



Faculdade de Engenharia

Departamento de Engenharia Elétrica

Luminotécnica

Prof. Luiz Sebastião Costa

LUMINOTÉCNICA

Iluminar - distribuir luz de acordo com a percepção humana

Iluminação artificial

não consideramos a iluminação produzida pela luz natural

CONCEITOS ELEMENTARES

LUZ

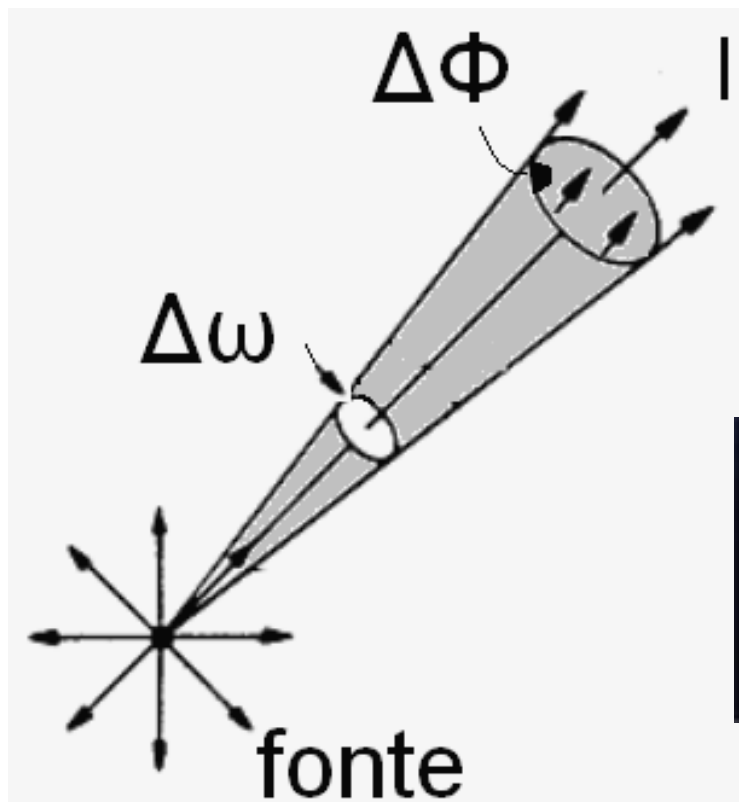
Você é a luz do meu caminho

LUZ

Aspecto de energia radiante que um observador humano constata pela sensação visual

Demais conceitos

INTENSIDADE LUMINOSA - I

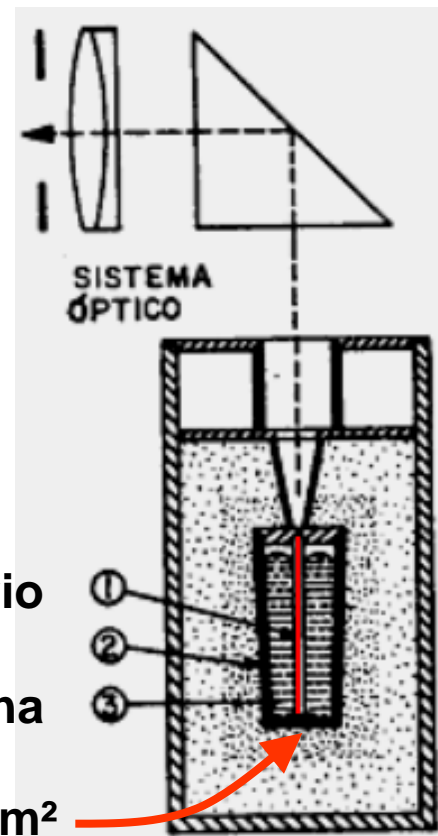


$$I = \lim_{\Delta\omega \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta\omega} \text{ [cd]}$$



- 1 óxido de tório
- 2 cadinho
- 3 massa platina

$A = 1/600\,000 \text{ m}^2$

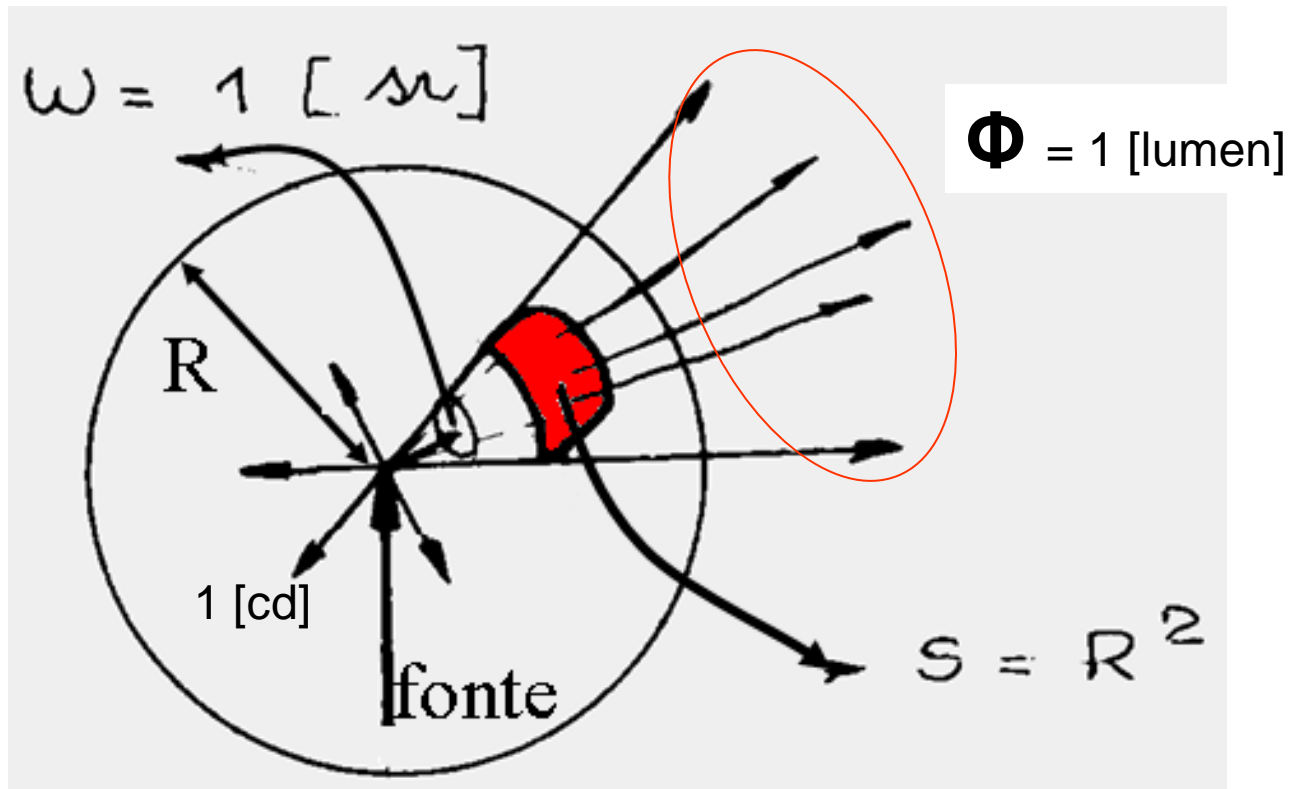


Unidade de intensidade luminosa: **candela [cd]**

FLUXO LUMINOSO

é a grandeza característica do fluxo energético

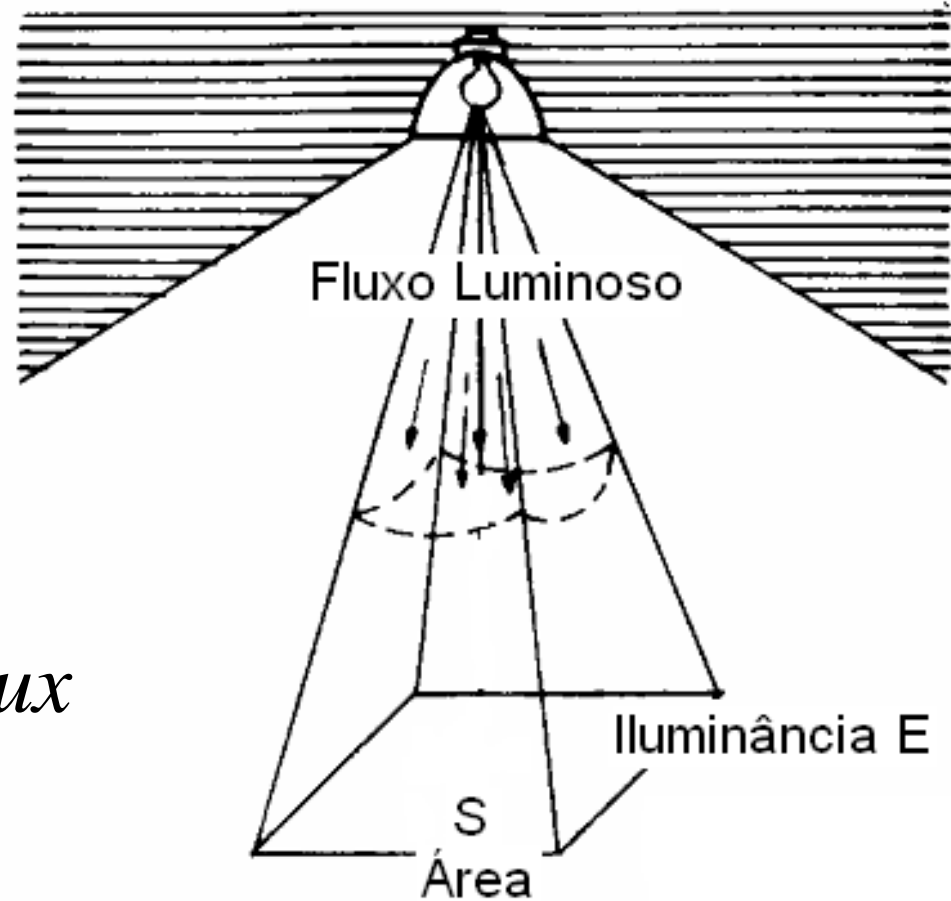
Unidade: **lumen [lm]**



ILUMINÂNCIA ou Iluminamento

$$E = \frac{\phi}{S}$$

$$E = \frac{\phi}{S} = \frac{1\text{lumen}}{1\text{m}^2} = 1\text{lux}$$



Unidade de iluminância [**lm/m²**] [**lux**]

FOTOMETRIA

fotômetros de comparação visual

fotômetros que utilizam células fotoelétricas

Células Fotoelétricas

transformam fluxo em grandezas elétricas.

princípios básicos de funcionamento

fotoemissão

fotovoltaico

fotocondução (LDR-Light dependent resistor)

foto diodos

FONTES de LUZ

Sol

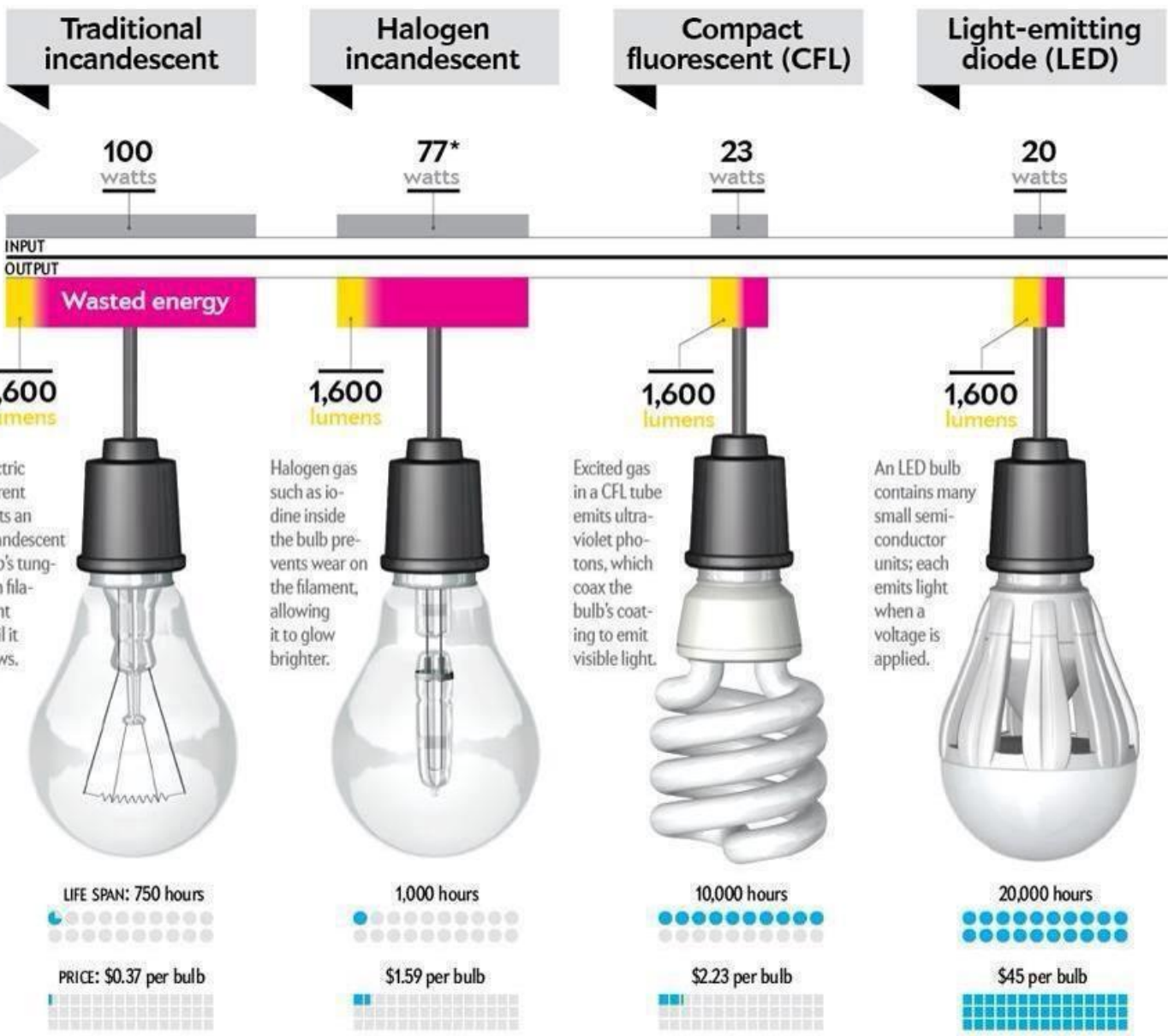
LÂMPADAS ELÉTRICAS

Lâmpadas incandescentes

Lâmpadas de descarga

Lâmpadas LED's

Approximate wattage needed to produce 1,600 lumens



LÂMPADA INCANDESCENTE



Fabricada em 1879 - THOMAS A. EDSON

-Efeito Joule

VIDA MÉDIA

- lâmpadas de iluminação geral : 750 a 1000 h

RENDIMENTO

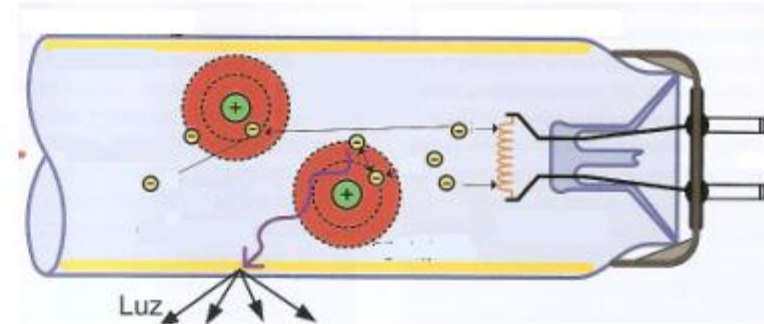
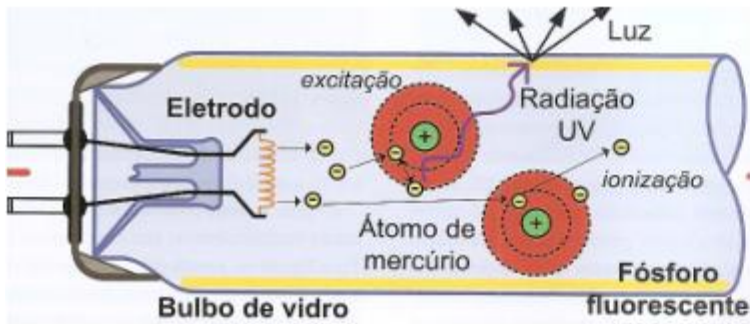
15 lm/W

LÂMPADAS DE DESCARGA

utilizam a descarga elétrica através de um gás argônio, neônio, xenônio, hélio, e vapores de mercúrio e sódio.

LÂMPADA FLUORESCENTE

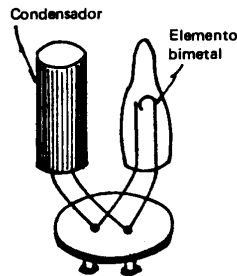
vapor de argônio ou mercúrio a baixa pressão
parede interna revestida com material fluorescente



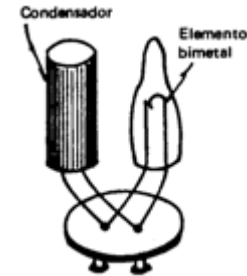
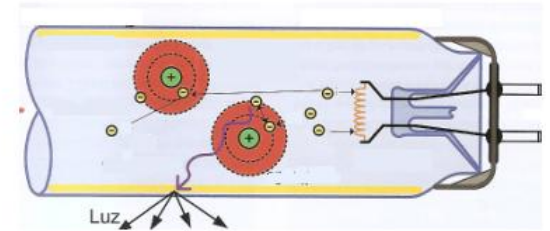
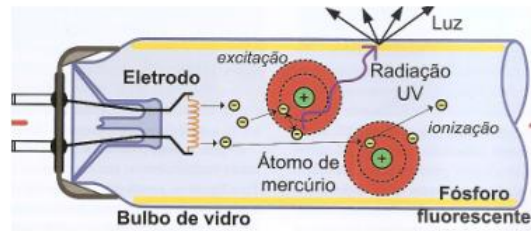
PARTIDA E OPERAÇÃO

"starter" e reator

"starter"



PARTIDA E OPERAÇÃO



TIPOS DE LÂMPADA QUANTO À POTÊNCIA

5 W até 215 W

15, 20, 32, 40, 65, 85, 100, 110, e 125 W

VIDA MÉDIA

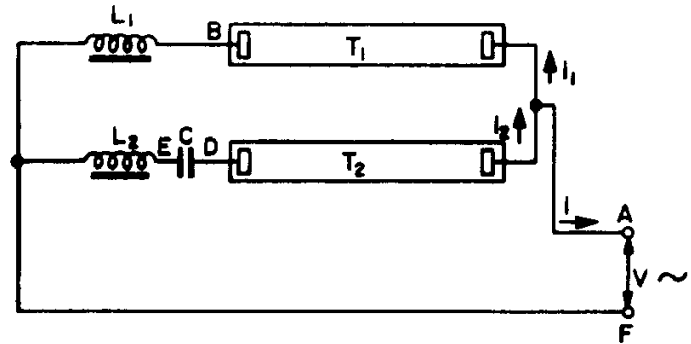
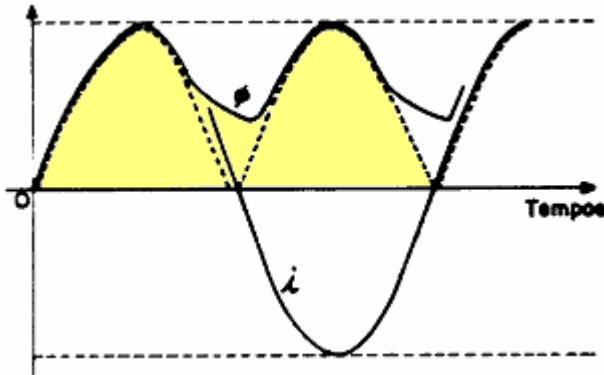
7500 h a 25000 h, ciclos de funcionamento de 3 h

RENDIMENTO

64 lm/W a 75 lm/W + consumo do reator 15%

EFEITO ESTROBOSCÓPICO

fluxo luminoso emitido é proporcional à corrente
“flicker”

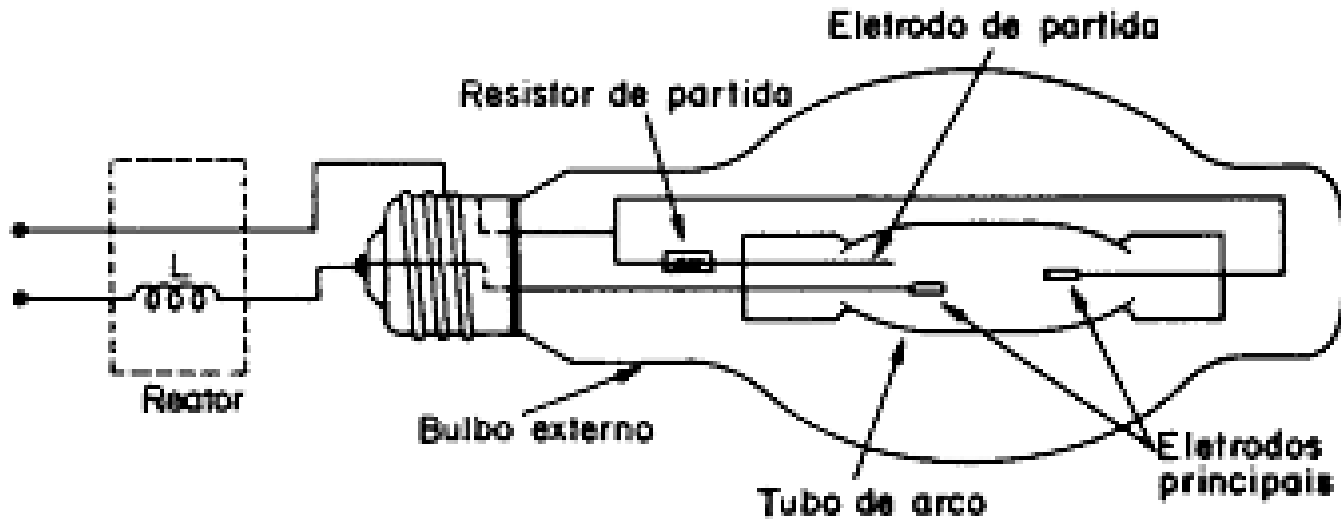


MÉTODOS PARA REDUÇÃO DO EFEITO

reatores duplos - com capacitor em série

reatores eletrônicos

LÂMPADA A VAPOR DE MERCÚRIO



Lâmpada de vapor de mercúrio — elementos básicos

tubo de arco em quartzo com argônio e mercúrio

PARTIDA E OPERAÇÃO

reator para limitar a corrente

VIDA MÉDIA

18 000 h - período de 5 h por partida

RENDIMENTO

50 lm/W

OUTROS TIPOS DE LÂMPADA DE DESCARGA

- lâmpadas de multivapores metálicos = 80 lm/W





FLAMENGO
CAMPEÃO CARIOCA 2014

OUTROS TIPOS DE LÂMPADA DE DESCARGA

- lâmpadas de luz mista = 25 lm/W
- lâmpadas de vapor de sódio = 130 lm/W
- lâmpadas de xenônio = 100 lm/W

LUMINÁRIAS



funções principais

modificar a distribuição do fluxo luminoso

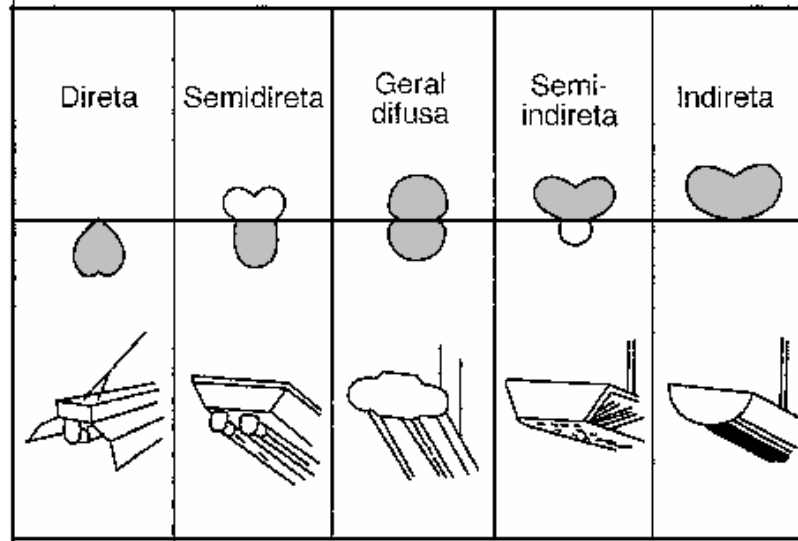
diminuir o ofuscamento da fonte de luz

proteger a fonte de luz

permitir a conexão elétrica

DECORAÇÃO

Classificação pela distribuição luminosa



Direta - muita sombra - **maior** rendimento

Semi-direta - sombra atenuada - acolhedor

Difusa - iluminação mais homogênea

Semi-indireta - sombras atenuadas

Indireta - sem sombras - **baixo** rendimento

ILUMINAÇÃO DE INTERIORES

MÉTODOS DE CÁLCULO

- Método da carga mínima
 - Método do fluxo luminoso
 - Método do ponto a ponto – programa DIALUX e outros
- conceito da intensidade luminosa
e Lei de Lambert (?)

MÉTODO DA CARGA MÍNIMA - Residências

– **Carga mínima VA** - incandescente / fluorescente

a) área igual ou inferior a 6 m^2 >

prever $100 / 25 \text{ VA}$

b) área superior a 6 m^2 >

prever $100 / 25 \text{ VA}$ para os primeiros 6 m^2 ,

acrescer $60 / 15 \text{ VA}$ para cada 4 m^2 ou fração

RESULTA em

APROXIMADAMENTE **($16 / 4 \text{ VA/m}^2$)**

MÉTODO DO FLUXO LUMINOSO

escritórios, estabelecimentos comerciais e industriais, ruas, etc; ou mesmo residências

Processo Simplificado

$$\varphi = \frac{S \cdot E}{\mu \cdot d} \quad [\text{lumens}] \quad \text{onde:}$$

φ = fluxo luminoso total para a área [lumens]

E = nível de iluminamento [lux] Função da utilização do local - Norma NBR-5413 atual NBR-ISO:8995:2013

S = área do plano de trabalho [m²]

μ = coeficiente de utilização Tab 5.5 Creder

d = fator de depreciação ou de manutenção

Nível de Iluminância (iluminamento) [lux]

Função da utilização do local - Norma NBR-5413 atual NBR-ISO 8995:2013

Tabela 5.4 Iluminância em Lux, por Tipo de Atividade (~~Valores Médios em Serviço~~¹)

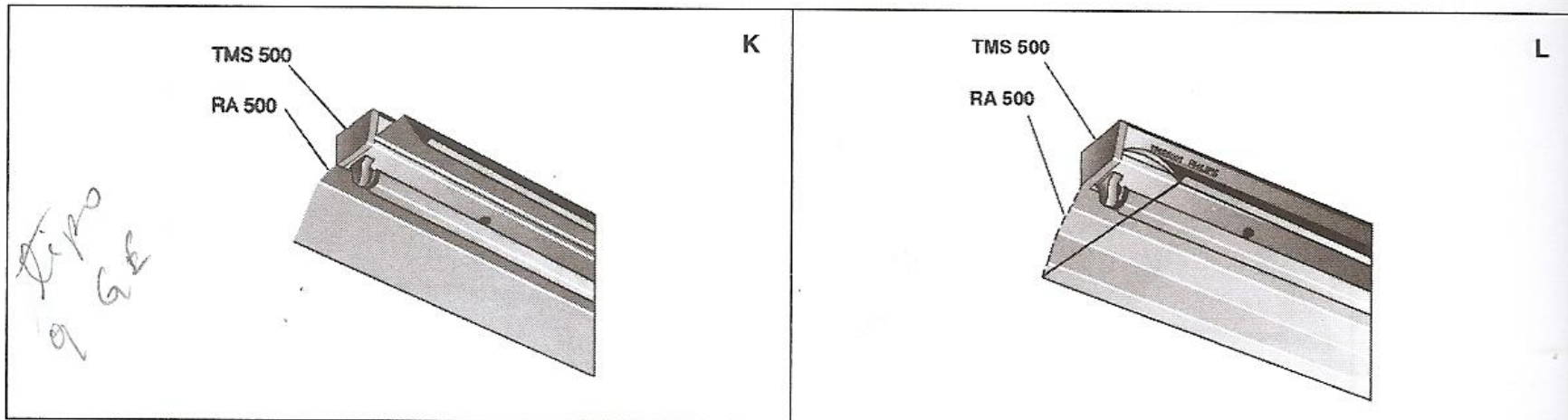
Atividades	Iluminância ²			Atividades	Iluminância ²		
	Baixa	Média	Alta		Baixa	Média	Alta
a) Auditórios e anfiteatros:				f) Esportes (salão para):			
– tribuna	300	500	700	– ginástica	150	200	300
– platéia	100	150	200	– futebol de salão	150	200	300
– salas de espera	100	150	200	– locais recreativos	100	150	200
– bilheterias	300	150	750	– piscina (iluminação geral)	100	150	200
b) Bancos:				– pugilismo (ringue)	750	1 000	1 500
– atendimento ao público	300	500	750	– tênis (quadra)	300	500	750
– contabilidade	300	500	750	g) Garagens			
– recepção	100	150	200	– oficinas	150	150	300
– guichês	300	500	750	– bancadas	300	300	750
– arquivos	200	300	500	– estacionamento	100	150	200
c) Bibliotecas:				h) Hospitais			
– sala de leitura	300	500	750	– pronto-socorro	300	500	750
– estantes	200	300	500	– sala de operação (geral)	300	500	750
– fichário	200	300	500	– dentista (geral)	150	200	300
d) Escolas:				– sala de partos (geral)	150	200	300
– salas de aula	200	300	500	– berçário	75	100	150

COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO (μ) Tab 5.5 Creder

é a relação entre o fluxo luminoso que incide no plano de trabalho (fluxo útil) e o fluxo total emitido pelas luminárias.

depende do tipo de luminária, das dimensões do local (índice do local) e da refletância do teto e paredes

Tab 5.5 Creder



TMS 500 c/ RA 500 – 1 TLD 32W										TMS 500 – 2 TLD 16W									
ÍNDICE DO LOCAL K	REFLETÂNCIAS									ÍNDICE DO LOCAL K	REFLETÂNCIAS								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000		751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,44	0,38	0,34	0,43	0,38	0,34	0,38	0,34	0,33	0,60	0,31	0,25	0,21	0,27	0,22	0,18	0,19	0,16	0,12
0,80	0,52	0,46	0,42	0,51	0,46	0,42	0,45	0,42	0,40	0,80	0,39	0,32	0,27	0,33	0,28	0,24	0,24	0,21	0,15
1,00	0,59	0,53	0,49	0,57	0,52	0,49	0,52	0,48	0,46	1,00	0,44	0,38	0,33	0,38	0,33	0,29	0,29	0,25	0,19
1,25	0,64	0,59	0,55	0,63	0,58	0,55	0,58	0,54	0,52	1,25	0,50	0,44	0,39	0,43	0,38	0,34	0,33	0,30	0,22
1,50	0,69	0,64	0,60	0,67	0,63	0,59	0,62	0,59	0,57	1,50	0,54	0,48	0,43	0,47	0,42	0,38	0,36	0,33	0,25
2,00	0,75	0,71	0,67	0,73	0,70	0,67	0,69	0,66	0,64	2,00	0,60	0,55	0,50	0,52	0,48	0,44	0,41	0,38	0,29
2,50	0,79	0,75	0,72	0,77	0,74	0,71	0,73	0,71	0,69	2,50	0,64	0,60	0,55	0,56	0,52	0,49	0,45	0,42	0,32
3,00	0,81	0,78	0,76	0,79	0,77	0,75	0,76	0,74	0,72	3,00	0,67	0,63	0,59	0,58	0,55	0,52	0,47	0,45	0,34
4,00	0,84	0,82	0,80	0,82	0,80	0,79	0,79	0,78	0,75	4,00	0,71	0,67	0,64	0,62	0,59	0,56	0,51	0,49	0,37
5,00	0,86	0,84	0,82	0,84	0,82	0,81	0,81	0,80	0,77	5,00	0,73	0,70	0,67	0,64	0,61	0,59	0,53	0,51	0,39

DETERMINAÇÃO do COEFICIENTE de UTILIZAÇÃO (μ) Tab 5.5 Creder

Sequência

1º escolher a luminária e lâmpada(s) Tab 5.5 Creder

2º determinar o *índice do local* (K)

$$K = \frac{L \times C}{h(L+C)}$$

3º verificar refletância do teto, paredes e piso

tabela Item 5.9.4 e Tab 5.12 Creder

Índice	Reflexão	Significado
1	10%	Superfície escura
3	30%	Superfície média
5	50%	Superfície clara
7	70%	Superfície branca

Exemplo de aplicação da tabela:

A refletância 571 significa que:

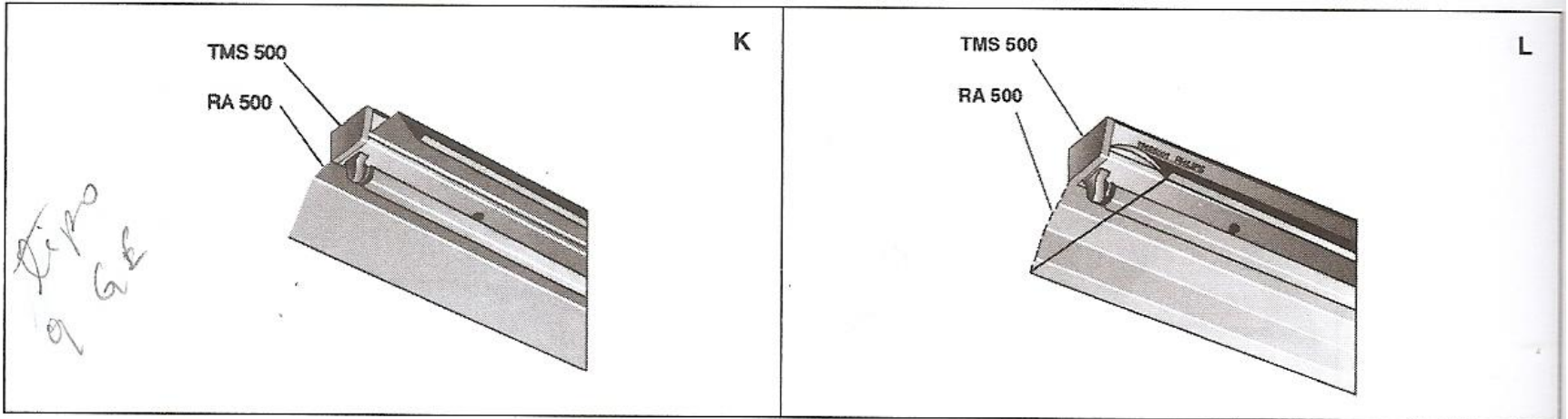
- o teto tem superfície clara;
- a parede é branca;
- o piso é escuro.

Tabela 5.12 Fator de Reflexão de Materiais Iluminados com Luz Branca

Estuque novo	0,70–0,80	Chapa de fibra de madeira velha	0,30–0,40
Estuque velho	0,30–0,60	Madeira clara	0,55–0,65
Tinta branca a água	0,65–0,75	Carvalho envernizado, cor clara	0,40–0,50
Tinta branca a óleo	0,75–0,85	Carvalho envernizado, cor escura	0,51–0,40
Tinta de alumínio	0,60–0,75	Imbuia	0,10–0,30
Concreto novo	0,40–0,50	Jacarandá	0,10–0,30
Concreto velho	0,05–0,15	Cabriúva	0,20–0,40
Tijolo novo	0,10–0,30	Cedro	0,20–0,40
Tijolo velho	0,05–0,15	Pau-marfim	0,20–0,40
Chapa de fibra de madeira nova	0,50–0,60	Cerejeira	0,20–0,40

4º Obter o Coeficiente de Utilização (μ)

Tab 5.5 Creder



TMS 500 e/ RA 500 – 1 TLD 32W										TMS 500 – 2 TLD 16W									
ÍNDICE DO LOCAL K	REFLETÂNCIAS									ÍNDICE DO LOCAL K	REFLETÂNCIAS								
	751	731	711	551	531	511	331	311	000		751	731	711	551	531	511	331	311	000
0,60	0,44	0,38	0,34	0,43	0,38	0,34	0,38	0,34	0,33	0,60	0,31	0,25	0,21	0,27	0,22	0,18	0,19	0,16	0,12
0,80	0,52	0,46	0,42	0,51	0,46	0,42	0,45	0,42	0,40	0,80	0,39	0,32	0,27	0,33	0,28	0,24	0,24	0,21	0,15
1,00	0,59	0,53	0,49	0,57	0,52	0,49	0,52	0,48	0,46	1,00	0,44	0,38	0,33	0,38	0,33	0,29	0,29	0,25	0,19
1,25	0,64	0,59	0,55	0,63	0,58	0,55	0,58	0,54	0,52	1,25	0,50	0,44	0,39	0,43	0,38	0,34	0,33	0,30	0,22
1,50	0,69	0,64	0,60	0,67	0,63	0,59	0,62	0,59	0,57	1,50	0,54	0,48	0,43	0,47	0,42	0,38	0,36	0,33	0,25
2,00	0,75	0,71	0,67	0,73	0,70	0,67	0,69	0,66	0,64	2,00	0,60	0,55	0,50	0,52	0,48	0,44	0,41	0,38	0,29
2,50	0,79	0,75	0,72	0,77	0,74	0,71	0,73	0,71	0,69	2,50	0,64	0,60	0,55	0,56	0,52	0,49	0,45	0,42	0,32
3,00	0,81	0,78	0,76	0,79	0,77	0,75	0,76	0,74	0,72	3,00	0,67	0,63	0,59	0,58	0,55	0,52	0,47	0,45	0,34
4,00	0,84	0,82	0,80	0,82	0,80	0,79	0,79	0,78	0,75	4,00	0,71	0,67	0,64	0,62	0,59	0,56	0,51	0,49	0,37
5,00	0,86	0,84	0,82	0,84	0,82	0,81	0,81	0,80	0,77	5,00	0,73	0,70	0,67	0,64	0,61	0,59	0,53	0,51	0,39

FATOR DE DEPRECIAÇÃO OU MANUTENÇÃO

relaciona o fluxo luminoso que ilumina o plano de trabalho na época de manutenção da instalação e o fluxo luminoso no início da operação, depende:

- diminuição do fluxo da lâmpada com o uso
- modificação da refletância das paredes devido ao envelhecimento
- acúmulo de poeira
- modificação da refletância da luminária devido ao envelhecimento > **d**

FATOR DE DEPRECIACÃO OU MANUTENÇÃO

d - fator de depreciação devido à luminária

Tipo de Ambiente	Período de Manutenção (h)		
	2.500	5.000	7.500
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

NÚMERO DE LUMINÁRIAS

$$n = \frac{\varphi}{\psi}$$

n = nº de luminárias

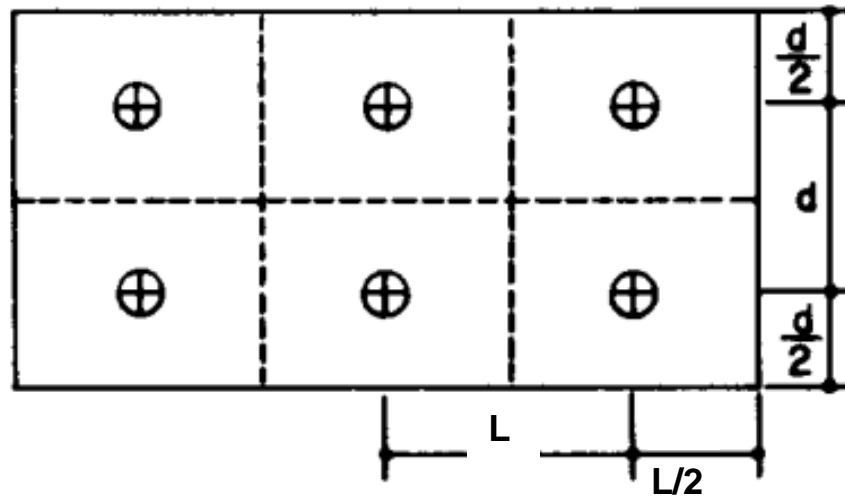
φ = fluxo luminoso total (lumens)

ψ = fluxo luminoso da(s) lâmpada(s) da luminária [lumens] **Tab 5.3 e 5.2 Creder**

Distribuição das Luminárias

iluminamento deve ser uniformemente distribuído

Disposição típica de montagem



verificar se L e d não ultrapassam o espaçamento máximo recomendado