

editorial

Agenda & Cursos
Serviços & Produtos
Livros & Catálogos
Galeria de fotos
Últimas notícias
Links úteis

Colunistas

Curso de Fotometria
Artigos & Pesquisas
Luz e Biofísica
Iluminação Cênica

editora lumière

Revista Lumière
Revista L+D
Revista GTD
Anuário
Glossário
Quem somos

publicidade

Anuncie
Pautas 2005

prêmio top10

2001
2002
2003
O que é

menu principal

home
fale conosco
Banco de profissionais
Orçamento on-line

cadastro

Usuário

Senha

Login

Esqueceu a senha?

Sem conta? Crie uma

Aula 7 02/Dec/04 18:12

CURSO DE FOTOMETRIA ON-LINE LUMIÈRE/IEE**Aula 7: Curva de luminância e fotometrias de luminárias para interiores**

Por Rinaldo Caldeir,
Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE)

Prezados leitores, na aula 6 vimos como determinar algumas características fotométricas de luminárias para interior. Nesta aula estudaremos a curva de luminância e como realizar as fotometrias em laboratório dessas luminárias. Já lá...

Curva de Luminância

A curva de luminância é utilizada para avaliar o ofuscamento que uma luminária pode produzir em determinado ambiente. Na Figura 1 podemos ver dois exemplos de curvas de luminância. No primeiro gráfico, ela é a linha cor mais à esquerda e, no segundo gráfico, a linha tracejada. A curva é traçada sobre um gráfico que contém diversas curvas limitantes, de acordo com a classe do ambiente e o nível de luminância em serviço. Cada um se aplica a uma luminária definida. O gráfico da esquerda se aplica a luminárias sem lados luminosos ou para luminárias lineares tenham lados luminosos quando vista pelas pontas. O gráfico da direita se aplica a todas as luminárias com lados luminosos exceto as luminárias lineares que tenham lados luminosos quando vistas pelas pontas.

A classe de qualidade se refere ao tipo de ambiente e de atividade que será executada nele. Por exemplo: um cômodo pode ser classificado como classe E e uma área de inspeção dentro de uma indústria, como classe A. Existem duas maneiras de obtermos as curvas de luminância. Uma delas é medindo a luminância para cada ângulo no sistema e a outra consiste em determinar a luminância a partir da curva de distribuição de intensidades luminosas, com base na área aparente para cada ângulo determinado.

Dos gráficos da Figura 1 podemos observar que precisaremos das luminâncias apenas entre os ângulos 45° e 85° região é definida como crítica para uma sala sob determinadas condições. Na Figura 2 temos uma ilustração do campo visual de um observador sentado em uma mesa, onde temos a definição dos ângulos γ bem como de outros parâmetros constantes na curva.

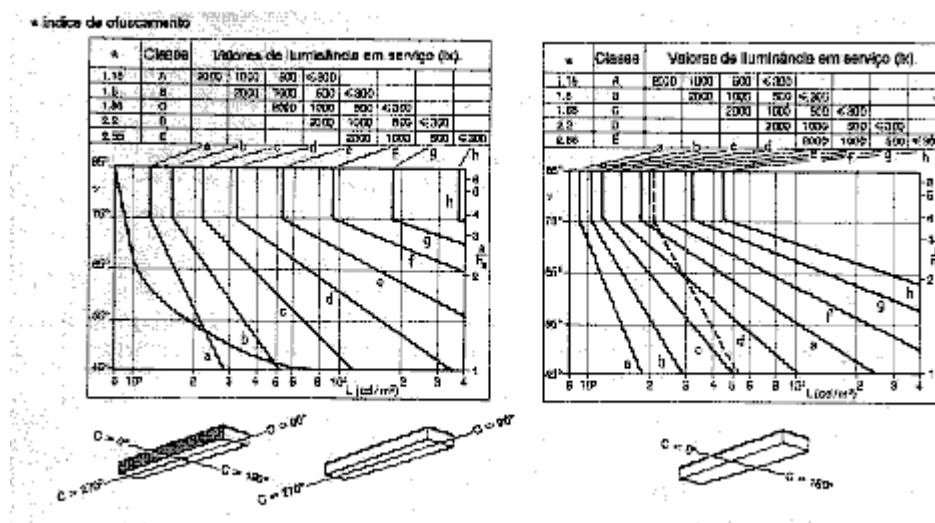


Figura 1 – Curvas de luminância

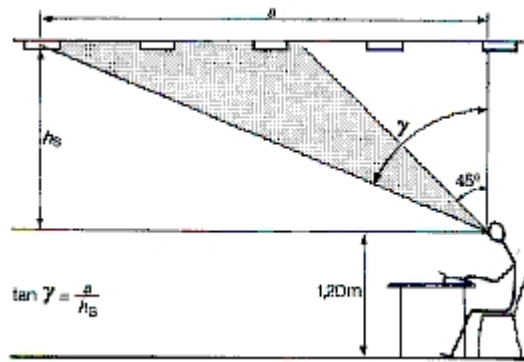


Figura 2 – Ilustração do Campo de Visão

Luminancímetro

O luminancímetro é um luxímetro, ao qual foi adicionado um dispositivo óptico com o objetivo de delimitar uma área de medição. Esse dispositivo é responsável pela formação da imagem sobre a fotocélula. Geralmente temos um visor que mostra a área que é medida e seu entorno: existe um círculo que focaliza a área que está sendo considerada na medição.

Como nós já vimos em aulas anteriores, uma medição de luminância subtende uma área. Esses dispositivos ópticos permitem focalizar campos de visão menores do que 1°. Os luminancímetros antigos, tal como o medidor de brilho Luckiesh-Taylor, exigiam que o usuário fizesse uma comparação visual entre uma pequena lâmpada padrão incandescente, que ficava dentro do instrumento e o objeto a ser medido. Essas comparações eram muito difíceis de serem realizadas principalmente devido às diferenças de temperatura de cor correlata entre o objeto e a lâmpada; as medições variavam muito, tanto para um mesmo observador quanto para observadores diferentes.

Cabe aqui mais uma definição:

Temperatura de Cor Correlata (T_{cc}): Temperatura do corpo negro, cuja cor percebida se assemelha ao estín considerado de mesma luminosidade. Símbolo: T_{cc}. Unidade: [K]. Por exemplo: Uma lâmpada incandescente tem em torno de 2.800 K. Uma lâmpada a vapor metálico tem T_{cc} em torno de 5.000 K. De um modo geral: quanto maior a temperatura de cor, mais próxima da incandescência (fogo) estará a fonte de luz.

Um luminancímetro é suscetível aos mesmos erros de um luxímetro e o erro devido à sujeira no dispositivo óptico. Tomar sempre o cuidado de manter as lentes limpas para evitar erros nas medições.

Atualmente temos câmeras que medem luminância de uma cena completa. Elas usam um tipo de dispositivo chamado CCD (charge-coupled device) que é capaz de captar e digitalizar a imagem. Nesse dispositivo temos uma matriz de detectores. Desse modo podemos ter um mapeamento de luminância de uma cena inteira instantaneamente.

Até aqui vimos as características a serem determinadas para as luminárias, agora vamos ver como fazer isto em laboratório.

Condições de laboratório para os testes

A precisão e a exatidão das medições estão intimamente ligadas à utilização de procedimentos padrões e bons equipamentos. A IESNA e a CIE tem procedimentos que cobrem tais assuntos. Aqui vamos falar um pouco sobre condições laboratoriais, mas recomendamos a consulta de tais procedimentos para a realização de ensaios.

Em geral, os procedimentos-padrões sugerem o controle dos seguintes parâmetros:

Características da alimentação elétrica

- Garantia da estabilidade elétrica dos padrões de trabalho;
- Montagem segura da luminária e das fontes de luz utilizadas;
- Minimização da influência da luz refletida;
- Verificação da calibração dos instrumentos utilizados;
- Verificação do tempo necessário para estabilização das fontes utilizadas (luminárias, lâmpadas, etc.);
- Utilização dos instrumentos adequados de acordo com a medição a ser realizada e conhecimento de suas limitações.

Condições para testes de luminárias fluorescentes

Luminárias para teste

As luminárias escolhidas para os testes devem ser representativas da produção normal do fabricante.

Características da alimentação elétrica

- Os reatores devem ser operados nas suas tensões e frequências nominais;
- A fonte de alimentação não deve ter mais do que 3% de distorção harmônica em relação à fundamental;
- A tensão de alimentação deve ser mantida com uma variação dentro de 0,2% durante a realização do ensaio;

Características dos equipamentos

Lâmpadas para ensaio

As lâmpadas escolhidas para o ensaio devem ter fluxo luminoso constante e aparência homogênea, do revestimento de cor, de ponta-a-ponta. Para luminárias equipadas com mais de uma lâmpada, o fluxo luminoso das lâmpadas não deve diferir mais do que $\pm 1,5\%$, quando operadas com o mesmo circuito sob a mesma alimentação.

A distribuição de intensidades luminosas das lâmpadas de ensaio deve ser checada tanto no sentido longitudinal como no transversal. No sentido transversal recomenda-se que sejam medidos quatro pontos, separados de 90° , num plano que divida o comprimento da lâmpada ao meio. Essa distribuição circular não deve divergir mais do que $\pm 2\%$. Sugerimos a verificação através da seguinte equação:

$$U = [2(I_{\text{máx}} - I_{\text{mín}})] / (I_{\text{máx}} + I_{\text{mín}}), \text{ onde,}$$

U = uniformidade;

$I_{\text{máx}}$ = máxima leitura obtida em torno da lâmpada;

$I_{\text{mín}}$ = mínima leitura obtida em torno da lâmpada.

Obs.: Se U exceder 4% a lâmpada deverá ser rejeitada.

Recomenda-se um período de sazonalização de 100 horas para qualquer lâmpada à descarga.

Equipamento fotométrico

Sistema fotométrico

O Sistema Fotométrico deverá ser calibrado de modo a ter rastreabilidade nas medições. Os ajustes de ângulos devem ter repetibilidade dentro de $\pm 1/4$ de grau.

Fotocélulas

Recomenda-se que as fotocélulas tenham uma resposta espectral dentro de 1,0% da curva $V(\lambda)$. As fotocélulas de silício são recomendadas porque apresentam baixo ruído, sensibilidade, excelente linearidade e estabilidade, e resposta rápida.

Condições gerais de teste

As luminárias e lâmpadas devem estar limpas para a realização dos testes.

Luz rebatida

Deve-se tomar o devido cuidado com os raios de luz que partem em direções diferentes da fotocélula e que por rebatimento atingem a mesma. A colocação de anteparos é sempre bem-vinda para evitar esse tipo de erro de erro. Os cuidados com os materiais utilizados para revestimento do túnel fotométrico também são válidos. Sugere-se que paredes, teto e piso do túnel sejam pintados de preto fosco ou cobertos com veludo preto.

Temperatura ambiente

Salvo especificação contrária, os ensaios devem ser realizados a temperatura ambiente de $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$. A temperatura pode ter influência significativa se estivermos trabalhando com lâmpadas a descarga. Deve-se tomar cuidado com correntes de ar. A máxima corrente de ar recomendada é de 0,08 m/s.

Estabilização da luminária

Podemos considerar que a lâmpada ou a luminária já estão estabilizadas se após três medições consecutivas, espaçadas de 15 min, os valores não apresentarem variação superior a 0,5%.

Condições especiais para luminárias equipadas com lâmpadas fluorescentes compactas

Deve ser dada a devida atenção à posição de operação das lâmpadas fluorescentes compactas. Nessas lâmpadas gotinhas de mercúrio se condensam na parte mais fria do tubo. Se colocarmos a lâmpada com a base para cima, o ponto vai ser um, se instalamos a lâmpada com a base para baixo este ponto vai ser outro. Isto faz grande diferença nas características elétricas e fotométricas deste tipo de lâmpada. Sugere-se que estas lâmpadas sejam energizadas um tempo antes da realização de qualquer ensaio (preburning), com o propósito de que o mercúrio se aloque na parte mais fria da lâmpada. Este período é necessário para que possamos obter repetibilidade dos resultados.

Preburning

As lâmpadas fluorescentes compactas têm maior dificuldade de atingir a estabilização, se comparadas com as fluorescentes convencionais. Esse tipo de lâmpada deve passar por um período de preburning de 15 horas com tensão de alimentação variando no máximo em $\pm 5\%$. Neste período de preburning, as lâmpadas devem operar com a base para cima e a temperatura ambiente não deve ultrapassar 40°C . Se as lâmpadas forem sazoadas com a base para cima, e tomarmos os devidos cuidados no seu manuseio, o período de preburning não é necessário.

Transferência da lâmpada para o circuito

Normalmente o local do preburning é diferente do local que vai ser realizado o teste. Para deslocarmos a lâmpada do circuito de teste temos que tomar determinados cuidados:

manter a mesma orientação da lâmpada do período de preburning;
evitar que a lâmpada caia ou sofra qualquer tipo de choque mecânico;
a lâmpada se torna menos sensível ao movimento se ao desligarmos a deixarmos pelo menos 15 minutos na posição.

Vale aqui aquela observação inicial de que antes de realizar qualquer ensaio deve-se sempre consultar um procedimento. Este texto tem finalidade didática e não é um procedimento completo de laboratório.

Procedimento de teste

Centro fotométrico das lâmpadas

Na Figura 3, temos algumas definições para Centros Fotométricos para alguns tipos de lâmpada. Para as lâmpadas a descarga a alta pressão, sugerimos o centro do tubo de descarga. Para uma lâmpada fluorescente tubular o ponto médio do comprimento da lâmpada no centro da superfície difusora.

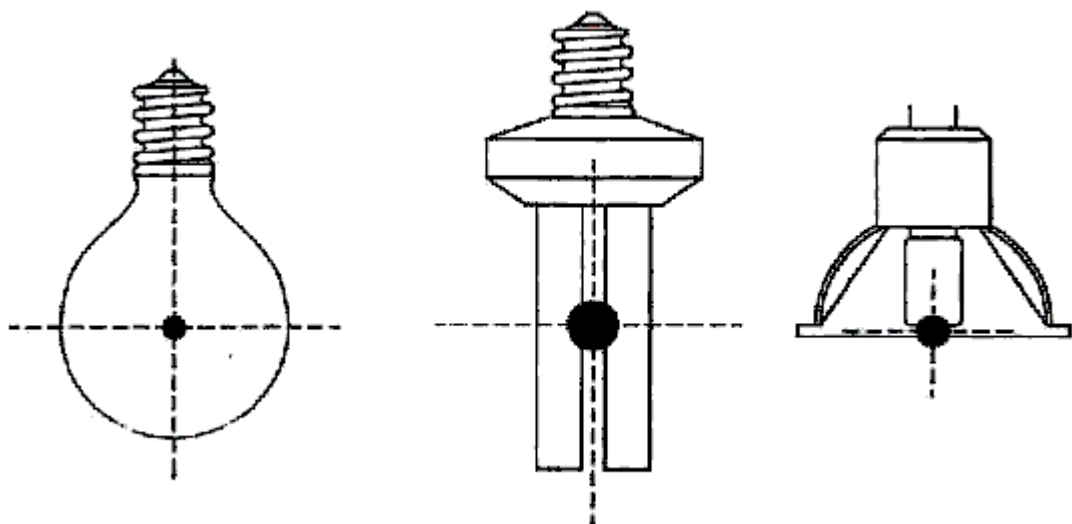


Figura 3 – Centro Fotométrico de Lâmpada Incandescente, Fluorescente Compacta e com Refletor Incorporado

Centro fotométrico da luminária

Na Figura 4 temos alguns exemplos de definição de centros fotométricos de luminárias. De um modo geral, pode dizer que, quando a lâmpada é aparente na luminária utilizamos como centro o próprio centro da lâmpada ou um que o contenha e, quando a lâmpada não aparece, utilizamos como referência o maior plano por onde a luz emite da luminária.

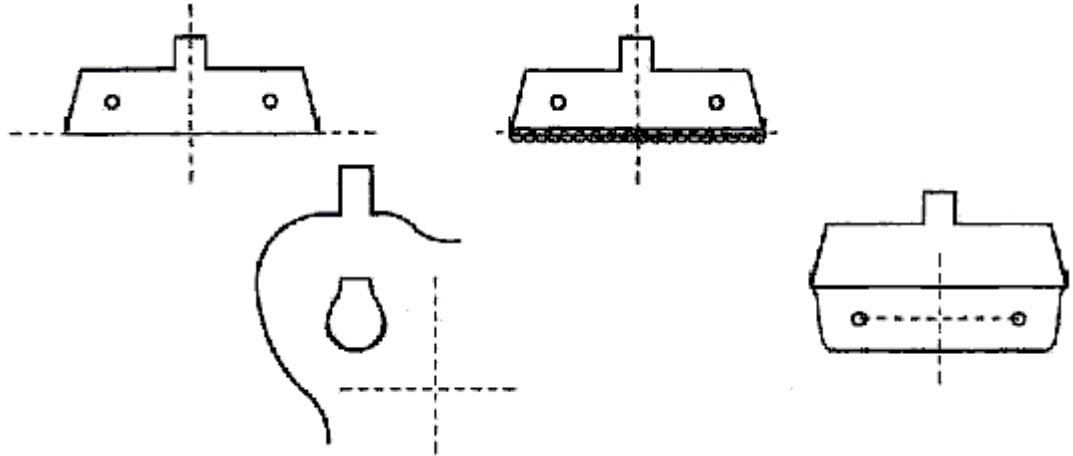


Figura 4 – Centro Fotométrico de Luminárias

Distância de teste

A distância de teste é a distância entre a fotocélula e o centro fotométrico da lâmpada ou luminária. Durante todo o nosso curso falamos que as dimensões da fonte de luz deveriam ser desprezíveis frente à distância entre a esta e a fotocélula (fonte pontual).

Chegou a hora de analisarmos sob quais condições podemos considerar isto como verdadeiro. Para iniciarmos a discussão, vamos partir da observação da Figura 5. A distância D não é muito grande comparada com o tamanho da fonte ($2R$). Assim, a lei do inverso do quadrado da distância não é aplicável para a fonte toda. Vamos considerar um elemento diferencial contido nessa fonte onde podemos aplicar a lei do inverso do quadrado da distância,

$$dE = \pi D^2 L [(2r dr) / (D^2 + r^2)^2]$$

Integrando a equação,

$$E = \pi D^2 L \int_0^R (2r dr) / [(D^2 + r^2)^2] = (\pi L R^2) / (D^2 + R^2)$$

A intensidade diferencial da fonte na direção de P será

$$dI = [L(2\pi r dr)D] / (D^2 + r^2)^{3/2}$$

Integrando a equação,

$$I = 2\pi L \int_0^R (r dr D) / (D^2 + r^2)^{3/2}$$

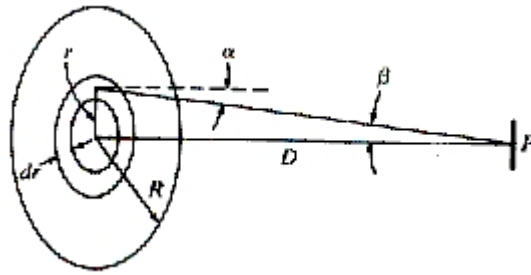


Figura 5 – Estudo do Critério de Pontualidade

Para um dado valor de R e L , se compararmos os valores obtidos pela lei do inverso do quadrado da distância e pela equação de E obtida acima, para diversos valores de D , veremos que, a partir de uma distância de $5D$ a diferença entre os dois valores é menor do que 1%. Vale lembrar que, isto só é válido, para fontes que tenham a mesma geometria desta do exemplo e que a luminância não apresente variações significativas. Para fontes quadradas difusas, por exemplo, sabe-se que é conveniente aplicar distâncias acima de 7 vezes a maior dimensão da fonte para obter erro menor do que 1%.

Exercícios propostos:

- 1) Para a curva de distribuição de intensidades luminosas da Figura 4, da aula 6 (plano 0° - 180°), determinar as luminâncias de 45° a 85° supondo que a luminária seja de embutir e tenha as seguintes dimensões: (1,20x0,20)
- 2) Qual a diferença entre um luxímetro e um luminômetro?
- 3) Qual critério podemos utilizar para escolher uma lâmpada de ensaio para luminárias fluorescentes?
- 4) Cite 5 condições de ensaio para luminárias para interiores e explique.
- 5) Quais cuidados especiais devemos tomar com as lâmpadas fluorescentes compactas? Explique.
- 6) Mostre, através de uma simulação, que a diferença entre o uso da lei do inverso do quadrado da distância e a fórmula obtida na aula é menor do que 1% para distâncias acima de $5D$.

Bem, vamos ficando por aqui. Na próxima aula estudaremos aspectos de fotometrias de luminárias para iluminação pública. 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 Communicated**. Pennsylvania, 1994.
- **Approved Method for Photometric Testing of Indoor Fluorescent Luminaire** - LM-41 (IESNA).
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE CIE 121 : **The photometry and goniophotometry of luminaires**. 1996
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE CIE 29.2 : **Guide on Interior Lighting** (Second Edition).
- **Manual de Iluminação** - Philips

Organização e promoção

Lumière revista

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

Editora Lumière ©2003 - 2004 Todos direitos reservados.

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