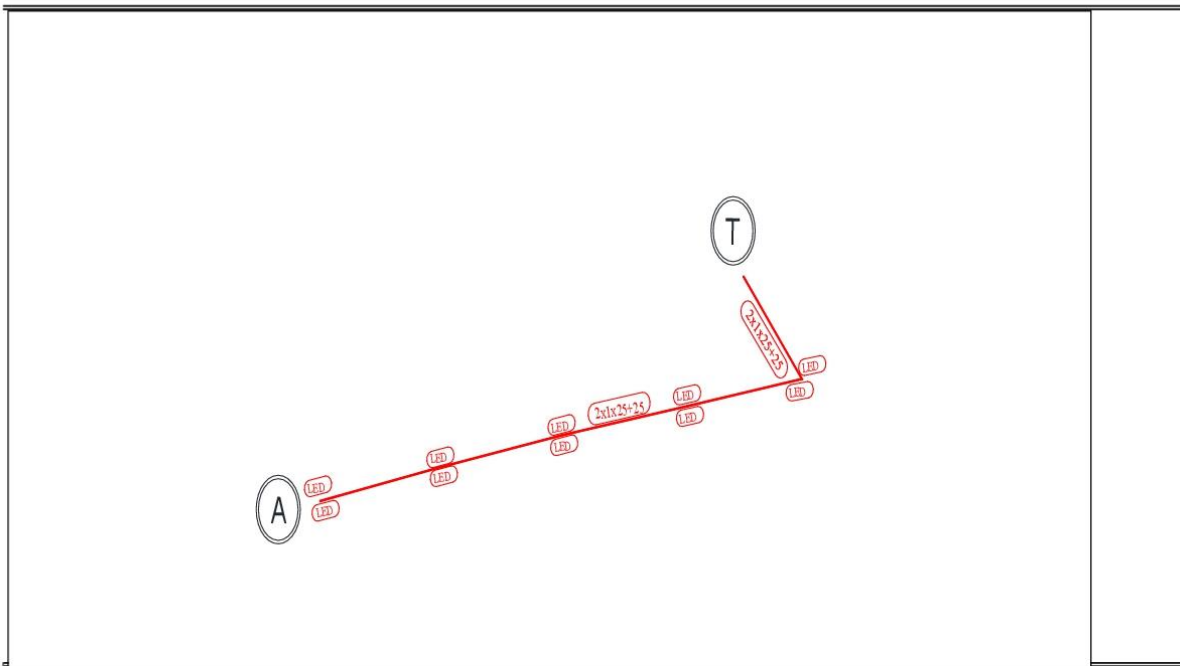
Alim.:

REDE AÉREA LED 76W

Folha:

4-5

FP 0,92



TRECHO		CARGA			CONDUTORES		QUEDA DE TENSÃO	
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO	TOTAL	UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL	
A	B	C	D	E = (C/2+D)B	F	G	H = ExG	I
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NÚMERO	%	%	%
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG			
T-A	0,166	1,180	1,180	0,294	2X1X25+25	0,477	0,140	0,140
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		15,360	

* Carga estimada de 0,12 Kva por IP.

**ANEXO O – LISTA DE MATERIAL / SERVIÇO CONTRATADO / VALOR GLOBAL
DA OBRA PARA EXECUÇÃO DE SERVIÇO COM LUMINÁRIAS DE LED 76W
(RDA)**

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO	CUSTO TOTAL (R\$)
00214619	BRAÇO COM GRAMPO SUSPENSÃO CABO CAL70MM²	CJ	35,00	14,19	496,65
00376848	FP PADRÃO ENTRADA MONOFÁSICO 1 CAIXA 7M PPF-4	CJ	3,00	304,73	914,19
00002931	CABO AÇO SM 1/4" (6,4MM) 7 FIOS	KG	26,40	6,23	164,47
00225615	CABO CU 1X1,5MM² ISOLADO 1KV	M	554,40	0,57	316,01
00226191	CABO CA 2X1X16+16MM² TRIPLEX 1KV	M	102,00	1,98	201,96
00376198	CABO CA 2X1X25+25MM² TRIPLEX 1KV	M	1.433,00	3,30	4.728,90
00231175	CONETOR PARA ATERRAMENTO DE FERRAGENS DE IP	PC	88,00	0,41	36,08
00227769	CONETOR FORMATO H ITEM 1 CAA 13-34MM² / 13-34MM²	PC	46,00	1,15	52,90
00227850	CONETOR CUNHA CU ITEM 1	PC	51,00	1,69	86,19
00075721	ARRUELA QUADRADA 38X18X3MM	PC	10,00	0,21	2,10
00237768	SAPATILHA	PC	8,00	0,76	6,08
00074831	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X300MM	PC	10,00	3,13	31,30
00066878	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 45MM	PC	217,00	1,10	238,70
00066886	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 70MM	PC	421,00	1,39	585,19
00237289	OLHAL PARA PARAFUSO 50KN	PC	17,00	8,16	138,72
00236869	CINTA DE AÇO D 200MM	PC	76,00	8,62	655,12
00236877	CINTA DE AÇO D 210MM	PC	15,00	8,87	133,05
00236883	CINTA DE AÇO D 230MM	PC	146,00	9,37	1.368,02
00228981	ALÇA PREFORMADA NEUTRO CA/CAL 16MM²	PC	12,00	0,53	6,36
00228833	ALÇA PREFORMADA NEUTRO CA/CAL 25MM²	PC	16,00	0,75	12,00
00258921	BRAÇO PARA IP TIPO MEDIO	PC	91,00	82,59	7.515,69
00310003	DISJUNTOR TERMOMAGNETICO BIPOLAR 60A 220V 10KA	PC	3,00	29,11	87,33
00327692	BRAÇADEIRA AMARRAR CABO MULTIPLEXADO BT	PC	100,00	0,86	86,00
00230102	ALÇA P/ CONETOR ESTRIBO ABERTO 2AWG	PC	46,00	5,30	243,80
00379679	CONETOR DE PERFURAÇÃO 35-120MM²/1,5-2,5MM² 25A	PC	122,00	1,91	233,02
00214668	POSTE CONCRETO CIRCULAR 11M 300DAN	PC	66	641,16	42316,56
N/A	LUMINARIA COM EQUIPAMENTO LED 76W BGP 322	PC	91,00	720	65.520,00
TOTAL (R\$) : 121.449,17					

MÃO DE OBRA DE INSTALAÇÃO PROJETO AÉREO LUMINÁRIA VS 150W

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QUANT. SERV.	QUANT. US.	TOTAL US.	CUSTO UNITÁRIO(R\$)	CUSTO TOTAL(R\$)
MOCAP1	MÃO-DE-OBRA CONSTRUÇÃO RDA POSTE INSTALAR / MODIFICAR	73,0000	1,0000	73,0000	1.165,40	85.074,20
MONTAGEM		TOTAL		73,0000		85.074,20

VALOR TOTAL PROJETO/EXECUÇÃO AÉREO LUMINÁRIA VS 150W

DESCRIÇÃO	TOTAL OBRA (R\$)	VIAB. CEMIG (R\$)	NÃO VIAB. CEMIG (R\$)
MÃO-DE-OBRA PROJETO	5.840	0,00	5.840
MATERIAIS REQUISITADOS	121.449,17	0,00	121.449,17
MATERIAIS SALVADOS	0,00	0,00	0,00
SERVIÇOS CONTRATADOS	85.074,20	0,00	85.074,20
TOTAL	212.363,37	0,00	212.363,37

**ANEXO P – PROJETO DE EXTENSÃO DE RDA PARA INSTALAÇÃO DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS DE VS 150W**

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO **TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA**

Serviço:
Número Trafo:
Primário:
Secundário:

13,8 V
220/127V

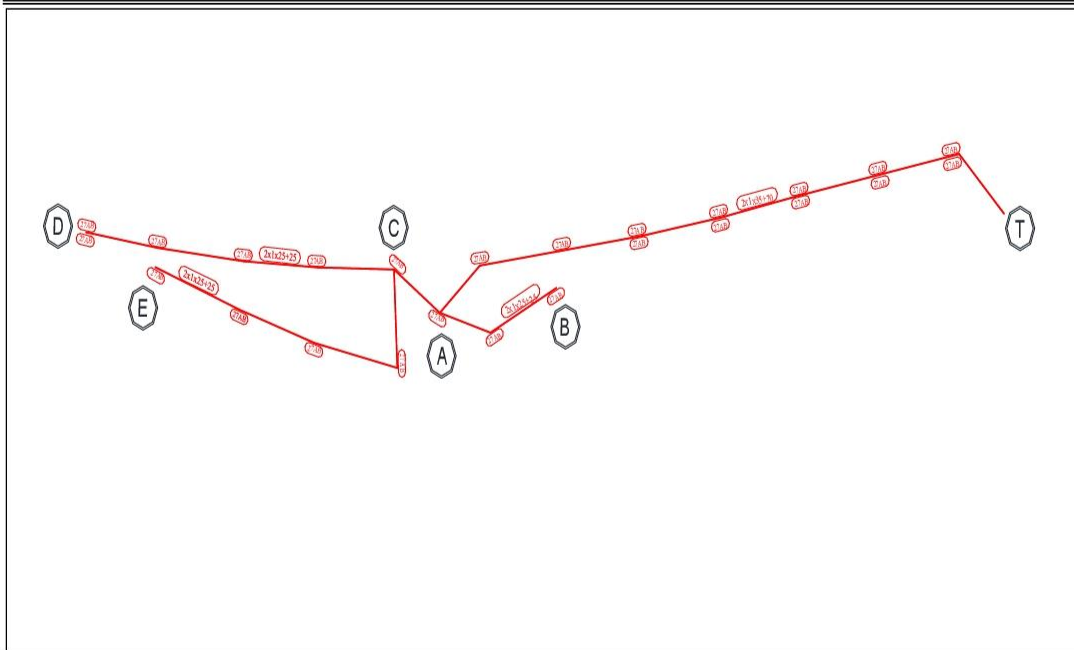
Alim.:

REDE AÉREA VS 150W

Folha:

2-5

FP 0,92



TRECHO		CARGA			CONDUTORES		QUEDA DE TENSÃO	
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO	TOTAL		UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL
A	B	C	D	E = (C/2+D)B	F	G	H = ExG	I
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NÚMERO			
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG	%	%	%
T-A	0,259	2,119	3,912	1,288	2x1+35+70	0,336	0,432	0,432
A-B	0,054	0,326	0,326	0,026	2X1X25+25	0,477	0,013	0,445
A-C	0,023	0,163	1,793	0,043	2X1X25+25	0,477	0,021	0,465
C-D	0,134	0,815	0,815	0,164	2X1X25+25	0,477	0,078	0,510
C-E	0,137	0,652	0,652	0,134	2X1X25+25	0,390	0,052	0,562
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		22,291	

* Carga estimada de 0,16 Kva por IP.

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO
TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA

Serviço:
 Número Trafo:
 Primário:
 Secundário:

13,8 V
 220/127V

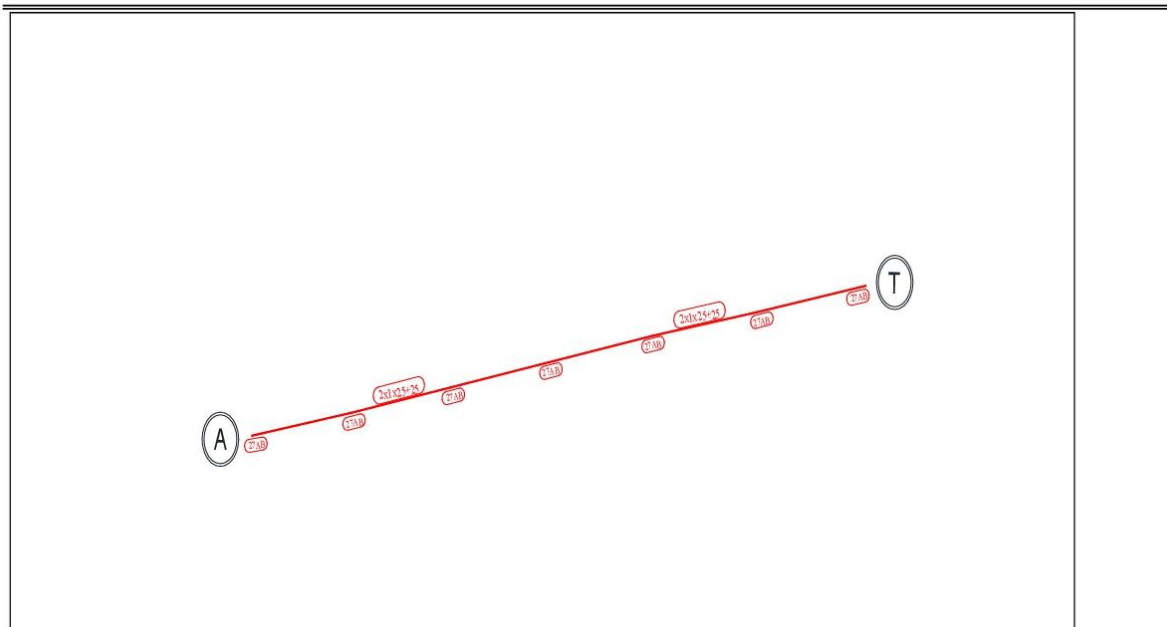
Alim.:

REDE AÉREA VS 150W

Folha:

3-5

FP 0,92



TRECHO		CARGA			CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO		
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO	TOTAL		UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL
A	B	C	D	E = (C/2+D)B	F	G	H = E x G	I
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVA x KM	NÚMERO			
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVA x 100M	AWG	%	%	%
T-A	0,216	1,141	1,141	0,370	2X1X25+25	0,477	0,176	0,176
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		15,282	

* Carga estimada de 0,16 Kva por IP.

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO

TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA

Serviço:
Número Trafo:
Primário:
Secundário:

13,8 V
220/127V

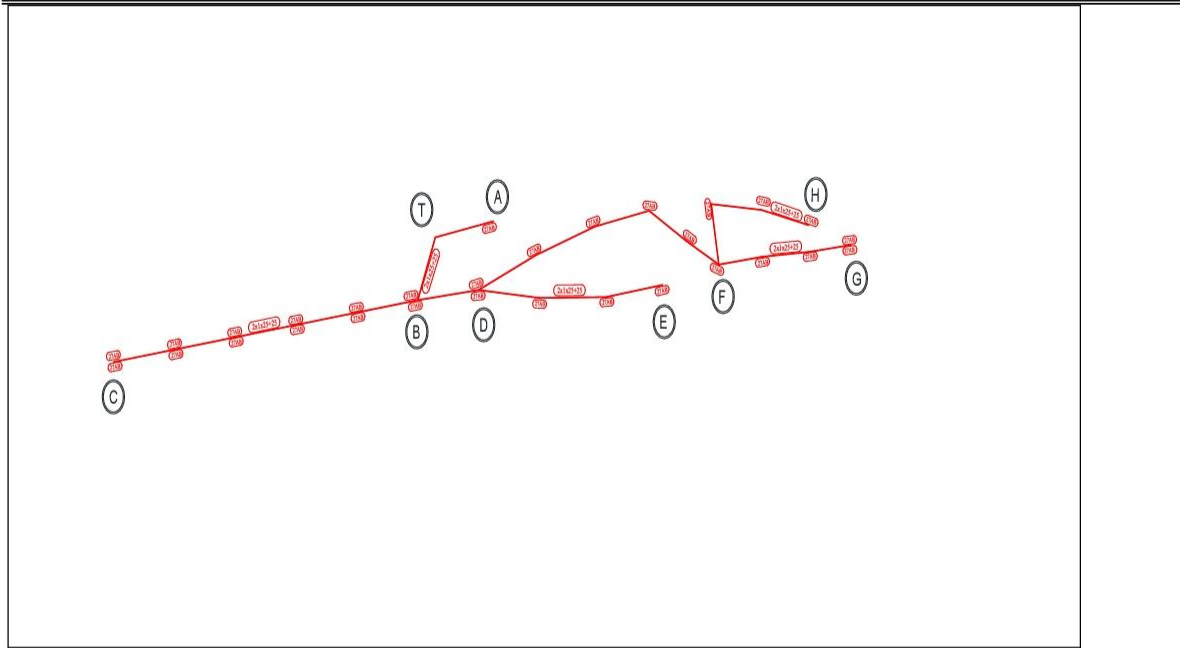
Alim.:

REDE AÉREA VS 150W

Folha:

5-5

FP 0,92



TRECHO		CARGA			CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO		
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO	TOTAL		UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL
A	B	C	D	E = (C/2+D)B	F	G	H = ExG	I
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NÚMERO			
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG	%	%	%
T-A	0,033	0,326	0,326	0,016	2X1X25+25	0,477	0,008	0,008
T-B	0,025	0,326	3,912	0,102	2X1X25+25	0,477	0,049	0,056
B-C	0,174	1,630	1,630	0,425	2X1X25+25	0,477	0,203	0,259
B-D	0,035	0,326	3,260	0,120	2X1X25+25	0,477	0,057	0,065
D-E	0,104	0,489	0,489	0,076	2X1X25+25	0,477	0,036	0,101
D-F	0,145	0,815	1,630	0,295	2X1X25+25	0,477	0,141	0,065
F-G	0,075	0,652	0,652	0,073	2X1X25+25	0,477	0,035	0,101
F-H	0,079	0,489	1,140	0,109	2X1X25+25	0,477	0,052	0,065
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		17,890	

* Carga estimada de 0,16 Kva por IP.

**ANEXO R – LISTA DE MATERIAL / SERVIÇO CONTRATADO / VALOR GLOBAL
DA OBRA PARA EXECUÇÃO DE SERVIÇO COM LUMINÁRIAS DE VS 150W
(RDA)**

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO	CUSTO TOTAL (R\$)
00214619	BRAÇO COM GRAMPO SUSPENSÃO CABO CAL70MM²	CJ	35,00	14,19	496,65
00378848	FP PADRÃO ENTRADA MONOFÁSICO 1 CAIXA 7M PPF-4	CJ	3,00	304,73	914,19
00002931	CABO AÇO SM 1/4" (6,4MM) 7 FIOS	KG	26,40	6,23	164,47
00225615	CABO CU 1X1,5MM² ISOLADO 1KV	M	554,40	0,57	316,01
00226191	CABO CA 2X1X16+16MM² TRIPLEX 1KV	M	102,00	1,98	201,96
00376198	CABO CA 2X1X25+25MM² TRIPLEX 1KV	M	1.433,00	3,30	4728,9
00231175	CONETOR PARA ATERRAMENTO DE FERRAGENS DE IP	PC	88,00	0,41	36,08
00227769	CONETOR FORMATO H ITEM 1 CAA 13-34MM² / 13-34MM²	PC	46,00	1,15	52,90
00227850	CONETOR CUNHA CU ITEM 1	PC	51,00	1,69	86,19
00075721	ARRUELA QUADRADA 38X18X3MM	PC	10,00	0,21	2,10
00237768	SAPATILHA	PC	8,00	0,76	6,08
00074831	PARAFUSO CABEÇA QUADRADA M16X300MM	PC	10,00	3,13	31,30
00066878	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 45MM	PC	217,00	1,10	238,70
00066886	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 70MM	PC	421,00	1,39	585,19
00237289	OLHAL PARA PARAFUSO 50KN	PC	17,00	8,16	138,72
00236869	CINTA DE AÇO D 200MM	PC	76,00	8,62	655,12
00236877	CINTA DE AÇO D 210MM	PC	15,00	8,87	133,05
00236893	CINTA DE AÇO D 230MM	PC	146,00	9,37	1368,02
00228981	ALÇA PREFORMADA NEUTRO CAICAL 16MM²	PC	12,00	0,53	6,36
00228833	ALÇA PREFORMADA NEUTRO CAICAL 25MM²	PC	16,00	0,75	12,00
00355028	REATOR LÂMPADA VS 150W INTEGRADO	PC	91,00	54,27	4938,57
00327361	RELÉ FOTOELÉTRICO ELETÔNICO 105-305V	PC	91,00	13,00	1183
00258921	BRAÇO PARA IP TIPO MÉDIO	PC	91,00	82,59	7515,69
00376238	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 150W AP E-40 TUBULAR	PC	91,00	13,01	1183,91
00310003	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR 60A 220V 10KA	PC	3,00	28,11	87,33
00327692	BRAÇADEIRA AMARRAR CABO MULTIPLEXADO BT	PC	100,00	0,86	86,00
00230102	ALÇA P/ CONETOR ESTRIBO ABERTO 2AWG	PC	46,00	5,30	243,80
00379679	CONETOR DE PERFURAÇÃO 35-120MM²/1,5-2,5MM² 25A	PC	122,00	1,91	233,02
00214668	POSTE CONCRETO CIRCULAR 11M 300DAN	PC	66,00	641,16	42.316,56
00354900	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 150W TUBULAR	PC	91,00	221,30	20138,3

TOTAL (R\$) : 83.372,95

MÃO DE OBRA DE INSTALAÇÃO PROJETO AÉREO LUMINÁRIA VS 150W

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QUANT. SERV.	QUANT. US.	TOTAL US.	CUSTO UNITÁRIO(R\$)	CUSTO TOTAL(R\$)
MOCAP1	MÃO-DE-OBRA CONSTRUÇÃO RDA POSTE INSTALAR / MODIFICAR	73,0000	1,0000	73,0000	1.165,40	85.074,20
MONTAGEM	TOTAL	TOTAL		73.0000		85.074,20

VALOR TOTAL PROJETO/EXECUÇÃO AÉREO LUMINÁRIA VS 150W

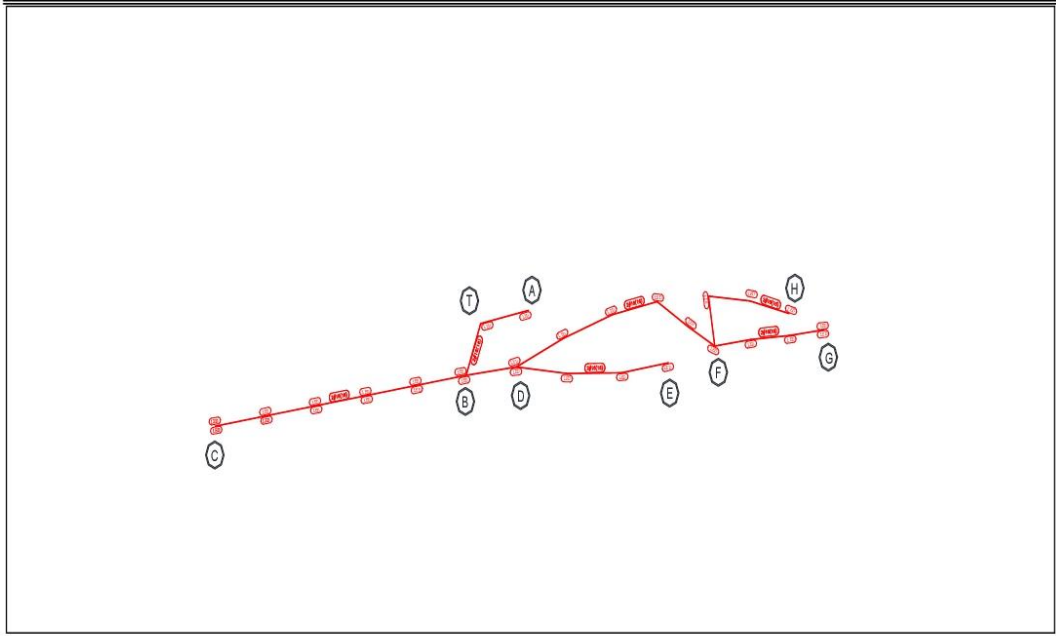
DESCRIÇÃO	TOTAL OBRA (R\$)	VIAB. CEMIG (R\$)	NÃO VIAB. CEMIG (R\$)
MÃO-DE-OBRA PROJETO	5.840	0,00	5.840
MATERIAIS REQUISITADOS	83.372,95	0,00	83.372,95
MATERIAIS SALVADOS	0,00	0,00	0,00
SERVIÇOS CONTRATADOS	85.074,20	0,00	85.074,20
TOTAL	174.287,15	0,00	174.287,15

**ANEXO S – PROJETO DE EXTENSÃO DE RDS PARA INSTALAÇÃO DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS DE LED 76W**

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO

TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA

Serviço: REDE SUBTERRÂNEA LED 76W
 Número Trafo: Alim.: Folha: 5-5
 Primário: 13,8 V
 Secundário: 220/127V FP 0,92



TRECHO		CARGA			CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO		
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMJL. FIM TRECHO	TOTAL	UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL	
A	B	C	D	E = (C/2+D)B	F	G	H = ExG	
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NÚMERO			
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG	%	%	
T-A	0,033	0,236	0,236	0,012	2X1X16+16	0,433	0,005	
T-B	0,025	0,236	3,180	0,082	2X1X16+16	0,433	0,036	
B-C	0,174	1,180	1,180	0,308	2X1X16+16	0,433	0,133	
B-D	0,035	0,236	1,770	0,066	2X1X16+16	0,433	0,029	
D-E	0,104	0,354	0,354	0,055	2X1X16+16	0,477	0,026	
D-F	0,145	0,590	0,590	0,128	2X1X16+16	0,477	0,061	
F-G	0,075	0,472	0,826	0,080	2X1X16+16	0,477	0,038	
F-H	0,079	0,354	0,354	0,042	2X1X16+16	0,477	0,020	
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		16,540	

* Carga estimada de 0,12 Kva por IP.

**ANEXO U – LISTA DE MATERIAL / SERVIÇO CONTRATADO / VALOR GLOBAL
DA OBRA PARA EXECUÇÃO DE SERVIÇO COM LUMINÁRIAS DE LED 76W
(RDS)**

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO	CUSTO TOTAL (R\$)
00299560	ARO E TAMPA ARTICULADA CAIXA ZA PASSEIO	CJ	61,00	146,41	8.931,01
00299529	ARO E TAMPA ARTICULADA CAIXA ZB PASSEIO	CJ	10,00	312,53	3.125,30
00378848	FP PADRÃO ENTRADA MONOFÁSICO 1 CAIXA 7M PPF-4	CJ	3,00	304,73	914,19
00002931	CABO AÇO SM 1/4" (6.4MM) 7 FIOS	KG	63,70	6,23	396,85
00377588	DUTO PEAD CORRUGADO DEN 63MM	M	2.250,00	3,38	7605
00225615	CABO CU 1X1,5MM² ISOLADO 1KV	M	864,50	0,57	492,77
00226191	CABO CA 2X1X16+16MM² TRIPLEX 1KV	M	3.182,00	1,98	6.300,36
00227785	CONETOR FORMATO H ITEM 3 CAA 42-67MM² / 42-67MM²	PC	90,00	2,29	206,10
00231175	CONETOR PARA ATERRAMENTO DE FERRAGENS DE IP	PC	364,00	0,41	149,24
00327726	CONETOR DE PERFURAÇÃO 10-70MM²/6-35MM² 183A	PC	270,00	2,61	704,70
00327767	CONETOR DE PERFURAÇÃO 70-240MM²/16-120MM² 315A	PC	3,00	4,55	13,65
00231696	CONETOR CUNHA CU ITEM 6	PC	182,00	1,68	305,76
00227868	CONETOR CUNHA CU ITEM 2	PC	3,00	1,05	3,15
00066878	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 45MM	PC	182,00	1,10	200,20
00066886	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 70MM	PC	364,00	1,39	505,96
00236844	CINTA DE AÇO D 180MM	PC	182,00	8,00	1456
00236836	CINTA DE AÇO D 170MM	PC	182,00	7,88	1.434,16
00258921	BRAÇO PARA IP TIPO MÉDIO	PC	91,00	82,59	7.515,69
00310037	ELETRODUTO PVC COM LUVA 2P X 3M	PC	2,00	14,62	29,24
00287291	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 70A 127V 5KA	PC	3,00	12,26	36,78
00056952	CURVA AÇO ZINCADO P/ ELETRODUTO 2P 90°	PC	2,00	26,62	53,24
00306555	ANEL CAIXA ZA CONCRETO PRÉ-MOLDADO	PC	61,00	96,84	5.907,24
00299511	ANEL CAIXA ZB CONCRETO PRÉ-MOLDADO	PC	10,00	183,51	1835,1
00379679	CONETOR DE PERFURAÇÃO 35-120MM²/1,5-2,5MM² 25A	PC	182,00	1,91	347,62
00214688	POSTE CONCRETO RC IP 11,5M 150DAN	PC	66,00	641,16	42.316,56
N/A	LUMINÁRIA LED 76W	PC	91,00	720,00	65520,00

TOTAL (R\$) : 151.946,42

MÃO DE OBRA DE INSTALAÇÃO PROJETO SUBTERRÂNEO LUMINÁRIA LED 76W

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QUANT. SERV.	QUANT. US.	TOTAL US.	CUSTO UNITÁRIO(R\$)	CUSTO TOTAL(R\$)
MOCCXBT	CAIXA DE PASSAGEM EM ALVENARIA, PARA BAIXA TENSÃO.	71,0000	0,1000	7,1000	1.165,40	8.274,34
MOCIPNC	INST. PONTO NÃO CONV COMPL ATÉ DUAS LUMINÁRIAS	91,0000	0,1900	17,2900	1.165,40	20.149,77
MOCAPI	MÃO-DE-OBRA CONSTRUÇÃO RDA POSTE INSTALAR	66,0000	1,0000	66,0000	1.165,40	76.916,40
MOCVAL	VALETA ASF,P/M,C/LANÇ DUTOS,INCL RECOMP E LANÇ CAB	119,0000	0,1400	16,6600	1.165,40	19.415,56
MOCVALG	VALETA GRAMA,M,C/LANÇ DUTOS,INCLUS RECOMP LANÇ CAB	1.999,0000	0,0400	79,9600	1.165,40	93.185,38
MONTAGEM	TOTAL			187,0100		217.941,45
						217.941,45

VALOR TOTAL PROJETO/EXECUÇÃO SUBTERRÂNEO LUMINÁRIA LED 76W

DESCRIÇÃO	TOTAL OBRA (R\$)	VIAB. CEMIG (R\$)	NÃO VIAB. CEMIG (R\$)
MÃO-DE-OBRA PROJETO	6.611,90	0,00	6.611,90
MATERIAIS REQUISITADOS	151.946,42	0,00	151.946,42
MATERIAIS SALVADOS	0,00	0,00	0,00
SERVIÇOS CONTRATADOS	217.941,45	0,00	217.941,45
TOTAL	376.499,77	0,00	376.499,77

**ANEXO V – PROJETO DE EXTENSÃO DE RDS PARA INSTALAÇÃO DE
ILUMINAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO LUMINÁRIAS DE VS 150W**

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO **TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA**

Serviço:
Número Trafo:
Primário:
Secundário:

13,8 V
220/127V

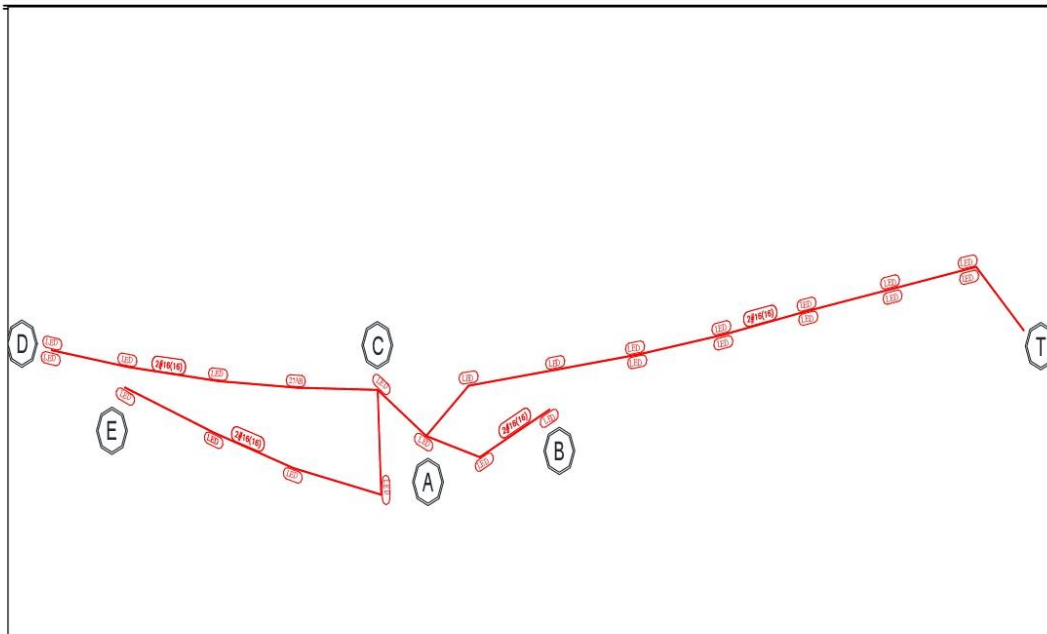
Alim.:

REDE SUBTERRÂNEA VS 150W

Folha:

2-5

FP 0,92



TRECHO	CARGA				CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO			
	DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO		TOTAL	UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL
A	B	C	D	E = (C/2+D)B		F	G	H = ExG	I
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NÚMERO				
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG	%	%	%	%
T-A	0,259	2,119	3,912	1,288	2X1X16+16	0,433	0,558	0,558	
A-B	0,054	0,326	0,326	0,026	2X1X16+16	0,433	0,011	0,569	
A-C	0,023	0,163	1,793	0,043	2X1X16+16	0,433	0,019	0,588	
C-D	0,134	0,815	0,815	0,164	2X1X16+16	0,433	0,071	0,628	
C-E	0,137	0,652	0,652	0,134	2X1X16+16	0,390	0,052	0,681	
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		22,291		

* Carga estimada de 0,16 Kva por IP.

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO **TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA**

Serviço:
Número Trafo:
Primário:
Secundário:

13,8 V
220/127V

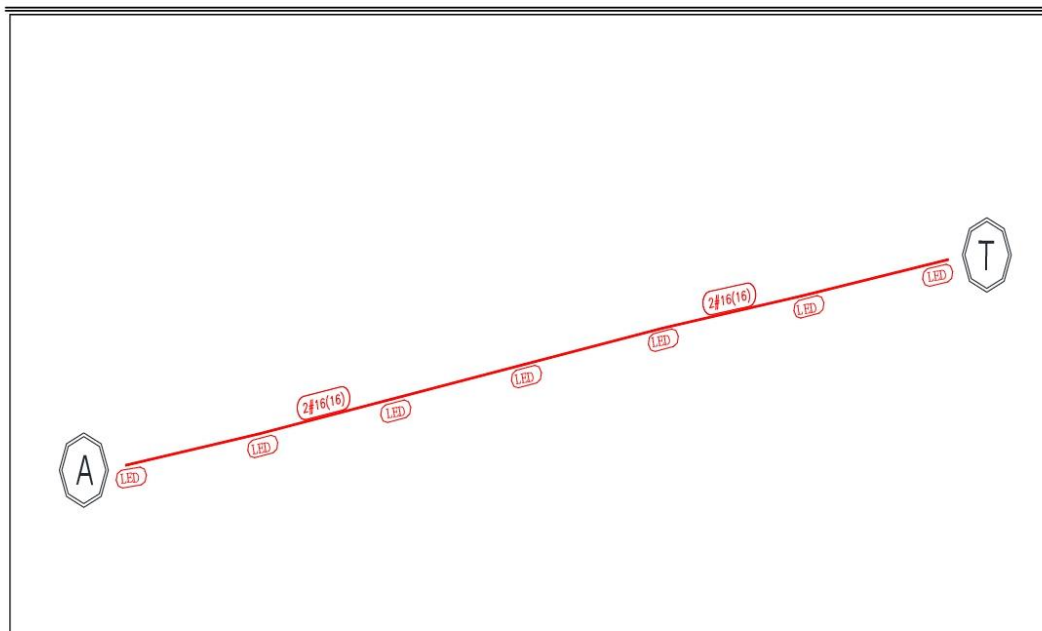
Alim.:

REDE SUBTERRÂNEA VS 150W

Folha:

3-5

FP 0,92



TRECHO	CARGA				CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO			
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO	TOTAL		UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL	
A	B	C	D	E = (C/2+D)/B	F	G	H = ExG		
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NÚMERO				
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG	%	%	%	%
T-A	0,216	1,141	1,141	0,370	2X1X16+16	0,433	0,160	0,160	
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		15,282		

* Carga estimada de 0,16 Kva por IP.

CÁLCULO DE QUEDA DE TENSÃO **TREVO CIDADE UNIVERSITÁRIA**

Serviço:
Número Trafo:
Primário:
Secundário:

13,8 V
220/127V

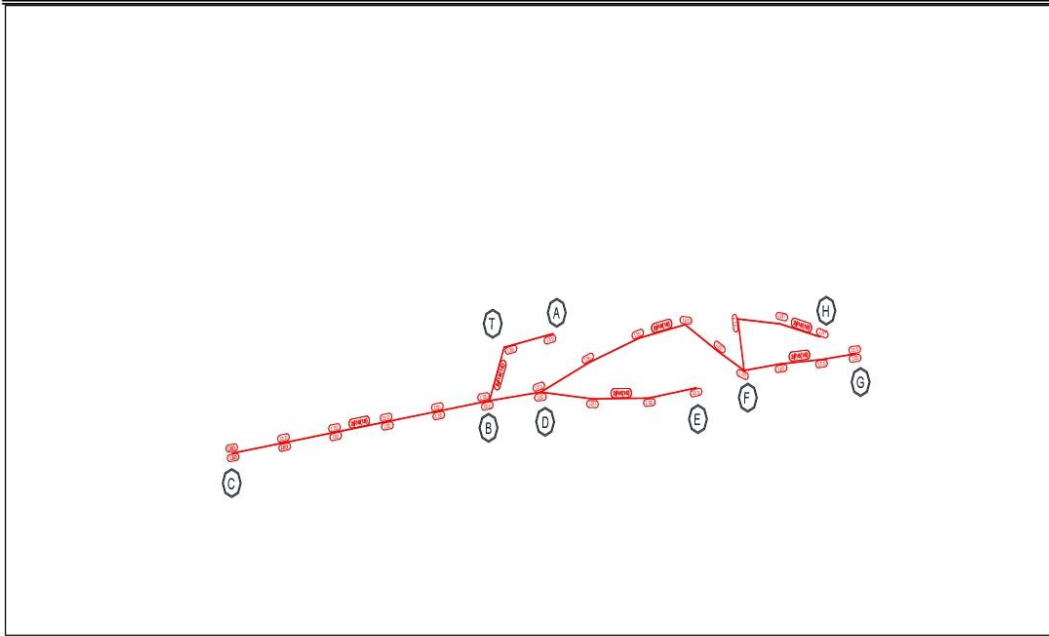
Alim.:

REDE SUBTERRÂNEA VS 150W

Folha:

5-5

FP 0,92



TRECHO		CARGA			CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO		
DESIG.	COMPR.	DISTR. TRECHO	ACUMUL. FIM TRECHO	TOTAL		UNITÁRIA	NO TRECHO	TOTAL
A	B	C	D	E = (C/2+D)B	F	G	H = ExG	I
PRIMÁRIA	KM	MVA	MVA	MVAxKM	NÚMERO			
SECUNDÁRIA	100M	KVA	KVA	KVAx100M	AWG	%	%	%
T-A	0,033	0,326	0,326	0,016	2X1X16+16	0,433	0,007	0,007
T-B	0,025	0,326	3,912	0,102	2X1X16+16	0,433	0,044	0,051
B-C	0,174	1,630	1,630	0,425	2X1X16+16	0,433	0,184	0,235
B-D	0,035	0,326	3,260	0,120	2X1X16+16	0,433	0,052	0,059
D-E	0,104	0,489	0,489	0,076	2X1X16+16	0,433	0,033	0,092
D-F	0,145	0,815	1,630	0,295	2X1X16+16	0,433	0,128	0,059
F-G	0,075	0,652	0,652	0,073	2X1X16+16	0,433	0,032	0,092
F-H	0,079	0,489	1,140	0,109	2X1X16+16	0,433	0,047	0,059
DEMANDA DIURNA					DEMANDA NOTURNA		17,890	

* Carga estimada de 0,16 Kva por IP.

**ANEXO Y – LISTA DE MATERIAL / SERVIÇO CONTRATADO / VALOR GLOBAL
DA OBRA PARA EXECUÇÃO DE SERVIÇO COM LUMINÁRIAS DE VS 150W
(RDS)**

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO	CUSTO TOTAL (R\$)
002299560	ARO E TAMPA ARTICULADA CAIXA ZA PASSEIO	CJ	61,00	146,41	8.931,01
002299529	ARO E TAMPA ARTICULADA CAIXA ZB PASSEIO	CJ	10,00	312,53	3.125,30
00378848	FP PADRÃO ENTRADA MONOFÁSICO 1 CAIXA 7M PPF-4	CJ	3,00	304,73	914,19
00002931	CABO AÇO SM 1/4" (6,4MM) 7 FIOS	KG	63,70	6,23	396,85
00377568	DUITO PEAD CORRUGADO DEN 63MM	M	2.250,00	3,38	7.605,00
00225615	CABO CU 1X1,5MM² ISOLADO 1KV	M	864,50	0,57	492,77
00226191	CABO CA 2X1X16+16MM² TRIPLEX 1KV	M	3.182,00	1,98	6.300,36
00227785	CONETOR FORMATO H ITEM 3 CAA 42-67MM² / 42-67MM²	PC	90,00	2,29	206,10
00231175	CONETOR PARA ATERRAMENTO DE FERRAGENS DE IP	PC	364,00	0,41	149,24
00327726	CONETOR DE PERFURAÇÃO 10-70MM²/6-35MM² 183A	PC	270,00	2,61	704,70
00327767	CONETOR DE PERFURAÇÃO 70-240MM²/16-120MM² 315A	PC	3,00	4,55	13,65
00231696	CONETOR CUNHA CU ITEM 6	PC	182,00	1,68	305,76
00227868	CONETOR CUNHA CU ITEM 2	PC	3,00	1,05	3,15
00066878	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 45MM	PC	182,00	1,10	200,20
00066886	PARAFUSO CABEÇA ABAULADA M16X 70MM	PC	364,00	1,39	505,96
00236844	CINTA DE AÇO D 180MM	PC	182,00	8,00	1.456,00
00236836	CINTA DE AÇO D 170MM	PC	182,00	7,88	1.434,16
00327361	RELÉ FOTOELÉTRICO ELETRÔNICO 105-305V	PC	91,00	13,00	1.183,00
00258921	BRAÇO PARA IP TIPO MEDIO	PC	91,00	82,59	7.515,69
00376238	LÂMPADA VAPOR DE SÓDIO 150W AP E-40 TUBULAR	PC	91,00	13,01	1.183,91
00310037	ELETRODUTO PVC COM LUVA 2P X 3M	PC	2,00	14,62	29,24
00297291	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR 70A 127V 5KA	PC	3,00	12,26	36,78
00056952	CURVA AÇO ZINCO DO P/ ELETRODUTO 2P 90°	PC	2,00	26,62	53,24
00306555	ANEL CAIXA ZA CONCRETO PRÉ-MOLDADO	PC	61,00	96,84	5.907,24
00299511	ANEL CAIXA ZB CONCRETO PRÉ-MOLDADO	PC	10,00	183,51	1.835,10
00379679	CONETOR DE PERFURAÇÃO 35-120MM²/1,5-2,5MM² 25A	PC	182,00	1,91	347,62
00214668	POSTE CONCRETO RC IP 11,5M 150DAN	PC	66,00	641,16	42.316,56
00376109	LUMINÁRIA COM EQUIPAMENTO VS 150W VIDRO PLANO	PC	91,00	221,30	20.138,30

TOTAL (R\$) : 113.291,20

MÃO DE OBRA DE INSTALAÇÃO PROJETO SUBTERRÂNEO LUMINÁRIA VS 150W

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	QUANT. SERV.	QUANT. US.	TOTAL US.	CUSTO UNITÁRIO(R\$)	CUSTO TOTAL(R\$)
MOCXBT	CAIXA DE PASSAGEM EM ALVENARIA, PARA BAIXA TENSÃO.	71,0000	0,1000	7,1000	1.165,40	8.274,34
MOCIPNC	INST. PONTO NÃO CONV COMPL ATÉ DUAS LUMINÁRIAS	91,0000	0,1900	17,2900	1.165,40	20.149,77
MOCAPI	MÃO-DE-OBRA CONSTRUÇÃO RDA POSTE INSTALAR	66,0000	1,0000	66,0000	1.165,40	76.916,40
MOCVAL	VALETA ASF,P/M,C/LANÇ DUTOS,INCL RECOMP E LANÇ CAB	119,0000	0,1400	16,6600	1.165,40	19.415,56
MOCVALG	VALETA GRAMA,M,C/LANÇ DUTOS,INCLUS RECOMP LANÇ CAB	1.999,0000	0,0400	79,9600	1.165,40	93.185,38
MONTAGEM		TOTAL		187,0100		217.941,45
						217.941,45

VALOR TOTAL PROJETO/EXECUÇÃO SUBTERRÂNEO LUMINÁRIA VS 150W

DESCRIÇÃO	TOTAL OBRA (R\$)	VIAB. CEMIG (R\$)	NÃO VIAB. CEMIG (R\$)
MÃO-DE-OBRA PROJETO	6.611,90	0,00	6.611,90
MATERIAIS REQUISITADOS	113.291,20	0,00	113.291,20
MATERIAIS SALVADOS	0,00	0,00	0,00
SERVIÇOS CONTRATADOS	217.941,45	0,00	217.941,45
TOTAL	337.844,55	0,00	337.844,55