

Capítulo II

Conceitos de iluminação urbana

Por Plínio Godoy*

Neste capítulo, são apresentados alguns conceitos fundamentais para o bom entendimento das questões relativas à Iluminação urbana.

A partir de uma instalação típica de iluminação pública, vamos entender como os diversos dados se relacionam e como interpretá-los para a definição da correta solução para seus projetos.

Como iniciar um projeto de iluminação de uma via? A primeira informação que devemos buscar é a largura do leito carroçável (w). A segunda informação importante que precisamos definir é a categoria da via e, por consequência, os índices luminotécnicos que temos de atender. Esses índices são encontrados na norma

ABNT NBR 5101-2012:

Saber as características da via é fundamental para a definição das soluções.

CLASSIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DAS INTENSIDADES DAS LUMINÁRIAS

Esta classificação é necessária para definição do tipo de fotometria que devemos utilizar para aproveitar ao máximo a luz emitida, proporcionando conforto aos pedestres e motoristas.

Conforme a norma ABNT NBR 5101/2012:

“A distribuição apropriada das intensidades luminosas das luminárias é um dos fatores essenciais de iluminação eficiente em vias. As intensidades emitidas pelas luminárias são controladas direcionalmente e distribuídas de acordo com a necessidade para visibilidade adequada (rápida, precisa e confortável). Distribuições de intensidades são, geralmente, projetadas para uma faixa típica de condições, as quais incluem altura de montagem de luminárias, posição transversal de luminárias (avanço), espaçamento, posicionamento, largura

VOLUME DE TRÁFEGO DA VIA

TABELA 1 – TRÁFEGO MOTORIZADO

CLASSIFICAÇÃO	VOLUME DE TRÁFEGO NOTURNO ^a DE VEÍCULOS POR HORA, EM AMBOS OS SENTIDOS ^b , EM PISTA ÚNICA
Leve (L)	150 a 500
Médio (M)	501 a 1.200
Intenso (I)	Acima de 1.200

^a Valor máximo das médias horárias obtidas nos períodos compreendidos entre 18 e 21 h.
^b Valores para velocidades regulamentadas por lei.

Nota: Para vias com tráfego menor do que 150 veículos por hora, consideram-se as exigências mínimas do grupo leve (L) e, para vias com tráfego muito intenso, superior a 2.400 veículos por hora, consideram-se as exigências máximas do grupo de tráfego intenso (I).

TABELA 2 – TRÁFEGO DE PEDESTRES ^a

CLASSIFICAÇÃO	PEDESTRE CRUZANDO VIAS COM TRÁFEGO MOTORIZADO.
Sem tráfego (S)	Como nas vias arteriais
Leve (L)	Como nas vias residenciais médias
Médio (M)	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso (I)	Como nas vias comerciais principais

^a O projetista deve levar em conta esta tabela, para fins de elaboração do projeto.

das vias a serem efetivamente iluminadas, porcentagem do fluxo luminoso na pista e áreas adjacentes, mantida a eficiência do sistema.”

A distribuição das intensidades luminosas da luminária em relação à via é classificada de acordo com três critérios:

- Distribuição longitudinal (em plano vertical);
- Distribuição transversal;
- Distribuição da emissão de luz para o céu.

As distribuições longitudinais verticais das intensidades luminosas dividem-se em três grupos:

a) Distribuição curta:

Quando o seu ponto de máxima intensidade luminosa encontra-se na região “C” do sistema de coordenadas, isto é, entre 1,0 AM LTV e 2,25 AM LTV.

b) Distribuição média:

Quando o seu ponto de máxima intensidade luminosa encontra-se na região “M” do sistema de coordenadas, isto é, entre 2,25 AM LTV e 3,75 AM LTV.

c) Distribuição longa:

Quando o seu ponto de máxima intensidade luminosa encontra-se na região “L” do sistema de coordenadas, isto é, entre 3,75 AM LTV e 6,0 AM LTV.

CLASSIFICAÇÃO DAS LUMINÁRIAS EM RELAÇÃO À DISTRIBUIÇÃO TRANSVERSAL DAS INTENSIDADES LUMINOSAS

a) Tipo I:

Quando a linha de meia intensidade máxima não ultrapassa as linhas LLV 1,0 AM, tanto do “lado das casas” como do “lado da via”, caindo em ambos os lados da linha de referência na área dos

três tipos de distribuição vertical (curta, média e longa, conforme Figura 1);

b) Tipo II

Quando a linha de meia intensidade máxima fica compreendida entre a LLV 1,75 AM e a linha de referência na área dos três tipos de distribuição vertical (curta, média e longa, conforme Figura 1);

c) Tipo III

Quando a linha de meia intensidade máxima ultrapassa parcial ou totalmente a LLV 1,75 AM, porém não ultrapassa a LLV 2,75 AM na área dos três tipos de distribuição vertical (curta, média e longa, conforme Figura 1);

d) Tipo IV

Quando parte da linha de meia intensidade máxima ultrapassa parcial ou totalmente a LLV 2,75 AM (ver Figura 1).

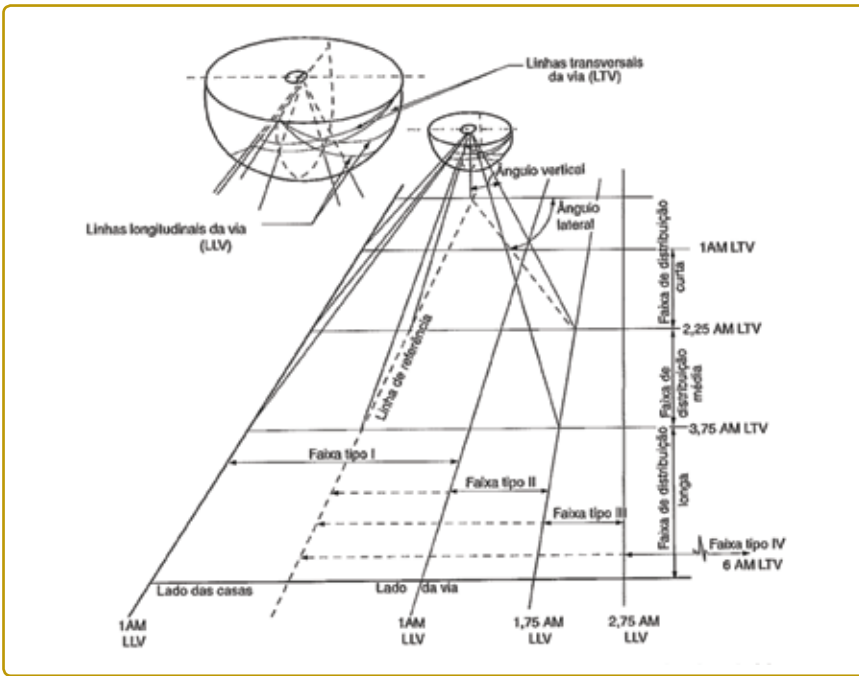


Figura 1 – Diagrama mostrando a relação das LTV e LLV na via e na esfera imaginária, cujo centro é ocupado pela luminária.

Toda essa classificação é necessária para saber qual a fotometria que melhor atenderá a situação da via a ser projetada em função da largura da via e da distribuição da luz.

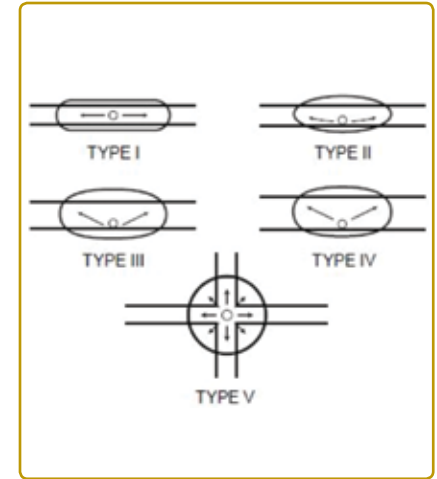


Figura 3 – Tipos de distribuição de iluminação externa, de acordo com a IESNA.

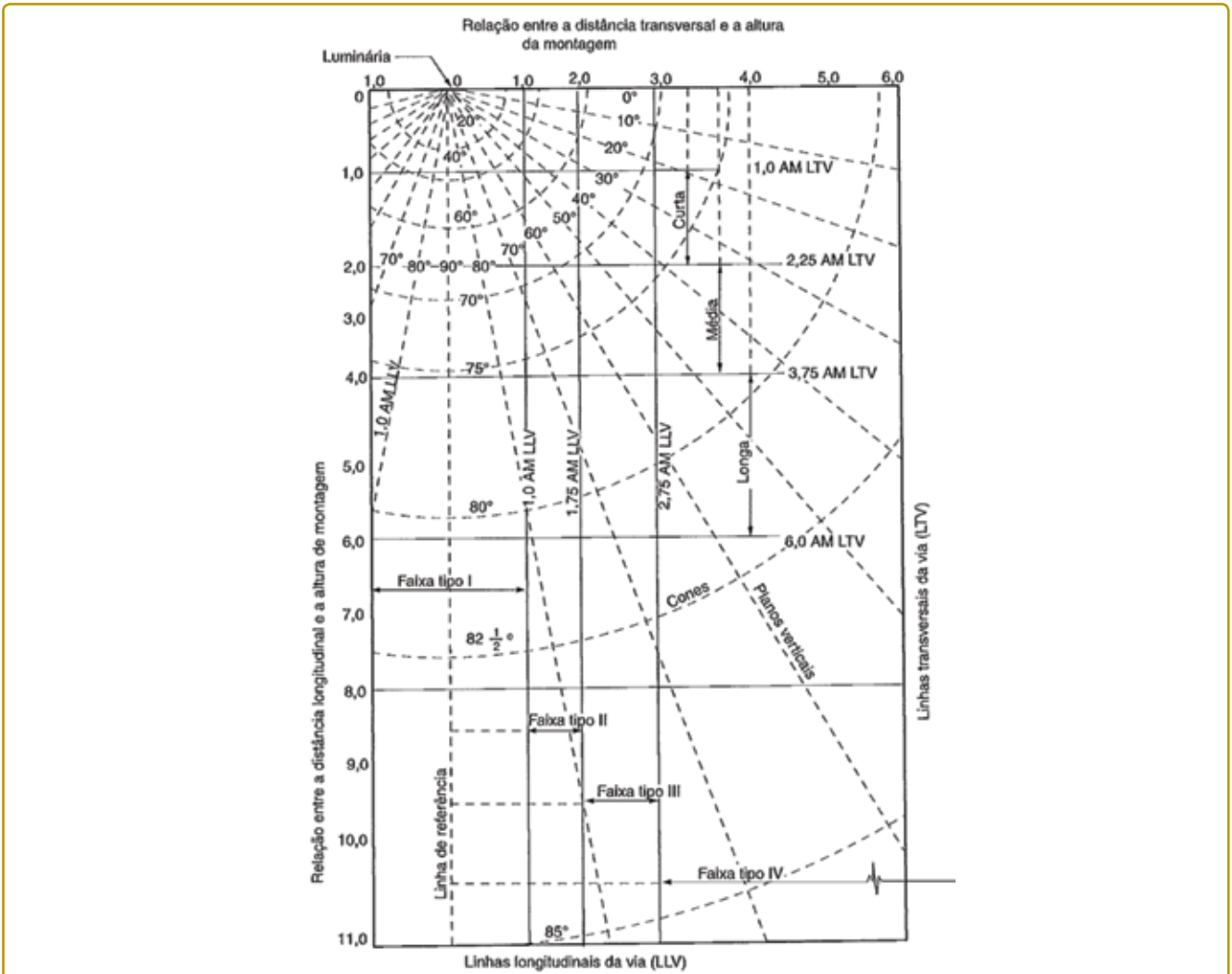


Figura 2 – Vista em planta de uma via com os diferentes tipos de luminárias.

A distribuição de luz para o céu pode ser mais precisamente definida como:

CONTROLE DE DISTRIBUIÇÃO DE INTENSIDADE LUMINOSA NO ESPAÇO ACIMA DOS CONES DE 80° E 90° (CUJO VÉRTICE COINCIDE COM O CENTRO ÓTICO DA LUMINÁRIA)

Este controle de distribuição de intensidade luminosa é dividido em quatro categorias, como segue:

a) Distribuição totalmente limitada (full cut-off)

Quando a intensidade luminosa acima de 90° é nula e a intensidade luminosa acima de 80° não excede 10% dos lúmens nominais da fonte luminosa empregada. Isso se aplica a todos os ângulos verticais em torno da luminária.

b) Distribuição limitada (cut-off)

Quando a intensidade luminosa acima de 90° não excede 2,5% e a intensidade

luminosa acima de 80° não excede 10% dos lúmens nominais da fonte luminosa empregada. Isso se aplica a todos os ângulos verticais em torno da luminária.

c) Distribuição semilimitada (semi cut-off)

Quando a intensidade luminosa acima de 90° não excede 5% e a intensidade luminosa acima de 80° não excede 20% dos lúmens nominais da fonte luminosa empregada. Isso se aplica a todos os ângulos verticais em torno da luminária.

d) Distribuição não limitada (non cut-off)

Quando não há limitação de intensidade luminosa na zona acima da máxima intensidade luminosa.

TABELA 3 – CLASSES DE ILUMINAÇÃO PARA CADA TIPO DE VIA

DESCRIÇÃO DA VIA	CLASSE DE ILUMINAÇÃO
Vias de trânsito rápido; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; vias de trânsito rápido em geral; Auto-estradas Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio	V 1 V 2
Vias arteriais; vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas; vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres em pontos bem definidos; vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio	V 1 V 2
DESCRIÇÃO DA VIA	CLASSE DE ILUMINAÇÃO
Vias coletoras; vias de tráfego importante; vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego elevado Volume de tráfego intenso Volume de tráfego médio Volume de tráfego leve	V 2 V 3 V 4
Vias locais; vias de conexão menos importante; vias de acesso residencial Volume de tráfego médio Volume de tráfego leve	V 4 V 5

TABELA 4 – ILUMINÂNCIA MÉDIA MÍNIMA E UNIFORMIDADE PARA CADA CLASSE DE ILUMINAÇÃO

CLASSE DE ILUMINAÇÃO	ILUMINÂNCIA MÉDIA MÍNIMA $E_{MED,MIN}$ LUX	FATOR DE UNIFORMIDADE MÍNIMO $U = E_{MIN} / E_{MED}$
V 1	30	0,4
V 2	20	0,3
V 3	15	0,2
V 4	10	0,2
V 5	5	0,2

TABELA 5 – CLASSES DE ILUMINAÇÃO PARA CADA TIPO DE VIA

DESCRIÇÃO DA VIA	CLASSE DE ILUMINAÇÃO
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadas, passeios de zonas comerciais)	P 1
Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, área de lazer)	P 2
Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo, passeios, acostamentos)	P 3
Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo, passeios de bairros residenciais)	P 4

REQUISITOS LUMINOTÉCNICOS

Com a informação da tipologia da via – via de trânsito rápido, arterial, coletora e local – é preciso consultar as tabelas 3 e 4 (respectivamente, as tabelas 4 e 5 da ABNT NBR 5101/2012). Estes valores são estabelecidos para as partes retas das vias. Situações distintas devem ser encontradas no capítulo 6 da mesma ABNT NBR 5101/2012.

Conhecendo a classe de iluminação, é preciso consultar os índices na Tabela 3 (tabela 5 da ABNT NBR 5101/2012):

Conhecendo a classe de iluminação, é preciso consultar os índices na Tabela 3 (tabela 5 da ABNT NBR 5101/2012):

Note que os valores apresentados referem-se à média mínima ($E_{med,min}$), o que significa que é preciso considerar a depreciação do sistema, a depreciação da fonte de luz (lâmpada ou Led), a depreciação da luminária e dos componentes elétricos (reator ou drivers).

Uma classificação semelhante deve ser feita para vias de pedestres (pedonais) utilizando-se as tabelas 5 e 6 (tabelas 6 e 7 da norma ABNT NBR 5101/2012).

TABELA 6 – ILUMINÂNCIA MÉDIA E FATOR DE UNIFORMIDADE MÍNIMO PARA CADA CLASSE DE ILUMINAÇÃO

CLASSE DE ILUMINAÇÃO	ILUMINÂNCIA HORIZONTAL MÉDIA E_{MED} LUX	FATOR DE UNIFORMIDADE MÍNIMO $U = E_{MIN} / E_{MED}$
P 1	20	0,3
P 2	10	0,25
P 3	5	0,2
P 4	3	0,2

TABELA 7 – REQUISITOS DE LUMINÂNCIA E UNIFORMIDADE

CLASSE DE ILUMINAÇÃO	L_{MED}	$U_o \geq$	$U_L \leq$	TI %	SR
V 1	2,00	0,40	0,70	10	0,5
V 2	1,50	0,40	0,70	10	0,5
V 3	1,0	0,40	0,70	10	0,5
V 4	0,75	0,40	0,60	15	-
V 5	0,50	0,40	0,60	15	-

PERFIL DE MANUTENÇÃO

Um detalhe importante que deve ser considerado é a previsão de manutenção do sistema, ou seja, qual o período previsto para

a limpeza do conjunto. A recomendação da ABNT NBR 5101/2012 é que a depreciação máxima admitida seja igual a 30%, isto é, quando os níveis luminotécnicos mantidos atingirem 70% dos índices iniciais, deve-se adotar o procedimento de manutenção com a limpeza da luminária e troca da fonte de luz.

Com a utilização tradicional das lâmpadas, é comum estabelecer a manutenção do sistema quando este atingir os 30% de depreciação, porém, na prática, o que ocorre é a manutenção quando ocorre uma falha do sistema, ou

a lâmpada ou o reator falham e, assim, o ponto é acessado pelas equipes de manutenção.

Com a adoção do Led, podemos definir equipamentos que são desenvolvidos para uma depreciação de 30%, porém, há soluções que já apresentam menor depreciação para uma determinada quantidade de horas de operação, como 10%, por exemplo.

Assim, podemos ter um sistema com maior depreciação com um custo menor ou um sistema com menor depreciação com um custo inicial maior. Cada solução pode se adaptar melhor dependendo do retorno do investimento.

ENCONTRANDO A SOLUÇÃO

Considerando a largura da via, temos algumas possibilidades de instalação das luminárias:

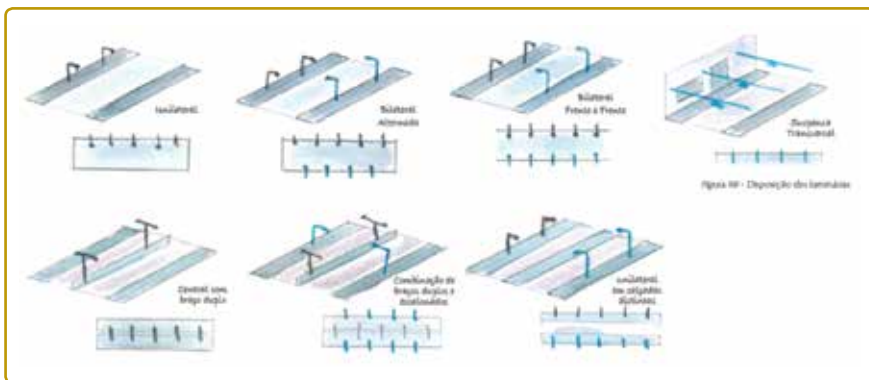


Figura 4 – Disposição das luminárias.

UNILATERAL (U)

Este tipo de posicionamento das luminárias é normalmente utilizado quando as distâncias entre fachadas forem menores do que 15 m ou a distância entre guias for inferior a 10 m. O sistema unilateral deverá prevalecer sobre os demais indicados, a não ser que a sua instalação seja totalmente inadequada.



Figura 5 – Posicionamento unilateral

BILATERAL COM CENTROS ALTERNADOS (B-A)

Este tipo de posicionamento, com as luminárias em ambos os lados da via em um sistema alternado, é normalmente utilizado nos locais em que as distâncias entre fachadas é de 15 m a 18 m ou a distância entre guias esteja compreendida entre 10 m a 13 m, ou excepcionalmente em ruas de grande movimento.

Esta disposição, apesar de um custo mais elevado, permite uma melhor uniformidade da iluminância, sendo aconselhada em vias de tráfego médio ou intenso.

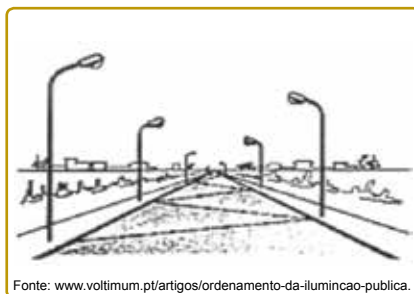


Figura 6 – Posicionamento bilateral com centros alternados

BILATERAL COM CENTROS OPOSTOS (B-O)

Este tipo de posicionamento, com as luminárias uma em frente a outra, é normalmente utilizado quando a distância entre fachadas é superior a 18 m ou em locais em que as distâncias entre guias é superior a 13 m, ou, excepcionalmente, em ruas de grande movimento.

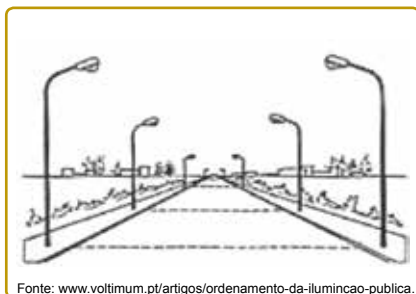


Figura 7 – Posicionamento bilateral com centros opostos

CENTRAL DUPLA (C-D)

Este tipo de posicionamento, com duas luminárias instaladas em um único apoio, é normalmente usado em vias

com canteiro central estreito.

Em vias largas não é aconselhável este tipo de montagem, dado que o fluxo luminoso incidente sobre as fachadas dos prédios frontais se torna disperso, tal como potencia a maior possibilidade de colisão entre viaturas e as colunas.

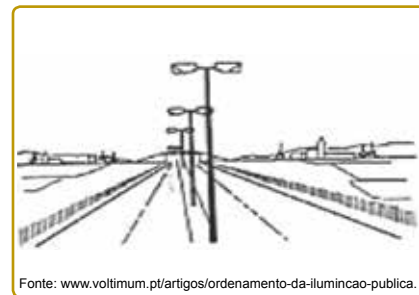


Figura 8 – Disposição central dupla

CALCULANDO A SOLUÇÃO (EXEMPLO)

- Sabemos a largura da via – 8,0 m
- Sabemos a classificação da via – v3
- Sabemos os índices luminotécnicos para a via – Eméd,min = 15 Lux, U=20%
- Definimos o tipo de montagem – Unilateral
- Definimos a altura de montagem – 8,0 m
- Definimos o recuo

SOFTWARES DE AUXÍLIO

Softwares gratuitos ou fornecidos por fabricantes podem auxiliar a obter as definições.

Um software gratuito disponível para download é o DiaLux e pode ser baixado no seguinte endereço: <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux-international-download/portugues.html>

Outro software muito utilizado, independentemente de fabricantes, é o AGI32 (www.agi32.com).

Assim, para uma via:

- Largura: $W = 8,0 \text{ m}$
- Classificação: V3

- Iluminância: Eméd,min = 15 Lux - U(Emín/Eméd) = 20%
- Luminância : Lmed = 1,0
- Disposição: Unilateral
- Montagem: H = 8,0 m
- Recuo da calçada: 0,5 m
- Faixas: 02
- Inclinação: 5,0 graus

- largura da via
- Índices luminotécnicos requeridos
- Padrão ABNT NBR 5101/2012
- Tipo de piso (r3)
- Tipo de montagem unilateral, duas vias, mão simples

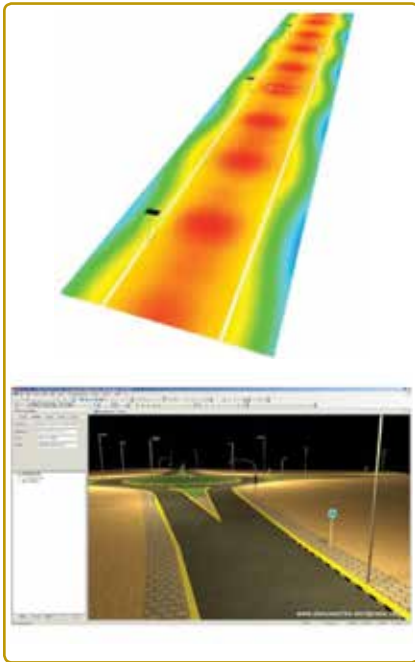


Figura 9 – Softwares gratuitos de iluminação.

Utilizando uma luminária Led com potência de 150 W e fotometria conforme a curva fotométrica a seguir:

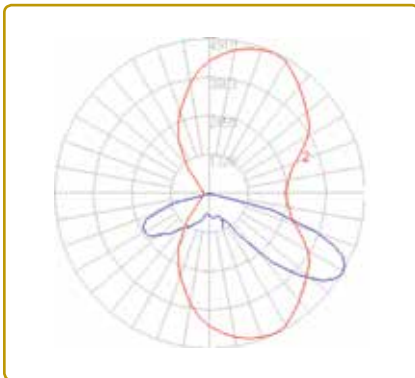


Figura 10 – Curva fotométrica da luminária com Led do exemplo dado.

Considerando os dados de instalação e requerimentos:

- Altura de montagem
- Comprimento do braço

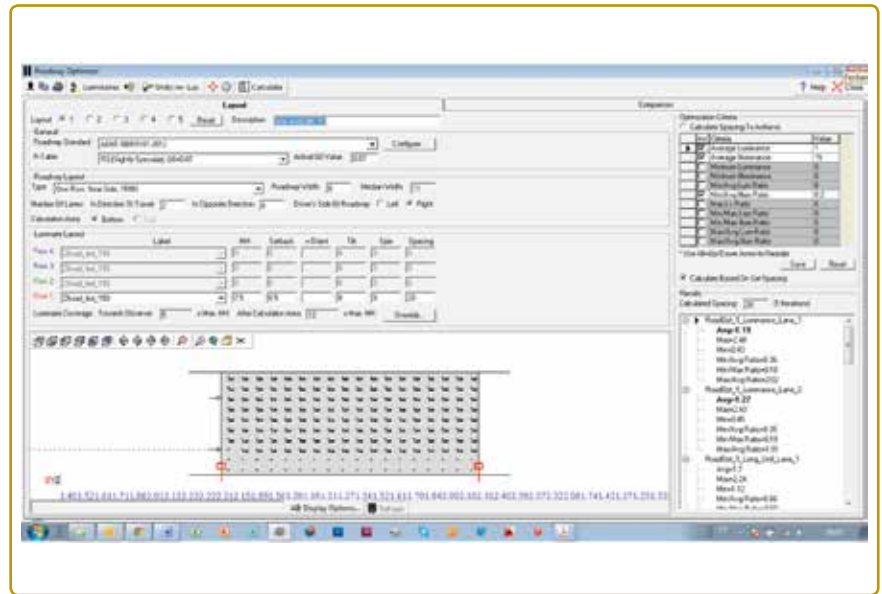


Figura 11 – Resultados.

Roadway Optimizer - Layout 1

General:
 VIA W=8,0M, V3
 Roadway Standard: ABNT NBR5101-2012
 R-Table: R3 (Slightly Specular), Q0=0.07 Actual Q0 Value: 0.07

Roadway Layout:
 Layout Type: One Row, Near Side; 1RNS
 Roadway Width: 8 m
 Lanes In Direction Of Travel: 2
 Driver's Side Of Roadway: Right

CÁLCULO DA ILUMINÂNCIA MÉDIA E MÍNIMA

Roadway Optimizer - Layout 1

RoadOpt_L_Illum

15.07	15.72	15.70	15.40	15.20	15.00	15.02	15.04	15.20	15.04	15.02	15.20	15.00	15.70	15.07
15.00	15.00	15.04	15.00	15.00	15.07	15.04	15.74	15.04	15.74	15.04	15.07	15.00	15.04	15.00
15.00	15.01	15.02	15.20	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
15.00	15.04	15.00	15.07	15.00	15.04	15.00	15.20	15.04	15.00	15.00	15.07	15.00	15.00	15.00
15.00	15.00	15.00	15.20	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
15.07	15.00	15.70	15.00	15.04	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.70	15.07
15.07	15.07	15.00	15.07	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.07	15.07

Illuminance (Lux)
 Average = 15.7
 Maximum = 23.24
 Minimum = 8.97
 Max/Avg Ratio = 0.57
 Max/Min Ratio = 0.39
 Max/Avg Ratio = 1.48

Os resultados, muitas vezes, não atendem a todos os requisitos e demandarão ajustes na montagem ou no tipo da luminária e fotometria. Analisar outras soluções é importante, pois, como há muitas opções de fotometrias entre os fabricantes, alguma pode ser mais adequada para seu caso específico.

TERMO PARA LICITAÇÃO

Uma vez desenvolvida a solução, é importante a definição detalhada do produto a ser adquirido em suas características:

- mecânicas;
- elétricas;
- apresentando os resultados luminotécnicos desejados;
- montagem desejada;
- temperatura média e ventos médios da região.

Estas informações são importantes balizadores para que os proponentes estejam cientes das condições de utilização. Sugere-se, então, desenvolver um processo de homologação.

Nos próximos capítulos, serão abordados mais detalhes dos processos de cálculo, luminárias, fontes de luz e qualidade da iluminação.

** Plínio Godoy é engenheiro eletricista especializado em lighting design. É consultor e lighting designer sênior da CityLights.*

CONTINUA NA PRÓXIMA EDIÇÃO

Acompanhe todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para redacao@atitudeeditorial.com.br