

boletim lumière **Aula 8** 21/Jan/05 19:01

Cadastre-se

## editorial

Agenda & Cursos  
 Serviços &  
 Produtos  
 Artigos &  
 Pesquisas  
 Livros & Catálogos  
 Últimas notícias  
 Links úteis

## CURSO DE FOTOMETRIA ON-LINE LUMIÈRE/IEE

### Aula 8: fotometrias de luminárias para iluminação pública com ênfase para iluminação de vias

Por Rinaldo Caldeira Pinto  
 Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE-USP)

## cursos on-line

Fotometria  
 Luz e Biofísica  
 Iluminação Cênica  
 Norma NR-10  
 Metrologia  
 Aplicada  
 Plantão de  
 Dúvidas

Prezados Leitores, vimos na aula 7 a curva de luminância e as condições de laboratório para realizarmos fotometrias de luminárias para interiores. Nesta aula estudaremos as fotometrias de luminárias para iluminação pública com ênfase para iluminação de vias. Este tipo de luminária ocupa papel de destaque no nosso estudo, em função de uma parcela significativa da energia consumida no País se destinar a iluminação viária. Vamos lá...

### Classificação de Luminárias

Nesta aula, quando falarmos em luminárias para iluminação pública, nos referimos principalmente às luminárias destinadas a iluminação de vias públicas. A iluminação pública, propriamente dita, abrange uma grande variedade de locais: praças, parques, etc. Cada local tem sua característica, exigindo critérios diferenciados de projeto. Para uma via pública é interessante que tenhamos uma boa uniformidade, já para um parque ou uma praça, pode ser interessante uma iluminação de destaque. As características que determinaremos na fotometria de uma luminária para uma via pública, serão um pouco diferentes das que nós levantamos no caso de luminárias para interiores.

Existem dois sistemas de classificação para este tipo de luminária: o sistema IES e o sistema CIE. Devido ao fato de, no Brasil, ser mais utilizado o sistema de classificação IES (software Photometric Tool Box), estaremos enfatizando-o aqui. Para classificar uma luminária através deste sistema, são necessárias as seguintes características fotométricas da luminária:

- curvas de distribuição de intensidades luminosas em diversos planos
- determinação das coordenadas de máxima intensidade luminosa da luminária
- curva isointensidade de meia-máxima intensidade
- Determinação da quantidade de fluxo luminoso acima de 90° e entre 80° e 90° (ângulos verticais)

Os dados acima são suficientes para classificarmos a luminária segundo o sistema IESNA, porém temos outros parâmetros importantes para caracterização da luminária. São eles:

## menu principal

home  
 fale conosco  
 Banco de  
 profissionais

- Valores de intensidade luminosa nos ângulos  $\gamma$  80° e 88°, para plano  $C=0^\circ$
- Curva de utilização da luminária
- Gráfico polar para o plano horizontal que contém o ponto de máxima intensidade
- Distribuição de intensidades sobre o cone de máxima intensidade
- Iluminância horizontal
- Medições de luminância
- Rendimento

Na Figura 1 temos um gráfico explicativo deste tipo de sistema de classificação. A distribuição de luz de uma luminária pode ser classificada segundo três critérios:

- Distribuição de luz vertical
  - Distribuição de luz lateral
  - Controle de distribuição de luz acima da máxima intensidade.
- Figura 1 – Sistema de classificação IESNA

A classificação de distribuição de intensidades luminosas deve ser feita com base no ponto de máxima intensidade e em curvas de isointensidade.

### Definição:

Curva de Isointensidade: "De uma fonte, é a curva traçada sobre uma esfera imaginária com centro no centro luminoso da fonte, e ligando todos os pontos correspondentes às direções que têm a mesma intensidade

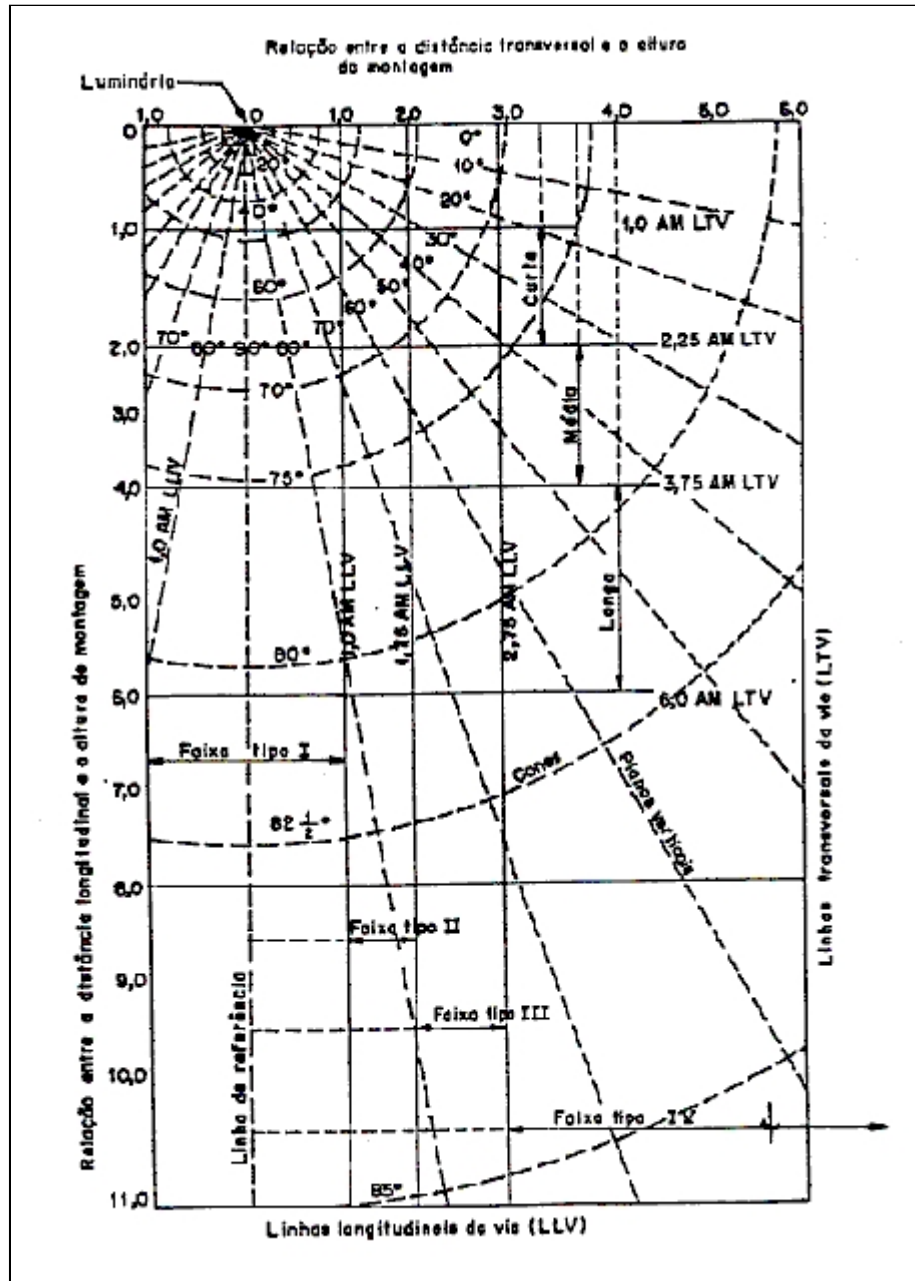
luminosa, ou uma projeção desta curva sobre um plano.” (NBR 5461/91 – Iluminação - Terminologia)

Sobre o diagrama da Figura 1 devemos traçar o ponto de máxima intensidade, a curva isointensidade de meia-máxima intensidade, e as curvas isointensidade numericamente iguais a 2,5, 5, 10 e 20% do fluxo da(s) lâmpada(s).

### Classificação segundo a distribuição vertical de luz

Esta classificação é feita com base na posição do máximo da luminária: se ele estiver na região curta (entre LTV 1,0 AM e LTV 2,25 AM) será curta, se estiver na região média será média, e, se estiver na região longa, será longa.

### Classificação segundo a distribuição lateral de luz



Esta classificação é feita com base na curva de isointensidade de meia-máxima intensidade. Por exemplo:

Tipo I: A curva isointensidade de meia-máxima intensidade está dentro dos limites para distribuição curta, média ou longa, de acordo com a posição do máximo, e não ultrapassa a linha limite do Tipo I (1,0 AM).

Vale o mesmo raciocínio para os outros tipos. No geral a curva de meia-máxima intensidade deve estar contida dentro dos limites da classificação vertical e não ultrapassar a linha limite (exceto o Tipo IV).

### Classificação segundo o controle de luz acima do máximo

Esta classificação serve para avaliarmos o potencial de ofuscamento da luminária. Existem três tipos de classificação:

**Cutoff:** O valor em cd/klm emitido pela luminária no ângulo de  $90^\circ$  não excede numericamente a 25 e, para o ângulo de  $80^\circ$  não excede 100, para qualquer ângulo lateral ao redor da luminária.

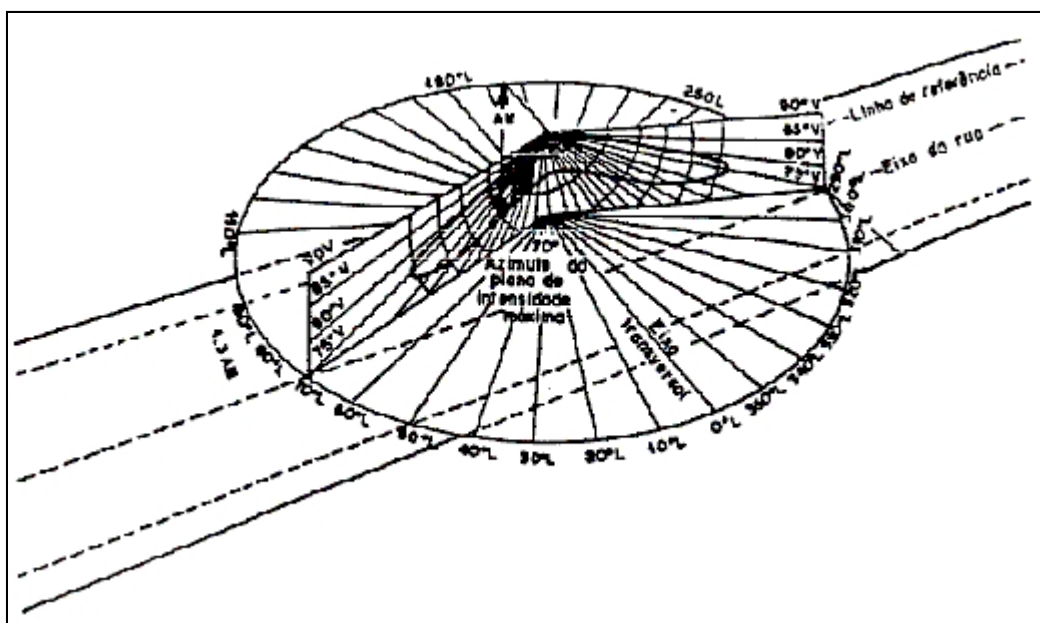
**Semicutoff:** O valor não ultrapassa  $50^\circ$  para  $90^\circ$ , e,  $200^\circ$  para  $80^\circ$ .

**Noncutoff:** Não há limites.

### Determinação do valor de máxima intensidade de uma luminária

O valor de máxima intensidade de uma luminária pode ser determinado por interpolação, a partir do levantamento de várias curvas de distribuição, que é o processo mais usual, ou podemos determinar em laboratório, o que é mais preciso. Para avaliarmos uma luminária pública é razoável levantarmos curvas de distribuição de intensidades luminosas em planos horizontais, espaçados de  $5^\circ$  em  $5^\circ$ , em torno da luminária. Feito este levantamento, podemos verificar onde se encontram os maiores valores de intensidade. Na região onde se encontram os valores de maior intensidade definimos uma malha de planos horizontais e ângulos verticais com o menor espaçamento possível. Dessa forma podemos determinar a posição do valor de máxima intensidade luminosa.

A partir da determinação do ângulo de máxima intensidade, podemos levantar a distribuição em um cone definido pela rotação do ângulo vertical e uma curva de distribuição de intensidades luminosas no plano horizontal que contém este ponto (Figura 2).



**Figura 2 – Cone de máxima intensidade e distribuição sobre o plano horizontal que contém a máxima intensidade**

### Curvas de Isointensidade

As curvas de isointensidade de meia-máxima intensidade e as curvas numericamente iguais a 2,5, 5, 10 e 20% do fluxo luminoso, podem ser obtidas por interpolação. Fica a critério do usuário o método de interpolação a ser utilizado. A CIE recomenda a fórmula de Lagrange. Obviamente vamos ter uma incerteza devido à interpolação. O que podemos fazer é, onde for percebida variação brusca de valores, no momento do ensaio, reduzir o espaçamento entre um plano e outro e entre um ângulo e outro. O intervalo de interpolação será menor e, desta forma, diminuiremos a incerteza dos valores obtidos. Na Figura 3 temos um exemplo de curva isointensidade de meia-máxima traçada.

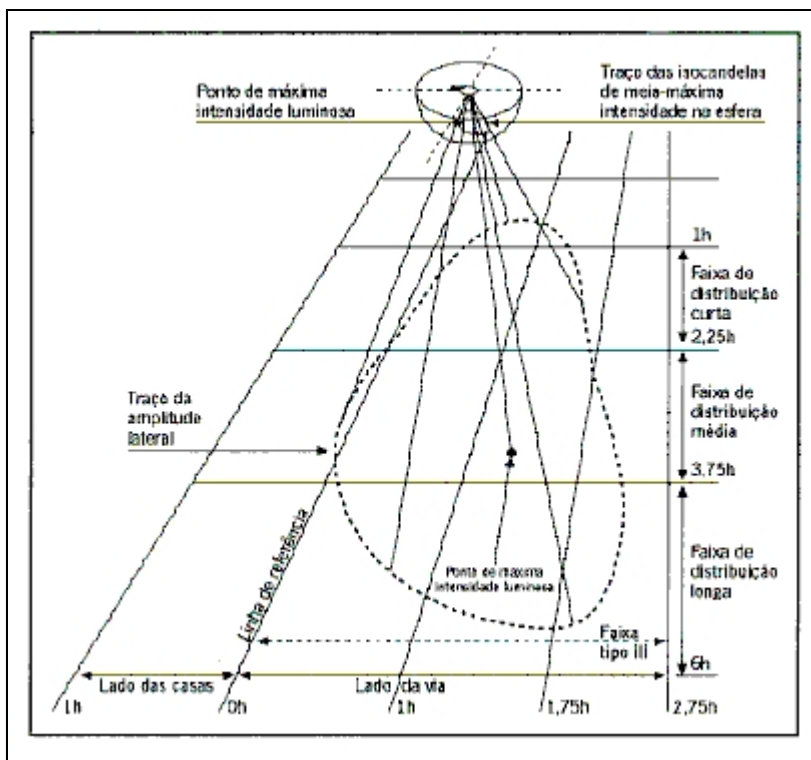


Figura 3 – Ponto de máxima intensidade e curva isointensidade de meia-máxima intensidade

**Illuminância Horizontal**

As determinações das iluminâncias horizontais podem ser realizadas em campo ou em laboratório. A malha para avaliação em campo e em laboratório constante na norma NBR 5101/92, que é a norma de iluminação pública que está em vigor atualmente, está na Figura 4.

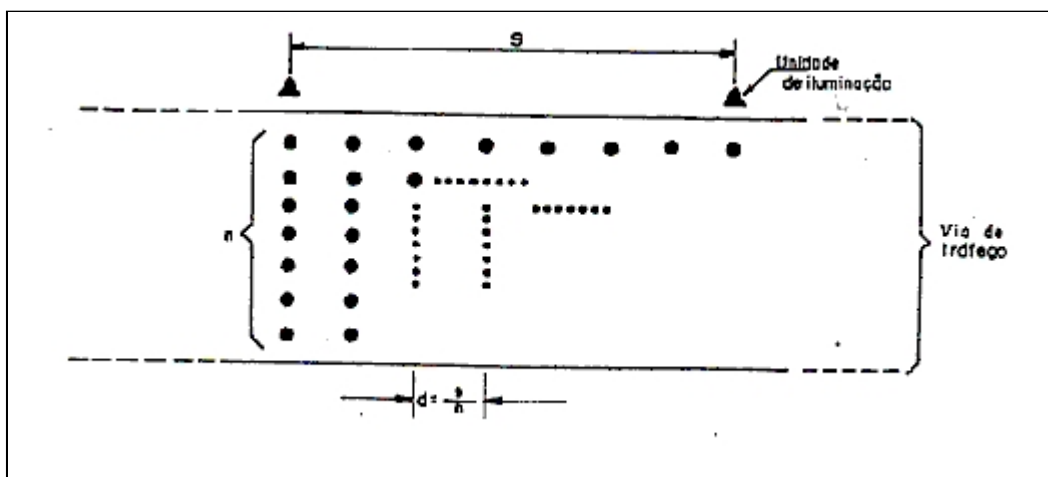


Figura 4 – Malha para verificação de iluminância

Para valores de S inferiores ou iguais a 50 metros, n é igual a 10. Para valores de S superiores a 50 metros, n deve ser o maior inteiro dado por  $d = 5$ . Para medirmos em campo os valores de iluminância, basta colocarmos um luxímetro nas posições demarcadas, no período noturno. Podemos notar que o tipo de fotometria a ser realizada na luminária, em laboratório, corresponde ao sistema de planos produzido por um goniofotômetro Tipo B. Precisamos determinar a intensidade na direção de cada ponto, levando em conta a altura de montagem. Feito isto, podemos calcular a iluminância em cada ponto através da lei do inverso do quadrado da distância.

Exemplo:

Na Figura 5, para determinarmos a intensidade na direção do ponto C, precisamos determinar o ângulo no plano definido pela reta DC e o centro fotométrico da luminária. Este ângulo será dado pelos segmentos formados pelo centro fotométrico da luminária e os pontos D e C. Determinada a intensidade na direção do ponto, basta dividi-la pelo quadrado da distância entre o ponto e o centro fotométrico da luminária.

Com a iluminância determinada, ou medida, para cada ponto, podemos calcular a iluminância média e a uniformidade geral. A iluminância média é obtida dividindo-se a soma das iluminâncias de cada ponto, pela quantidade de pontos. A uniformidade geral é dada pela seguinte fórmula,

$U_{\text{geral}} = E_{\text{mín}}/E_{\text{médio}}$ , onde,

$U_{\text{geral}}$  = Uniformidade geral de iluminância

$E_{\text{mín}}$  = Iluminância mínima

$E_{\text{médio}}$  = Iluminância média

### Rendimento

O rendimento da luminária pode ser determinado em esfera integradora ou em goniofotômetro (Vide aulas anteriores).

### Curva de Utilização

O fator de utilização é definido como a razão entre o fluxo luminoso que atinge uma superfície pela soma dos fluxos luminosos das lâmpadas. Na Figura 5 temos uma ilustração de como podemos determinar o fator de utilização. Sabemos que o fluxo luminoso que atinge uma superfície é dado pelo produto da iluminância pela área considerada,

$$v = E \times S$$

Se supusermos que as iluminâncias determinadas, ou medidas, para os pontos P1, P2, P3, etc, são representativas das iluminâncias que atingem cada quadrícula, poderemos obter o fluxo luminoso em cada uma delas. Se somarmos o fluxo luminoso de cada fileira de quadrículas longitudinais, em função da altura de montagem  $h$ , e dividirmos pelo fluxo total emitido pela(s) lâmpada(s), teremos o gráfico da Figura 6. No gráfico, a soma de cada fileira de quadrículas é cumulativo.

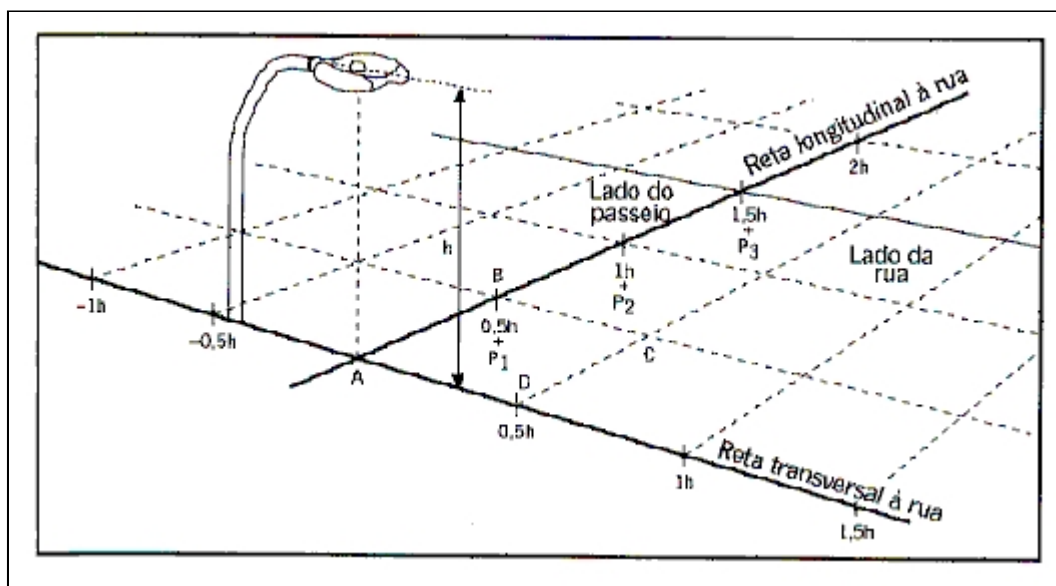


Figura 5 – Método para determinação da curva de utilização

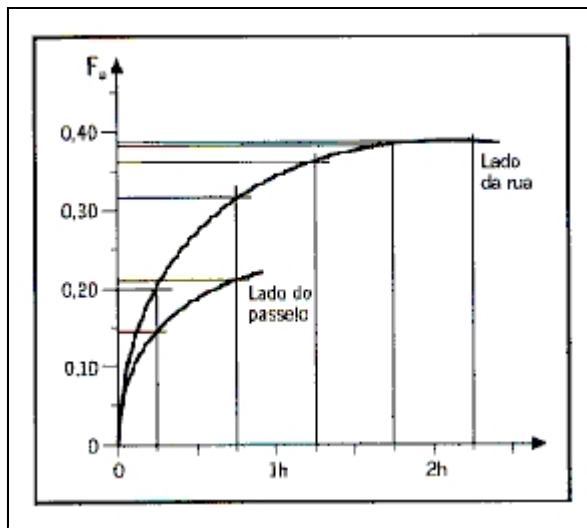


Figura 6 – Curva de Utilização

#### Avaliação do ofuscamento

Para avaliarmos o ofuscamento desconfortável produzido por uma instalação, a CIE recomenda a seguinte fórmula

$$G = 13,84 - 3,31 \log I_{80} + 1,3 (\log I_{80}/I_{88})^{1/2} - 0,08 \log I_{80}/I_{88} + 1,29 \log F + 0,97 \log L_{med} + 4,41 \log h' - 1,46 \log p$$

onde,

$I_{80}, I_{88}$  - intensidade emitida pela luminária nos ângulos  $80^\circ$  e  $88^\circ$ , no plano  $C = 0^\circ$

$h$  - altura de montagem reduzida (em m).  $h' = h - 1,5$ , onde  $h$  é altura de montagem da luminária

$F$  - área da luminária (em  $m^2$ ) projetada na direção de  $76^\circ$  em relação a vertical

$L_{med}$  - luminância média na superfície da via em  $cd/m^2$

$P$  - número de luminárias por quilômetro

Valores de  $G = 1$  e  $G = 9$  não tem sentido prático. A avaliação do ofuscamento de acordo com o valor de  $G$  é a seguinte:

$G = 1$ , intolerável

$G = 3$ , perturbador

$G = 5$ , admissível

$G = 7$ , satisfatório

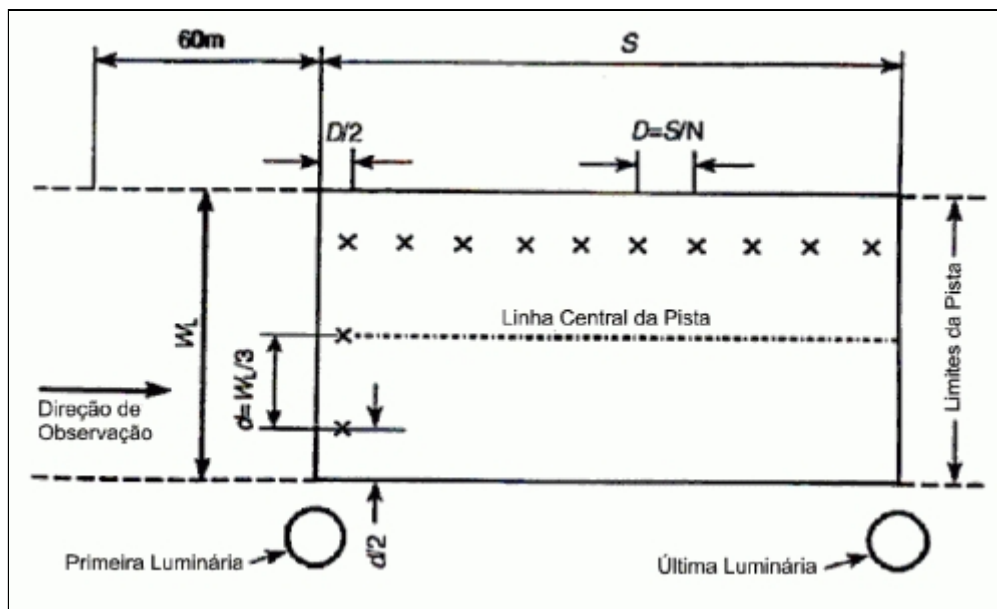
$G = 9$ , imperceptível

Observação: esta fórmula é aplicável a instalações maiores de 300m de comprimento, com arranjos regulares de luminárias, com as seguintes faixas para as variáveis da fórmula:

$$50 \leq I_{80} \leq 7000 (cd); 1 \leq I_{80}/I_{88} \leq 50; 7 \cdot 10^{-3} \leq F \leq 4 \cdot 10^{-1} (m^2); 0,3 \leq L_{med} \leq 7 (cd/m^2); 5 \leq h' \leq 20 (m); 20 \leq p \leq 100$$

Esta fórmula foi baseada nos trabalhos experimentais de De Bøer, Heemskerck, Veeckens, Schreuder, Adrian e Eberbach. O ofuscamento desconfortável é aquele que causa desconforto visual sem necessariamente enfraquecer a visão dos objetos.

Para medirmos a luminância média recomenda-se a malha da Figura 7.



**Figura 7- Malha para determinação da luminância média**

Sugerimos aos que forem aplicar este critério, estudar detalhadamente a Publicação CIE 31.

#### Condições de Laboratório

Podemos aplicar as mesmas condições de laboratório já descritas para luminárias para interiores. Algumas diferenças de condições de laboratório seriam as seguintes:

- para luminárias equipadas com lâmpadas a descarga a alta pressão, mantemos a potência da lâmpada constante e igual ao valor nominal durante todo o ensaio
- devemos escolher lâmpadas para ensaio em que o tubo de descarga não tenha inclinação maior do que  $3^\circ$  em relação à vertical
- Todas estas observações têm o sentido de que, quando estivermos avaliando fotométricamente uma luminária, nenhum outro fator que não seja a própria geometria da luminária interfira nos resultados.

#### Exercícios Propostos:

- 1) Descreva o método pelo qual podemos determinar o ponto de máxima intensidade luminosa de uma luminária em laboratório.
- 2) O que é uma curva de isointensidade?
- 3) Determine os pares de ângulos de um goniofotômetro Tipo B para que possamos determinar as iluminâncias numa malha com os seguintes dados:  
Altura de montagem = 10 metros;  $S = 35$  metros
- 4) Descreva o método para determinação da curva de utilização de uma luminária.

Bem, vamos ficando por aqui.. Na próxima aula estudaremos considerações sobre incertezas dos valores medidos. Até lá...

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5461 : Iluminação. São Paulo, 2002.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. Lighting handbook : reference & application. New York : Illuminating Engineering Society of North America, 9ª Ed., 2000.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. Lighting handbook : reference & application. New York : Illuminating Engineering Society of North America, 8ª Ed., 1993.
- MURDOCH, Joseph B. Illumination engineering : from Edison's lamp to the laser, Visions Communications, Pennsylvania, 1994.
- Photometric Testing of Roadway Luminaires Using Incandescent Filament and High Intensity Discharge Lamps - LM-31 (IESNA).



- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE CIE 121 : The photometry and goniophotometry of luminaires. 1996
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE CIE 31 : Glare and Uniformity in Road Lighting Installations. 1976
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE CIE 140 : Road Lighting Calculations. 2000
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5101 : Iluminação pública. 1992
- Manual de Iluminação - Philips

#### Organização e promoção



**Este material não pode ser reproduzido sem a devida autorização da Editora Lumière e do IEE/USP**

Editora Lumière ©2003 - 2004 Todos direitos reservados.

Copyright (C) 2000 - 2004 Miro International Pty Ltd :: Mambo Open Source is Free Software under GNU/GPL