

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **A importância da iluminação**

Quer seja no meio industrial quer seja em escritórios, uma iluminação apropriada facilita a execução de todas as tarefas.

As pessoas recebem cerca de 85% das informações por intermédio da visão.

Uma iluminação apropriada:

- não produz nem encandeamento nem sombras;
- pode reduzir a fadiga ocular e as dores de cabeça;
- chama mais a atenção para máquinas móveis e para outros riscos em matéria de segurança.

A capacidade de “ver” no trabalho depende não apenas da iluminação, mas também:

- do tempo de focalizar um objecto (os objectos que se deslocam rapidamente são difíceis de ver);

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

- das dimensões de um objecto (os objectos mais pequenos são difíceis de ver);
- da intensidade luminosa (demasiada ou pouca luz reflectida tornam a percepção dos objectos difícil);
- do contraste entre um objecto e a sua vizinhança imediata (um fraco contraste dificulta a distinção entre um objecto e a sua vizinhança).

A partir de um estudo efectuado pela EDF em 1999 verificou-se que o custo de electricidade destinado à iluminação representa entre 10 a 50% do consumo total. Esse estudo indica os seguintes valores:

| <u>Sector considerado</u> | <u>Peso médio na factura global de electricidade</u> |
|---------------------------|--|
| Residencial               | 11%  |
| Industria                 | 15%  |
| Colectividades locais     | 50%  |

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

|                  |     |
|------------------|-----|
| Comércio         | 23% |
| Escritórios      | 30% |
| Saúde            | 50% |
| Ensino, desporto | 39% |

Este estudo mostra o impacto do consumo em iluminação na factura global de electricidade e a importância do projecto de iluminação e dos sistemas de comando e de gestão, que permitem reduzir este impacto na factura de energia.

### **Iluminação natural**

A quantidade de luz do dia que penetra num edifício varia com:

- a intensidade e a direcção dos raios de sol;
- a nebulosidade;
- o terreno circundante e a estação do ano.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

A luz do dia é sempre privilegiada no local de trabalho dado que, se bem utilizada, não produz encandeamento e não ilumina a zona de trabalho de forma excessiva.

Mesmo que a luz natural exista no local de trabalho, é essencial ter um bom sistema de iluminação artificial (eléctrica) e uma boa integração com a quantidade de luz natural disponível.

## **As Diferentes Fases de Um Projecto Luminotécnico**

Os parâmetros que se devem ter em atenção num projecto luminotécnico de interiores podem ser assim resumidos:

- iluminação adequada;
- uniformidade de iluminação no plano de trabalho;
- limitação do encandeamento directo e reflectido;
- tonalidade de cor da luz adequada;
- restituição de cores adequada;

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

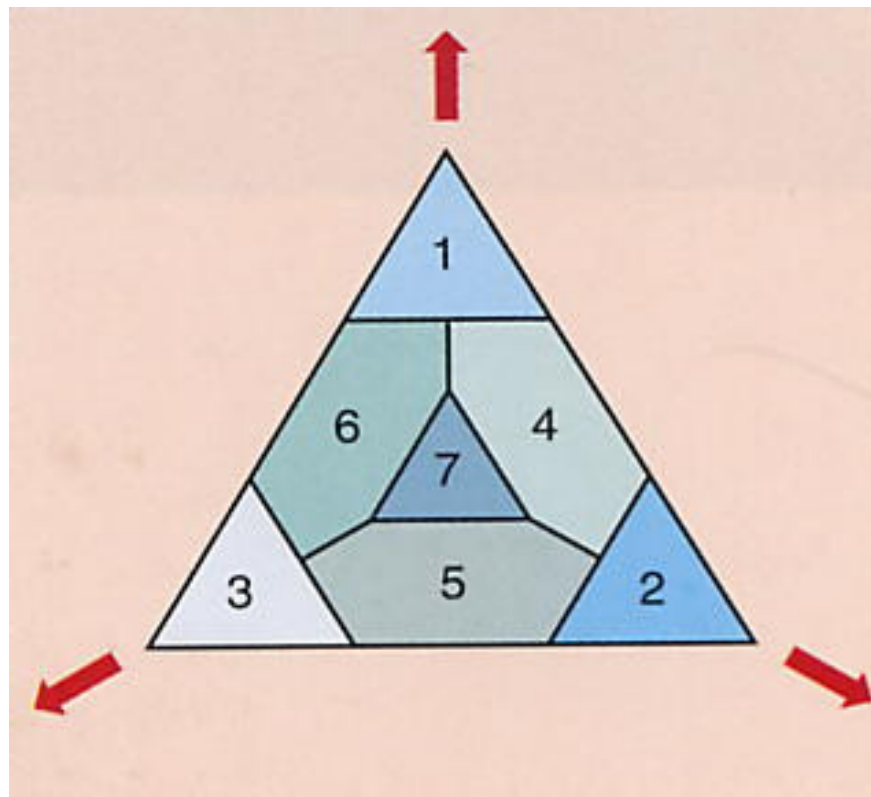
- equilíbrio de luminâncias;
- controlo das sombras;
- integração adequada entre a iluminação artificial e a iluminação natural;

## **Indicações gerais**

O diagrama a seguir indicado permite-nos adequar a iluminação às prestações exigidas para os diferentes tipos de local.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

**ALTA PRESTAÇÃO VISUAL**



**EFEITO AMBIENTE VISUAL**

**EFEITO CONFORTO VISUAL**

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

| Núm. | Exigência  | Exemplo de local  |
|------|--|---|
| 1    | Alta prestação visual                              | Local com terminais de video                                    |
| 2    | Elevado conforto                                   | Sala de reuniões ou local onde se desenvolvam conversações      |
| 3    | Ambiente visual                                    | Ambiente com um certo prestígio (sala de direcção, por exemplo) |
| 4    | Prestação visual + conforto visual                 | Local cuja actividade principal é a leitura ou a escrita        |
| 5    | Efeito visual + conforto visual                    | Recepção ou hall de entrada                                     |
| 6    | Efeito ambiente + prestação visual                 | Gabinete de projectos com um certo prestígio                    |
| 7    | Efeito visual + conforto visual + prestação visual | Gabinetes de trabalho em geral                                  |

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

O campo visual do observador é mais vasto do que o de uma pessoa que se limita apenas a observar o plano de trabalho; a superfície do monitor é altamente reflectora e portanto sujeita a reflectir a luz proveniente de armaduras de iluminação mal posicionadas ou sem um controlo adequado.

A passagem do olhar da tarefa visual horizontal no plano de trabalho para a vertical (monitor de vídeo) obriga os olhos do operador a uma adaptação contínua (acomodação), com uma consequente fadiga visual.

O controlo de todos estes parâmetros é a condição necessária para se considerar uma instalação bem projectada.



## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Deve ser dada uma atenção particular aos locais com terminais de video, nos quais é necessário um respeito mais rigoroso pelos parâmetros luminotécnicos.

A presença de terminais de video numa instalação torna mais complexa a realização de uma boa instalação de iluminação.

Recomenda-se não ultrapassar as 200 cd/m<sup>2</sup> de luminância em todas as superfícies que entram directamente ou indirectamente no campo visual do operador (armaduras de iluminação, objectos, paredes, etc. ) e de verificar os ângulos de cut-off e a luminância das armaduras a instalar.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **Iluminação de locais com terminais de video**

A presença de terminais de video num dado local torna mais complexa a realização de uma boa instalação de iluminação.

A tarefa visual do operador é mais vasta do que a de uma pessoa que se limita a olhar apenas para a tarefa visual no plano de trabalho; a superfície do monitor é altamente reflectora e deste modo sujeita transmitir reflexões geradas por armaduras de iluminação mal posicionadas ou sem um ângulo de cut-off apropriado.

A passagem da tarefa visual horizontal (plano de trabalho) para a vertical (monitor de video) pressupõe uma adaptação e acomodação constantes dos olhos do operador, com a consequente fadiga visual.

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Recomenda-se então não ultrapassar as 200 cd/m<sup>2</sup> de luminância para qualquer superfície que entre directamente ou indirectamente no campo visual do operador (armaduras de iluminação, paredes, etc.) e verificar o ângulo de cut-off e a luminância das armaduras de iluminação a instalar.

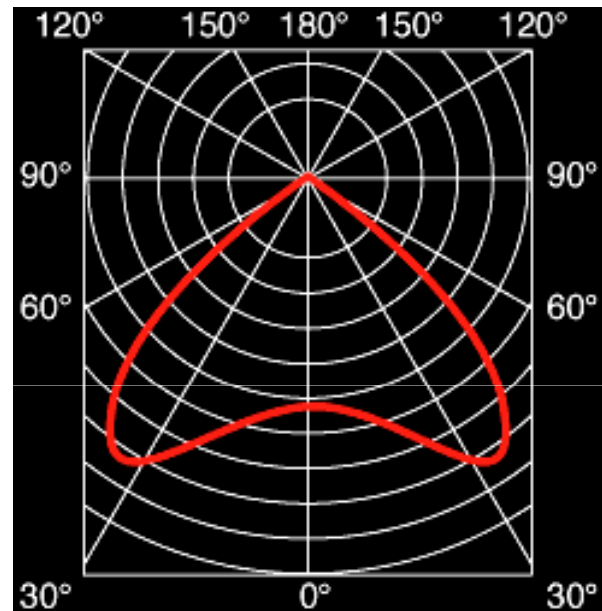
As armaduras de iluminação mais utilizadas em locais de trabalho são as de lâmpadas fluorescentes.

A sua repartição fotométrica é do tipo "batwing" que apresenta uma curva limite de luminância (curva CIE) para os ângulos críticos de emissão.

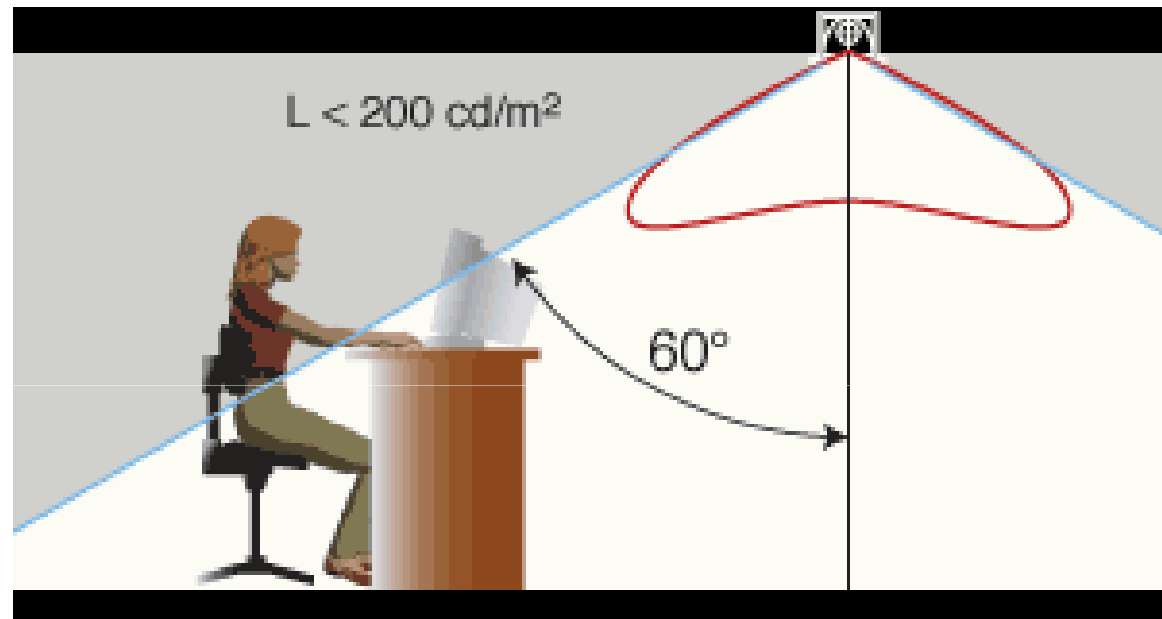
Devem ser preferidas as armaduras do tipo "Dark-light" (luminância  $\leq 200$  cd/m<sup>2</sup> para os ângulos de emissão  $> 60^\circ$ ) e as armaduras de iluminação do tipo "BAP" (luminância  $\leq 200$  cd/m<sup>2</sup> para os ângulos de emissão  $> 50^\circ$ ).

A figura indicada mais adiante mostra os problemas que podem aparecer (reflexos) se a escolha das armaduras de iluminação não for a mais adequada.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

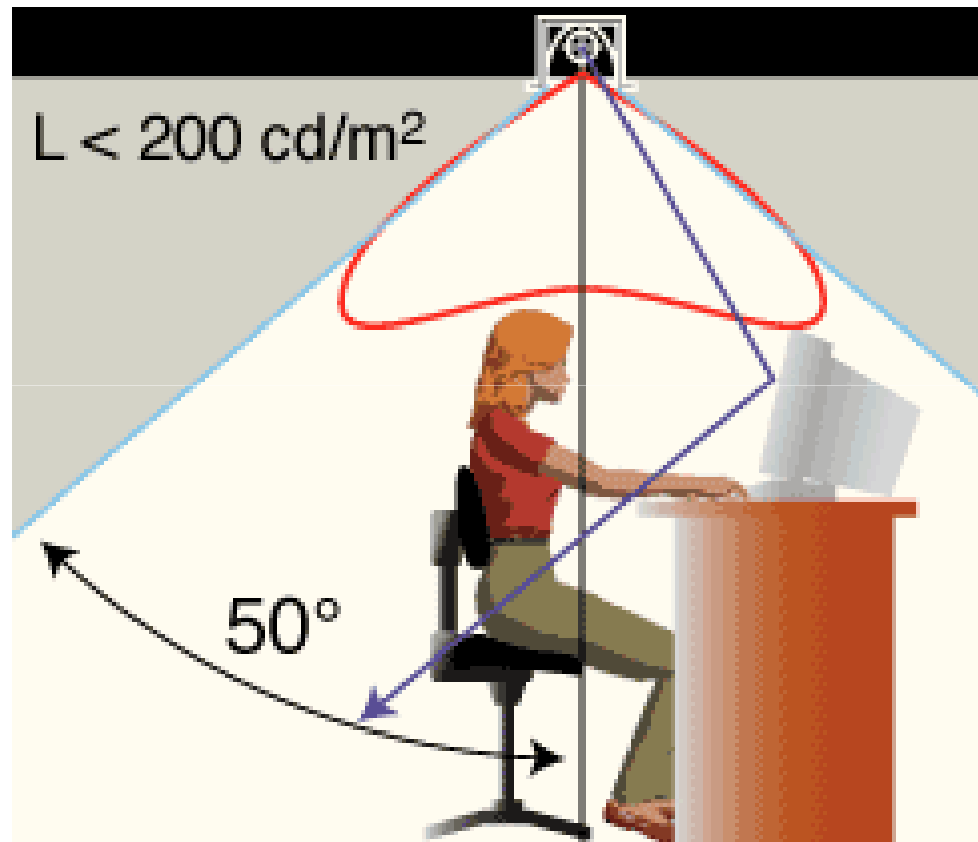


Distribuição tipo batwing



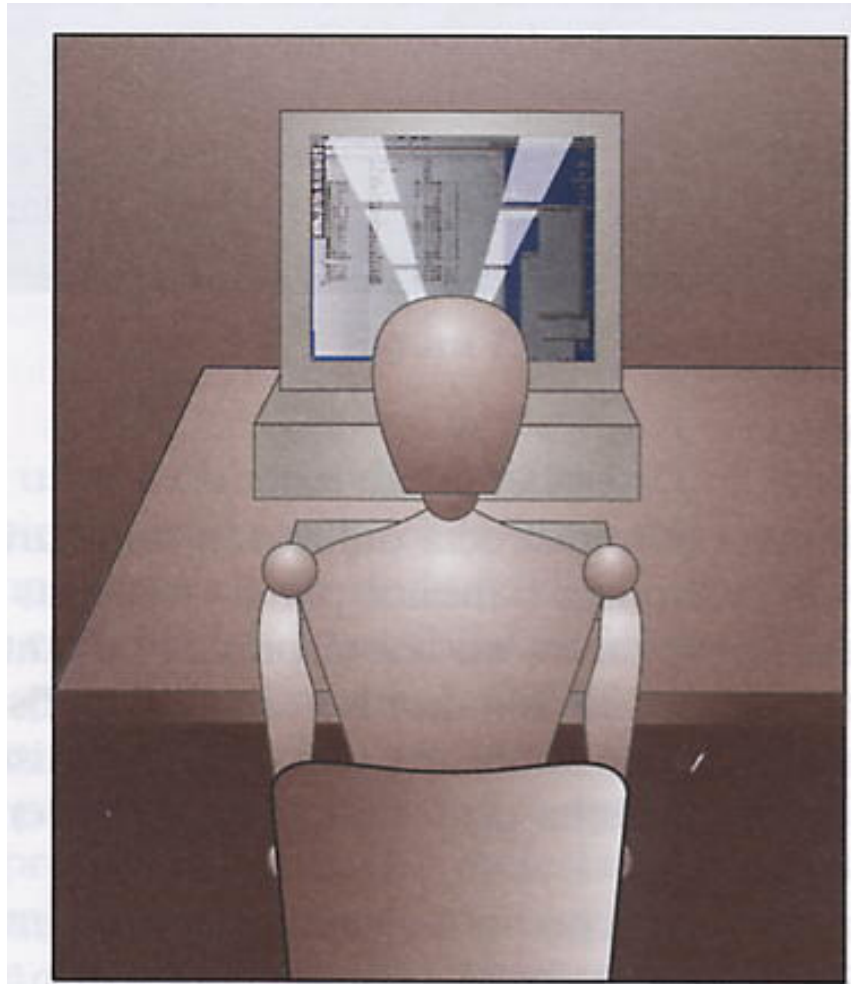
Armadura tipo "Darklight"

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



Armadura tipo BAP

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



Reflexos nos écrans de video

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## Fases do projecto luminotécnico de iluminação interior

### 1ª Fase

Quando se projecta uma instalação de iluminação interior é necessário antes de tudo estabelecer a tipologia da tarefa visual, ou seja a actividade desenvolvida na instalação (por ex. leitura, escrita, desenho, projecto, controlo de máquinas ferramenta, reparações de precisão, etc.).

Através de tabelas, tal como as tabelas resumidas indicadas mais adiante, verificam-se quais são os valores recomendados da iluminância média para os diferentes tipos de actividade.

Nas tabelas, para cada uma das actividades, são dados três valores de iluminância, relativos a 3 situações (actividade normal sem dificuldade, actividade de média dificuldade, e actividade difícil).

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Em primeira aproximação o valor de referência a ser considerado é o valor intermédio.

| Habitações e hotelaria                                  | E <sub>e</sub> (lux) | Tonalidade de cor | IRC | G |
|---|----------------------|-------------------|-----|---|
| Zonas de conversação ou de passagem                     | 50 - 100 - 150       | W                 | 1A  | A |
| Zonas de leitura  | 200 - 300 - 500      | W                 | 1A  | A |
| Zonas de escrita  | 300 - 500 - 750      | W                 | 1A  | A |
| Zonas de refeições                                      | 100 - 150 - 200      | W                 | 1A  | A |
| Cozinha   | 200 - 300 - 500      | W                 | 1A  | A |
| Casas de banho (geral)                                  | 50 - 100 - 150       | W                 | 1A  | B |
| Casa de banho (zona do espelho)                         | 200 - 300 - 500      | W                 | 1A  | B |
| Quartos (geral)   | 50 - 100 - 150       | W                 | 1A  | B |
| Quartos (armários)                                      | 200 - 300 - 500      | W                 | 1A  | B |
| Quartos (zona cama)                                     | 200 - 300 - 500      | W                 | 1A  | B |
| Zonas de trabalhos mais delicados (costura por exemplo) | 500 - 750 - 1000     | W                 | 1A  | A |



## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

| <b>Escritórios</b>                                 | <b>E<sub>e</sub> (lux)</b> | <b>Tonalidade de cor</b> | <b>IRC</b> | <b>G</b> |
|--|----------------------------|--------------------------|------------|----------|
| Trabalho normal (leitura e escrita), dactilografia | 300 - 500 - 750            | W, I                     | 1B         | B        |
| Trabalho de desenho e projecto                     | 500 - 750 - 1000           | W, I                     | 1B         | B        |
| Salas de reuniões                                  | 300 - 500 - 750            | W, I                     | 1B         | B        |

| <b>Instalações fabris de mecânica e de montagem</b> | <b>E<sub>e</sub> (lux)</b> | <b>Tonalidade de cor</b> | <b>IRC</b> | <b>G</b> |
|---|----------------------------|--------------------------|------------|----------|
| Trabalho ocasional                                  | 150 - 200 - 300            | W, I                     | 3          | C        |
| Trabalho grosseiro, soldadura                       | 200 - 300 - 500            | W, I                     | 3          | C        |
| Trabalho de dificuldade média                       | 300 - 500 - 750            | W, I                     | 3          | C        |
| Trabalho de dificuldade elevada                     | 500 - 750 - 1000           | W, I, C                  | 3          | B        |
| Máquinas automáticas                                | 300 - 500 - 750            | W, I                     | 3          | C        |
| Máquinas automáticas sofisticadas                   | 500 - 750 - 1000           | W, I, C                  | 3          | B        |

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

As tabelas atrás indicadas são dadas de acordo com as recomendações da CIE (Comissão Internacional de Iluminação).

A CIE sugere três escalas de níveis de iluminância:

- 20 a 200 lux (ilum. geral para áreas usadas com pouca frequência);
- 200 a 2000 lux (ilum. geral para locais de trabalho em interiores);
- 2000 a 20000 lux (ilum. adicional para tarefas muito exactas).

Cada uma destas três escalas é subdividida num certo número de passos, cada um diferindo de um factor de cerca de 1,5 do seguinte.

A escala total de iluminâncias recomendadas é a seguinte:

20 – 30 – 50 – 75 – 100 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 – 5000 lux.

Os níveis de iluminância superiores a 2000 lux são necessários para tarefas difíceis e deverão ser obtidos através de iluminação localizada adicional.

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

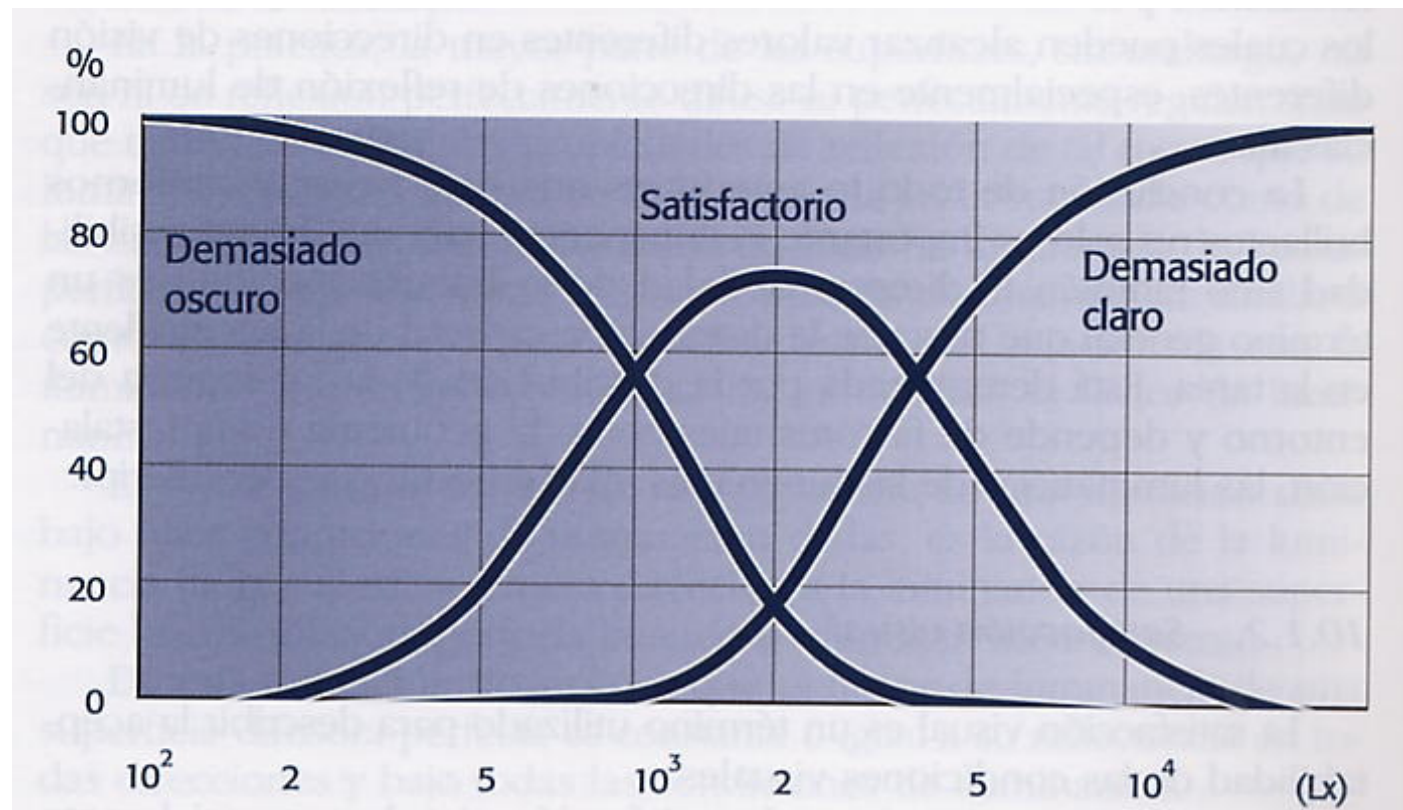
Realizaram-se muitas investigações para determinar o nível de iluminância mais adequado para a realização de trabalhos em interiores.

Os resultados obtidos na Europa Ocidental, com iluminação fluorescente com um controlo adequado do encandeamento, permitiram obter uma curva média indicando a percentagem de observadores que consideram uma dada instalação de iluminação como adequada.

Esta curva apresenta um máximo para o valor de 2000 lux, que seria portanto o valor ideal para uma instalação de iluminação interior.

A curva mostra-se na figura seguinte juntamente com a valorização “demasiado escuro” e “demasiado claro”.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Verifica-se que o conforto visual aumenta com a iluminância até um nível de 2000 lux, desde que sejam tomadas as precauções necessárias em relação aos contrastes de luminância e ao encandeamento e que seja observada a restituição de cores. Níveis da ordem dos 1000 lux são adequados para trabalho em interiores nos quais as tarefas não sejam de natureza prolongada ou visualmente muito exactas.

O mínimo baseado num critério de conforto visual anda à volta de 200 lux. Para áreas de circulação verificou-se ser aceitável um mínimo de 20 lux.

Na prática tem que ser feito muitas vezes um compromisso entre o nível de iluminância desejável e o que as condições económicas permitem.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## Factores de Reflexão do Tecto e das Paredes

Se não forem conhecidos avaliam-se aproximadamente baseando-nos na seguinte tabela:

| <u>Cores</u>                 | <u>Tecto, <math>\rho_p</math></u> | <u>Paredes, <math>\rho_m</math></u> |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Branco ou cores muito claras | 70%                               | 50%                                 |
| Cores claras                 | 50%                               | 30%                                 |
| Cores médias                 | 30%                               | 10%                                 |

Nota-se que, para a mesma cor, o factor de reflexão do tecto é sempre superior ao das paredes.

Isto é devido ao facto de nas paredes existirem portas, janelas mobiliário, etc., tendo tudo isto um baixo factor de reflexão.

Normalmente, quando se utiliza o método do factor de utilização considera-se:

$$\rho_p = 70\% \text{ (cor branca)} \quad \rho_m = 30\% \text{ (cores claras)}$$

e para o plano de trabalho:  $\rho_s = 10\%$  (cores médias).

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Quando se utiliza um software para cálculo da instalação de iluminação é possível considerar cores diferentes para as diferentes superfícies do local, e considera-se normalmente neste caso:

- tecto de cor branca:  $\rho_p = 70\%$ ;
- paredes com janelas ou móveis:  $\rho_m = 30\%$ ;
- restantes paredes:  $\rho_m = 50\%$ ;
- plano de trabalho:  $\rho_s = 10\%$  ou  $20\%$ ;
- tarefa visual:  $\rho_s = 30\%$ ;

### Armaduras suspensas

No caso de armaduras suspensas há absorção de luz no espaço acima do plano das armaduras, conhecido como "cavidade do tecto". Podemos no entanto considerar um "tecto equivalente" por cima das armaduras, com um factor de reflexão menor do que o do tecto real.

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Para calcular o factor de reflexão efectivo da cavidade calculamos em primeiro lugar o factor de reflexão médio das superfícies da cavidade  $\rho_a$ :

$$\rho_a = \frac{\sum \rho_n A_n}{\sum A_n}$$

Pode-se então calcular o factor de reflexão efectivo da cavidade através da seguinte expressão:

$$\rho_e = \frac{A_p \rho_a \times 100}{A_p \rho_a + A_t (100 - \rho_a)}$$



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **2ª Fase**

Passa-se de seguida ao cálculo do factor de manutenção  $\delta$  ou do seu inverso o factor de depreciação  $d$ .

O factor de manutenção tem em atenção a diminuição do rendimento das armaduras e das lâmpadas com o tempo.

Na prática simplifica-se bastante a determinação de  $\delta$  estabelecendo três categorias (ver figura).

O valor médio indicado na tabela deve ser utilizado para qualquer actividade em situações normais.

Os valores mais baixos devem ser aplicados quando:

- a tarefa visual for critica;
- a capacidade visual do observador está abaixo da média (por exemplo, mais idade);
- se for de grande importância uma maior velocidade ou acuidade de

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

- se a tarefa visual apresentar contrastes moderados;
- Os valores mais altos devem ser aplicados quando:
- a tarefa visual deve ser seguida apenas ocasionalmente;
  - na tarefa visual estão presentes contrastes elevados;
  - a velocidade e a acuidade visual não são particularmente importantes;

| Categoria   | Factor de manutenção | Factor de depreciação |
|-------------|----------------------|-----------------------|
| Normal      | 0,8                  | 1,25                  |
| Baixo       | 0,7                  | 1,43                  |
| Muito baixo | 0,6                  | 1,67                  |

### A influência da idade

A iluminância depende também da influência da idade. Assim, se tomarmos para unidade a iluminância apropriada para a percepção de um detalhe que apresente um determinado contraste com um fundo, para um observador de

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

40 anos, as iluminancias necessárias para obter a percepção do mesmo detalhe para outras idades são, segundo Fortuin, dadas por:

aos 10 anos:  $1/3$ ;

aos 20 anos:  $1/2$ ;

aos 30 anos:  $2/3$ ;

aos 40 anos: 1;

aos 50 anos: 2;

aos 60 anos: 5;

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **3ª Fase**

No entanto no projecto luminotécnico não se deve ter em atenção apenas um nível de iluminância médio de exploração.

Sobre a superfície importante para a tarefa visual (por exemplo, a leitura) deve ser garantida uma certa uniformidade de iluminação.

Isto significa que os olhos do observador não devem ser obrigados a uma constante adaptação, com os consequentes efeitos danosos para a actividade desenvolvida.

Para esta finalidade considera-se a uniformidade de iluminação  $U_0$ , calculada como o quociente entre a iluminância mínima e a iluminância média, na área da tarefa visual, a qual deve ter um valor pelo menos 0,8.

Por outro lado, em toda a área do local de trabalho, que não faz parte da tarefa visual, o valor da iluminância média não deve ser inferior a 1/3 da iluminância média da zona da tarefa visual:

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

$$E_m / E_{mTV} > 1 / 3$$

No caso de duas zonas adjacentes, o quociente entre a iluminância média da zona mais iluminada e a da zona menos iluminada não deve ser superior a 5.

## **4ª Fase**

Nesta fase devem ser escolhidas as armaduras de iluminação.

Deve ser verificado previamente se as mesmas podem provocar encandeamento directo. Isto é efectuado verificando na tabela atrás indicada a classe de encandeamento G recomendada para o tipo de local em causa. A classe de encandeamento da armadura escolhida é indicada no diagrama CIE da mesma.

Os fabricantes de armaduras de iluminação fornecem o diagrama de limitação de encandeamento directo para cada tipo de armadura de iluminação.

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Para que o aparelho escolhido se encaixe na classe de encandeamento requerida a sua curva limite de luminância deve estar posicionada abaixo da curva limite traçada para a classe de qualidade correspondente.

O ângulo limite a considerar na curva limite de encandeamento é dado por:

$$\alpha = \arctg (a / h), \text{ em que:}$$

a = distância horizontal entre a posição do observador e a perpendicular baixada do centro do aparelho de iluminação mais afastado;

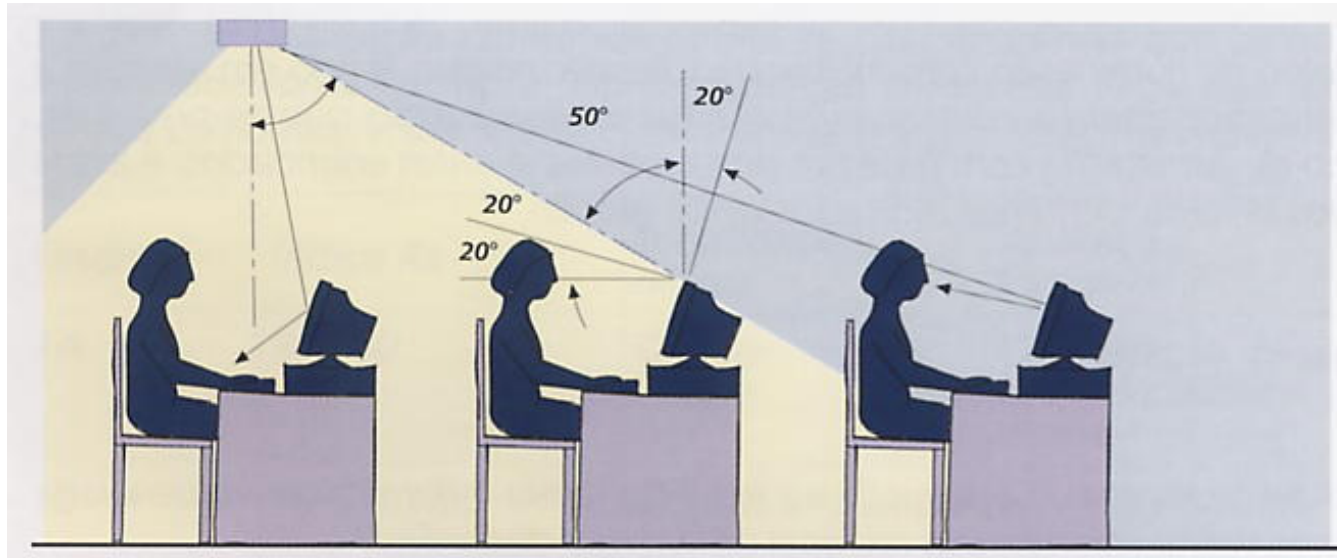
h = distância na vertical entre o centro do aparelho de iluminação e a posição do olhar, considerada a 1,2 m para as tarefas em que a pessoa está sentada e a 1,65 m para tarefas em que a pessoa está de pé;

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

A curva limite de luminância das armaduras de iluminação deve ser inferior à curva limite correspondente à classe de qualidade da instalação para todos os ângulos compreendidos entre os  $45^\circ$  e o ângulo limite calculado.

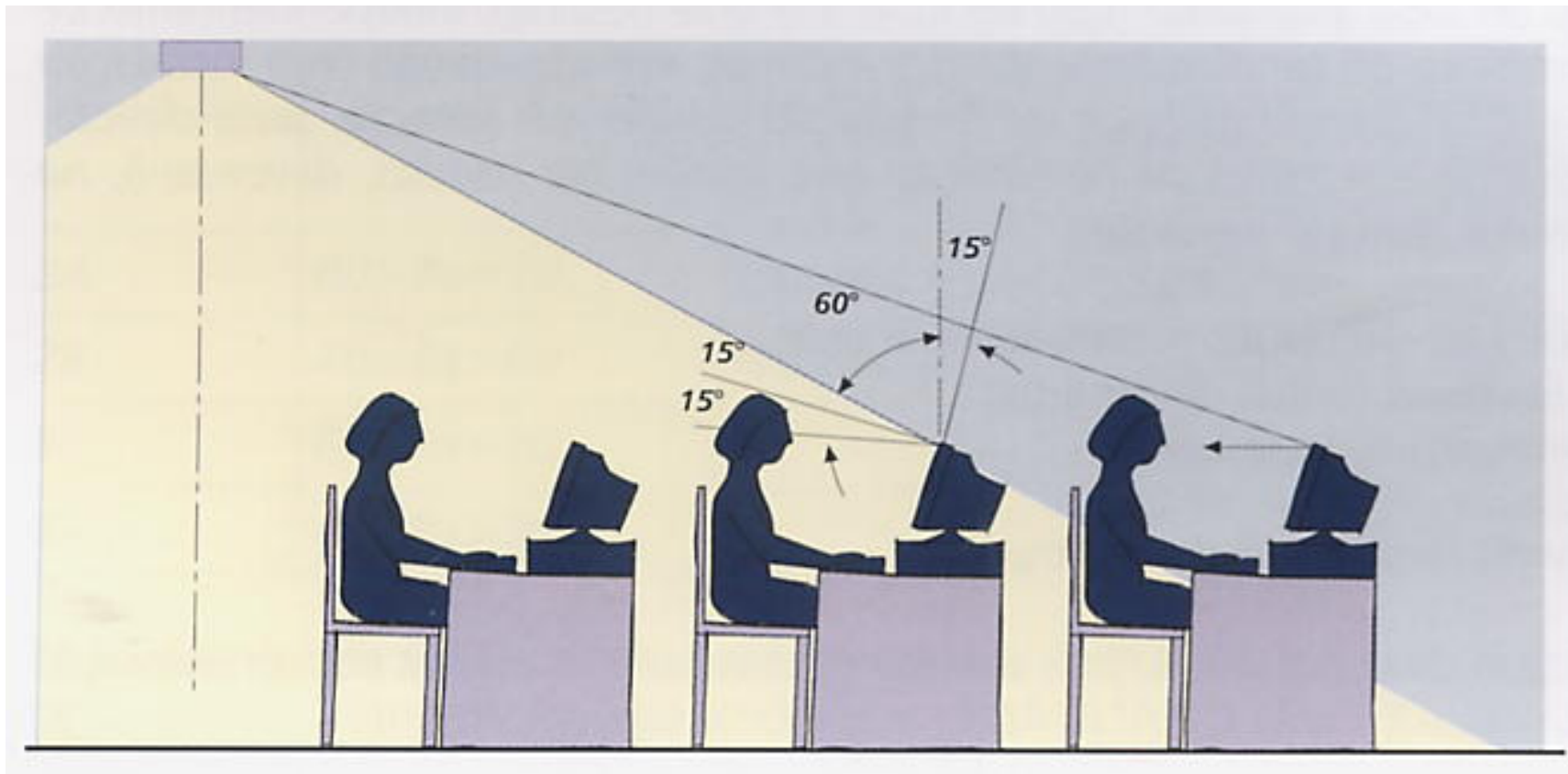
Outras situações em que o gráfico das luminâncias responde de uma forma objectiva são aquelas em que as luminâncias dos aparelhos a usar deverão ser menores ou iguais a  $200 \text{ cd/m}^2$  para os ângulos  $\alpha$  de  $50^\circ$  ou de  $60^\circ$ .

Na figura seguinte mostra-se a situação de limitação aos  $50^\circ$ .



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Na figura seguinte mostra-se a situação de limitação da luminância das armaduras a partir dos  $60^\circ$ .





## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

O processo de verificação previsto deve satisfazer o seguinte:

- o local deve ter forma paralelepédica ou cúbica;
- os factores de reflexão das superfícies do local devem estar compreendidas entre 0,2 a 0,8 para o tecto, 0,4 a 0,6 para as paredes e 0,1 a 0,2 para o plano de trabalho;
- as direcções de observação devem ser horizontais e paralelas às paredes;
- a altura de observação é fixada em 1,2 m do pavimento, o observador é colocado junto à parede do fundo do local, olhando para a parede oposta;

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

A tabela seguinte apresenta as classes de qualidade de limitação do encandeamento e as respectivas características.

| Classe de qualidade | Tipo de tarefa visual   | UGR  |
|---------------------|---|------|
| A                   | Tarefa visual muito difícil   | < 16 |
| B                   | Tarefa que requer elevadas prestações visuais                           | < 19 |
| C                   | Tarefa que requer prestações visuais normais                            | < 22 |
| D                   | Tarefa que requer prestações visuais modestas                           | < 25 |
| E                   | Para interiores em que as pessoas não têm posições de trabalho precisas | < 28 |

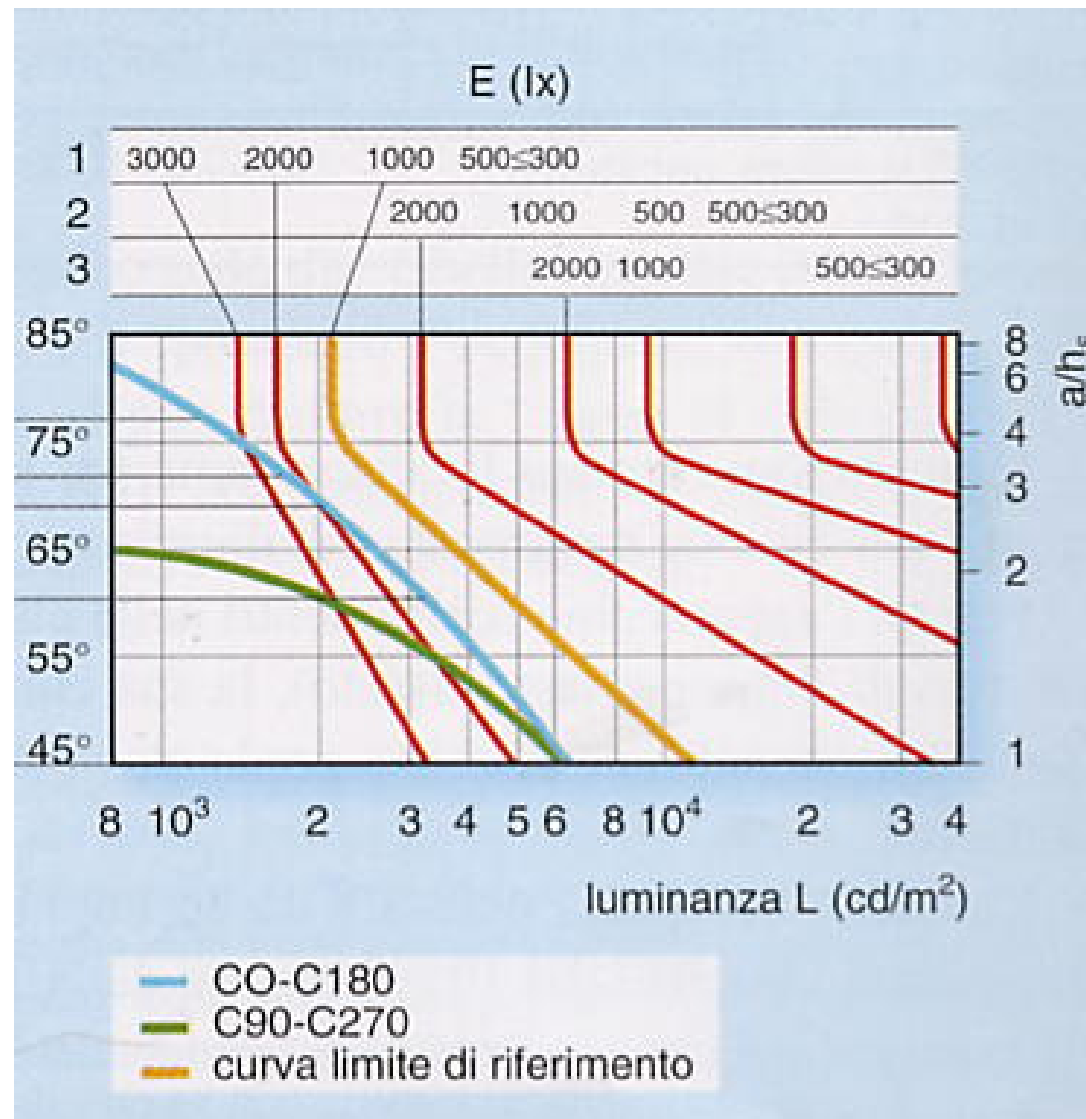
## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

No entanto, a CIE (Comissão Internacional de Iluminação) recomenda que sejam usadas as classes de qualidade A, B e D, e que as mesmas sejam denominadas como classes I, II e III, respectivamente:

- classe I: para iluminação de alta qualidade (salas de desenho, por ex.);
- classe II: para locais de trabalho normal (escritórios, por ex.);
- classe III: para locais industriais e áreas de circulação em geral;

Na figura seguinte apresentam-se as curvas limite de luminância de uma armadura de iluminação, nos planos longitudinal e transversal e a curva limite de referência para a classe I (a amarelo):

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **5ª Fase**

A escolha da lâmpada segue-se à escolha da armadura de iluminação.

Neste aspecto, deve ser dada atenção à tonalidade de cor que está relacionada com a temperatura de cor, à relação entre a temperatura de cor e a iluminância adoptada e à restituição de cores.

A tonalidade de cor recomendada está indicada nas tabelas atrás dadas para a escolha do nível de iluminância, através do uso de três letras: W, I e C, cujo significado está indicado no quadro seguinte.

| <b>Tonalidade de cor</b> | <b>Temperatura de cor</b> | <b>Letra</b> | <b>Aparência de cor</b> |
|--------------------------|---------------------------|--------------|-------------------------|
| Quente                   | abaixo de 3300 K          | W            | branco quente           |
| Intermédia               | de 3300 a 5300 K          | I            | branco neutro           |
| Fria                     | acima de 5300 K           | C            | branco frio             |

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

A escolha da aparência de cor é uma questão psicológica, de estética e do que é considerado natural.

A escolha depende da iluminância, das cores do local e do mobiliário, assim como do clima. Em climas mais quentes geralmente é preferida uma aparência de cor da luz mais fria, e em climas mais frios é preferida uma aparência de cor da luz mais quente.

Em locais de trabalho deve ser utilizada uma tonalidade de cor intermédia, branco-neutro, dado que uma tonalidade de cor mais quente pode dar alguma sonolência, pelo facto de ser semelhante à luz solar no final de um dia.

Uma tonalidade de cor branco-quente é mais adequada para locais onde se deseja uma atmosfera mais acolhedora, por exemplo para habitações, salas de reuniões, restaurantes, etc.

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

### Relação entre Iluminância e Temperatura de Cor

A temperatura de cor das lâmpadas a utilizar deve estar em relação com o nível de iluminância adoptada.

O diagrama de Kruithoff põe em evidência essa relação.

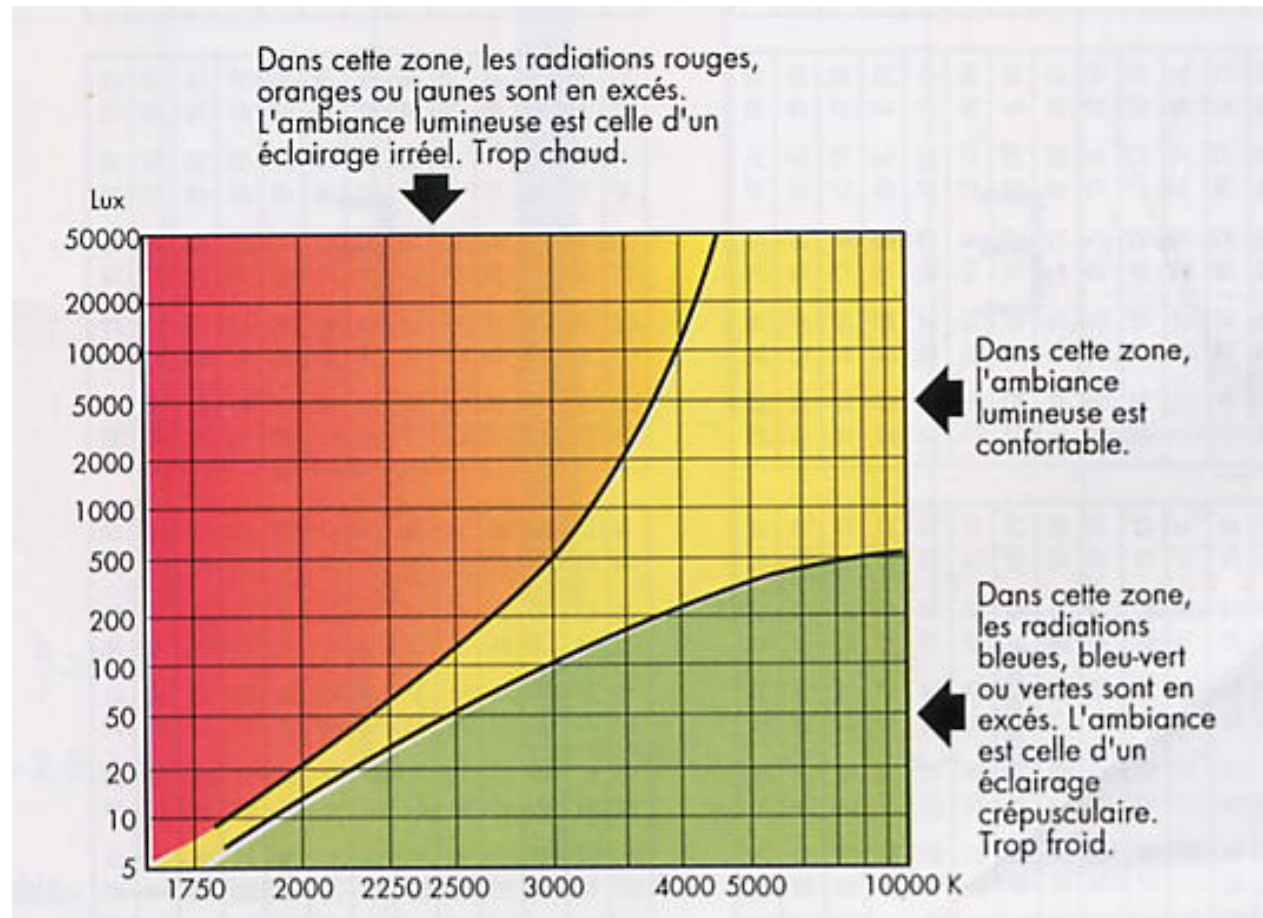
Neste diagrama a zona intermédia (a amarelo) corresponde à zona que provoca uma impressão agradável.

Por exemplo, consultando o diagrama verificamos que um nível de iluminância de 500 lux deve ser obtido com lâmpadas que tenham uma temperatura de cor entre cerca de 3000 K e 6000 K. Já uma iluminância de 100 lux deve ser obtida com lâmpadas que tenham uma tonalidade de cor mais quente, entre cerca de 2500 e 3000 K.

Na zona acima da zona central (a vermelho) a iluminação parece fria e na zona de baixo (a verde) a impressão de cores não é natural.

A figura seguinte mostra o diagrama de Kruithoff.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO





# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## Restituição de cores

A restituição de cores recomendada para os diferentes tipos de local é indicada nas tabelas atrás mencionadas, indicando-se na tabela seguinte o significado da sigla utilizada:

| <b>Sigla</b> | <b>Indice de restituição de cores, IRC</b> |
|--------------|--|
| 1A           | $IRC > 90$                                 |
| 1B           | $80 \leq IRC \leq 90$                      |
| 2            | $60 \leq IRC < 80$                         |
| 3            | $40 \leq IRC < 60$                         |
| 4            | $20 \leq IRC < 40$                         |

## **6ª Fase**

No que diz respeito ao encandeamento indirecto, temos de ter em atenção o equilíbrio de luminâncias no campo visual.

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

As luminâncias presentes no campo visual podem ser calculadas com um software apropriado.

Na prática quotidiana, conhecidas as iluminâncias presentes sobre todas as superfícies com interesse e os factores de reflexão das mesmas, é possível calcular com uma boa aproximação as luminâncias, aplicando a seguinte expressão:

$$L = \rho E_m / \pi$$

em que:

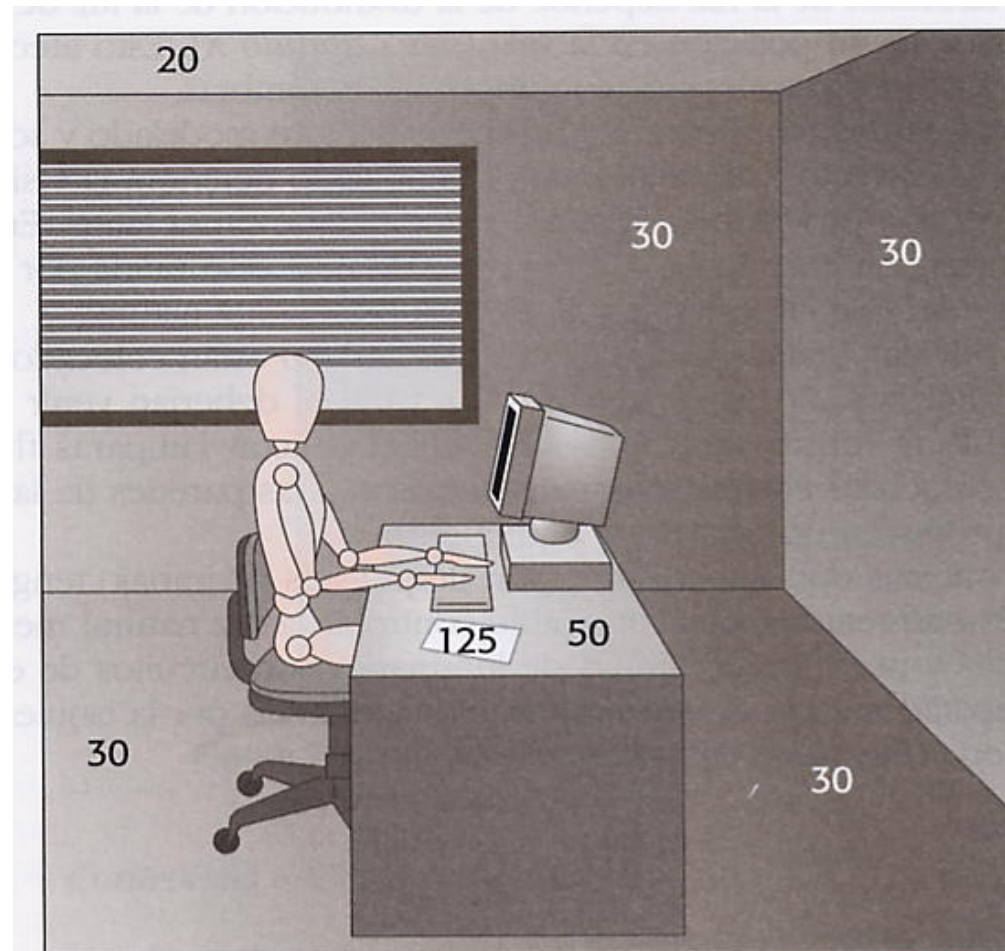
$\rho$  = factor de reflexão da superfície;

$E_m$  = iluminância média da superfície;

Se é verdade que os olhos percebem as diferenças de luminâncias, é no entanto verdadeiro que a luminância depende das características da superfície iluminada (que reflecte a luz na direcção dos olhos) e da quantidade de fluxo luminoso (ou seja da iluminância) que recebe a superfície.

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

A figura seguinte apresenta um exemplo de distribuição de luminâncias (cd/m<sup>2</sup>) num local de trabalho.



## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Recentes experiências em iluminação interior conduziram à especificação de quocientes entre as luminâncias das várias superfícies de um local (paredes, plano de trabalho, pavimento, tecto, tarefa visual).

O quadro adiante indica os valores óptimos de luminâncias de superfícies com interesse.

A luminância da plano de trabalho não deve ser inferior a  $1/3$  da luminância do objecto ou documento que constitui a tarefa visual; a mesma relação deve existir entre a superfície de trabalho e as paredes circundantes.

A relação entre a luminância do plano de trabalho e a da superfície de fundo do local não deve ser superior a  $10/1$ , sendo o valor aconselhado de  $5/1$ .

As relações de luminâncias calculadas devem estar compreendidas dentro dos limites previstos na tabela indicada a seguir.

Na tabela subdividem-se os ambientes em 3 classes:

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

| Limites prescritos para<br>quocientes de luminâncias   | Classificação do ambiente |      |     |
|--|---------------------------|------|-----|
|  | X                         | Y    | Z   |
| 1- Entre a tarefa visual e as<br>superfícies mais escuras<br>adjacentes (max)                              | 3/1                       | 3/1  | 5/1 |
| 2- Entre a tarefa visual e as<br>superfícies mais claras<br>adjacentes (min)                               | 1/3                       | 1/3  | 1/5 |
| 3- Entre a tarefa visual e as<br>superfícies longinquas mais<br>escuras (max)                              | 10/1                      | 20/1 | -   |
| 4- Entre a tarefa visual e as<br>superfícies longinquas mais<br>claras (min)                               | 1/10                      | 1/20 | -   |
| 5- Entre as armaduras de<br>iluminação e as superfícies<br>adjacentes (janelas,<br>claraboias, etc.) (max) | 20/1                      | -    | -   |
| 6- Entre a tarefa visual e as<br>superfícies mais escuras  | 40/1                      | -    | -   |

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

- Classe X: ambientes onde as reflexões podem ser controladas de acordo com os valores recomendados;
- Classe Y: ambientes onde é possível controlar as reflexões apenas na vizinhança da área de trabalho, sendo limitada a possibilidade de as controlar nas superfícies mais distantes;
- Classe Z: ambientes nos quais o controlo das reflexões é impraticável e onde se torna difícil modificar as condições ambientais;

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Para este efeito podemos também basear-nos nas condições de conforto visual.

Assim, se designarmos por:

$E_1$  = iluminância média do tecto;

$E_3$  = iluminância média das paredes;

$E_4$  = iluminância média do plano de trabalho;

temos as seguintes condições de conforto visual:

$$0,3 \leq E_1/E_4 \leq 0,9$$

$$0,5 \leq E_3/E_4 \leq 0,8$$

É evidente que para obtermos os valores das iluminâncias das paredes e do tecto não podemos efectuar o cálculo pelo método do factor de utilização, tendo de utilizar um método de cálculo mais completo: método BZ ou método das 4 zonas. Podemos, em alternativa, utilizar um software de cálculo luminotécnico, o que nos permite obter com facilidade estes valores.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **7ª Fase**

Nesta altura deve-se quantificar, de maneira aproximada, o número de armaduras de iluminação e a sua localização.

Se for utilizado o método do factor de utilização o número de armaduras de iluminação a instalar é o necessário para se obter a iluminância média de exploração requerida, ou seja:

$$N = E_e \times S / (n_l \times F_l \times U \times \delta)$$

em que:

N = número de armaduras de iluminação;

$E_e$  = iluminância média de exploração;

S = área do local ( $m^2$ );

$n_l$  = número de lâmpadas por armadura;

$F_l$  = fluxo nominal por lâmpada;

U = factor de utilização;

$\delta$  = factor de manutenção; 2006



## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Este método só é aplicável quando as seguintes hipóteses, que serviram de base para a realização das tabelas forem cumpridas:

- o local for paralelepédico e fechado;
- as suas paredes forem perfeitamente difusoras e com um factor de reflexão uniforme;
- o plano de trabalho a iluminar for horizontal;
- as armaduras têm de ser do mesmo tipo, colocadas regularmente no local e em quantidade suficiente;
- a distribuição da intensidade luminosa das armaduras deve ter um eixo ou um plano de simetria verticais.

O factor de utilização é dado por uma tabela fornecida pelo fabricante da armadura, em função do índice de forma do local e dos factores de reflexão das superfícies do mesmo.

O índice de forma do local é dado por:

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

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

em que:

a= comprimento do local (em m);

b= largura do local (em m);

Em iluminação directa, semi-directa e mista, h é a altura de montagem da armadura, em relação ao plano útil.

O factor de utilização pode também ser dado a partir da classificação da armadura sob a forma seguinte:  $\eta_i X + \eta_s T$ .

em que:

$\eta_i$  = rendimento hemisférico inferior da armadura;

$\eta_s$  = rendimento hemisférico superior da armadura;

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Esta classificação das armaduras é dada pelos fabricantes cujos dados fotométricos foram calculados pelo método das 4 zonas.

As armaduras que emitem fluxo luminoso no hemisfério inferior são classificadas em 10 classes (A a J) e as que emitem fluxo no hemisfério superior são classificadas com a letra T. Temos assim por exemplo: 0,5D+0,4T.

Uma armadura de iluminação assim designada tem um rendimento hemisférico inferior de 50% e uma distribuição no hemisfério inferior correspondente à letra D. O seu rendimento hemisférico superior é de 40%. Esta é uma forma expedita de classificar as armaduras de iluminação, visto que não é necessário apresentar uma tabela dos factores de utilização para cada modelo de armadura.

Basta uma classificação como a indicada acima e consultam-se depois umas tabelas do factor de utilização, uma para cada uma das classes do hemisfério inferior (A a J) e outra para a classe do hemisfério superior (T).

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Neste método existem dois conjuntos de tabelas: um para as armaduras colocadas no tecto e outro para armaduras suspensas, em que a razão de suspensão é  $j = 1 / 3$ , em que  $j = h' / (h + h')$  em que  $h'$  é a altura de suspensão e  $h$  a altura de montagem.

Para alturas de suspensão intermédias efectua-se uma interpolação linear entre os valores do factor de utilização lido em cada uma das tabelas ( para  $j=0$  e  $j=1/3$ ).

### **8ª Fase**

Nesta fase procede-se à distribuição das armaduras, tendo em atenção o quociente  $(e/h)_{\max}$  recomendado pelo fabricante da armadura ou definido para a classe da armadura em causa, de forma a obtermos uma uniformidade de iluminação adequada.

Para as armaduras cujos factores de utilização são dados de acordo com o método das 4 zonas o quociente  $(e/h)_{\max}$  para cada uma das classes é dado

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Classe A:  $e_{\max} \leq 0,6xh$ ;

Classe B:  $e_{\max} \leq 0,8xh$ ;

Classe C:  $e_{\max} \leq 1,0xh$ ;

Classe D:  $e_{\max} \leq 1,2xh$ ;

Classe E:  $e_{\max} \leq 1,5xh$ ;

Classe F:  $e_{\max} \leq 1,5xh$ ;

Classe G:  $e_{\max} \leq 1,5xh$ ;

Classe H:  $e_{\max} \leq 1,5xh$ ;

Classe I:  $e_{\max} \leq 1,7xh$ ;

Classe J:  $e_{\max} \leq 1,7xh$ ;

Se o fabricante da armadura utilizada não indicar o valor máximo de  $e/h$  e os respectivos dados fotométricos não forem indicados pelo método das 4 zonas, podemos utilizar a título indicativo os seguintes valores que dependem do tipo de iluminação:

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

|   |        |
|---|--------|
| Iluminação directa                          | 1,35 h |
| Iluminação semi-directa                     | 1,50 h |
| Iluminação mista com difusores              | 1,70 h |
| Iluminação mista com lâmpadas fluorescentes | 1,50 h |

A não ser que o local a iluminar seja quadrado é difícil obter-se a situação ideal de a distância entre armaduras ser igual nos 2 sentidos e inferior ao valor de  $e_{\max}$  recomendado.

Neste caso devemos utilizar a média entre os dois espaçamentos ou então consideramos a área do plano de trabalho por armadura e calculamos o  $(e/h)_m$  da seguinte forma:

$$\left(\frac{e}{h}\right)_m = \frac{1}{h} \sqrt{\frac{A}{N}}$$

em que: A é a área do local e N o número de armaduras.

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

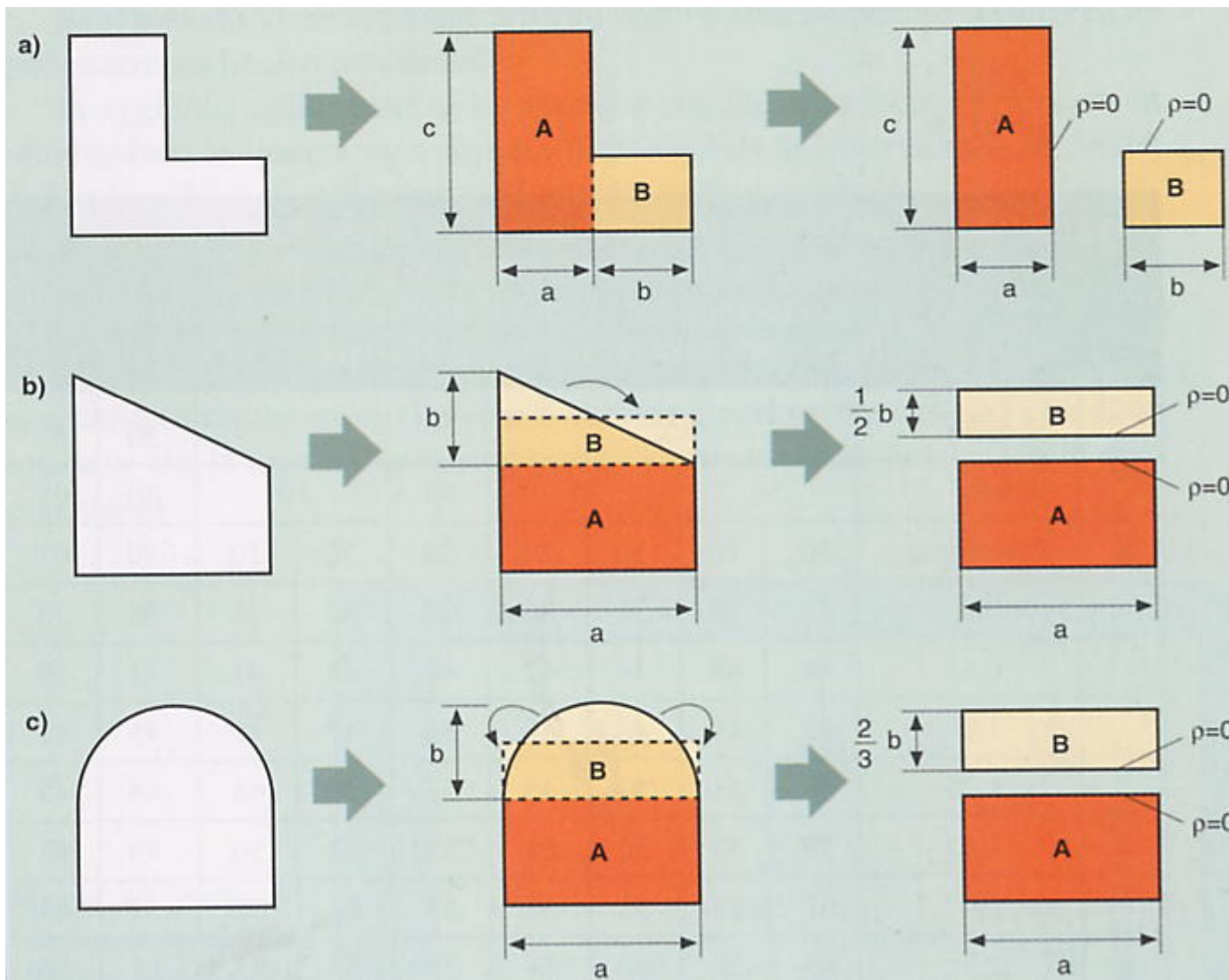
Se a área não for rectângular, podemos decompor a área em partes rectangulares.

No entanto se usarmos um software de cálculo, em alguns casos é possível definir áreas do local a iluminar não rectangulares.

Na figura seguinte dão-se alguns exemplos de divisão de áreas rectangulares em partes que serão tratadas separadamente ou numa só parte, equivalente à área total do local.

Como é evidente, na distribuição das armaduras de iluminação temos de ter em consideração a forma real do local.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO





# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **9ª Fase**

Nesta fase deve verificar-se o índice de eficiencia energética (IEE) da instalação, que é um factor que mede a eficiência energética de uma instalação de iluminação e que, ao mesmo tempo, permite um autocontrolo do trabalho realizado.

A unidade de medida é o  $\text{W/m}^2 - 100 \text{ lux}$ .

Ao avaliar um projecto de iluminação deve verificar-se o IEE para o conjunto do projecto mediante o quociente entre a potência eléctrica total projectada e a área da superfície considerada.

Realizada esta operação estabelecemos a referência para uma iluminância de exploração de 100 lux para obter o IEE.

Na tabela seguinte indicam-se os valores máximos recomendados para o IEE para diferentes tipos de locais.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

| Cálculo global   |                          |
|--|--------------------------|
| Tipo de local  | Pot. (W/m <sup>2</sup> ) |
| Comércio e escritórios                                 | 16                       |
| Ensino<br>Salas de espectáculos<br>Industria           | 15                       |
| Instalações sanitárias<br>Hotelaria<br>Restauração     | 12                       |
| Outros locais  | 12                       |
| Estabelecimentos desportivos<br>Armazéns<br>Transporte | 10                       |

| Cálculo detalhado  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Tipo de local  | Pot. (W/m <sup>2</sup> )         |
| Armazenamento e arquivos   | 6                                |
| Halls e corredores   | 12                               |
| Outros locais com área >30 m <sup>2</sup>  | 15                               |
| Outros locais com área ≤30 m <sup>2</sup>  | 18                               |
| Locais que requerem uma<br>iluminância média de exploração de<br>mais de 600 lux ou local no qual a<br>iluminação geral não é suficiente<br>para assegurar o conforto visual |                                  |
| - local com menos de 30 m <sup>2</sup>   | 4 W/m <sup>2</sup> , por 100 lux |
| - local com mais de 30 m <sup>2</sup> 2006   | 3 W/m <sup>2</sup> , por 100 lux |

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

O índice IEE é um guia para manter o desenho de uma instalação de iluminação dentro de parâmetros de eficiência energética do conjunto adequados.

## **10ª Fase**

Esta fase diz respeito à divisão das armaduras de iluminação por um ou mais circuitos, à escolha da aparelhagem de comando, e à sua coordenação, se for o caso, com a presença de luz natural.

No que diz respeito à secção dos condutores é imposta nas Regras Técnicas, para iluminação, uma secção mínima de  $1,5 \text{ mm}^2$ , e é recomendado não ultrapassar 8 pontos de luz por circuito monofásico.

Em regra, as armaduras de iluminação devem ser divididas por vários circuitos, de forma a corrente de serviço não ultrapasse por circuito cerca de 7 A.

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Esta limitação da corrente de serviço tem por um lado a ver com a intensidade nominal da aparelhagem de manobra (10 A, em regra), mas também com as componentes harmónicas presentes em qualquer circuito de iluminação.

Esta corrente de serviço deve ser calculada tendo em atenção quer a potência das lâmpadas, quer a potência dos respectivos auxiliares eléctricos e o factor de potência da montagem.

É preciso ter em atenção também outras exigências das RTIEBT no que diz respeito ao nº de circuitos de iluminação: em locais com presença de público por exemplo num dado local é necessário mais do que um circuito de iluminação, para que o local não fique às escuras no caso de disparo do dispositivo de protecção do circuito contra sobreintensidades.

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Por outro lado sempre que o local tem luz natural é conveniente usar-se como aparelho de manobra um comutador de lustre em vez de um interruptor, dado que desta forma podemos desligar as armaduras de iluminação junto da janela independentemente das armaduras mais no interior, sendo largamente compensada a diferença de preço entre os dois aparelhos ao longo da duração de vida da instalação.

### Instalação de sistemas automáticos de controlo

Por ser muito rígida a implementação de procedimentos manuais, o recurso a sistemas automáticos de controlo é, na maioria dos casos, a forma mais eficiente de gerir os circuitos de iluminação.

Estes sistemas automáticos permitem otimizar a utilização das instalações de iluminação, resultando normalmente em economias de energia significativas, sem prejuízo dos níveis de conforto visual necessários em cada local e/ou actividade.

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Os sistemas de utilização mais generalizada são do tipo “tudo ou nada”, podendo ser actuados por interruptor horário, por detector de presença ou por fotocélula sensível ao nível de luminosidade.

Uma das utilizações mais comuns deste tipo de sistema, consiste no controlo da iluminação de zonas exteriores, recorrendo-se a interruptores crepúsculares, que ligam e desligam esta iluminação, respectivamente, ao cair da noite e ao início da manhã.

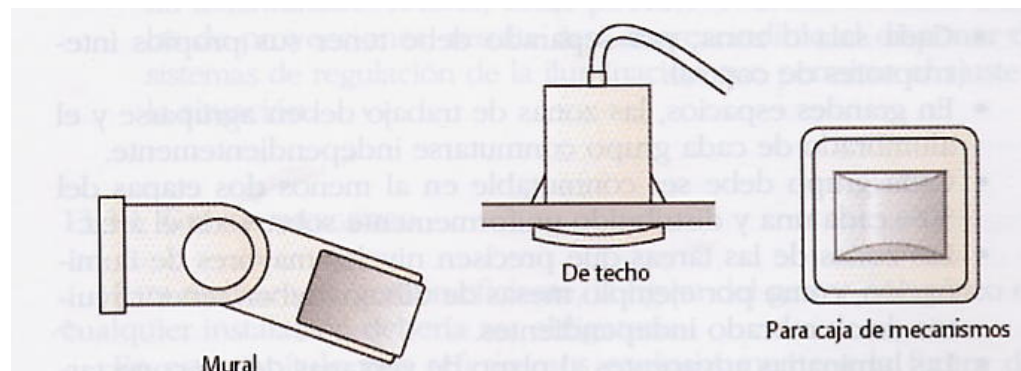
Esta solução, de baixo custo, garante uma eficiência máxima, devendo ser aplicada em todas as áreas exteriores.

É mais vantajosa que os sistemas mais antigos por interruptor horário, pois estes obrigam a uma intervenção manual, para ajustamento do relógio ao longo do ano, sendo por isso menos eficientes e mais falíveis.

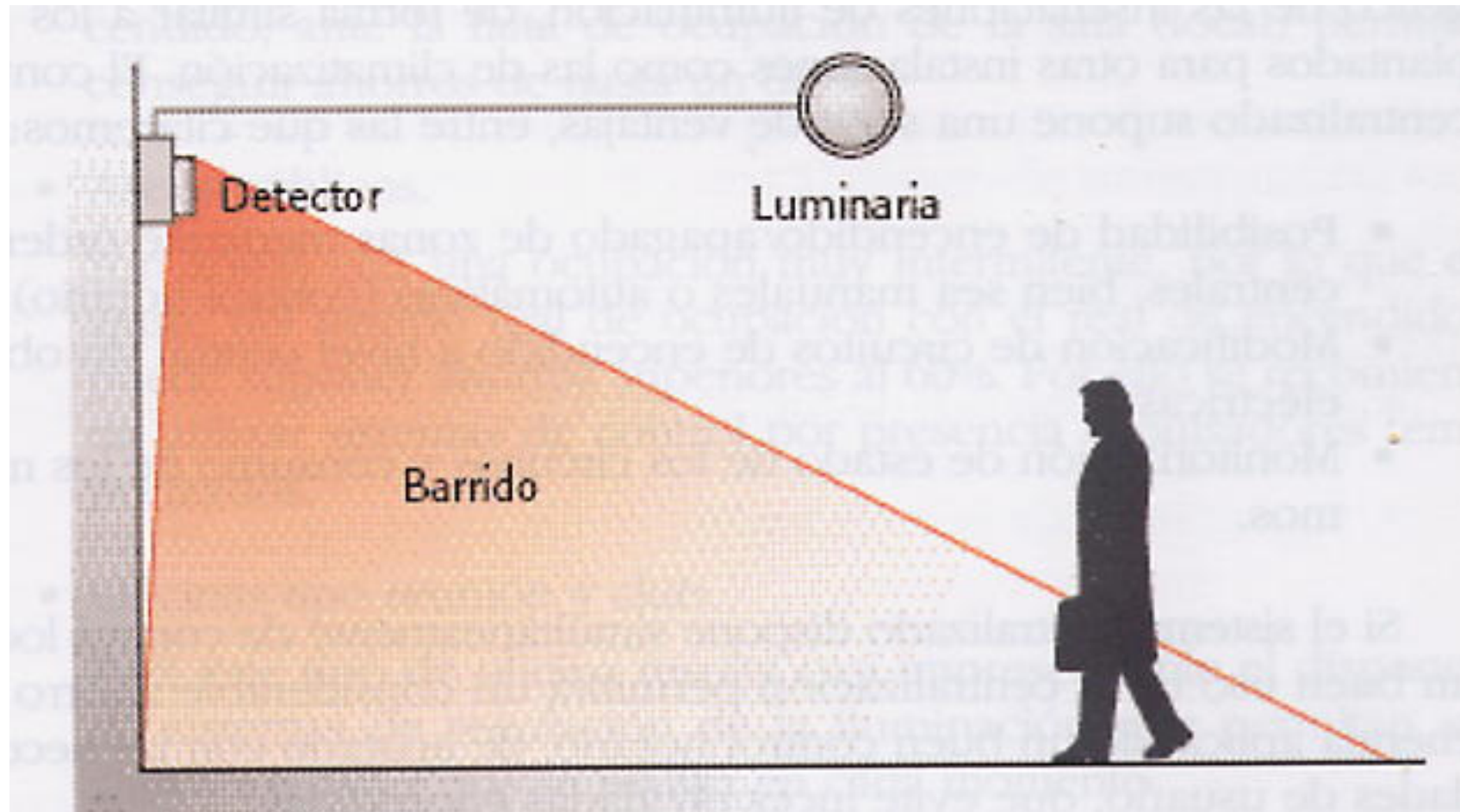
## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

O controlo por temporização, por interruptor horário, embora seja menos flexível e mais limitado que os restantes, continua a ser uma boa solução em instalações que tenham um funcionamento bem definido, podendo ser utilizado para desligar a iluminação no final do dia, na paragem para almoço, e ao fim de semana.

Os detectores de presença são normalmente utilizados em zonas pouco frequentadas (corredores, sanitários, armazéns, arrumos, caves, etc.) e actuam apenas, como o nome indica, quando detectam a presença de alguém na respectiva área, garantindo uma utilização mínima da iluminação no local.



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



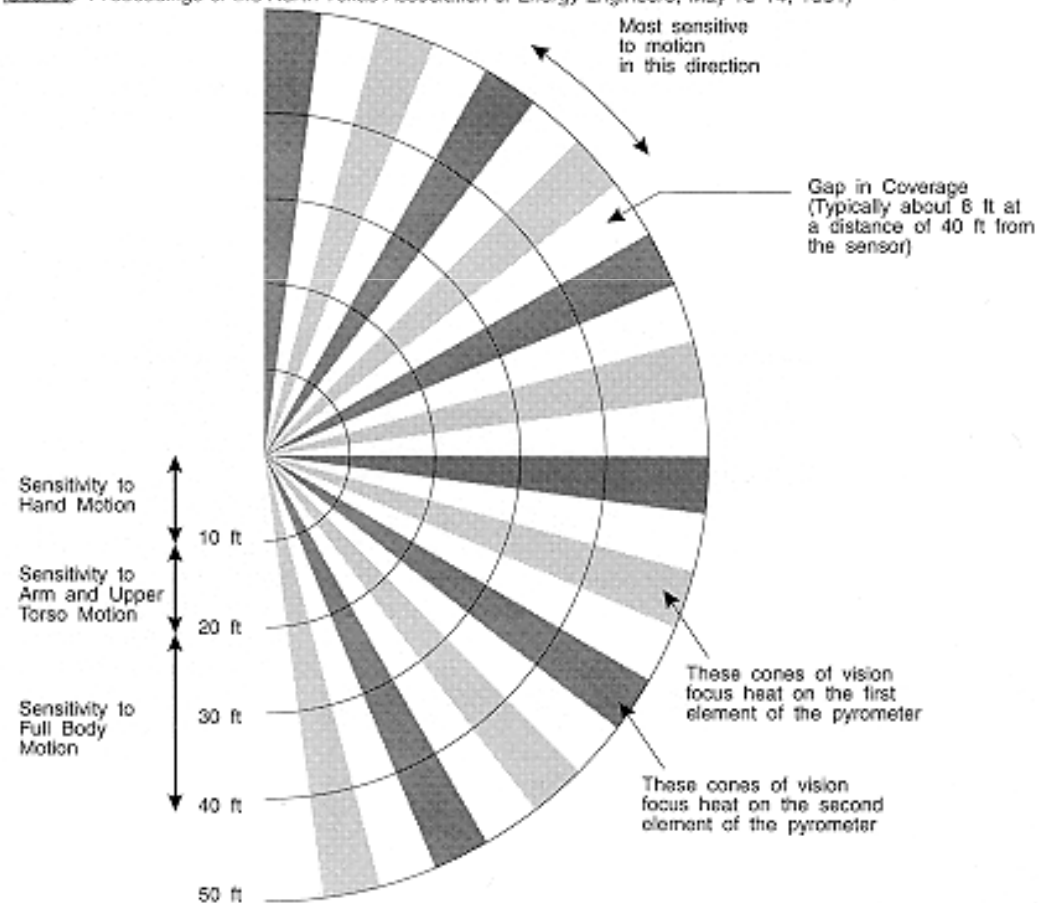


# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## Zonas de detecção de um detector de presença

Figure 10-1  
Operation and Sensitivity of Passive Infrared Sensors

(Source: Proceedings of the North Texas Association of Energy Engineers, May 13-14, 1991)



## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Quando um ocupante move uma mão, ou o corpo, de um cone de visão para outro, é gerado um sinal positivo o qual é enviado para o controlador.

O padrão de detecção dos sensores PIR têm a forma de um ventilador, formada por cones de visão obtidos por cada segmento da lente facetada.

Como se mostra na figura seguinte existem buracos ou vazios na cobertura, entre os cones de visão de segmentos alternados da lente. Estes buracos aumentam com a distância. A cerca de 12 metros do sensor, por exemplo, existem vazios na cobertura do sensor com cerca de 2 m de largura.

Dado que um sensor é mais sensível ao movimento que se efectua de um cone de visão para outro, a sua sensibilidade diminui com a distância à medida que as zonas entre os cones de visão aumentam. A maioria dos sensores PIR são sensíveis ao movimento de uma mão até à distância de cerca de 3 m, dos braços e da parte superior do tronco até cerca de 6 m e ao movimento de todo o corpo até cerca de 12 metros.

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

O controlo por fotocélula é aplicável em locais que disponham de boa iluminação natural, e permite gerir racionalmente o funcionamento dos circuitos de iluminação geral; a fotocélula poderá ficar colocada, quer no exterior, quer no interior, junto a uma janela, ou noutro local que se pretenda utilizar como referencial de luminosidade.

A aplicação destas fotocélulas a sistemas de controlo “tudo ou nada” deve, no entanto, ser combinada com uma boa iluminação localizada dos postos de trabalho, pois caso contrário o corte brusco da iluminação geral dos sectores pode dar origem a problemas vários, como por exemplo, quebras de produção e mesmo acidentes de trabalho.

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Para além dos sistemas mais vulgares “tudo ou nada”, existem actualmente sistemas de controlo por regulação do fluxo luminoso que embora de maior custo constituem muitas vezes a solução mais eficiente, quer do ponto de vista energético, quer da produtividade e da própria segurança.

Estes sistemas permitem regular o fluxo luminoso de forma contínua, sendo igualmente controlados por uma fotocélula, que em função do nível de iluminação natural, ajusta o fluxo da iluminação artificial, por forma a manter constante o valor da luminosidade pretendido no local; desta forma evitam-se os problemas dos sistemas “tudo ou nada”, com economias de energia significativas.

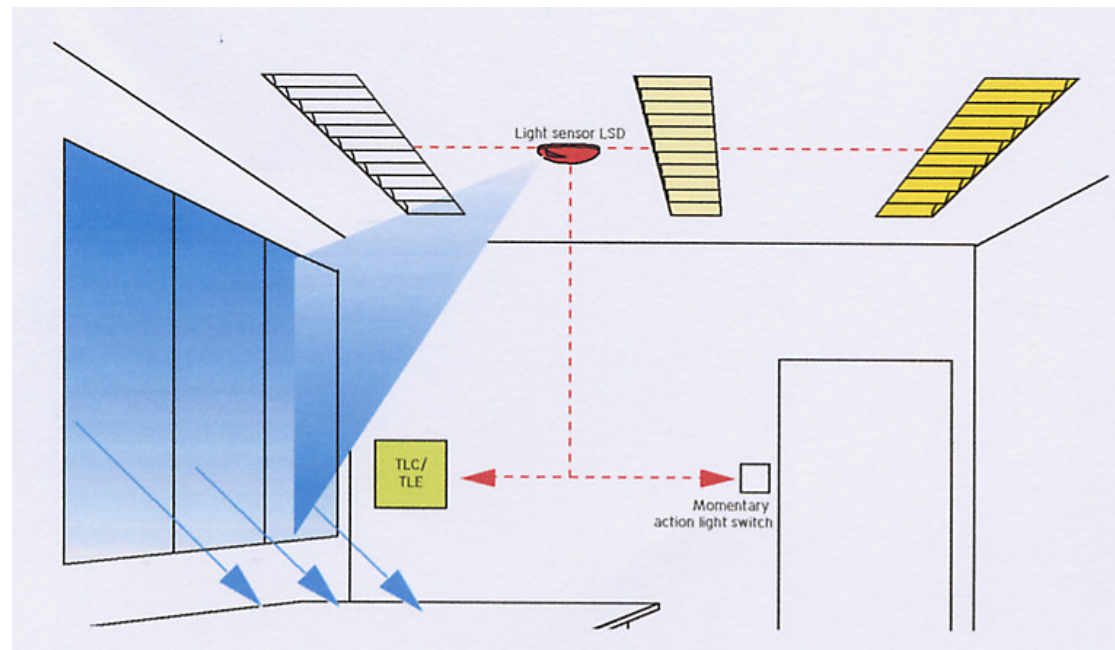
O desenvolvimento dos balastros electrónicos veio facilitar a aplicação deste tipo de controlo às armaduras fluorescentes, com resultados muito positivos, ao nível do seu consumo eléctrico.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

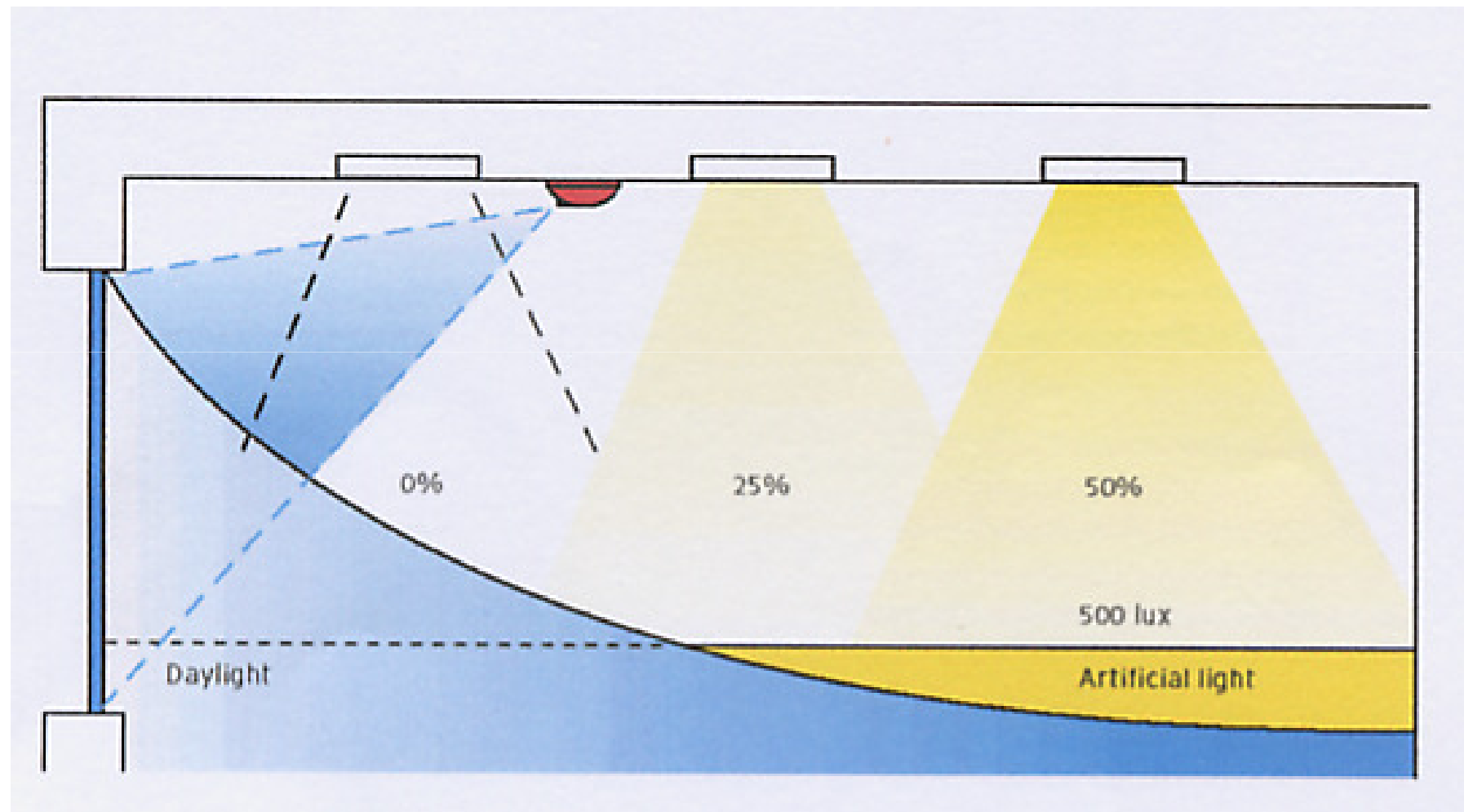
## Sensores de luz natural e regulação de fluxo

Quando há luz natural em quantidade suficiente as filas de armaduras junto das janelas são desligadas e as restantes operam com uma regulação de fluxo de valor adequado.

Pode-se poupar energia adicional através do uso de detectores de movimento ou de interruptores horários, que desligam a iluminação quando não há trabalho no local.



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Para locais com pouco movimento, por exemplo corredores, existem actualmente balastros electrónicos, que associados a detectores de movimento, permitem efectuar com eficiência grandes poupanças de energia neste tipo de locais.

Em vez de se desligar completamente a iluminação, na ausência de pessoas, é efectuada uma regulação de fluxo luminoso para cerca de 10%.

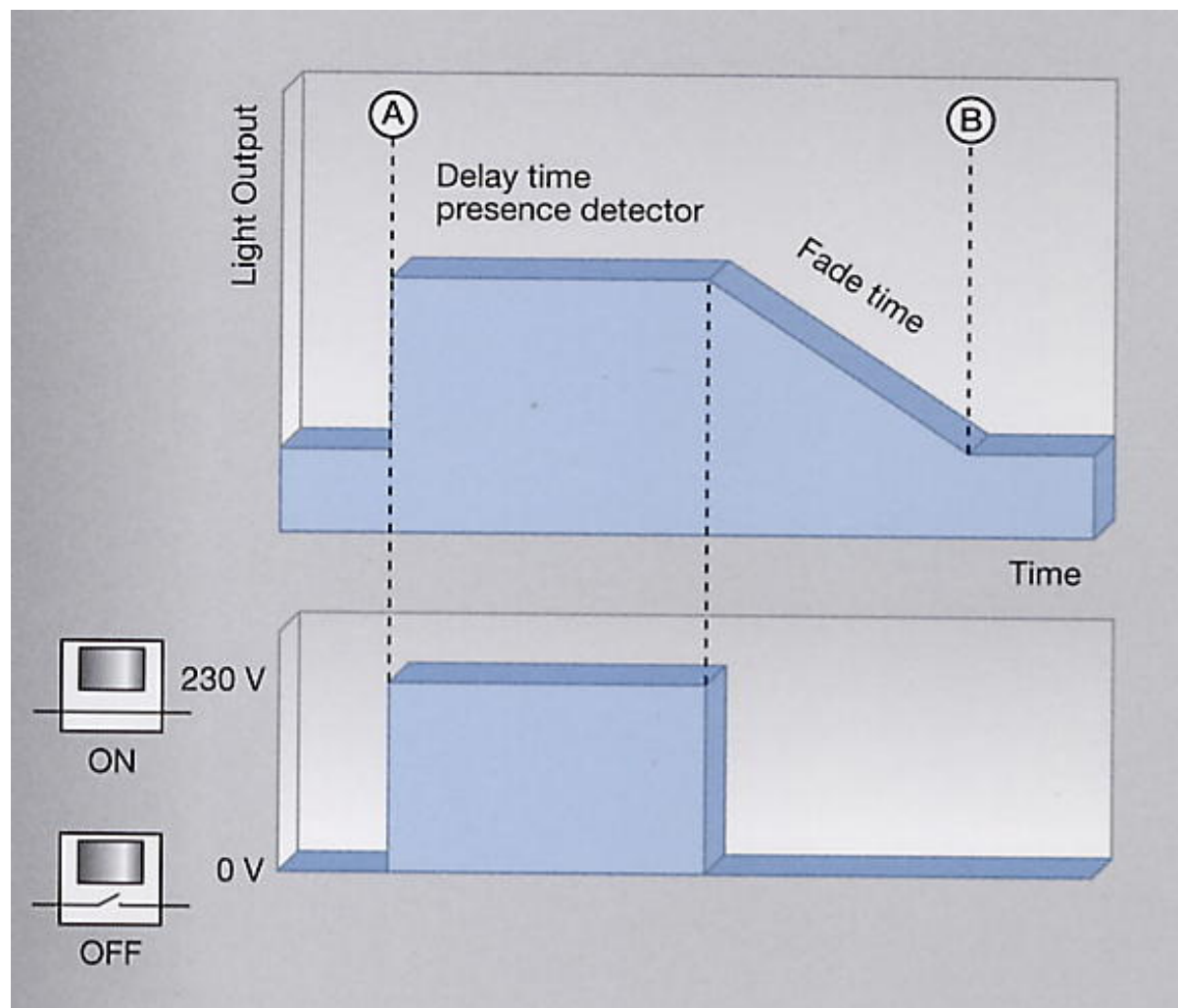
Desde o momento em que alguém entre no local, o fluxo luminoso é novamente regulado para 100%.

A temporização para a diminuição de fluxo luminoso pode ser regulada pelo detector de movimento.

A velocidade de diminuição do fluxo luminoso é uma função do balastro electrónico.

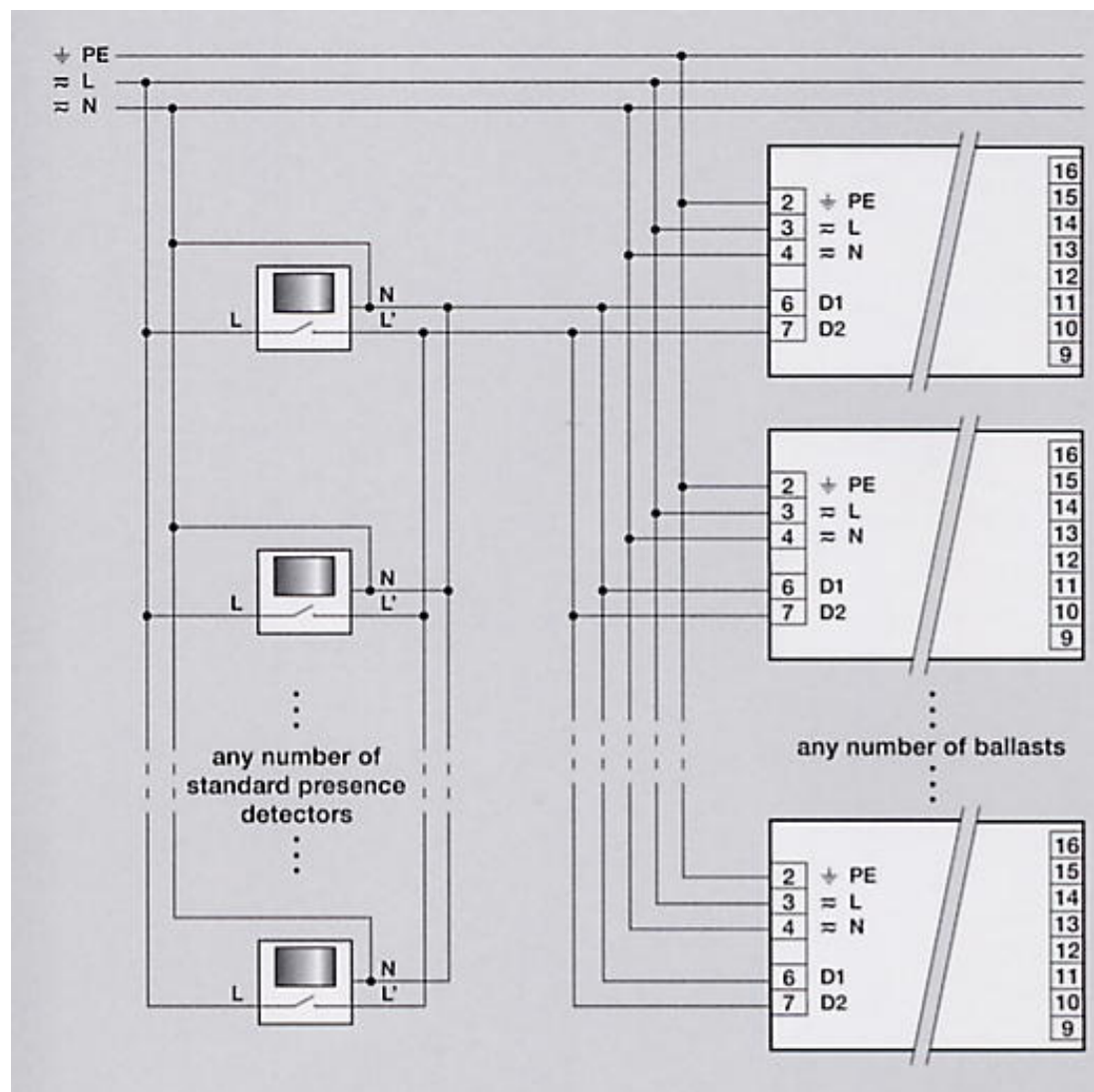
Esta função é designada por "corridor function" e requer sempre a associação de balastros electrónicos com regulação de fluxo a detectores de movimento.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO





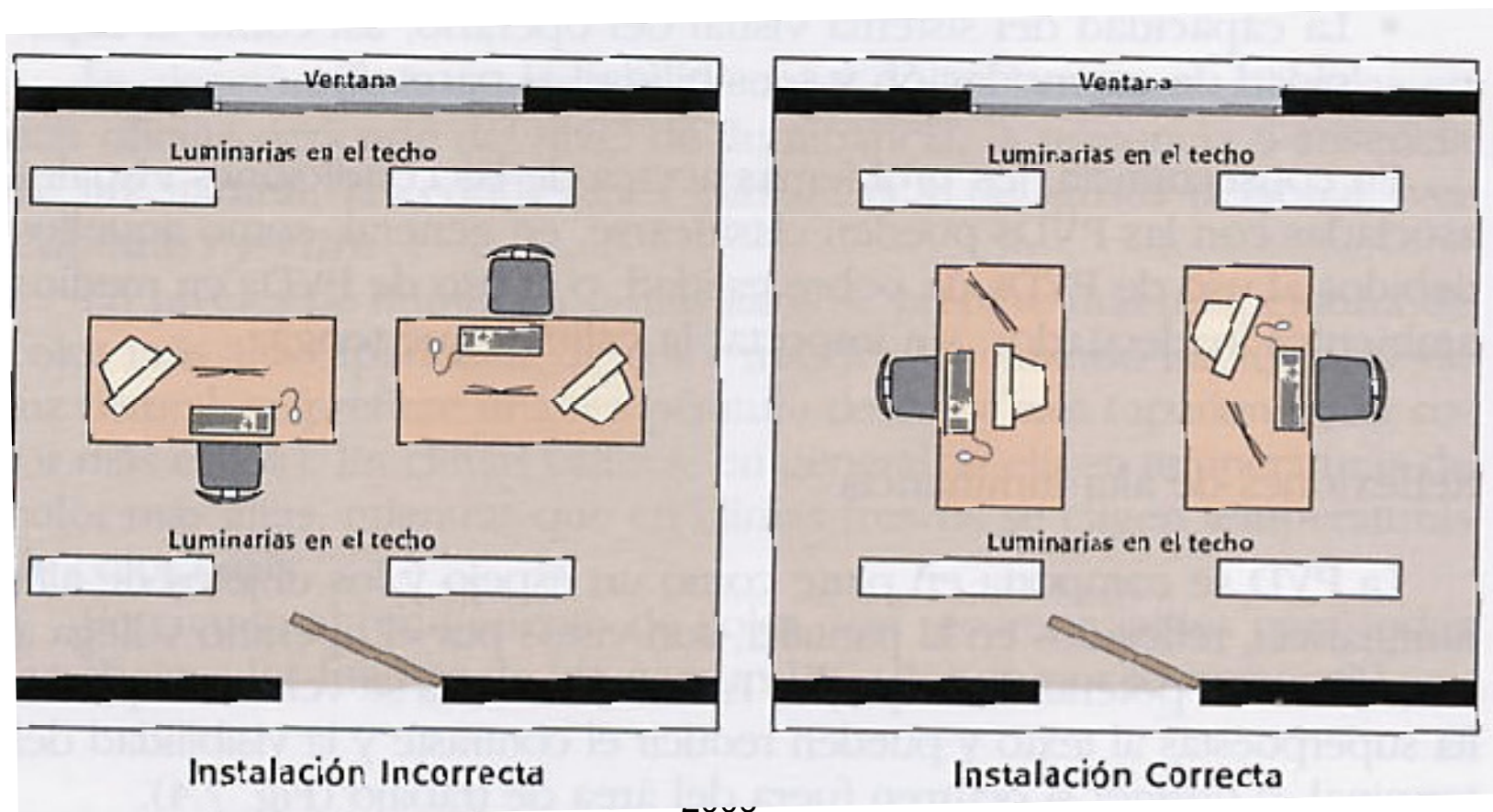
# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## Disposição das armaduras de iluminação

As armaduras de iluminação, nos locais de trabalho, devem ser dispostas de acordo com o indicado na figura seguinte.



## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

Na figura anterior, no primeiro caso as armaduras estão dispostas de forma adequada (paralelamente às janelas), mas as secretárias não estão colocadas de forma adequada pelo facto de poderem aparecer reflexos nos monitores de video.

No segundo caso, quer a disposição das armaduras de iluminação, quer a disposição do mobiliário, são as mais adequadas.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **SOFTWARE PARA CÁLCULO LUMINOTÉCNICO**

Praticamente todos os fabricantes de armaduras de iluminação ou têm software próprio, ou têm os dados fotométricos das respectivas armaduras disponíveis para utilização em aplicações de software, de forma a tornar mais expedito, mais rápido e mais fiável o projecto luminotécnico.

Algumas das aplicações informáticas são apenas destinadas a iluminação interior: WinElux, Cophos, Simkar.

Outras suportam projectos de iluminação interior e de iluminação pública e por projectores: Indalwin, Dialux, Relux Pro.

Existem três modalidades de desenvolvimento de software de iluminação:

- Programas patrocinados por um fabricante:

- WinElux (EEE), Indalwin (Indalux), Calculux (Philips), Cophos (Zumtobel)

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

-Programas patrocinados por uma associação de fabricantes:

Dialux, Relux;

-Programas custeados por verbas governamentais:

Superlite (Pennsylvania State University);

Radiance (Lawrence Berkeley National Laboratory);

Desktop Radiance (software Radiance associado ao Autocad);

Os arquivos fotométricos digitais são utilizados por estes programas são de vários tipos:

-IES (US standard format for storing spatial light output distribution for luminaires): .ies, .i95, .i86;

-Eulumdat (european standard format for storing spatial light output distribution for luminaires): .ldt, .e4l;

-CIBSE TM14 : (british standard format for storing spatial light output distribution for luminaires): .cib, .t14, .cb1;

O software Dialux é um dos standards actuais para cálculo luminotécnico. 77

## **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

A utilização de software para cálculo luminotécnico tem uma série de vantagens:

- possibilidade de estudar rapidamente um conjunto de possibilidades para a iluminação de um dado local;
- em alguns casos, possibilidade de indicar factores de reflexão diferentes para as diferentes paredes de um local;
- cálculo rápido das iluminâncias das paredes e do tecto;
- possibilidade de traçado das curvas isolux num dado plano;
- apresentação da variação da iluminância a 3 dimensões;
- obter a variação da iluminância num dado plano (secções de iluminância), etc.;

Com algum software, é possível efectuar uma importação do desenho de um dado local a partir do Autocad, possibilitando também a inclusão de mobiliário pré-definido no software ou definido pelo utilizador através de volumes.

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

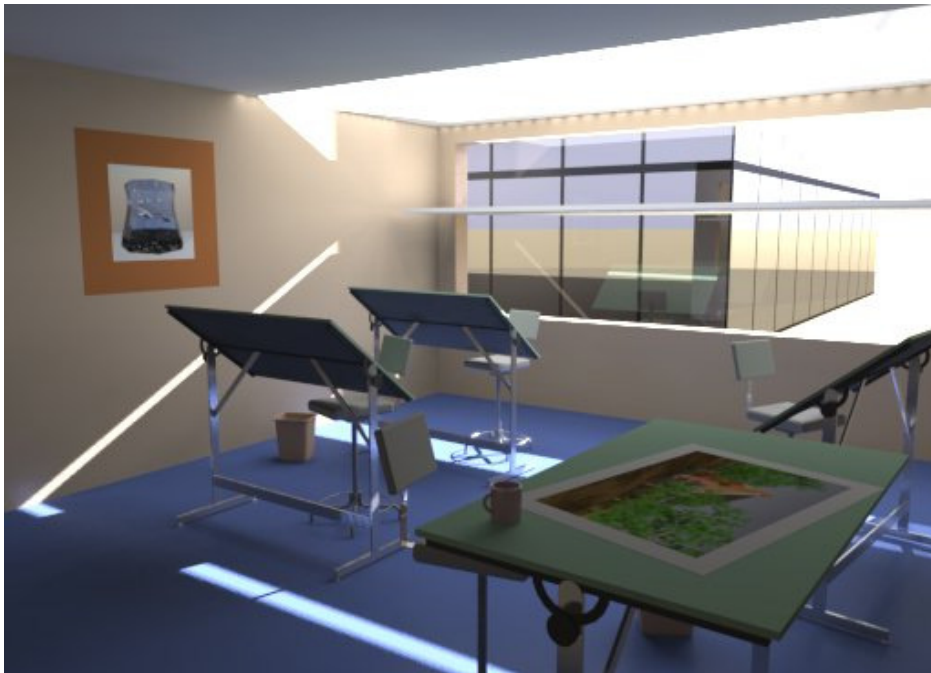
Quando o software tem esta particularidade é possível visualizar o local iluminado com o respectivo mobiliário e armaduras de iluminação (rendering). Pode também atribuir-se às superfícies do local um dado tipo de revestimento e uma dada cor.

As figuras seguintes mostram alguns estudos luminotécnicos realizados com software deste tipo.





# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



AAT



2006

80



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



AAT

2006



82

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



AAT



2006

83

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO





## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



AAT

85

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **Exemplos**

### 1 – Sala de trabalho com monitores de video

Neste caso optou-se por integrar a iluminação artificial com a iluminação natural, utilizando na fila de armaduras junto das janelas armaduras de iluminação, com óptica que permita uma distribuição do tipo “batwing”, de distribuição assimétrica (armaduras do tipo B), para que a incidência da luz no plano de trabalho tenha a mesma direcção da luz natural.

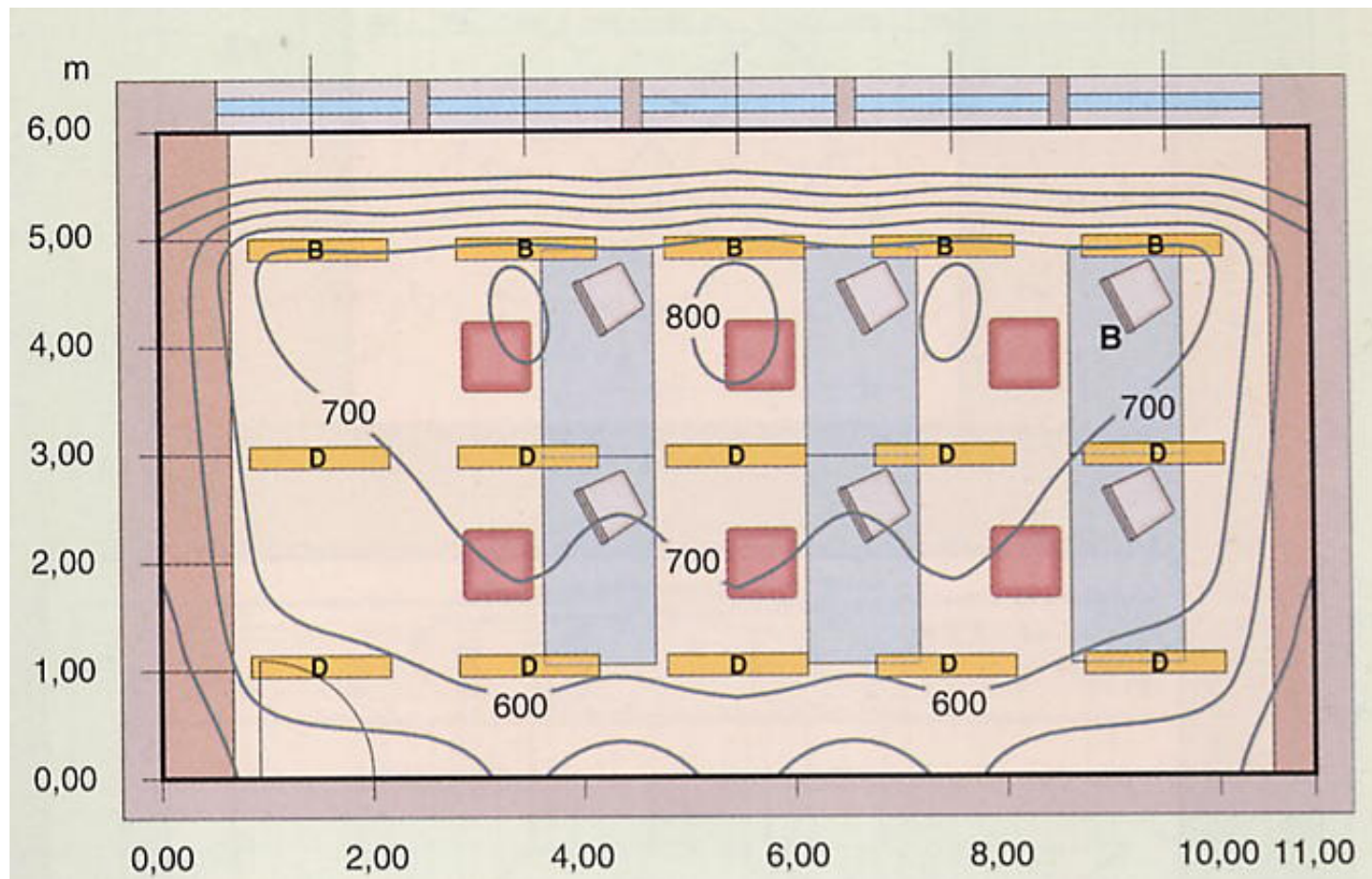
As restantes armaduras utilizadas têm também uma distribuição do tipo “batwing”, simétrica (armaduras do tipo D).

As armaduras de iluminação escolhidas estão portanto de acordo com as regras adequadas para o controlo do encandeamento directo.

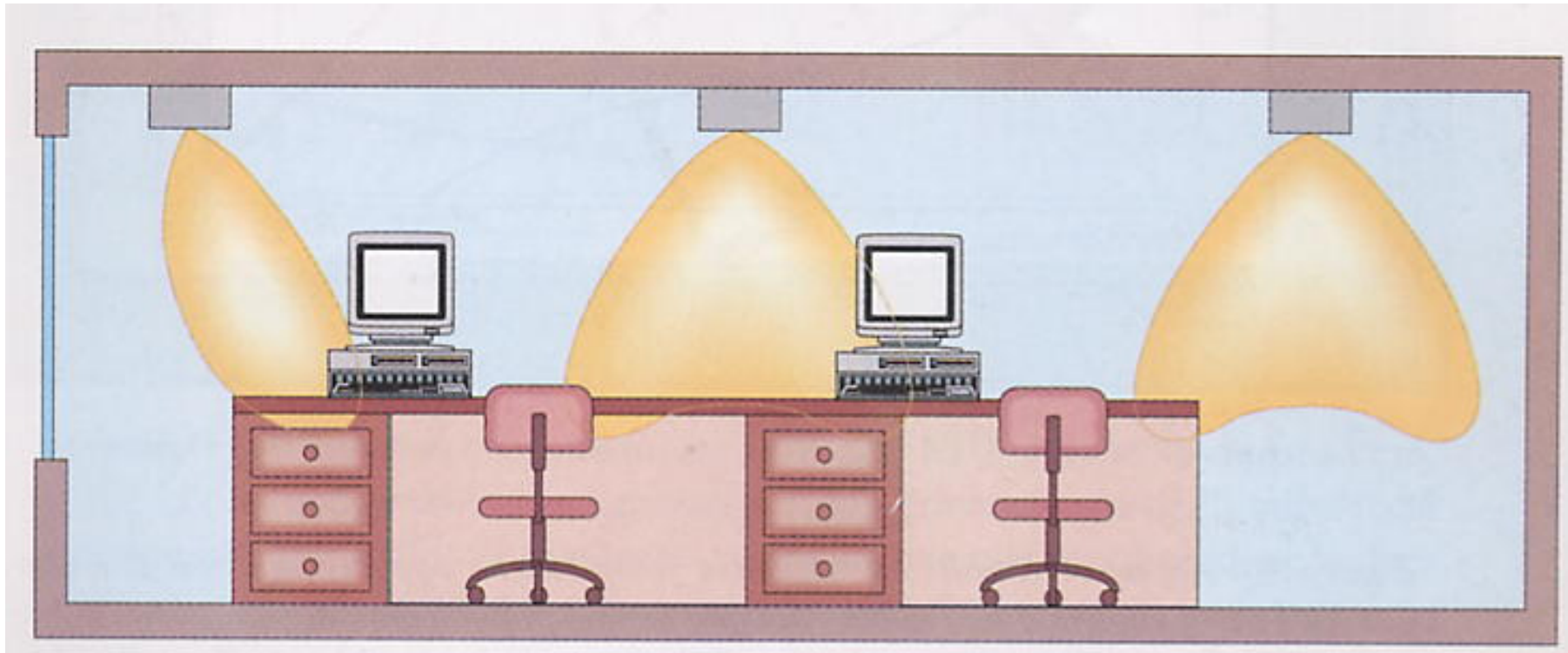
Nas figuras seguintes apresenta-se uma planta e um corte longitudinal do local, com a posição das armaduras escolhidas e a sua distribuição luminosa.



# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

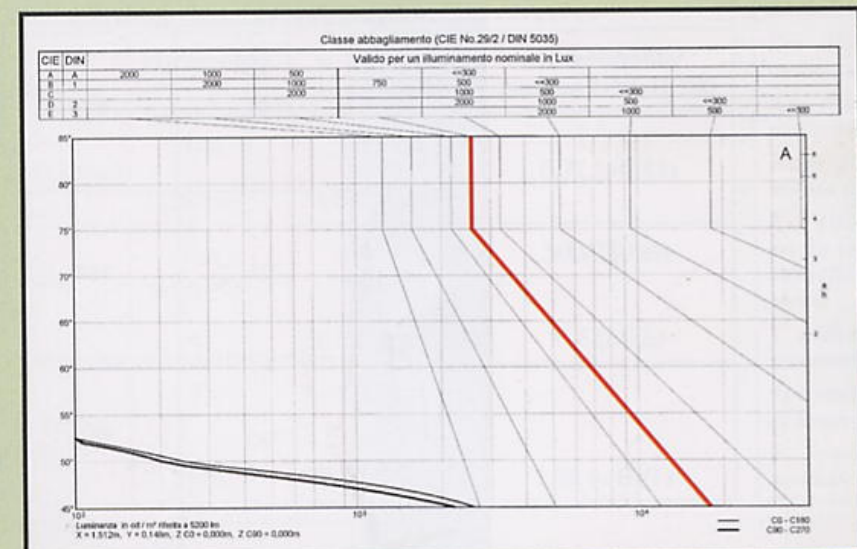
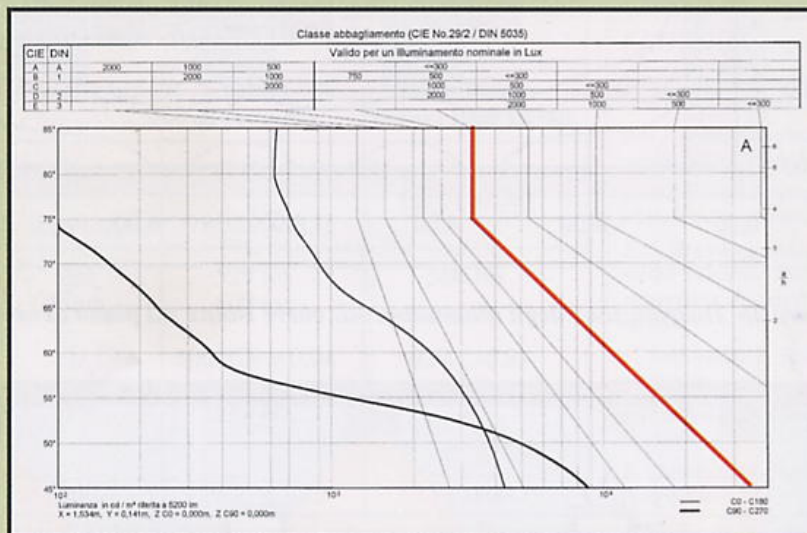
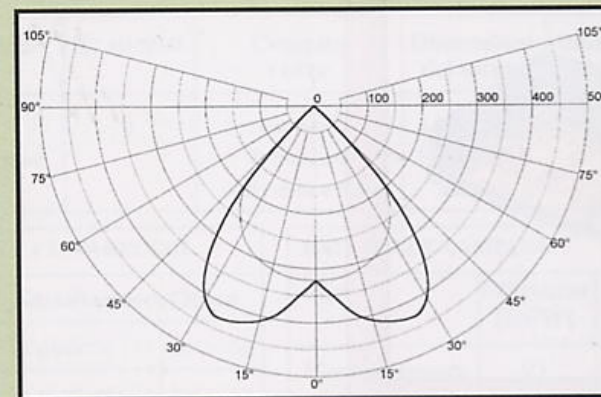
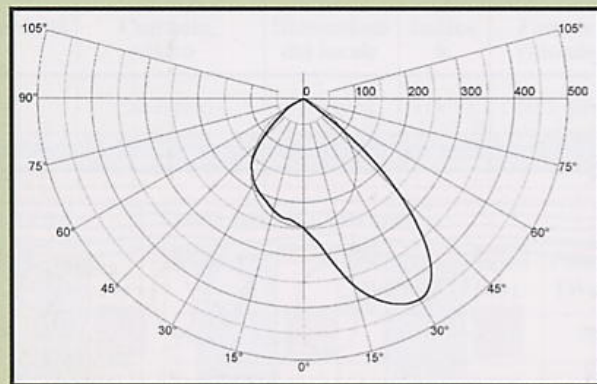


## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

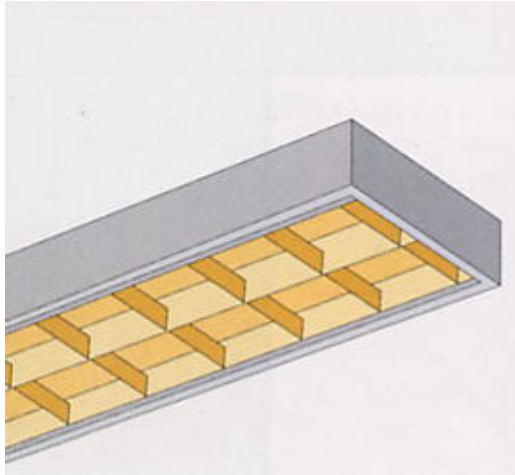


Nas figuras seguintes mostram-se as distribuições luminosas das armaduras dos tipos B e D, assim como as respectivas curvas limite de luminância nos planos longitudinal e transversal.

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



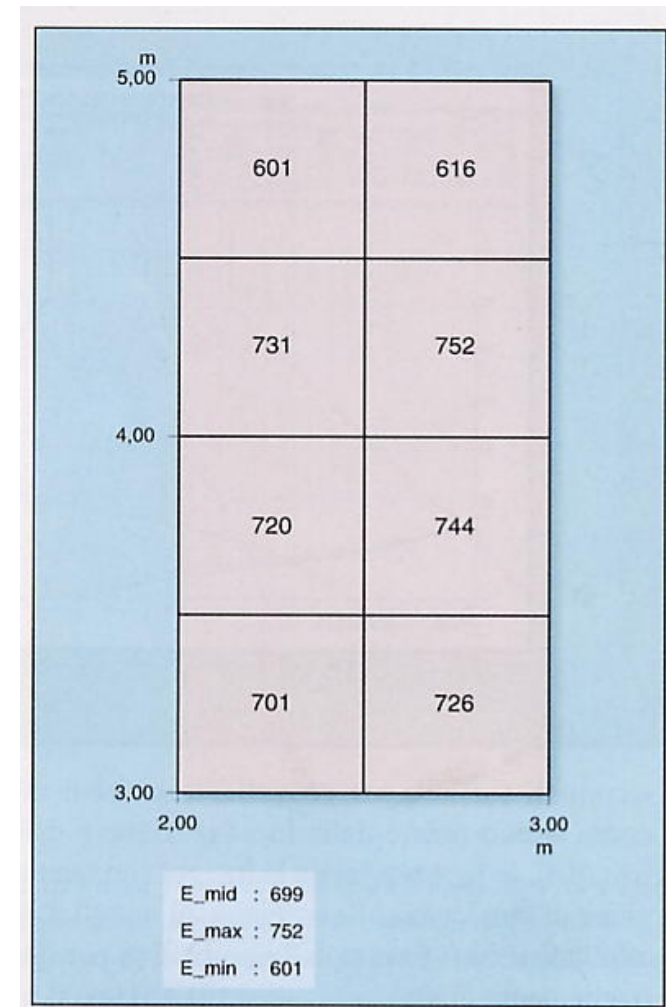
# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO



A figura acima mostra uma imagem da armadura de iluminação utilizada.

Na figura ao lado mostra-se a distribuição de iluminâncias calculada na área da tarefa visual, sobre uma secretária.

Na figura seguinte mostra-se uma planta do local com o traçado das curvas isolux sobre o plano de trabalho.



## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

A tabela seguinte mostra um resumo dos resultados dos cálculos efectuados:

| Plano de interesse   | Parâmetro      | Valor obtido       | Obs.       |
|--|----------------|--------------------|------------|
|  | $E_m$          | 541 lux            | -          |
| Área total (h=0,85 m)  | $E_m / E_{mp}$ | $541 / 750 = 0,77$ | $> 0,33$   |
|  | $E_{mp}$       | 699 lux            | -          |
| Área da tarefa visual  | $E_{minp}$     | 601 lux            | -          |
| (secretária)   | $U_0$          | $601 / 752 = 0,92$ | $> 0,8$    |
| Superfície vertical em frente da área de trabalho                        | $E_v$          | 241 lux            |            |
|  | $L_{PT} / L_v$ | $210 / 121 = 1,74$ | $< 10 / 1$ |
| $E_m$ = iluminância média do plano de trabalho                           |                |                    |            |
| $E_{mp}$ = iluminância média da secretária                               |                |                    |            |
| $E_{minp}$ = iluminância mínima da secretária                            |                |                    |            |
| $E_v$ = iluminância média vertical da superfície em frente da secretária |                |                    |            |
| $U_0$ = uniformidade de iluminância da tarefa visual                     |                |                    |            |
| $L_{PT}$ = luminância do plano de trabalho                               |                |                    |            |
| $L_v$ = luminância vertical  |                |                    |            |

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Mostram-se em seguida alguns dados das armaduras de iluminação e lâmpadas utilizadas, assim como a eficiência energética obtida nesta instalação.

| Tipo | Nº | Instalação | Óptica                 |
|------|----|------------|------------------------|
| B    | 5  | no tecto   | batwing<br>assimétrica |
| D    | 10 | no tecto   | batwing                |

| Dados das lâmpadas |                   |            |              |                 |         |
|--------------------|-------------------|------------|--------------|-----------------|---------|
| Tipo               | Rendimento (lm/W) | Fluxo (lm) | Potência (W) | Temp. cor C (K) | IRC     |
| Fluoresc. linear   | 93                | 3350       | 36           | 2700            | 85 (1B) |
| Fluoresc. linear   | 93                | 3350       | 36           | 2700            | 85 (1B) |

| Índice de eficiência energética |              |                      |      |          |                        |                |                                 |
|---------------------------------|--------------|----------------------|------|----------|------------------------|----------------|---------------------------------|
| Tipo                            | Potência (W) | Lâmp. + balastro (W) | Núm. | Ee (lux) | Área (m <sup>2</sup> ) | Pot. Total (W) | IEE (W/m <sup>2</sup> -100 lux) |
| Fluoresc. linear                | 36           | 38                   | 15   | 541      | 66                     | 570            | 1,6                             |



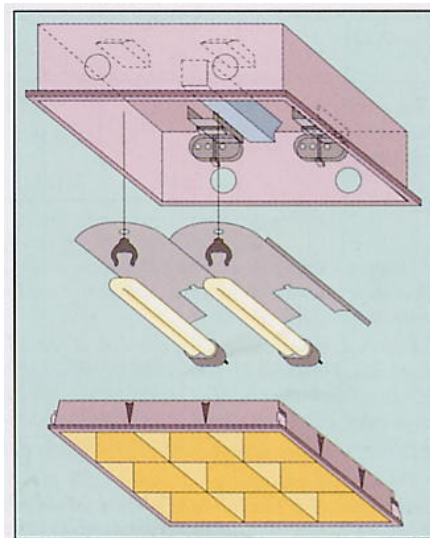
# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## **Exemplos**

### 2 – Sala de trabalho com monitores de video

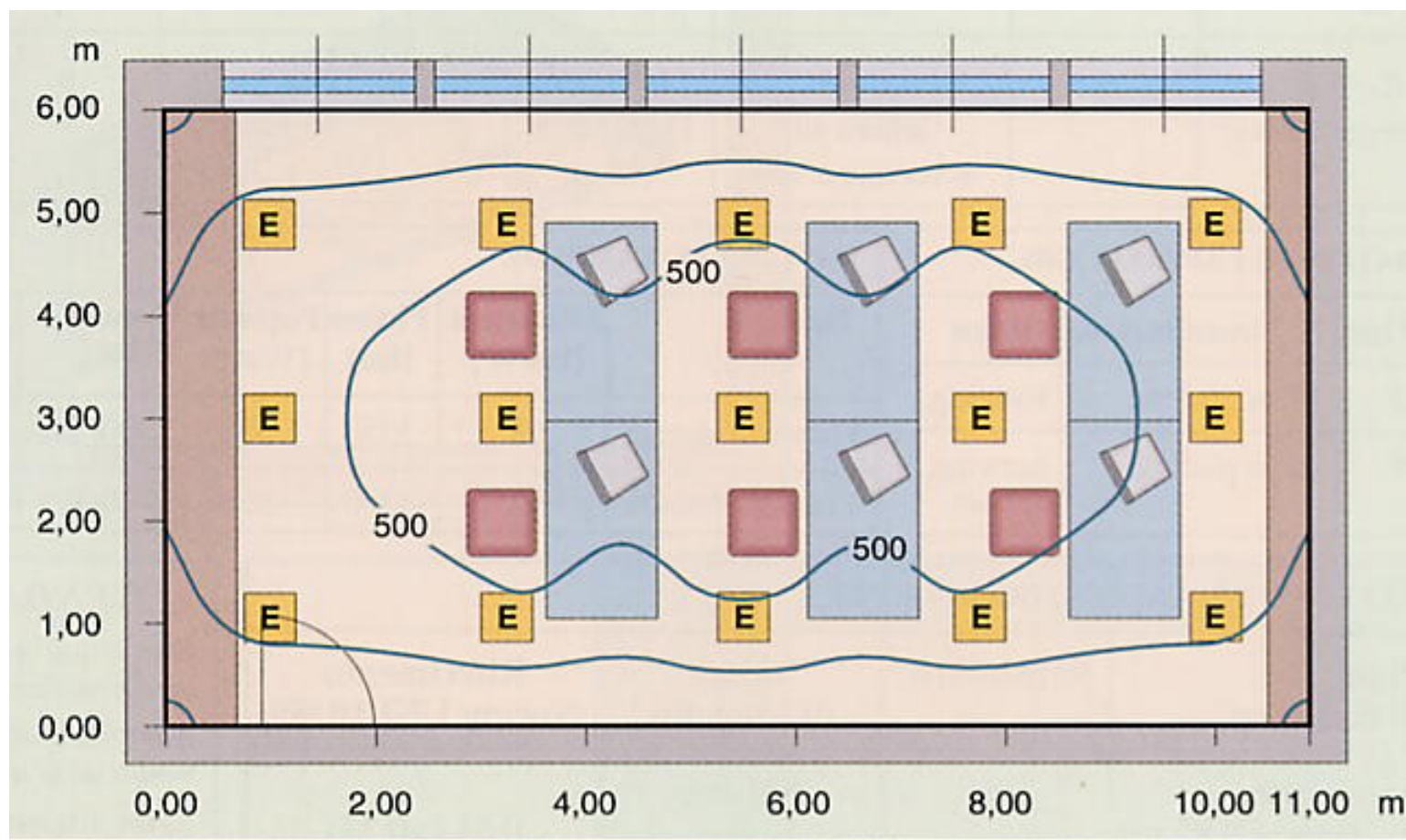
Neste caso considerou-se uma sala de trabalho idêntica à anterior, optando-se por utilizar armaduras com lâmpadas fluorescentes compactas, também com uma distribuição fotométrica tipo “batwing”.

Neste caso as armaduras são designadas pela letra E. A figura abaixo apresenta o tipo de armadura utilizada nesta situação.



## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Na figura seguinte apresenta-se uma planta do local, com a posição das armaduras escolhidas e a sua distribuição luminosa.





## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

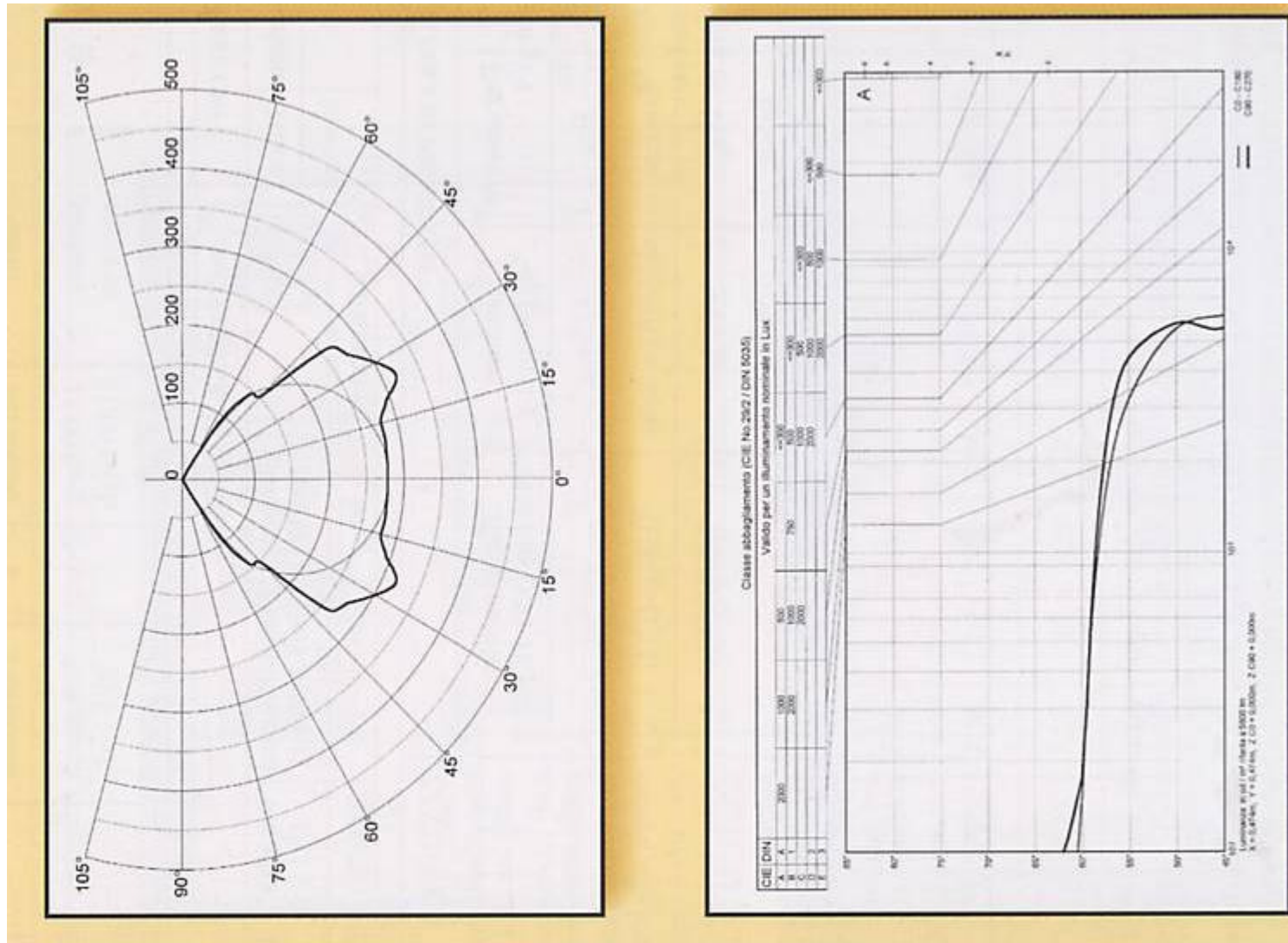
Na figura seguinte mostra-se a distribuição luminosa da armadura utilizada, assim como as respectivas curvas limite de luminância nos planos longitudinal e transversal.

A tabela abaixo indicada mostra um resumo dos cálculos efectuados:

| Plano de interesse                                | Parâmetro      | Valor obtido       | Obs.       |
|---|----------------|--------------------|------------|
|   | $E_m$          | 435 lux            | -          |
| Área total ( $h=0,85$ m)                          | $E_m / E_{mp}$ | $435 / 462 = 0,94$ | $> 0,33$   |
|   | $E_{mp}$       | 462 lux            | -          |
| Área da tarefa visual                             | $E_{minp}$     | 382 lux            | -          |
| (secretária)                                      | $U_0$          | $382 / 462 = 0,83$ | $> 0,8$    |
| Superfície vertical em frente da área de trabalho | $E_v$          | 228 lux            |            |
|   | $L_{PT} / L_v$ | $139 / 68 = 2,0$   | $< 10 / 1$ |

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

AAT



98

## ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

Mostram-se em seguida alguns dados das armaduras de iluminação e lâmpadas utilizadas, assim como a eficiência energética obtida nesta instalação.

| Tipo | Nº | Instalação | Óptica  |
|------|----|------------|---------|
| E    | 15 | no tecto   | batwing |

| Dados das lâmpadas    |                   |            |              |                 |         |
|-----------------------|-------------------|------------|--------------|-----------------|---------|
| Tipo                  | Rendimento (lm/W) | Fluxo (lm) | Potência (W) | Temp. cor C (K) | IRC     |
| 2 x fluoresc.compacta | 80                | 1800       | 24           | 3000            | 83 (1B) |

| Índice de eficiência energética |          |                      |      |          |                        |                |                                 |
|---------------------------------|----------|----------------------|------|----------|------------------------|----------------|---------------------------------|
| Tipo                            | Potência | Lâmp. + balastro (W) | Núm. | Ee (lux) | Área (m <sup>2</sup> ) | Pot. Total (W) | IEE (W/m <sup>2</sup> -100 lux) |
| 2 x fluoresc. compacta          | 24       | 27                   | 15   | 435      | 66                     | 405            | 1,4                             |

# **ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO**

# ILUMINAÇÃO INTERIOR - O PROJECTO LUMINOTÉCNICO

## FASES DE UM PROJECTO LUMINOTÉCNICO

- 1ª - Determinar o nível de iluminância a adoptar
- 2ª - Determinação do factor de manutenção ou depreciação
- 3ª - Factor de uniformidade na área da tarefa visual e na área de trabalho
- 4ª - Escolha das armaduras de iluminação
- 5ª - Escolha da lâmpada
- 6ª - Verificação do equilíbrio de luminâncias no campo visual
- 7ª - Cálculo do número de armaduras a instalar
- 8ª - Distribuição das armaduras em função de  $(e/h)_{\max}$ .
- 9ª - Verificação do índice de eficiência energética
- 10ª - Divisão das armaduras por circuitos de iluminação/escolha do tipo de comando