

# Projeto Elétrico Predial e Industrial

Prof. Dorival Rosa Brito

Aula 06-Método dos Lúmens

Vitória-ES

# Tópicos

- NBR ISO CIE 8995-1 – Iluminância de interiores
- Método dos Lúmens
- Exemplo de projeto
- Consumo energético e custos

**NBR ISO CIE 8995-1**  
**Iluminância Industrial de**  
**Interiores**

# Método dos Lumens

# Fundamentos do Projeto de Iluminação

- ❑ Uma vez definidas as grandezas utilizadas nos projetos, pode-se partir para o planejamento de um sistema de iluminação
- ❑ Um projeto luminotécnico pode ser resumido em:
  - ❑ Escolha da lâmpada e da luminária mais adequada
  - ❑ Cálculo da quantidade de luminárias
  - ❑ Disposição das luminárias no recinto
  - ❑ Cálculo de viabilidade econômica
- ❑ O desenvolvimento de um projeto exige uma metodologia para se estabelecer uma sequência lógica de cálculos

# Fundamentos do Projeto de Iluminação

- 1) Determinação dos objetivos da iluminação
- 2) Levantamento das dimensões físicas do local
- 3) Análise dos fatores de influência na qualidade da iluminação
- 4) Cálculo da iluminação geral (fator local, de utilização,...)
- 5) Adequação dos resultados ao projeto
- 6) Cálculo de controle
- 7) Definição dos pontos de iluminação
- 8) Cálculo de iluminação dirigida
- 9) Avaliação do consumo energético
- 10) Avaliação de custos
- 11) Cálculo de rentabilidade



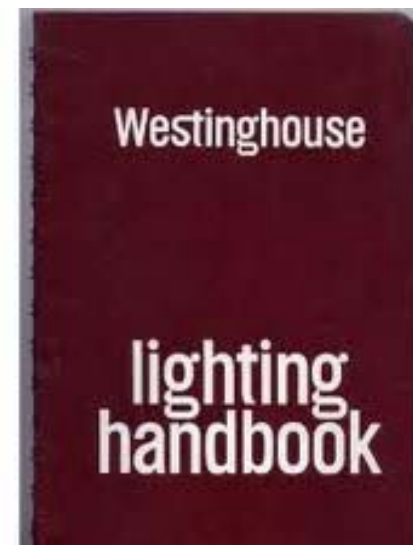
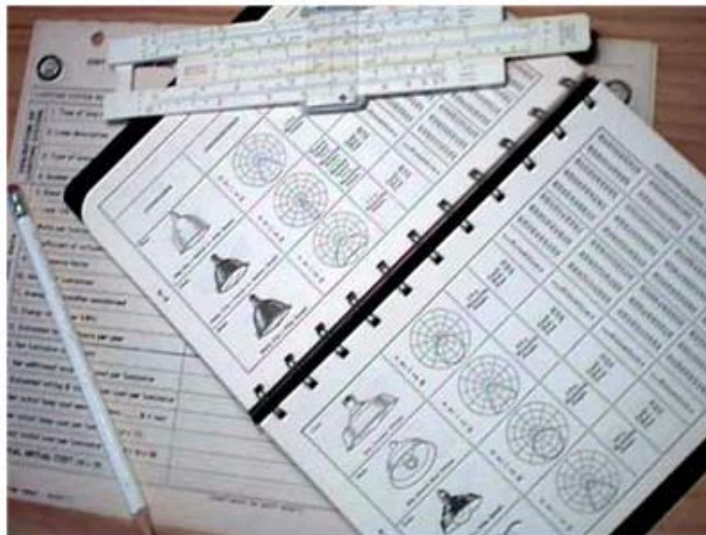
Método dos Lumens  
(Método do fluxo luminoso)

# Método dos Lumens

- Recomendações para dimensionamento pelo Método dos Lumens
  - Dimensionamento da iluminação geral distribuída
  - Distribuição das luminárias (ambientes internos)

**Estas recomendações fornecem a experiência para desenvolver sistemas de iluminação que economizam energia criando ambientes confortáveis e produtivos**

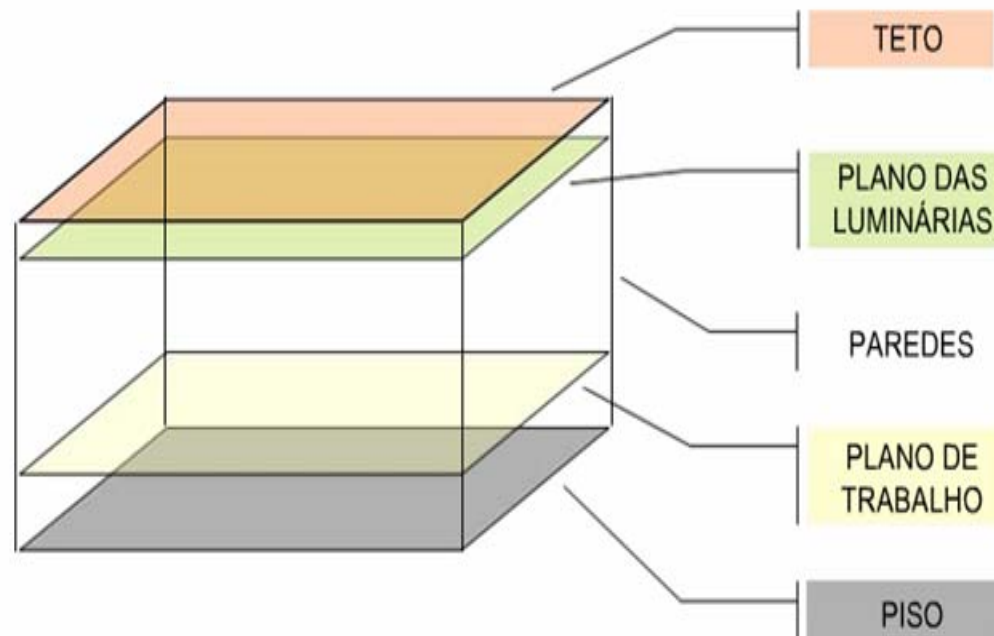
- ❑ O método dos lumens é o método mais empregado para o projeto e dimensionamento de sistemas de iluminação interna há mais de meio século
- ❑ O método foi apresentado em 1950 na edição do *Westinghouse Lighting Handbook*



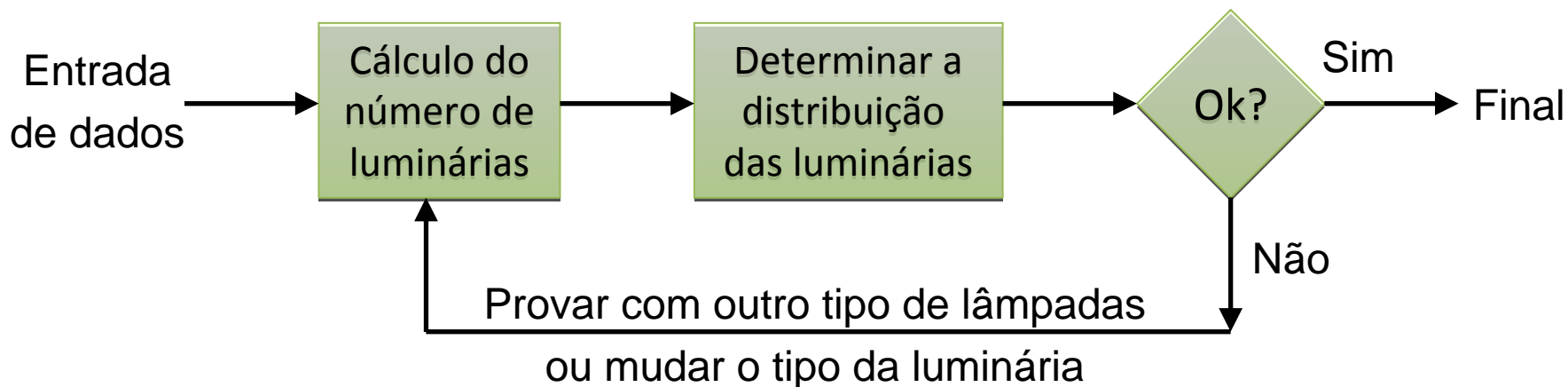


- O método dos lumens - também conhecido como método dos fluxos - baseia-se na teoria de transferência de fluxo e é, essencialmente, um método simples de radiosidade que foi desenvolvido para cálculos rápidos manuais
- Sua finalidade é calcular o valor médio em serviço, da iluminação de um local dotado de iluminação geral distribuída

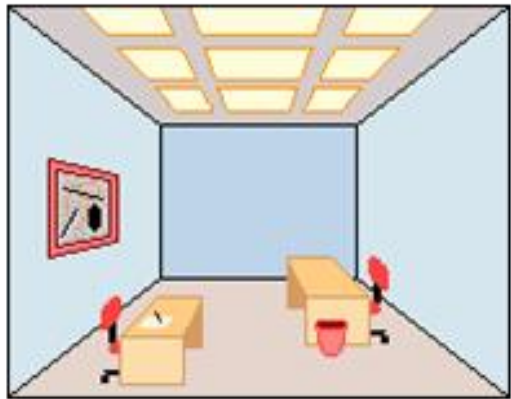
- Com o emprego do método dos lumens, obtém-se informações referentes à iluminação geral distribuída, para um plano de trabalho horizontal, que ocupa toda a área do ambiente



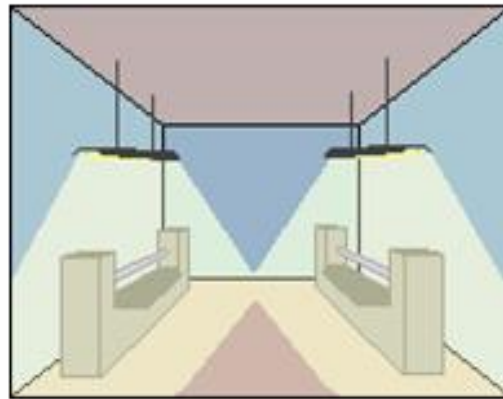
- A aplicação do método compreende um processo iterativo, cujo número de interações é inversamente proporcional à experiência do projetista



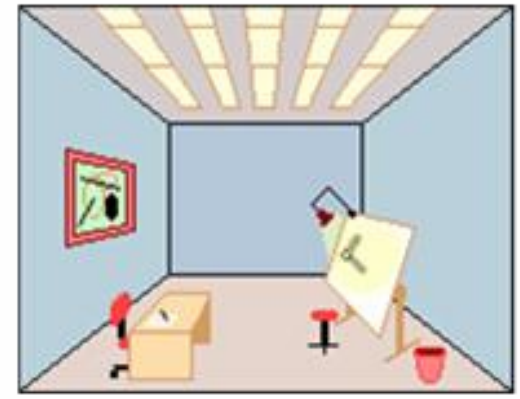
- Os tipos de iluminação nos indicam como se reparte a iluminação nas áreas iluminadas
- Conforme o grau de uniformidade desejado, distinguem-se três casos:



**Iluminação geral  
distribuída**



**Iluminação geral  
localizada**



**Iluminação geral  
distribuída  
complementada por  
iluminação de tarefa**

- ❑ A iluminação geral distribuída proporciona uma iluminação razoavelmente uniforme sobre toda a área iluminada
- ❑ O campo de trabalho é tomado com sendo um plano horizontal a 0,75m (setenta e cinco centímetros) do piso
- ❑ **O método dos lumens é próprio para o dimensionamento da iluminação geral distribuída**



- A iluminação geral localizada proporciona uma distribuição não uniforme da luz, de maneira que esta se concentra sobre as áreas de trabalho
- O método dos lumens **não é próprio** para o dimensionamento da iluminação geral localizada



- Emprega-se a iluminação geral distribuída complementada por iluminação de tarefa, quando é necessário uma iluminação suplementar próximo às tarefas visuais, para a realização de trabalhos específicos
- O método dos lumens **não é próprio** para o dimensionamento da iluminação geral distribuída complementada por iluminação de tarefa



Exemplo



- **Exemplo:** realizar, passo a passo, o dimensionamento da iluminação geral distribuída de um ambiente, com as seguintes características e especificações:
  - Comprimento: 8,0 m
  - Largura: 6,0 m
  - Altura 2,75 m
  - Altura do plano de trabalho em relação ao piso: 0,75 m
  - Refletância do teto: 70 %
  - Refletância das paredes: 30 %
  - Refletância do piso: 10 %
  - Nível de iluminação estipulado: 500lux

# Método dos Lumens

- **Exemplo:** realizar, passo a passo, o dimensionamento da iluminação geral distribuída de um ambiente, com as seguintes características e especificações:
  - Luminária utilizada: luminária de embutir em chapa de aço protegida contra ferrugem com pintura eletrostática em epóxi pó na cor branca. Ref. Indelpa BNI 512 2x32W
  - Lâmpada utilizada: fluorescente 32 W com fluxo luminoso de 2700 lm, IRC 85 e 4000K. Ref. Philips TLDRS32W-S84-25
  - Reator eletrônico 2x32W, 127/220V, 50/60 Hz, partida instantânea, fator de fluxo luminoso 1, fator de potência 0,99, THD <10% (**Total Harmonic Distortion**). Ref. Indelpa REV 232

1- A distorção harmônica total é uma medida da distorção harmônica presente em sinal. É definida como a razão entre a soma das potências de todas as componentes das harmônicas e a potência da frequência fundamental.

## □ Dados técnicos da luminária



*Fatores de utilização do método dos lumens para a luminária BNI 512 2x32W*

<b>K</b>	<b>751</b>	<b>731</b>	<b>711</b>	<b>551</b>	<b>531</b>	<b>511</b>	<b>351</b>	<b>331</b>	<b>311</b>
<b>0,60</b>	0,41	0,36	0,32	0,40	0,35	0,32	0,40	0,35	0,32
<b>0,80</b>	0,48	0,44	0,40	0,48	0,43	0,40	0,57	0,43	0,40
<b>1,00</b>	0,56	0,51	0,48	0,55	0,51	0,48	0,54	0,50	0,48
<b>1,25</b>	0,62	0,59	0,56	0,61	0,58	0,55	0,61	0,58	0,55
<b>1,50</b>	0,63	0,59	0,56	0,62	0,58	0,58	0,61	0,58	0,55
<b>2,00</b>	0,70	0,67	0,65	0,68	0,66	0,64	0,67	0,65	0,63
<b>2,50</b>	0,70	0,68	0,65	0,69	0,66	0,64	0,68	0,65	0,63
<b>3,00</b>	0,71	0,68	0,65	0,69	0,66	0,65	0,67	0,65	0,63
<b>4,00</b>	0,76	0,74	0,73	0,74	0,73	0,72	0,73	0,72	0,71
<b>5,00</b>	0,77	0,74	0,73	0,75	0,74	0,72	0,74	0,72	0,71

- ❑ O índice do recinto, (fator do local, índice do ambiente) é uma relação que permite classificar, do ponto de vista luminotécnico, ambientes com dimensões diversas, considerando uma distribuição padronizada de luminárias
- ❑ O índice do recinto é a relação entre as dimensões do local:
  - ❑ para iluminação direta:

$$K = \frac{a.b}{h(a + b)}$$

- ❑ para iluminação indireta:

$$K = \frac{3.a.b}{2.h'(a + b)}$$

Sendo

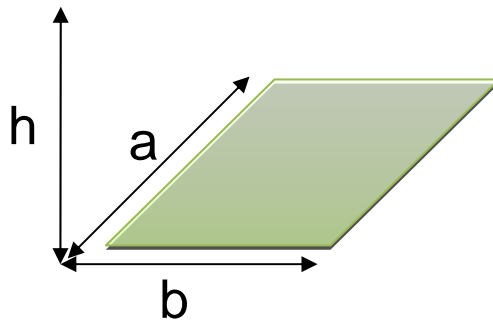
- ❑ a o comprimento do recinto
- ❑ b a largura do recinto
- ❑ h o pé-direito útil e h' o distância do teto ao plano de trabalho

- O índice do recinto é uma relação entre áreas e as equações apresentadas anteriormente são formas simplificadas da equação geral, e específicas para áreas quadradas e retangulares
- É útil conhecer a equação geral, caso os ambientes tenham outras formas:

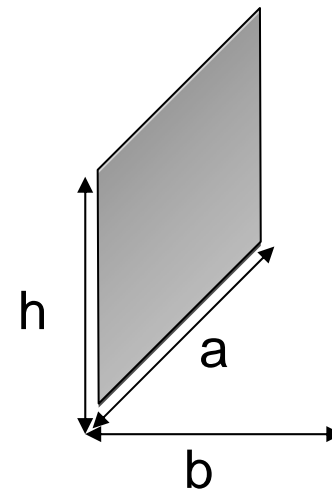
$$K = \frac{\sum (\text{áreas do teto} + \text{plano de trabalho})}{\sum (\text{áreas das paredes})}$$

- Dedução da equação, para ambientes quadrados e retangulares:

$$K = \frac{(a.b) + (a.b)}{h(a + a + b + b)} = \frac{2(a.b)}{2h(a + b)} = \frac{(a.b)}{h(a + b)}$$



Teto e plano de trabalho



Paredes

- Atenção com relação aos fatores ou índices do recinto
- No método norte-americano das cavidades zonais, o fator do local é representado pela sigla RCR – Razão da Cavidade do Recinto
- Sua relação com o fator K é representada na seguinte equação

$$RCR = \frac{5}{K}$$

- Os valores de K e de RCR são dados de entrada, presentes nas tabelas de fatores de utilização que são fornecidas nos catálogos dos fabricantes

- É importante saber identificar o procedimento de cálculo adotado pelo fabricante, pois os dois processos são incompatíveis entre si e cada um deles apresenta formas diferentes para calcular os fatores de utilização das luminárias

RCR ou K?



- No método dos lumens, que utiliza o fator K, a escala de valores começa em 0,6 e vai até 5

*Fatores de utilização do método dos lumens  
para a luminária BNI 512 2x32W*

<b>K</b>	<b>751</b>	<b>731</b>	<b>711</b>	<b>551</b>	<b>531</b>	<b>511</b>	<b>351</b>	<b>331</b>	<b>311</b>
<b>0,60</b>	0,41	0,36	0,32	0,40	0,35	0,32	0,40	0,35	0,32
<b>0,80</b>	0,48	0,44	0,40	0,48	0,43	0,40	0,57	0,43	0,40
<b>1,00</b>	0,56	0,51	0,48	0,55	0,51	0,48	0,54	0,50	0,48
<b>1,25</b>	0,62	0,59	0,56	0,61	0,58	0,55	0,61	0,58	0,55
<b>1,50</b>	0,63	0,59	0,56	0,62	0,58	0,58	0,61	0,58	0,55
<b>2,00</b>	0,70	0,67	0,65	0,68	0,66	0,64	0,67	0,65	0,63
<b>2,50</b>	0,70	0,68	0,65	0,69	0,66	0,64	0,68	0,65	0,63
<b>3,00</b>	0,71	0,68	0,65	0,69	0,66	0,65	0,67	0,65	0,63
<b>4,00</b>	0,76	0,74	0,73	0,74	0,73	0,72	0,73	0,72	0,71
<b>5,00</b>	0,77	0,74	0,73	0,75	0,74	0,72	0,74	0,72	0,71

- No método das cavidades zonais, que utiliza o fator RCR, a escala de valores de 0 até 10

*Fatores de utilização do método das cavidades zonais para a luminária BNI 512 2x32W*

Coefficients of Utilization – Zonal Cavity Method

pfc = 0.20

pcc	.8				.7				.5			.3			.1			0
pw	.7	.5	.3	.1	.7	.5	.3	.1	.5	.3	.1	.5	.3	.1	.5	.3	.1	0
RCR																		
0	91	91	91	91	89	89	89	89	85	85	85	81	81	81	78	78	78	76
1	84	81	79	76	82	80	77	75	76	74	72	72	72	70	71	69	68	67
2	78	72	68	64	76	71	67	63	68	65	62	66	63	60	64	61	59	57
3	72	64	59	54	70	63	58	54	61	57	53	59	55	52	57	54	51	50
4	66	58	51	47	64	57	51	46	55	50	46	53	49	45	51	48	45	43
5	61	52	45	41	59	51	45	40	49	44	40	48	43	40	46	42	39	38
6	56	47	40	36	55	46	40	36	45	39	35	43	39	35	42	38	35	33
7	52	42	36	32	51	42	36	31	41	35	31	40	35	31	39	34	31	29
8	49	39	32	28	47	38	32	28	37	32	28	36	31	28	35	31	28	26
9	45	35	29	25	44	35	29	25	34	29	25	33	28	25	33	28	25	23
10	42	33	27	23	41	32	27	23	31	26	23	31	26	23	30	26	22	21

- Determinação do índice do recinto do exemplo
  - Comprimento: 8,0 m
  - Largura: 6,0 m
  - Altura 2,75 m
- A luminária BNI 512 2x32W é para iluminação direta

$$h = H - h_{pltr} - h_{pend}$$

$$h = 2,75 - 0,75 - 0,0$$

$$h = 2$$

$$K = \frac{(a.b)}{h(a+b)}$$

$$K = \frac{6.8}{2(6+8)}$$

$$K = 1,71$$

- ❑ O fator de utilização ou eficiência do recinto de uma luminária é a relação do fluxo luminoso (lumens) que alcança uma área específica, oriundo de uma fonte luminosa, e o fluxo luminoso total da fonte
- ❑ Para determinar esse fator, recorre-se à tabela de fator de utilização fornecida pelo fabricante da luminária e cruza-se o fator local (K) com os índice de refletância do ambiente a ser iluminado

- Na primeira linha da tabela, o primeiro algarismo de cada número representa a refletância do teto, o segundo representa a refletância das paredes, e o terceiro, a do piso

Teto 70%  
Paredes 30%  
Piso 10%

*Fatores de utilização do método dos lumens para a luminária BNI 512 2x32W*

K	751	731	711	551	531	511	351	331	311
0,60	0,41	0,36	0,32	0,40	0,35	0,32	0,40	0,35	0,32
0,80	0,48	0,44	0,40	0,48	0,43	0,40	0,57	0,43	0,40
1,00	0,56	0,51	0,48	0,55	0,51	0,48	0,54	0,50	0,48
1,25	0,62	0,59	0,56	0,61	0,58	0,55	0,61	0,58	0,55
1,50	0,63	0,59	0,56	0,62	0,58	0,58	0,61	0,58	0,55
1,71		0,62	← Valor Interpolado						
2,00	0,70	0,67	0,65	0,68	0,66	0,64	0,67	0,65	0,63
2,50	0,70	0,68	0,65	0,69	0,66	0,64	0,68	0,65	0,63
3,00	0,71	0,68	0,65	0,69	0,66	0,65	0,67	0,65	0,63
4,00	0,76	0,74	0,73	0,74	0,73	0,72	0,73	0,72	0,71
5,00	0,77	0,74	0,73	0,75	0,74	0,72	0,74	0,72	0,71

- No presente exemplo, os fatores de reflexão ou refletâncias, fazem parte do enunciado
- Nas situações reais, eles precisam ser estabelecidos pelo projetista, que pode utilizar para esse fim, os valores apresentados na tabela abaixo

	<b>Cor</b>	<b>Fator de reflexão (<math>\rho\%</math>)</b>
<b>Teto</b>	Branco ou muito claro	70
	Claro	50
	Médio	30
<b>Paredes</b>	Claro	50
	Médio	30
	Escuro	10
<b>Piso</b>	Claro	30
	Escuro	10

- ❑ Determinação do Fator de Depreciação
- ❑ Com o tempo, paredes e tetos ficarão sujos, os equipamentos de iluminação acumularão poeira e as lâmpadas fornecerão menor quantidade de luz
- ❑ Na prática, para amenizarmos o efeito desses fatores, admitindo-se uma boa manutenção periódica, podemos adotar os fatores de depreciação de acordo com o critério indicado na tabela abaixo

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

No exemplo, vamos adotar um valor bem conservador, de 0,80

- Determinação do fluxo luminoso de cada luminária –  $\varphi_{lumin}$

$$\varphi_{lumin} = \varphi_{nom} \cdot N_{lampadas} \cdot F_R$$

- Onde:
  - $\varphi_{nom}$  é fluxo luminoso nominal da lâmpada utilizada
  - $N_{lampadas}$  é o Número de lâmpadas existentes em cada luminária
  - $F_u$  é o fator de fluxo luminoso do reator utilizado
  
- No presente caso temos:

$$\varphi_{lumin} = 2700 \cdot 2 \cdot 1 = 5400 \text{ lumens}$$



- Determinação do número de luminárias –  $N_{lumin}$

$$N_{lumin} = \frac{a \cdot b \cdot E}{\varphi_{lumin} \cdot F_u \cdot F_d}$$

- Onde:

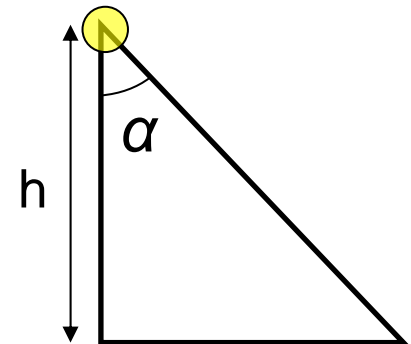
- $\varphi_{lumin}$  é fluxo total de cada luminária
- $F_u$  é o fator de utilização
- $F_d$  é o fator de depreciação
- $E$  é a iluminância (lux)
- $a$  é o comprimento do local (m)
- $b$  é a largura do local (m)

- Substituindo os valores na equação, encontramos o número mínimo de luminárias para o local

$$N_{\text{lumin}} = \frac{8.6.500}{5400 .0,62.0,80} = 8,96$$

- Arredondando esse valor, encontramos 9 luminárias
- Iluminamento (iluminância) em função de  $\alpha$  (catálogos)

$$E = \frac{I . [\cos(\alpha)]^3}{h^2}$$

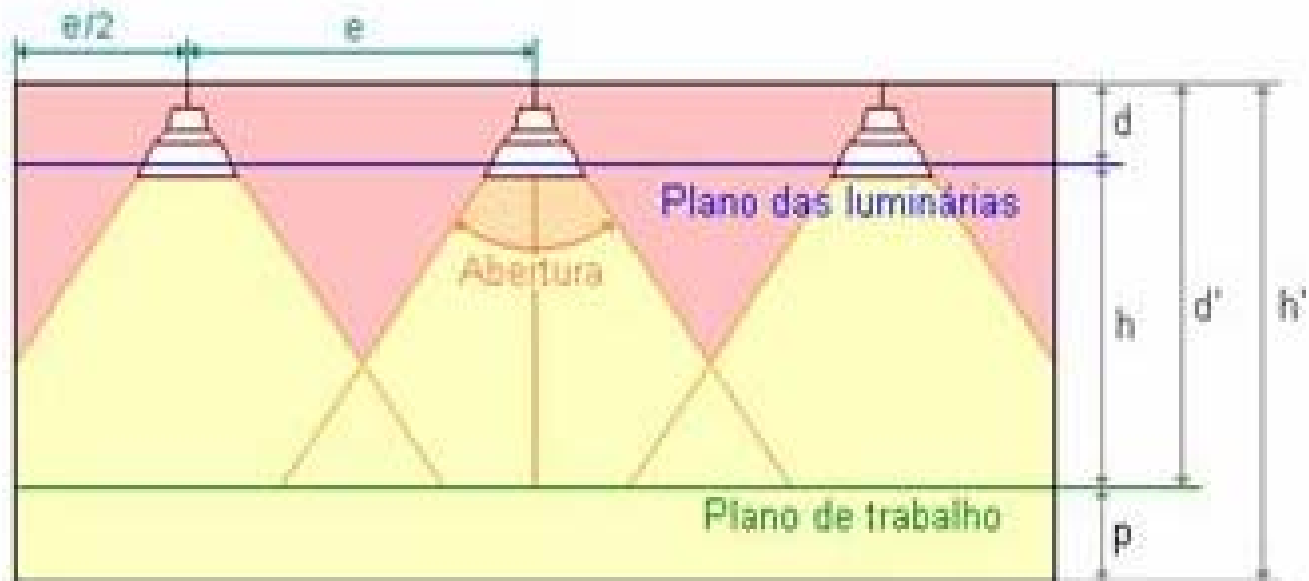


## **Distribuição das luminárias**

- ❑ Uma vez calculado o número de luminárias, devemos proceder à sua distribuição sobre uma planta local
- ❑ Em locais de planta retangular, as luminárias se distribuem de forma uniforme, em filas paralelas aos eixos de simetria do local
- ❑ A distância máxima de separação entre as luminárias dependerá do ângulo de abertura do fecho de luz e da altura das luminárias em relação ao plano de trabalho

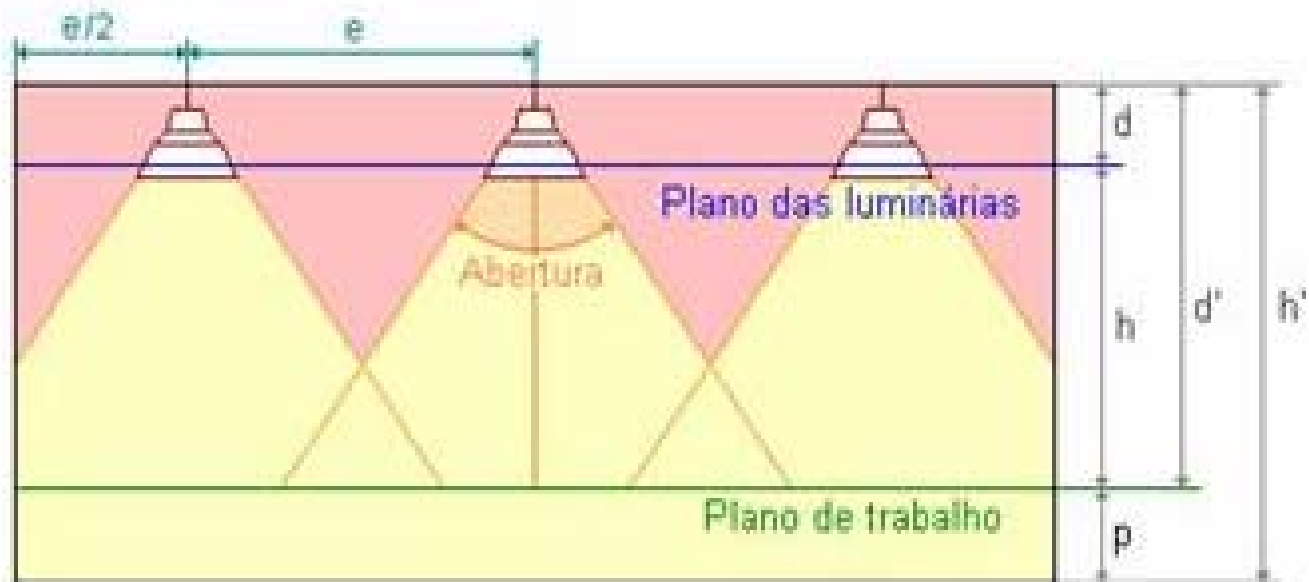
## Distribuição das luminárias

- Quanto mais aberto seja o fecho de luz e maior a altura da luminária, mais superfície ela iluminará, embora seja menor a iluminância resultante no plano de trabalho, de acordo com a lei do inverso dos quadrados das distâncias



## Distribuição das luminárias

- Da mesma forma, vemos que o afastamento da primeira luminária até a parede precisa ser menor que o afastamento entre as luminárias, normalmente a distância de uma luminária à parede, é metade da distância entre as luminárias, na mesma direção



## Espaçamento entre as luminárias

- De uma forma geral, para a maioria das luminárias e condições de locais, obtém-se uma distribuição de luz satisfatória, com um espaçamento das luminárias igual ou inferior à uma vez e meia a distância entre as luminárias e o plano de trabalho

$$e_L = 1,5 \cdot h$$

Onde:

- $e_L$  é o espaçamento máximo entre luminárias
- $h$  é a altura da fonte luminosa ao plano de trabalho

## Adequação dos Resultados ao Projeto

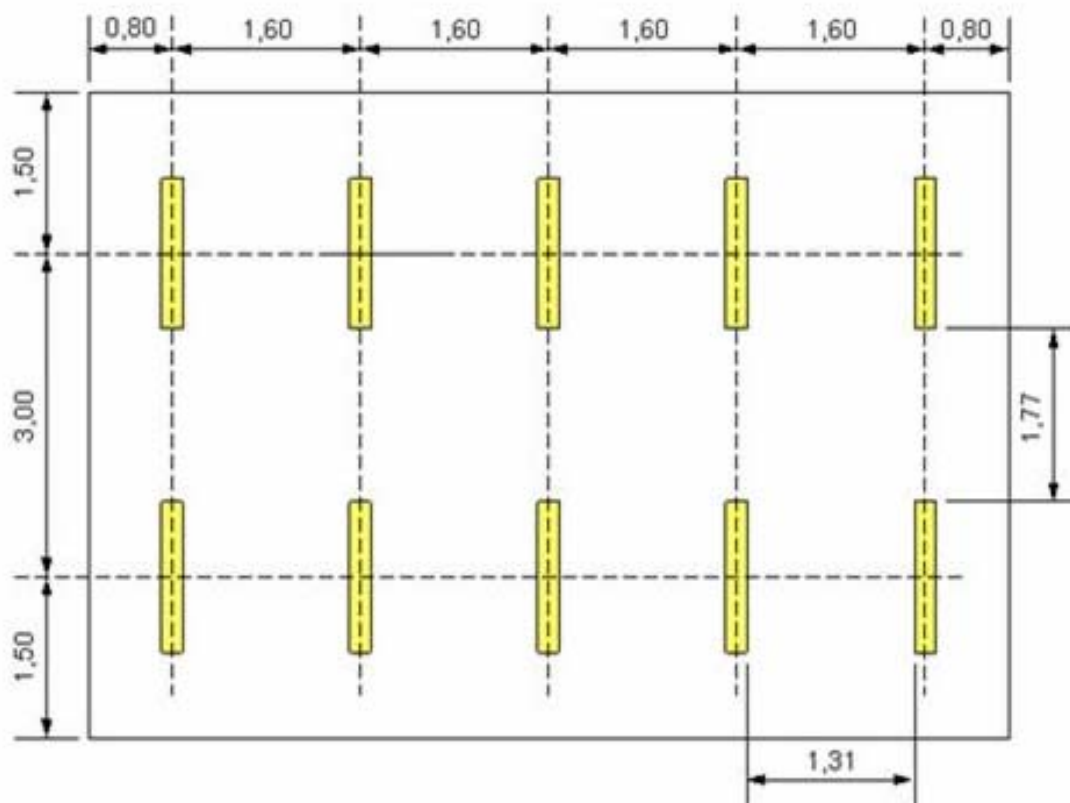
- Se a quantidade de luminárias resultantes do cálculo não for compatível com sua distribuição desejada, recomenda-se sempre o acréscimo de luminárias e não a eliminação, para que não haja prejuízo do nível de iluminância desejado

## Cálculo de Controle

- Definida a quantidade de luminárias desejada, pode-se calcular exatamente a iluminância média alcançada pela equação:

$$E_m = \frac{N_{\text{lumin}} \cdot \varphi_{\text{lumin}} \cdot F_u \cdot F_d}{a \cdot b}$$

- No caso do nosso exemplo, 10 luminárias possibilitam uma distribuição harmoniosa no local, dispostas em duas filas de 5 luminárias





## Cálculo de Controle

- Definida a quantidade de luminárias desejada, pode-se calcular exatamente a iluminância média alcançada pela equação:

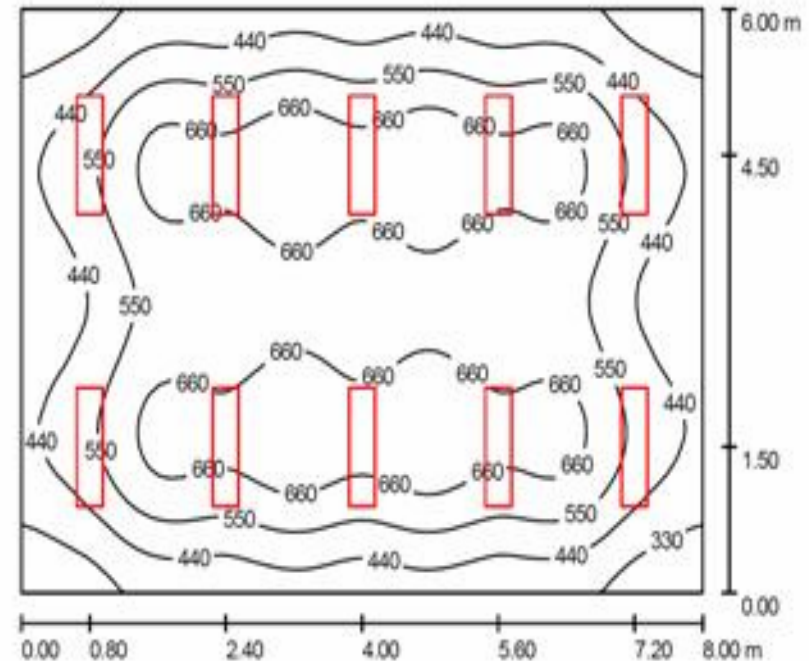
$$E_m = \frac{N_{\text{lumin}} \cdot \varphi_{\text{lumin}} \cdot F_u \cdot F_d}{a \cdot b}$$

$$E_m = \frac{10 \cdot 5400 \cdot 0,62 \cdot 0,80}{8 \cdot 6}$$

$$E_m = 558 \text{ lux}$$

## Como fica a distribuição das iluminâncias?

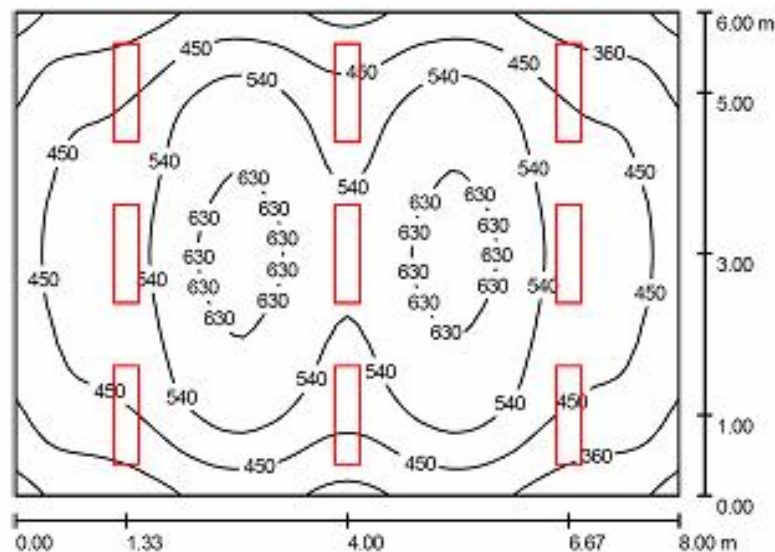
- Para demonstrar que o dimensionamento pelo método dos lumens não assegura a ocorrência da iluminância mínimo em todo o plano de trabalho, que no caso do nosso exemplo é de 500 lux, observamos a distribuição de iluminâncias produzida por um programa de cálculo de iluminação, para as mesmas condições do exemplo



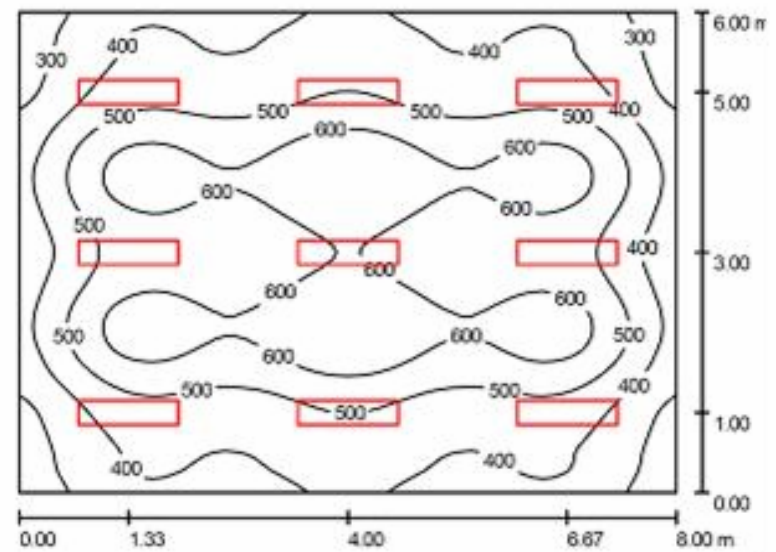
$$\begin{aligned}E_m &= 550 \text{ lux} \\E_{\min} &= 242 \text{ lux} \\E_{\max} &= 746 \text{ lux} \\E_{\min} / E_m &= 0,44\end{aligned}$$

## E como fica com as 9 luminárias?

- Repetindo-se o mesmo cálculo para 9 luminárias, encontramos as situações abaixo, que variam conforme a orientação das luminárias



$$\begin{aligned} E_m &= 492 \text{ lux} \\ E_{\min} &= 240 \text{ lux} \\ E_{\max} &= 669 \text{ lux} \\ E_{\min} / E_m &= 0,49 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} E_m &= 491 \text{ lux} \\ E_{\min} &= 233 \text{ lux} \\ E_{\max} &= 701 \text{ lux} \\ E_{\min} / E_m &= 0,47 \end{aligned}$$

# Consumo Energético e Custos

## **Avaliação do Consumo Energético**

- Além da quantidade de lâmpadas e luminárias, bem como do nível de iluminância, é imprescindível a determinação da potência da instalação, para se avaliar os custos com energia e assim desenvolver-se um estudo de rentabilidade entre diversos projetos apresentados
- O valor da “Potência por m<sup>2</sup>” é um índice amplamente divulgado e, quando corretamente calculado, pode ser o indicador de projetos luminotécnicos mais econômicos. Para tanto, calcula-se inicialmente a potência total instalada

## Potência Total Instalada (ou Fluxo Energético)

- ❑ Símbolo:  $P_t$
- ❑ Unidade: W ou Kw
- ❑ É a somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação. Trata-se aqui da potência da lâmpada, multiplicada pela quantidade de unidades utilizadas ( $n$ ), somado à potência consumida de todos os reatores, transformadores e/ou ignitores
- ❑ Uma vez que os valores resultantes são elevados, a potência total instalada é expressa em quilowatts, aplicando-se, portanto, o quociente 1000 na equação:

$$P_{total} = \frac{n.W^*}{1000} [kW]$$

- ❑  $w^*$  = potência consumida pelo conjunto lâmpada + acessórios

## Densidade de Potência

Símbolo: D

Unidade: W/m<sub>2</sub>

□ É a potência total instalada em watt para cada metro quadrado de área

$$D = \frac{P_{total} \cdot 1000}{A}$$

## Densidade de Potência

Símbolo: D

Unidade:  $W/m_2$

- ❑ Essa grandeza é muito útil para os futuros cálculos de dimensionamento de sistemas de ar-condicionado ou mesmo dos projetos elétricos de uma instalação
- ❑ A comparação entre projetos luminotécnicos somente se torna efetiva quando se leva em conta níveis de iluminância iguais para diferentes sistemas
- ❑ Em outras palavras, um sistema luminotécnico só é mais eficiente do que outro, se, ao apresentar o mesmo nível de iluminância do outro, consumir menos watts por metro quadrado



## Densidade de Potência Relativa

Símbolo:  $D_r$

Unidade:  $W/m^2$  p/ 100 lx

□ É a densidade de potência total instalada para cada 100 lx de iluminância

$$D_r = \frac{P_{total}}{A.E} [W / m^2] . 100lx$$
$$100$$

- Exemplo: tomando-se duas instalações comerciais, tem-se a primeira impressão de que a instalação 2 é mais eficiente do que a 1, já que a densidade de potência é:

Instalação 1		Instalação 2
1		2
A = 50 m <sup>2</sup>		A = 70 m <sup>2</sup>
E = 750 lx		E = 400 lx
Pt = 1,5 Kw	≠	Pt = 1,4 Kw
D = 30 W/m <sup>2</sup>		D = 20 W/m <sup>2</sup>
DR = 4 W/m <sup>2</sup> por 100 lx		DR = 5 W/m <sup>2</sup> por 100 lx

$$D = \frac{P_{total} \cdot 1000}{A}$$

$$D_1 = \frac{1,5 \cdot 1000}{50} = 30 \frac{W}{m^2}$$

$$D_2 = \frac{1,4 \cdot 1000}{70} = 20 \frac{W}{m^2}$$

- Porém, ao avaliar-se a eficiência, é preciso verificar a iluminância em ambos os casos
- Supondo-se:  $E_1 = 750 \text{ lx}$  e  $E_2 = 400 \text{ lx}$ , a Densidade de Potência Relativa ( $D_r$ ) é:

$$D_{r1} = \frac{30W / m^2}{\frac{750lx}{100lx}} = 4W / m^2 \text{ por } 100lx$$

$$D_{r2} = \frac{20W / m^2}{\frac{400lx}{100lx}} = 5W / m^2 \text{ por } 100lx$$

- Logo, a instalação 2 consome mais energia por metro quadrado, e também fornece menos luz. Portanto, a instalação 1 é mais eficiente.

# Avaliação de Custos

- ❑ Um projeto luminotécnico somente é considerado completo quando se atenta para o cálculo de custos:
  - ❑ Custos de investimento
  - ❑ Custos operacionais
  - ❑ Rentabilidade

## **Custos de Investimento**

- É a somatória dos custos de aquisição de todos os equipamentos que compõem o sistema de iluminação, tais como lâmpadas, luminárias, reatores, transformadores, ignitores e a fiação, acrescidos dos custos de mão de obra dos profissionais envolvidos, desde a elaboração do projeto à instalação final

## **Custos Operacionais**

- ❑ É a somatória de todos os custos apresentados após a completa instalação do sistema de iluminação, concentrados nos custos de manutenção das condições luminotécnicas do projeto e os custos de energia consumida
- ❑ O custo mensal de manutenção das lâmpadas engloba o custo de aquisição de novas unidades e o custo da mão de obra necessária para executar a manutenção. Esse custo resulta da soma das horas mensais de utilização das lâmpadas dividida pela sua vida útil

## Custos Operacionais

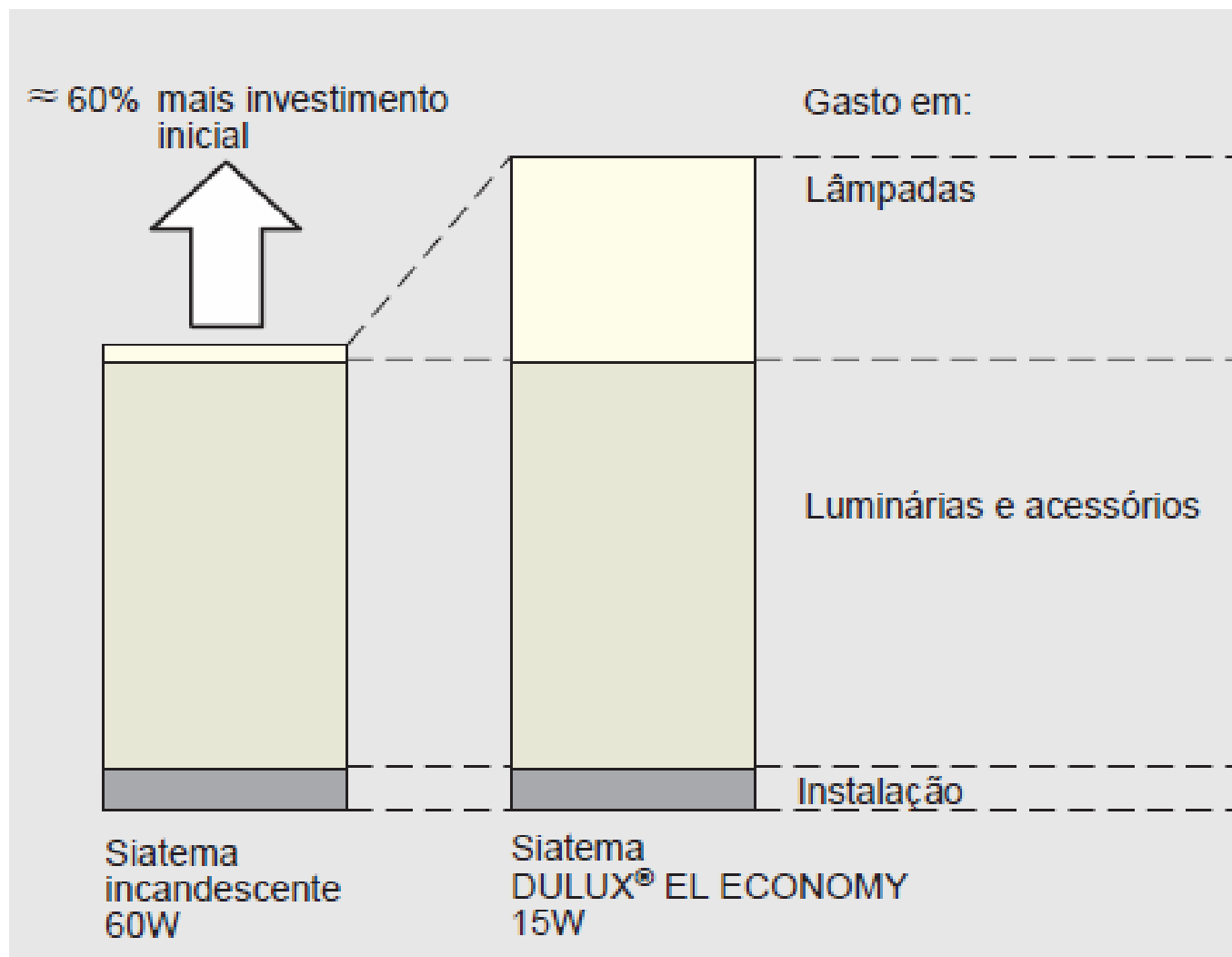
- ❑ O quociente obtido informa o número de lâmpadas que serão repostas e seu valor deve ser multiplicado pelo preço da lâmpada nova. Já o custo da mão de obra para realizar essa reposição é dado em função da remuneração por hora de trabalho do respectivo profissional
- ❑ O tempo de reposição por lâmpada deve ser multiplicado pelo número de lâmpadas repostas por mês. Esse custo é bastante significativo nas instalações de difícil acesso, como iluminação pública, quadras de esporte etc.
- ❑ O fator decisivo no custo operacional é o custo da energia elétrica, que corresponde à Potência Total Instalada ( $P_{total}$ ), multiplicada pelas horas de uso mensal e pelo preço do kWh. Ao se optar por um sistema mais eficiente, este custo sofre substancial redução

## Cálculo de Rentabilidade

- ❑ A análise comparativa de dois sistemas de iluminação, para se estabelecer qual deles é o mais rentável, leva em consideração tanto os custos de investimento quanto operacionais
- ❑ Geralmente, o uso de lâmpadas de melhor Eficiência Energética leva a um investimento maior, mas proporciona economia nos custos operacionais
- ❑ Decorre daí a amortização dos custos, ou seja, há o retorno do investimento dentro de um dado período. O tempo de retorno é encontrado quando se calcula o quociente da diferença no investimento pela diferença na manutenção



## □ Custos de Investimento



## □ Custos Operacionais

