

# Iluminação

# Introdução

⇒ A iluminação é responsável por:

- 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial
- 44% no setor comercial
- 1% no setor industrial
- Iluminação pública é responsável por cerca de 3,3% da energia elétrica consumida no Brasil

# Boas Práticas de Consumo

- Instalação de sensores de presença
- Instalação de interruptores temporizados para controle de iluminação externa, letreiros, vitrines e luminosos
- Setorização: interruptores independentes
- Usar cores claras em paredes e teto
- Substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes
- Limpar luminárias periodicamente
- Aproveitar a iluminação natural
- Usar luminárias espelhadas aumenta a eficiência da iluminação

## Definições

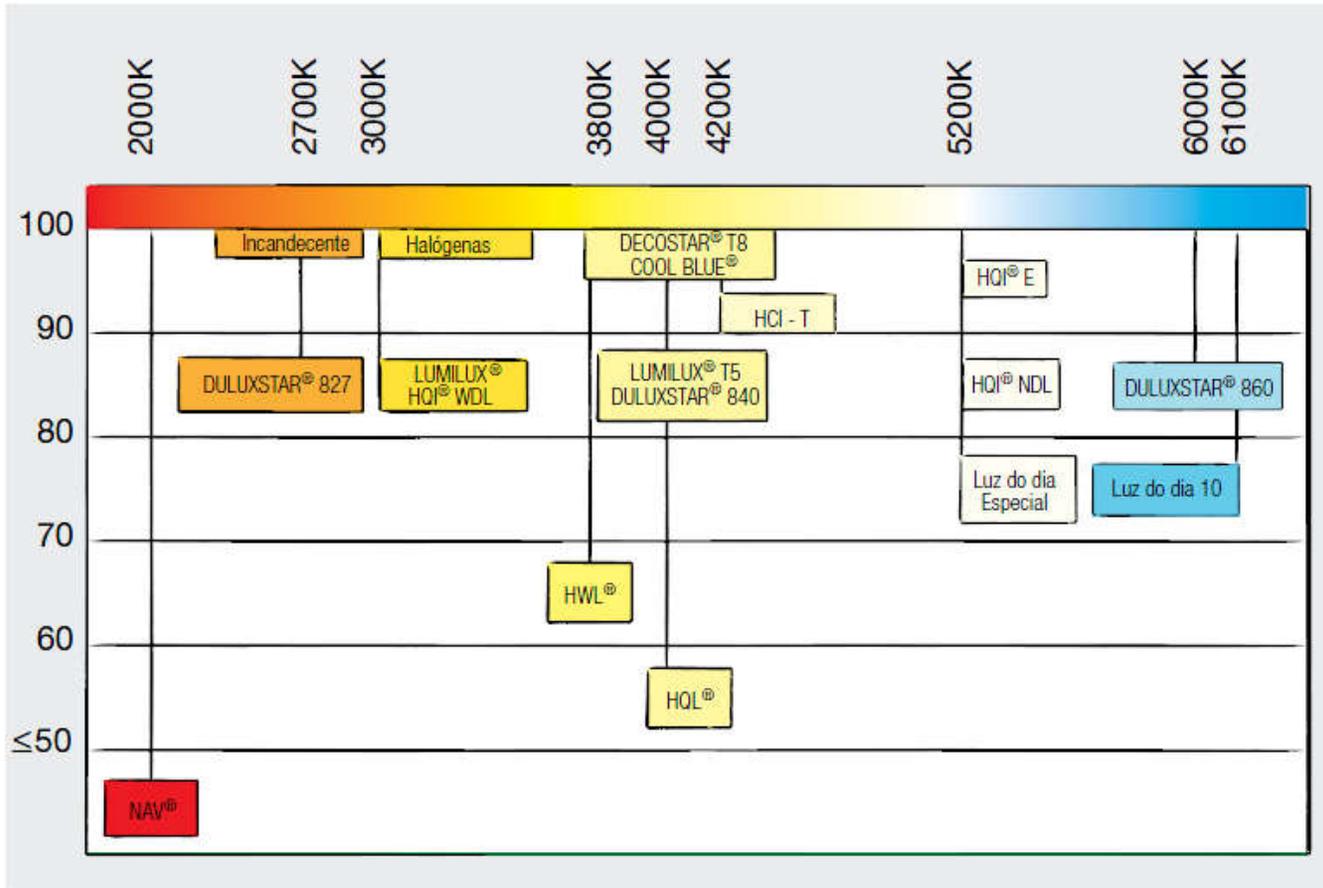
⇒ **Fluxo Luminoso:** radiação da fonte luminosa. É medido em *lúmens* (lm)

⇒ **Iluminância Média:** indica o fluxo luminoso sobre uma superfície situada a certa distância da fonte luminosa. Sua unidade é o *lux* (lx). Esta grandeza pode ser medida com o uso do luxímetro.

⇒ **Temperatura de cor:** relacionada com a semelhança da luz diurna solar. Varia de 1500 a 9000 K (Kelvin). Quanto mais próximo do azul, maior a temperatura de cor.

⇒ **Índice de reprodução de cores (IRC):** indica o quanto das cores iluminadas, em uma superfície padrão, são perfeitamente distinguíveis. Quanto maior o IRC, melhor será o equilíbrio entre as cores. Ex.: para lâmpadas incandescentes IRC = 100%.

# Definições



Temperatura de cor de lâmpadas da OSRAM

# Tipos de Lâmpadas

⇒ **Lâmpadas Incandescentes:** vida média em torno de 1000 h, temperatura de cor em torno de 2700 K, fluxo luminoso até 3400 lm, dependendo da potência da lâmpada.

## ⇒ **Lâmpadas Fluorescentes**

- Fluorescentes tubulares ou circulares: longa durabilidade com relação às incandescentes e alta eficiência na reprodução de cores. Disponíveis desde 2700 K a 6500 K; fluxo luminoso variando de 840 a 9350 lm e IRC variando de 70 a 100%.
- Fluorescentes compactas: com relação às lâmpadas incandescentes, apresentam consumo de energia 80% menor e durabilidade 10 vezes maior. 2700 a 4000 K, 800 a 1400 lm e IRC até 89%.

# Tipos de Lâmpadas

⇒ **Lâmpadas de descarga em alta pressão:** iluminação de ambientes em grandes áreas. Durabilidade de 9000 a 32000 horas. Podem demorar de 2 a 15 minutos para a estabilização total do fluxo luminoso. Necessitam de reatores e, em alguns casos, de ignitores.

- Vapor metálico: temperatura de cor 4000 a 6000 K; IRC de 70 a 100%.
- Vapor de sódio: longa durabilidade e muito econômica. Emite luz branca dourada e é utilizada em locais onde a característica de cor não é importante (estacionamentos, estradas, portos etc)
- Vapor de sódio branca: emite luz branca. Acionadas por reatores eletrônicos. Temperatura de cor pode ser alterada de 2600 K para 3000 K, ou vice-versa. Usada em áreas comerciais, edifícios históricos, stands, hotéis, teatros

# Tipos de Lâmpadas

- Vapor de mercúrio: aparência branca azulada. Normalmente usadas em vias públicas e áreas industriais.
- Luz mista: em geral representam alternativa de maior eficiência para a substituição de lâmpadas incandescentes, quando não se desejam as fluorescentes.



Vapor metálico

Vapor de sódio



Vapor de sódio branca

# Tipos de Lâmpadas



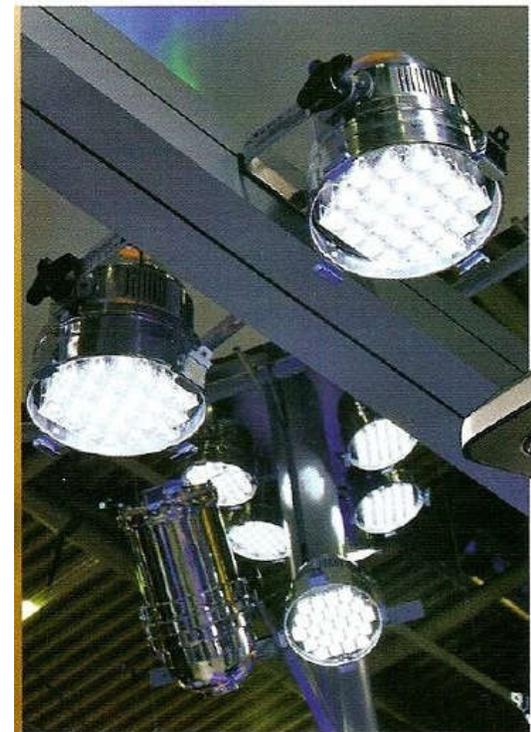
Vapor de mercúrio



Luz mista

# Tipos de Lâmpadas

- Lâmpadas de LED: longa durabilidade, alta eficiência, variedade de cores, dimensões reduzidas, baixo consumo de energia e pouca dissipação de calor,



# Tipos de Lâmpadas

- Lâmpadas de LED

## REQUISITOS TÉCNICOS REFERENTES A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### Características elétricas e fotométricas

O fluxo luminoso, IRC e ângulo do fecho luminoso das lâmpadas sob ensaio são medidos com uma esfera integradora ou com um goniofotômetro.

### Potência da lâmpada

A potência consumida pela lâmpada LED não pode exceder a potência declarada em mais do que 10 %.

### Fator de Potência e Limite de Correntes Harmônicas

Para lâmpadas de LED com potência nominal declarada de 5 W a 25 W, o fator de potência deve ser maior ou igual a 0,70. Já para lâmpadas com potência nominal maior que 25 W, o fator de potência deverá ser superior a 0,92.

### Temperatura de cor correlata (TCC) e índice de reprodução de cores (IRC)

A temperatura de cor correlata (TCC) nominal de uma lâmpada deve ser um dos seguintes valores: 2 700 K, 3 000 K, 3 500 K, 4 000 K, 4 500 K, 5 000 K, 5 500K, 5 700 K, 6 000K ou 6 500 K

O valor mínimo de IRC deve ser 80.

### Ensaio de manutenção do fluxo (lúmen) e definição da vida nominal

A vida de uma lâmpada LED é o resultado combinado do desempenho de manutenção do fluxo luminoso em 70% (L70) e da vida útil do dispositivo de controle eletrônico, devendo ser igual ou superior a: 15 000 h para lâmpadas decorativas e 25 000 h para os demais tipos.

### Ensaio de resistência

O dispositivo da lâmpada LED deve ser submetido aos ensaios de Ciclo Térmico, Ciclos de Comutação e Teste de Durabilidade.

### Eficiência e valores de fluxo luminoso para equivalência

A equivalência entre os modelos de lâmpadas LED e os modelos tradicionais de lâmpadas incandescentes, bem como as características mínimas devem seguir os valores de eficiência mínima apresentados no RTQ.

Enfim, deve estar em mente do consumidor que tudo isso vem protegê-lo de produtos de baixa qualidade e que daqui em diante, uma vez sendo os prazos definidos, todos os produtos LED do escopo deste regulamento técnico deverão ser testados nos requisitos acima, para ter aprovação e comercialização no mercado nacional.

Em uma próxima oportunidade, abordaremos os Requisitos de Avaliação da Conformidade, ou RAC, que definirá as regras do processo como um todo.

# Eficiência Luminosa de Lâmpadas

Lâmpada	Eficiência (lm/W)
Vapor de Sódio	120 a 150
Vapor Metálico	80
Vapor de Mercúrio	55
Fluorescente Compacta	65
Lâmpadas Mistas	25
Incandescentes	17

## LED

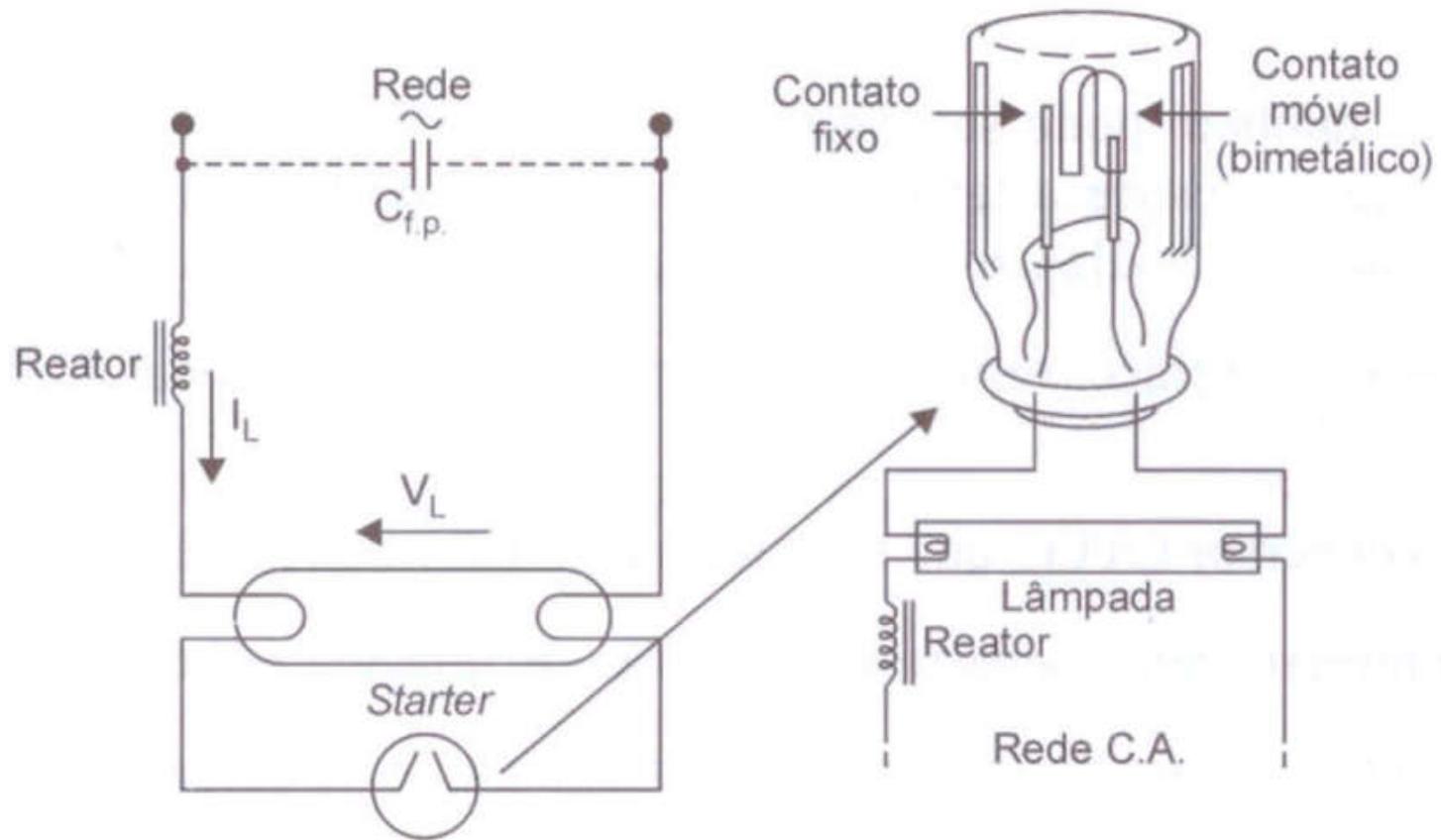
Fluxo [lm]	Potência [W]	Eficiência [lm/W]	Data
120	5	24	2002
300	7,5	40	2004
500	10	50	2006
1000	7	150	2012

# Reatores

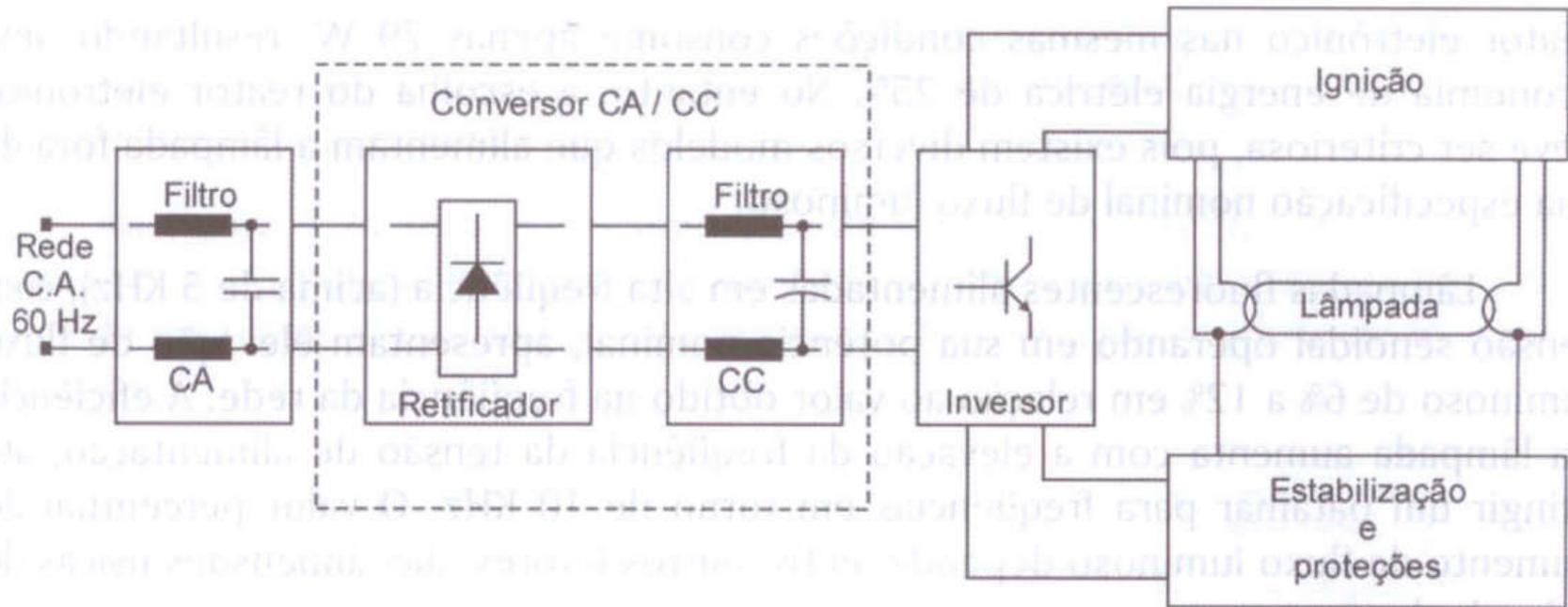
⇒ Equipamentos auxiliares para o acendimento de algumas lâmpadas de descarga. Serve para possibilitar a ignição da lâmpada e limitar sua corrente no valor nominal de operação.

- Eletromagnéticos: núcleo laminado de silício e bobinas de fio de cobre esmaltado. Apresentam baixo fator de potência.
- Eletrônicos: composto por conversores CA/CC e CC/CA, indutores e capacitores para alta frequência.
- Fator de fluxo luminoso (FFL): indica qual será o fluxo luminoso emitido pela lâmpada. Ex.: se uma lâmpada de 2700 lúmens for empregada com reator eletrônico de  $FFL = 1,1$ , ela emitirá **2970 lúmens**.
- Perdas no reator: valores informados pelo fabricante e que devem ser adicionados ao consumo final do conjunto lâmpada + reator.

# Reatores Eletromagnéticos com *Starter*



# Reatores Eletrônicos



⇒ **Qual a função dos filtros?**

# Reatores Eletrônicos x Eletromagnéticos

⇒ Eletrônico:

- Menor dimensão
- Maior rendimento
- Melhor fator de potência
- A eficiência de uma lâmpada fluorescente aumenta com o aumento da frequência da tensão de alimentação

# Cálculo Luminotécnico

⇒ **Foco**: iluminação de interiores

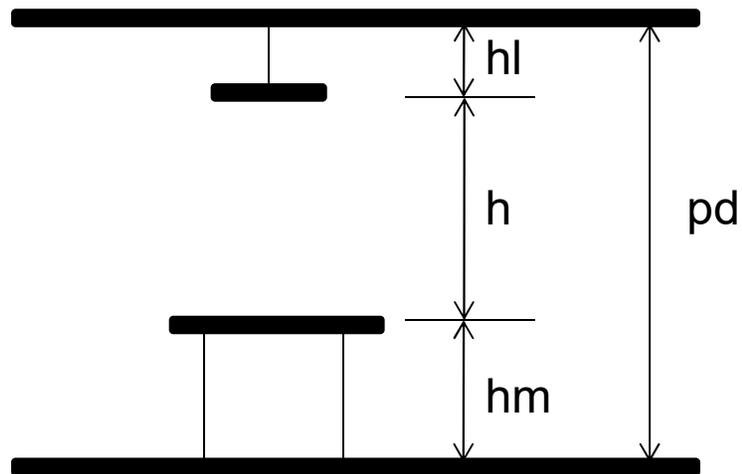
⇒ **Método dos Lúmens**: usado para determinar o número mínimo de lâmpadas e luminárias, considerando as dimensões e o tipo do ambiente a ser iluminado. Para tanto, devem ser executados os seguintes itens:

- Identificação das características do ambiente e escolha do nível de iluminamento
- Determinação do índice do recinto (K)
- Escolha das lâmpadas e luminárias
- Determinação do fator de utilização
- Cálculo do fluxo luminoso total
- Cálculo do número de luminárias
- Distribuição das luminárias

# Cálculo Luminotécnico

⇒ **Passo 1:** Identificar as seguintes características do ambiente

- Dimensões: comprimento, largura, pé direito
- Altura da montagem da luminária
- Cor do teto, paredes e pisos



$h_l$  = altura de suspensão da luminária

$h$  = altura da montagem

$h_m$  = altura do plano de trabalho

$pd$  = pé direito

# Cálculo Luminotécnico

⇒ **Passo 2**: Determinação do índice do recinto (K), que é a relação das suas dimensões, dado por:

- Iluminação direta:

$$K = \frac{c \cdot l}{h \cdot (c + l)}$$

- Iluminação indireta:

$$K = 3 \cdot \frac{c \cdot l}{2 \cdot (h + hl) \cdot (c + l)}$$

c = comprimento do recinto  
l = largura do recinto

hl = altura de suspensão da luminária  
h = altura da montagem  
hm = altura do plano de trabalho  
pd = pé direito

# Cálculo Luminotécnico

⇒ **Passo 3:** Determinação do fator de utilização (FU), que depende do tipo de luminária e das características do ambiente. Indica a eficiência do conjunto luminária, lâmpada e recinto.

⇒ Ex.: se uma luminária para lâmpada fluorescente tem  $FU = 0,82$  e nela é instalada uma lâmpada de 3100 lúmens, o fluxo luminoso utilizado será 2542 lúmens.

- É preciso conhecer a refletância do teto, paredes e o índice do recinto determinado no passo 2
- Os fabricantes fornecem o fator de utilização das luminárias considerando a reflexão nas superfícies escuras, médias, claras e brancas.
- Após determinar o índice K, este deve ser cruzado com os índices de reflexão do teto, parede e piso.

# Cálculo Luminotécnico

Coeficiente de reflexão das cores

<b>Cores</b>	<b>%</b>
<b>Branco</b>	<b>70 a 80</b>
<b>Creme claro</b>	<b>70 a 80</b>
<b>Amarelo claro</b>	<b>55 a 65</b>
<b>Rosa</b>	<b>45 a 50</b>
<b>Verde claro</b>	<b>45 a 50</b>
<b>Azul celeste</b>	<b>45 a 50</b>
<b>Cinza claro</b>	<b>45 a 50</b>
<b>Bege</b>	<b>23 a 35</b>
<b>Amarelo escuro</b>	<b>23 a 35</b>
<b>Marrom claro</b>	<b>23 a 35</b>
<b>Laranja</b>	<b>20 a 25</b>
<b>Vermelho</b>	<b>20 a 35</b>
<b>Cinza médio</b>	<b>20 a 35</b>
<b>Verde escuro</b>	<b>10 a 15</b>
<b>Azul escuro</b>	<b>10 a 15</b>
<b>Cinza escuro</b>	<b>10 a 15</b>
<b>Azul marinho</b>	<b>5 a 10</b>
<b>Preto</b>	<b>5 a 10</b>

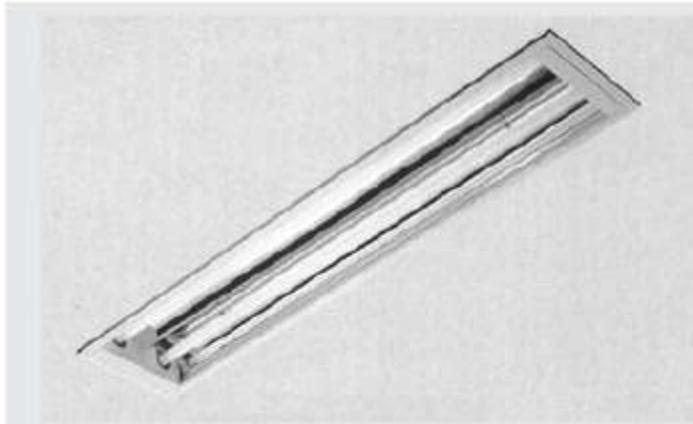
# Cálculo Luminotécnico

Para o índice de reflexão de cores, também pode-se usar os seguintes critérios:

- 1 - superfície escura - 10% de reflexão
- 3 - superfície média - 30% de reflexão
- 5 - superfície clara - 50% de reflexão
- 7 - superfície branca - 70% de reflexão

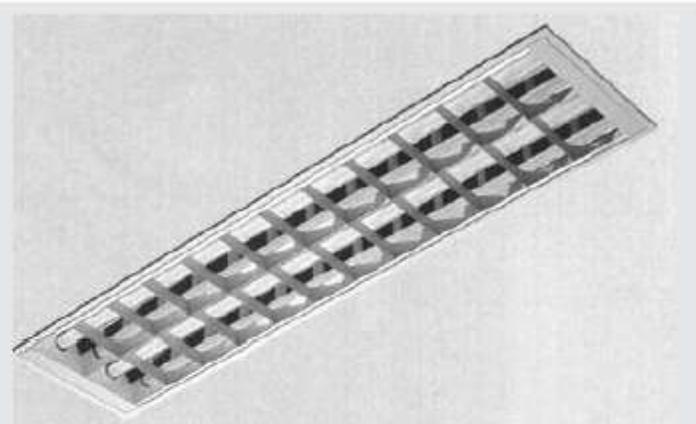
# Cálculo Luminotécnico

Fator de utilização de luminárias



C-2198/Embutir (2x16W/32W)

K	773	751	573	531	353	331	131	000
0,60	0,53	0,40	0,51	0,34	0,40	0,34	0,34	0,30
0,80	0,61	0,48	0,57	0,42	0,48	0,41	0,41	0,36
1,00	0,67	0,54	0,63	0,48	0,53	0,47	0,46	0,42
1,25	0,73	0,59	0,69	0,53	0,59	0,52	0,51	0,48
1,50	0,77	0,63	0,72	0,57	0,63	0,57	0,56	0,51
2,00	0,83	0,69	0,78	0,63	0,69	0,63	0,62	0,58



C-2261/Embutir (2x16W/32W)

K	773	751	573	531	353	331	131	000
0,60	0,43	0,33	0,41	0,29	0,33	0,29	0,29	0,25
0,80	0,50	0,39	0,48	0,35	0,39	0,35	0,35	0,31
1,00	0,54	0,45	0,52	0,40	0,45	0,39	0,39	0,36
1,25	0,60	0,48	0,56	0,45	0,49	0,44	0,43	0,41
1,50	0,63	0,51	0,59	0,48	0,52	0,47	0,47	0,44
2,00	0,67	0,56	0,63	0,52	0,57	0,51	0,51	0,48

- 1º algarismo: reflexão do teto  
 2º algarismo: reflexão das paredes  
 3º algarismo: reflexão do piso

# Cálculo Luminotécnico

⇒ **Passo 4:** Determinação do fator de perdas luminosas (FPL), que informa a perda do fluxo luminoso em função do acúmulo de poeira na luminária dado pelo ambiente, juntamente com a vida útil das lâmpadas. Pode ser obtido da tabela abaixo:

Ambiente	Período de Manutenção		
	2500h	5000h	7500h
<b>Limpo</b>	0,95	0,91	0,88
<b>Normal</b>	0,91	0,85	0,80
<b>Sujo</b>	0,80	0,66	0,57

# Cálculo Luminotécnico

⇒ **Passo 4:** fator de perdas luminosas... continuação

Período de uso sem limpeza (meses)	Ambiente limpo	Ambiente médio	Ambiente sujo
0	1,00	1,00	1,00
2	0,97	0,92	0,85
4	0,95	0,87	0,76
6	0,93	0,85	0,70
8	0,92	0,82	0,66
10	0,91	0,80	0,63
12	0,90	0,78	0,61
14	0,89	0,77	0,59
16	0,88	0,76	0,57
18	0,87	0,75	0,56
20	0,86	0,74	0,54

# Cálculo Luminotécnico

⇒ **Passo 5:** Identificar a iluminância média ( $E_m$ ) recomendada para o tipo de atividade exercida.

Segundo a NBR5413:

Tipo de Atividade	E (min)	E (med)	E (max)
Recintos para trabalhos não contínuos ou de transição (depósitos, dormitórios, sala de espera..)	100 lux	150 lux	200 lux
Trabalho com tarefas visuais limitadas como salas de aula, arquivo, auditório etc	200 lux	300 lux	500 lux
Trabalhos visuais normais como escritórios, lojas, bancos etc	300 lux	500 lux	750 lux
Recinto para trabalhos que se exige a visualização de detalhes como vitrines, indústrias de roupas etc	750 lux	1000 lux	1500 lux
Residências (cômodos em geral)	90 lux	100 lux	150 lux
Lojas (vitrines)	500 lux	700 lux	1000 lux

# Cálculo Luminotécnico

⇒ **Passo 6**: Definição do número mínimo de luminárias necessárias.

$$N = \frac{Em \cdot A}{n \cdot \varphi \cdot FU \cdot FPL}$$

A = área do recinto

n = quantidade de lâmpadas por luminária

Φ = fluxo luminoso da lâmpada (consultar fabricante)

# Cálculo Luminotécnico

⇒ **Passo 7**: Distribuição das luminárias.

- Normalmente o espaçamento entre as luminárias varia de 1 a 1,5 vezes o valor da altura útil (altura da luminária até o plano de trabalho) em todas as direções.
- O espaçamento até as paredes deve ser a metade do valor anterior.
- Caso o número calculado de luminárias for incompatível com os valores anteriores, procede-se a um ajuste de modo a não deixar o ambiente com sombras. Isso é feito aumentando o número de luminárias ou alterando sua disposição.

# Cálculo Luminotécnico

## ⇒ Via Simulação Computacional

⇒ Dialux

⇒ Radiance

# Índices Energéticos

⇒ Potência instalada (W)

⇒ Densidade de potência (W/m<sup>2</sup>)

⇒ Densidade de potência relativa (W/m<sup>2</sup> para /100 lx): densidade de potência total instalada para cada 100 lx de iluminância. Quanto menor for, mais eficiente é a instalação.

# Descarte de Materiais e Equipamentos

Regras de descarte:

- Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010)
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Resolução n° 267, de 14 de setembro de 2000, e Resolução n° 340, de 25 de setembro de 2003).
- ABNT NBR 15833 – Manufatura reversa – Aparelhos de refrigeração e Instrução Normativa n° 14, de 20 de dezembro de 2012, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

# Próxima Aula

- Correção de fator de potência