


www.revistalumiere.com.br
[glossário](#)
[anuário](#)
[assinaturas](#)

[serviço de consultas](#)


editorial

Aula 6 22/Oct/04 18:10

[Agenda & Cursos](#)
[Serviços & Produtos](#)
[Livros & Catálogos](#)
[Galeria de fotos](#)
[Últimas notícias](#)
[Links úteis](#)

CURSO DE FOTOMETRIA ON-LINE LUMIÈRE/IEE

Aula 6: Fotometria de luminárias para interiores

Por Rina
 Instituto de Eletrotécnica e L

Colunistas

[Curso de Fotometria](#)
[Artigos & Pesquisas](#)
[Luz e Biofísica](#)
[Iluminação Cênica](#)

Prezados Leitores, na última aula conhecemos os principais métodos de determinação de fluxo luminoso. Nesta e os sistemas de planos da CIE e fotometrias de luminárias para interiores. Vamos ver a curva de distribuição, o re, tabela de fatores de utilização. Então vamos lá...

Sistemas de Planos CIE

Até agora estudamos as fotometrias baseadas num sistema de goniofotômetros, que é utilizado pela IESNA. A (C Internationale de L'Éclairage (CIE) estabelece um sistema de planos para fotometria. É importante conhecer os d em determinadas aplicações usaremos um sistema ou o outro. Por exemplo, para gerarmos os arquivos digitais I sistema IESNA. No caso da levantarmos a curva de luminância, usaremos o sistema CIE. Existem três sistemas de β e C , γ .

editora lumière

[Revista Lumière](#)
[Revista L+D](#)
[Revista GTD](#)
[Anuário](#)
[Glossário](#)
[Quem somos](#)

Características dos sistemas

Antes de estudarmos as características dos sistemas de planos vamos fazer algumas definições que serão utilizad

publicidade

[Anuncie](#)
[Pautas 2005](#)

Posição de Projeto: Posição em que a luminária é projetada para ser utilizada.

Centro Fotométrico da Luminária: Um ponto na luminária que está sobre a linha resultante da intersecção de referência e que é escolhido para a aplicação da lei do inverso do quadrado da distância.

prêmio top10

[2001](#)
[2002](#)
[2003](#)
[O que é](#)

Primeiro Eixo da Luminária: Eixo contendo o centro fotométrico da luminária, que é utilizado como direção de correlacionar as medições fotométricas com a posição de projeto da luminária.

Segundo Eixo da Luminária: Eixo contendo o centro fotométrico da luminária, perpendicular ao primeiro, ligac que é usado junto com o primeiro para definir a posição de projeto da luminária.

menu principal

[home](#)
[fale conosco](#)
[Banco de profissionais](#)
[Orçamento on-line](#)

Sistema de planos A, α (Figura 1):

É um grupo de planos em que o eixo polar (linha de intersecção) passa pelo centro fotométrico da luminária e é p plano, contendo o primeiro e o segundo eixo.

Este sistema está rigidamente acoplado à luminária e segue sua inclinação. Geralmente, é utilizado para fotometr para interiores.

cadastro

Usuário

Senha

[Esqueceu a senha?](#)

[Sem conta? Crie uma](#)

Sistema de planos B, β (Figura 2):

É um grupo de planos em que o eixo polar passa pelo centro fotométrico da luminária e é paralelo ao segundo eixo. Este sistema também está acoplado rigidamente à luminária e segue sua inclinação. Geralmente este sistema é u fotometria de projetores.

Sistema de planos C, γ (Figura 3):

É um grupo de planos em que o eixo polar é uma linha vertical passante pelo centro fotométrico da luminária.

Este sistema é rigidamente orientado no espaço e não segue a inclinação da luminária. Geralmente, utilizado para luminárias para interiores e iluminação pública.

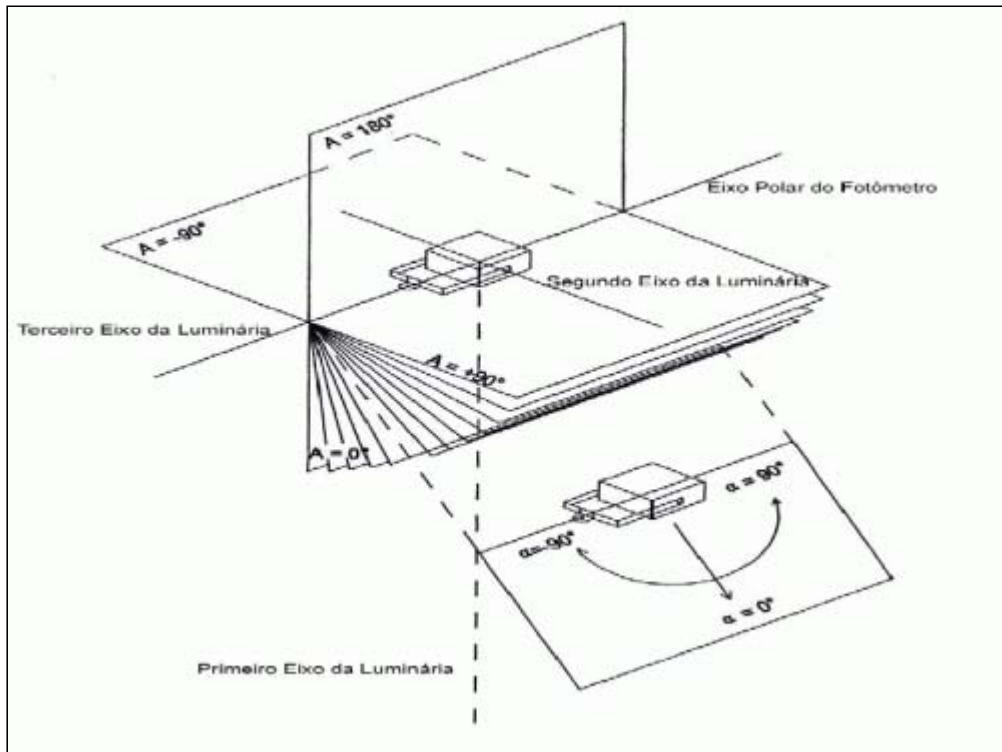


Figura 1 – Planos A, α .

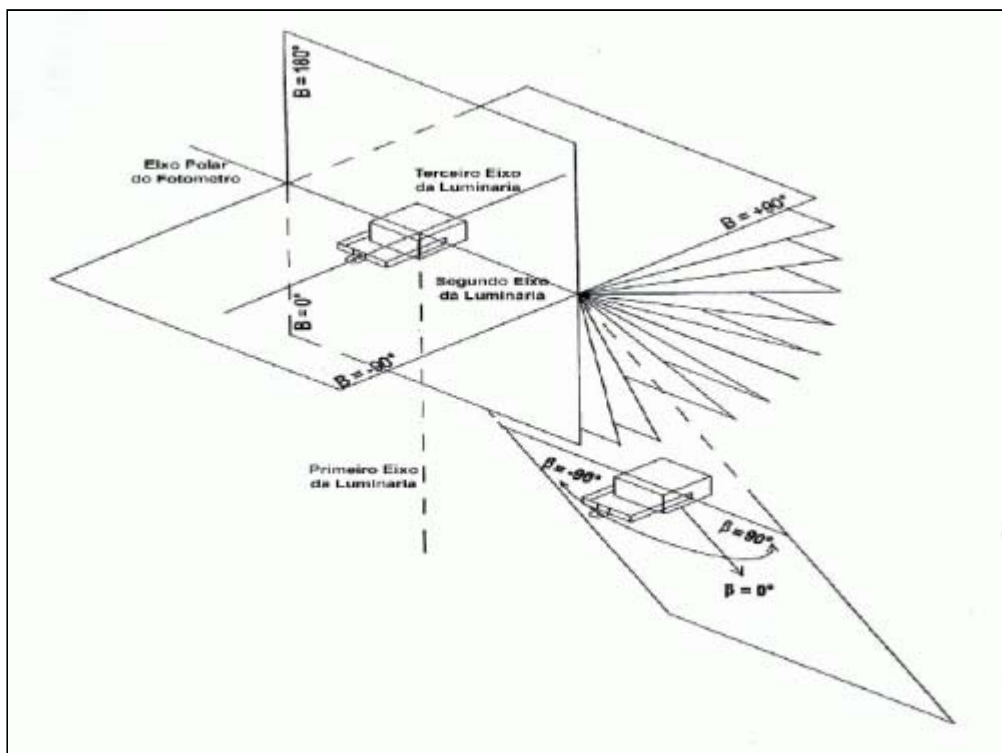


Figura 2 – Planos B, β .

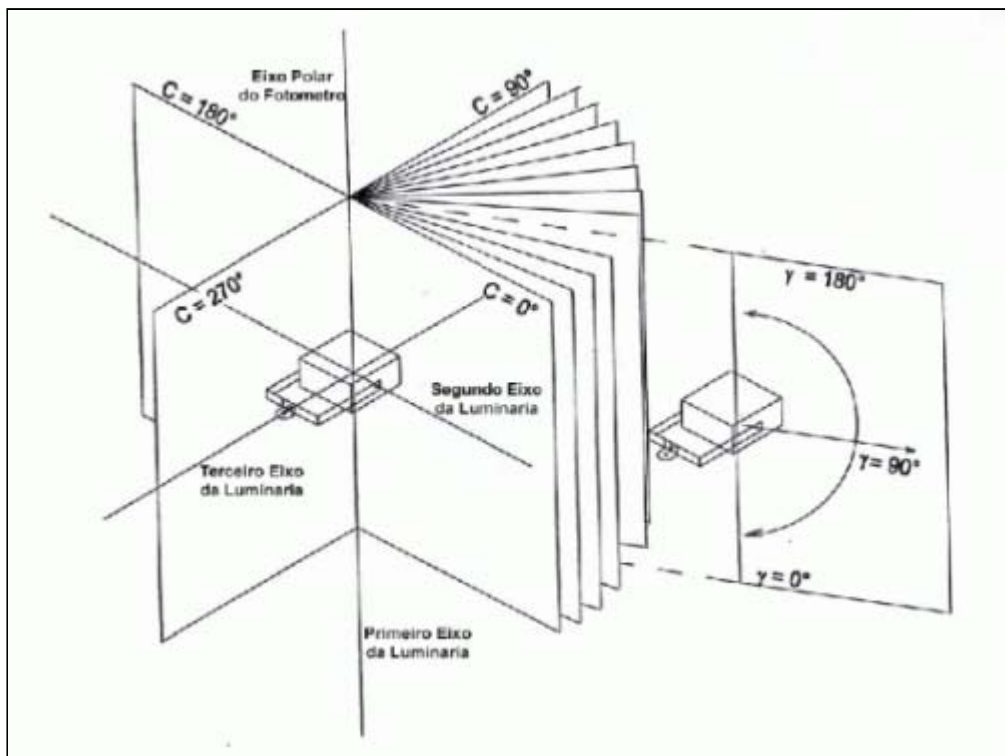


Figura 3 – Planos C, γ

Fotometrias de Luminárias para Interiores

Para podermos utilizar uma luminária, em um dado projeto, precisamos conhecer algumas características fotométricas como:

- curva de distribuição de intensidades luminosas;
- rendimento;
- tabela dos fatores de utilização;
- curva de luminância.

A curva de distribuição de intensidades luminosas, em um dado plano, dá a quantidade de fluxo luminoso, emitido em cada direção. Com este dado podemos calcular a iluminância em qualquer ponto, dentro de uma sala, em que esteja instalada. No caso de utilizarmos softwares para projeto, precisaremos desta curva em formato IES.

Em geral, a luminária faz uso de refletores para direcionar o fluxo luminoso. Neste processo, temos uma perda que acontece através do rendimento da luminária, ou seja, a relação entre o fluxo luminoso total emitido pela luminária e a soma dos fluxos luminosos emitidos pelas lâmpadas.

Ele é um dado importante do ponto de vista energético, pois uma parte da energia que é transformada em fluxo luminoso aproveitada: quanto menor o rendimento, maior o desperdício de energia. Por isso, nem sempre conseguimos atender às necessidades de consumo com as necessidades de conforto ambiental associadas à iluminação.

Para obter as curvas de distribuição de intensidades luminosas e as tabelas de fatores de utilização, fazemos uso de goniôfotômetros. O rendimento pode ser obtido tanto em goniôfotômetro, quanto em esfera integradora. A curva pode ser obtida utilizando-se um luminômetro, ou calculando-se a luminância a partir da intensidade luminosa aparente em cada direção.

A curva de distribuição de intensidades luminosas

Na Figura 4 temos um exemplo de duas curvas de distribuição de intensidades luminosas levantadas para uma lâmpada fluorescente tubular.

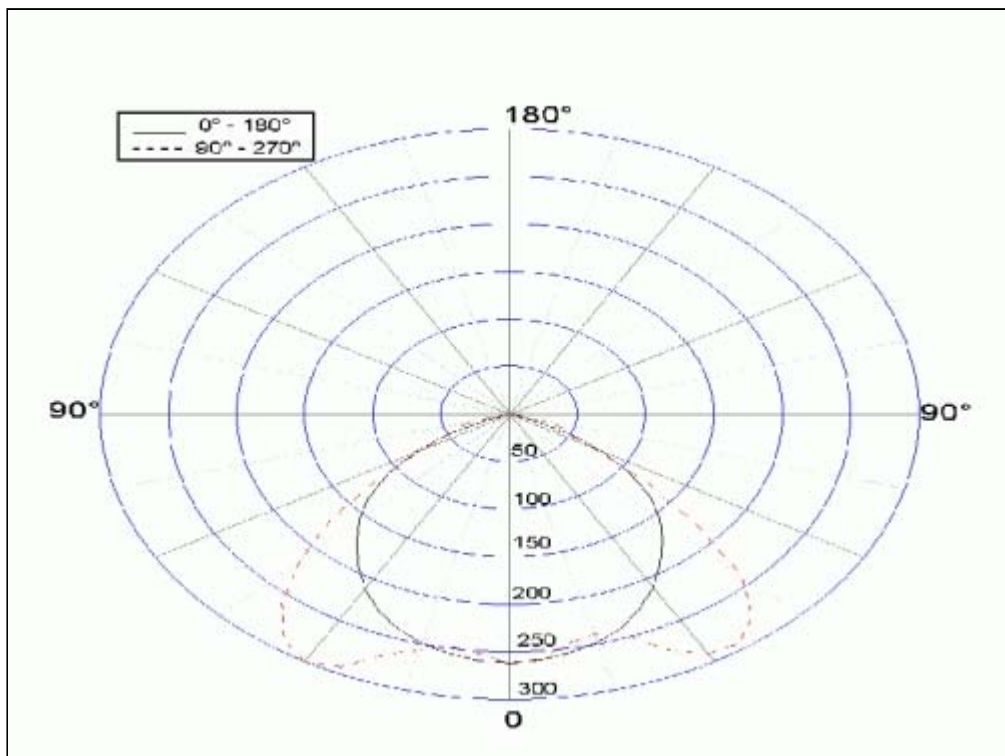


Figura 4 – Curva de distribuição de intensidades luminosas em dois planos ortogonais para uma luminária com duas lâmpadas fluorescentes tubulares (valores em cd/klm).

A linha contínua se refere ao plano que corta a luminária no sentido dos comprimentos das lâmpadas e a tracejada corta a luminária no sentido transversal, dividindo o comprimento das lâmpadas ao meio. Embora representemos num mesmo plano, no espaço estas curvas formam um ângulo de 90° (veja Planos C, γ).

Podemos levantar a curva de uma luminária em qualquer plano horizontal (planos obtidos por rotação do eixo na apenas nestes dois. Geralmente as curvas são dadas nestes dois planos, mas nada impede que levantemos a curvas em outros planos).

Podemos observar também que os valores são dados em cd/klm.

Para chegarmos nestes valores, em laboratório, basta dividir os valores de intensidade luminosa determinados e pela soma dos fluxos das lâmpadas. Isto facilita a utilização da curva, pois o usuário saberá em cada direção qual a intensidade luminosa emitida para cada klm do fluxo das lâmpadas. Desta forma a curva se torna genérica. Basta multiplicar a soma das intensidades luminosas das lâmpadas, que serão utilizadas, em klm, pelo valor obtido da curva, para obtermos o valor da intensidade luminosa em candelas, numa dada direção.

Exemplo:

Para o caso da curva da linha contínua temos aproximadamente 210 cd/klm na direção de 30°. Se utilizarmos, nesta luminária, duas lâmpadas cujo fluxo luminoso some 5klm, teremos a seguinte intensidade luminosa emitida nesta direção.

Isto é válido se as lâmpadas tiverem formato e dimensões semelhantes. Estas curvas dependem essencialmente da luminária. Se mudarmos o formato ou o tamanho da lâmpada, a curva pode não ser mais a mesma.

A esta altura já dá para percebermos que, para obter a curva de distribuição de intensidades luminosas de uma luminária instalada em um goniôfotômetro, definiremos os planos e, dentro destes planos, determinaremos a intensidade luminosa em vários ângulos.

Determinação do Rendimento

Podemos determinar o rendimento de uma luminária através de esfera integradora ou do método do fluxo zonal (veja aula 5).

O método da esfera integradora é semelhante à determinação de fluxo luminoso de uma lâmpada. A diferença é compararmos uma lâmpada de fluxo conhecido com a lâmpada que desejamos determinar o fluxo luminoso, com a medição da lâmpada fora da luminária, com a medição da luminária. Valem as mesmas observações com relação ao método auxiliar (veja aula 5). Na Figura 5 temos uma ilustração da determinação de rendimento de uma luminária em esfera integradora.

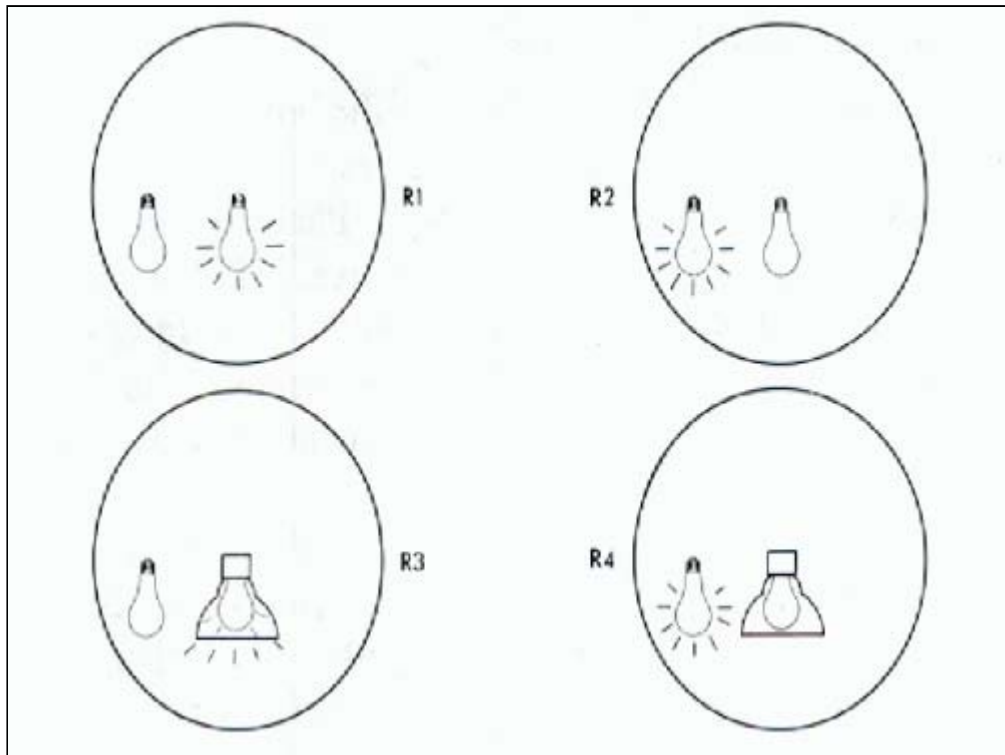


Figura 5 - Determinação de Rendimento em Esfera Integradora

O rendimento da luminária será dado por:

$$R = [(R2R3)/(R1R4)] \times 100\%$$

Se quisermos determinar o rendimento pelo método do fluxo zonal, basta determinarmos o fluxo luminoso total e a luminária e dividir pela soma dos fluxos das lâmpadas.

Tabela de Fatores de Utilização

Descreveremos aqui o procedimento IESNA para determinação dos fatores de utilização (coeficientes de utilização) disso vamos definir o que é o fator de utilização.

Fator de Utilização: De uma instalação em relação a uma superfície de referência dada, é a razão do fluxo luminoso por esta superfície, para a soma dos fluxos luminosos individuais da instalação.

As primeiras Tabelas de Coeficientes de Utilização foram desenvolvidas por Harrison e Anderson, entre 1915 e 1919, com base em medições de iluminância produzidas por uma distribuição específica de luminárias sob várias condições da sala. Posteriormente, fizeram diversas medições usando luminárias em 1950. Estes pesquisadores descobriram que era necessário classificar matematicamente tanto o formato da sala quanto a distribuição de luz das luminárias.

Estas classificações foram refinadas progressivamente por sucessivos pesquisadores, aumentando a exatidão e a aplicação. Fazendo uso de dados de interreflexão de Moon e Spencer, Jones e Neidhart introduziram um procedimento de coeficientes de utilização, a partir de dados convencionais de fotometria, incluindo meios para determinar qual a luminária que atingiria cada parede da sala diretamente. O sistema IES que partiu destes conceitos ficou conhecido como Zonal-Factor Interreflectance Method.

Os primeiros procedimentos tinham limitações para lidar com determinados itens, tais como: comprimentos de onda das luminárias, localização dos planos de trabalho, variações na refletância das paredes, etc. Os modernos sistemas não podem ter restrições quanto à colocação de luminárias e o procedimento de cálculo precisa ser claro e flexível. O sistema atual de cálculo dos fatores de utilização se baseia no Método das Cavidades Zonais e na Teoria de Transferência de Fluxo. Não vamos descrever estas teorias aqui, quem quiser se aprofundar nestes conhecimentos poderá procurar procedimentos citados na bibliografia.

Na Tabela 1 temos um exemplo de Tabela de Fatores de Utilização.


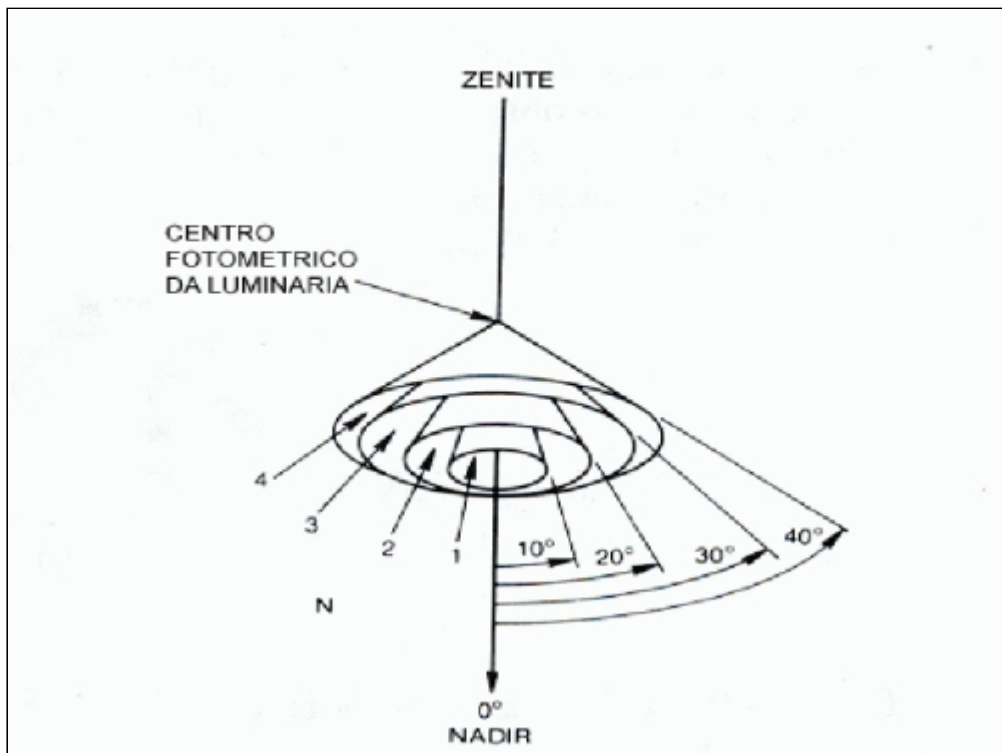
Luminária típica	Dados básicos	PCT	80			50			10		
		Pp	50	20	10	50	30	10	50	30	10
		R _{CR}	Fator de utilização $\rho / PC_p = 20\%$								
 Luminária com difusor inferior	1	,60	,57	,55	,56	,54	,53	,52	,51	,50	
	2	,52	,49	,46	,49	,47	,44	,46	,44	,42	
	3	,46	,42	,39	,44	,40	,37	,41	,38	,36	
	4	,41	,36	,33	,39	,35	,32	,36	,34	,31	
	5	,36	,31	,28	,34	,30	,27	,32	,29	,26	
	6	,32	,27	,24	,31	,27	,23	,29	,26	,23	
	7	,29	,24	,21	,28	,23	,20	,26	,23	,20	
	8	,26	,21	,18	,25	,21	,17	,23	,20	,17	
	9	,23	,18	,15	,22	,18	,15	,21	,17	,15	
	10	,21	,16	,13	,20	,16	,13	,19	,16	,13	

Tabela 1 – Fatores de Utilização: ρ_{CT} = refletância da cavidade do teto; ρ_P = refletância das paredes; ρ_{CP} = refletância da cavidade do piso; RCR = room cavity ratio.

Vamos ver como obter esta tabela a partir de medições de laboratório.

Descrição do Procedimento

1) Definir 18 zonas de 10° do nadir até o zênite, em torno da luminária



2) Determinar o fluxo luminoso Φ_N em cada zona;

3) Determinar as seguintes funções de fluxo adicionais:

$$\phi_D = (1/\phi_T) \sum_{N=1}^9 \phi_N$$

$$\phi_U = (1/\phi_T) \sum_{N=10}^{18} \phi_N$$

onde ϕ_T é o fluxo luminoso total das lâmpadas instaladas na luminária.

4) Determine a relação direta, D_G , que é a fração do fluxo da luminária abaixo da horizontal que incide diretamente de trabalho.

$$D_G = (1/\phi_D \phi_T) \sum_{N=1}^9 (K_{GN} \phi_N)$$

onde:

G = room cavity ratio (RCR)

KGN = multiplicadores zonais

Os multiplicadores zonais são a fração do fluxo emitido abaixo da luminária, que atinge o plano de trabalho, para valor de KGN é dado por

$$K_{GN} = \exp(-AG^B)$$

Os valores das constantes A e B são dados na Tabela 2.

5) Determinar os parâmetros C1, C2, C3 e C0. ρ_1 é a refletância da parede, ρ_2 é a refletância da cavidade do teto, ρ_3 é a refletância da cavidade do piso que é tomada como 0,2 para tabelas padrões de coeficientes. f_{2-3} é o fator de transferência de fluxo (Tabela 3).

$$\begin{aligned} C_1 &= [(1-\rho_1)(1-f_{2 \rightarrow 3}^2)G] / [2,5\rho_1(1-f_{2 \rightarrow 3}^2) + Gf_{2 \rightarrow 3}(1-\rho_1)] \\ C_2 &= [(1-\rho_2)(1+f_{2 \rightarrow 3})] / [1+\rho_2 f_{2 \rightarrow 3}] \\ C_3 &= [(1-\rho_3)(1+f_{2 \rightarrow 3})] / [1+\rho_3 f_{2 \rightarrow 3}] \\ C_0 &= C_1 + C_2 + C_3 \end{aligned}$$

6) Determinar o coeficiente de utilização.

$$CU = [2,5\rho_1 C_1 C_3 (1-D_G) \phi_D] / [G(1-\rho_1)(1-\rho_3)C_0] + (\rho_2 C_2 C_3 \phi_U) / [(1-\rho_3)C_0] + \{1 - [\rho_3 C_3 (C_1 + C_2)] / [(1-\rho_3)C_0]\} [(D_G \phi_D) / (1-\rho_3)]$$

7) No caso de RCR igual a zero, podemos re-arranjar as equações para evitar divisão por zero. Teremos então,

$$CU(G=0) = (\phi_D + \rho_2 \phi_U) / (1 - \rho_2 \rho_3)$$

TABELA 2 – Constantes para equação do multiplicador zonal

N	A	B
1	0	0
2	0,041	0,98
3	0,070	1,05
4	0,100	1,12
5	0,136	1,16
6	0,190	1,25
7	0,315	1,25
8	0,640	1,25
9	2,10	0,80

TABELA 3 – Fator de Forma para o Sistema das Cavidades Zonais

RCR	$f_{2 \rightarrow 3}$
0	1,000
1	0,827
2	0,689
3	0,579
4	0,489
5	0,415
6	0,355
7	0,306
8	0,265
9	0,231
10	0,202

Obs.: Esta Tabela só é válida para ambientes em que Comprimento/Largura = 1,6.

Exemplo de Cálculo:

Uma luminária apresentou os valores de fluxo zonal constantes na Tabela abaixo:

ZONA	FLUXO LUMINOSO (lm)
1	700
2	750
3	600
4	450
5	300
6	200
7	180
8	100
9	50

Calcular o Fator de Utilização para RCR = 1, sabendo que:

$$\begin{aligned} \phi_T &= 5.000 \text{ lm;} \\ \rho_1 &= 0,5; \\ \rho_2 &= 0,8; \\ \rho_3 &= 0,2. \end{aligned}$$

Resolução:

Vamos iniciar a resolução calculando ϕ_D :

$$\phi_D = (1/\phi_T) \sum_{N=1}^9 \phi_N = 3.330/5.000 = 0,666$$

$\phi_U = 0$, pois não temos fluxo emitido para cima.

Vamos partir para o cálculo de K_{GN} , para podermos calcular D_G .

Sabemos que $G = RCR = 1$, então precisaremos calcular K_{11} , K_{12} , K_{13} , etc. Vamos montar uma Tabela com os valores de K_{GN} e com os valores de $K_{GN} \times \phi_N$.

N	K_{GN}	ϕ_N	$K_{GN} \times \phi_N$
1	1	700	700
2	0,9598291	750	719,87183
3	0,9323938	600	559,43631
4	0,9048374	450	407,17685
5	0,8728426	300	261,8528
6	0,8269591	200	165,39183
7	0,7297888	180	131,362
8	0,5272924	100	52,729243
9	0,1224564	50	6,12282

$$D_G = (1/\phi_D \phi_T) \sum_{N=1}^9 (K_{GN} \phi_N) = 0,0003003 \times 3.003,9437 = 0,9020$$

Para o cálculo de C_1 , C_2 , C_3 e C_0 , sabemos que $f_{2 \rightarrow 3} = 0$ para $RCR = 1$.

$$C_1 = [(1-0,5)(1-0,683929)]/[2,5 \times 0,5(1-0,683929) + 0,827 \times (1-0,5)] = 0,1580355/(0,3950887 + 0,4135) = 0,195446$$

$$C_2 = (0,2 \times 1,827)/(1 + 0,8 \times 0,827) = 0,2199085$$

$$C_3 = (0,8 \times 1,827)/(1 + 0,2 \times 0,827) = 1,2541617$$

$$C_0 = 0,195446 + 0,2199085 + 1,2541617 = 1,6695162$$

CU será então,

$$CU = 0,0299203 + 0,6924045 = 0,7223248$$

Resposta: O Fator de Utilização é 0,72.

Observações:

Os valores dos fatores de utilização devem ser expressos com duas casas decimais. A exatidão dos cálculos matemáticos permite que se declarem mais casas decimais;

Nas tabelas padrões de fatores de utilização, a refletância da cavidade do piso é considerada como 20%. Para valores diferentes deste existem fatores de correção aproximados;

Em geral as tabelas de fator de utilização são extensas. No caso de precisar suprimir valores, recomenda-se o seguinte:

Para luminárias que tenham emissão de 0-35% do fluxo luminoso entre 90° e 180° declarar apenas as colunas de 10, e, para luminárias que tenham emissão de fluxo luminoso acima de 35% entre 90° e 180° declarar as colun

Exercícios Propostos:

1) Defina o sistema de planos C, γ

2) Da linha contínua da Figura 4, podemos dizer que a luminária emite 260 cd/klm na direção de 0°. Se instalarmos a luminária com duas lâmpadas cujos fluxos luminosos somem 6 klm, qual será a intensidade, em candelas, nesta direção?

3) Obtivemos os seguintes dados para determinação de rendimento de uma luminária, através de esfera integrada: $R_1 = 4,0lx$; $R_2 = 0,15lx$; $R_3 = 2,0lx$; $R_4 = 0,20lx$. Calcule o rendimento da luminária.

4) Foram obtidos os seguintes valores para luminária e lâmpadas, através do método do fluxo zonal:

$\Phi_{\text{luminária}} = 3.000lm$; $\Phi_{\text{lâmpada1}} = 2.600lm$; $\Phi_{\text{lâmpada2}} = 2.700lm$.

Sabendo-se que a luminária foi equipada com as duas lâmpadas durante o ensaio, qual o valor do rendimento?

5) Uma luminária apresentou os valores de fluxo luminoso por zona, para zona de 10°, que estão na tabela abaixo:

Zona	Fluxo Luminoso Zonal (lm)
1	400
2	350
3	270
4	190
5	150
6	100
7	70
8	30
9	5

*Qual o fator de utilização desta luminária para os seguintes dados:
RCR = 2; $\rho_1 = 0,5$; $\rho_2 = 0,8$; $\rho_3 = 0,2$; $\phi_r = 3.000 lm$.*

Bem, ficamos por aqui. Na próxima aula continuaremos estudando aspectos de fotometrias de luminárias para in

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5461** : Iluminação. São Paulo, 2002.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **Lighting handbook** : reference & application. Illuminating Engineering Society of North America, 9ª Ed., 2000.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **Lighting handbook** : reference & application. Illuminating Engineering Society of North America, 8ª Ed., 1993.
- MURDOCH, Joseph B. **Illumination engineering** : from Edison's lamp to the laser, Visions Communications, 1994.
- **Calculating Coefficients of Utilization, Wall and Ceiling Cavity Exitance** - LM-57 (IESNA).
- MOREIRA, Vinicius de Araújo. **Iluminação elétrica**. São Paulo : Edgard Blucher, 1999. 189p.
- COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE CIE 121 : **The photometry and goniophotometry of lu**

Organização e promoção

Lumière revista

Este material não pode ser reproduzido sem a devida autorização da Editora Lumière e do I

Editora Lumière ©2003 - 2004 Todos direitos reservados.

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