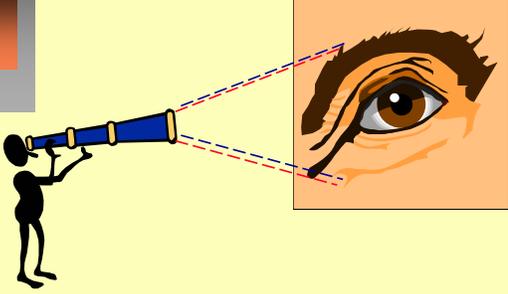


# *Iluminação*

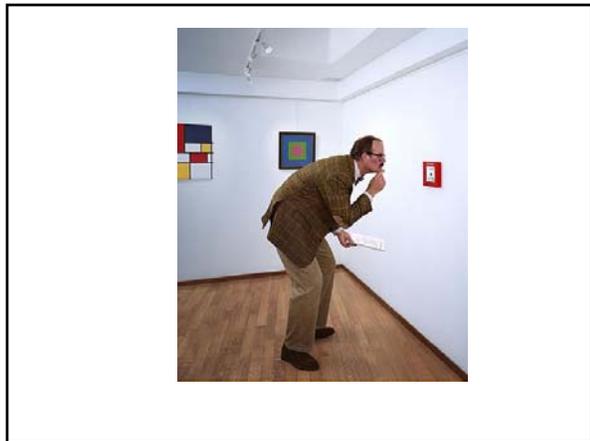
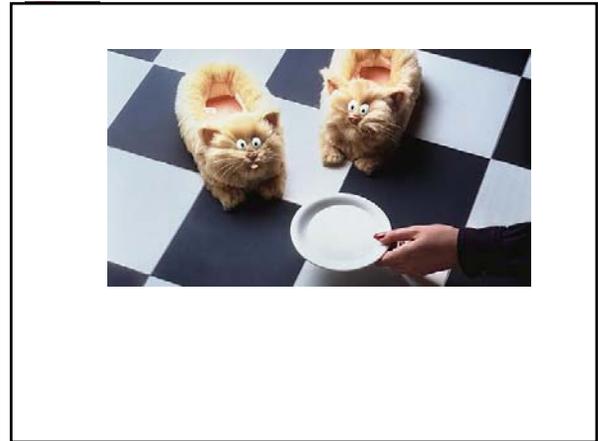
**Fernando Gonçalves Amaral**

Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Produção - UFRGS

## *Visão*



An illustration on a yellow background showing a black silhouette of a person on the left looking through a blue telescope. On the right, a large, detailed human eye is shown. Red dashed lines represent the light path from the eye through the telescope.



# Olho

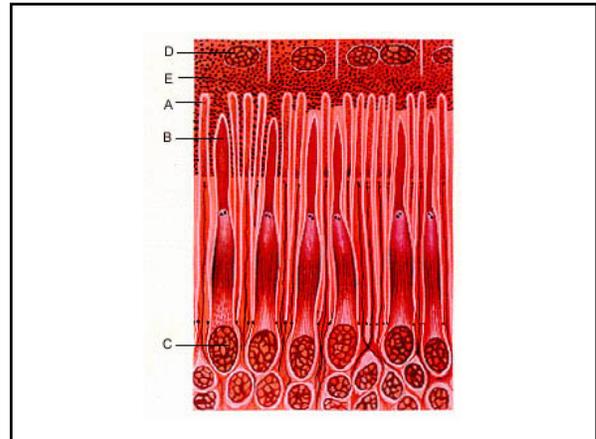


esfera  $\phi \approx 20 \text{ mm}$

Movimento do globo por músculos extrínsecos

- **Cristalino** lente do olho
- **Retina** possui fotoreceptores (cones e bastonetes)

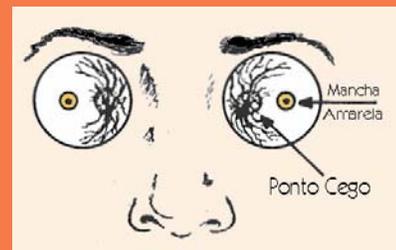
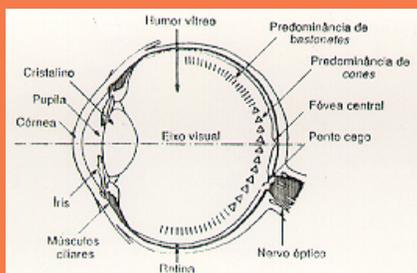
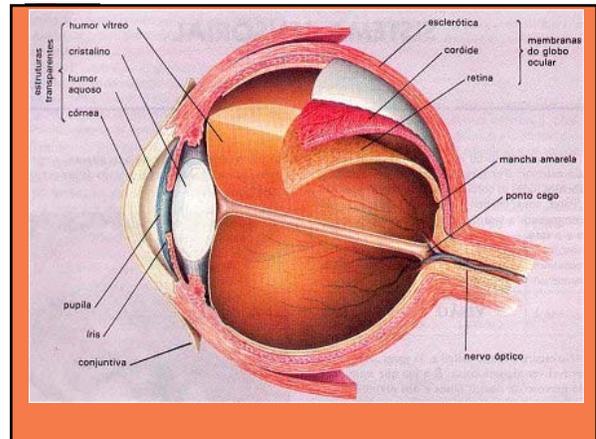
- cones - visão diurna (**fotópica**)
- bastonetes - visão noturna (**escotópica**)



## Processo da visão

→ **Processo:** fotoquímico

reação química induz uma variação de potencial elétrico das células dos cones e bastonetes que são ligados à terminações nervosas, e via nervo óptico transmitem a energia ( $\Delta$  Potencial elétrico) até o cérebro.



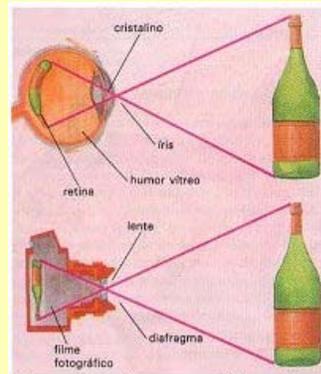
## Sistema óptico

Considerado como um dióptro convergente

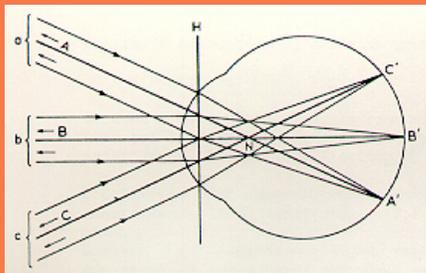
Dióptro = superfície separando dois meios de índices de refração diferentes

**P.R.** ponto remoto - objetos situados [5 m;  $\infty$ ]

**P.P.** ponto próximo - ponto reaproximado visto distintamente



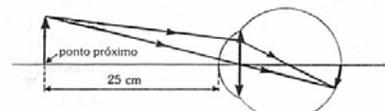
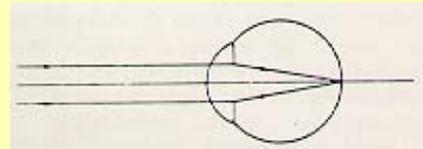
Formação de imagens na retina e no filme fotográfico



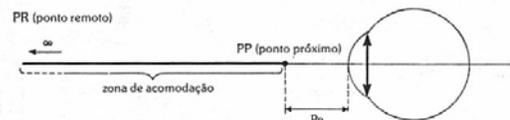
## Visão nítida

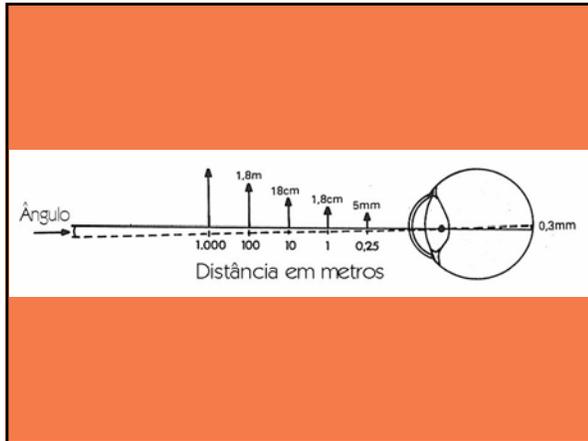
Duas condições:

- a imagem de um ponto deve ser um ponto
- o ponto imagem deve estar sobre a retina



O ponto próximo é o ponto mais próximo do olho que pode ser visto nitidamente. Para o olho normal, este ponto fica situado entre 20 e 25 cm.

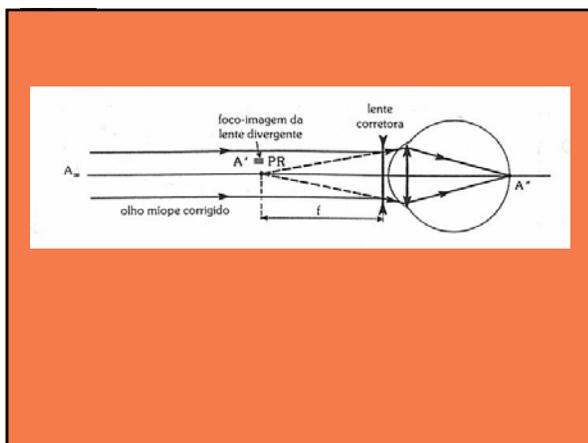
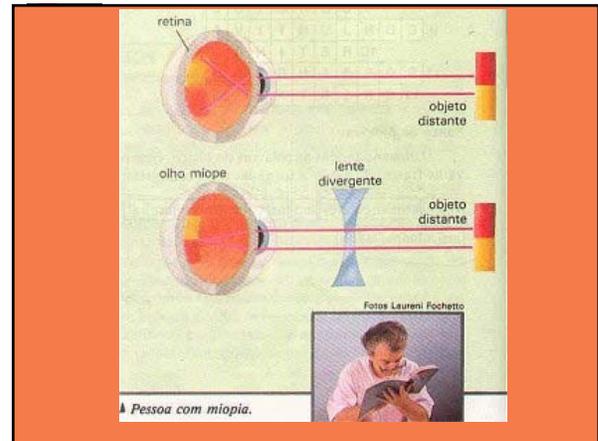
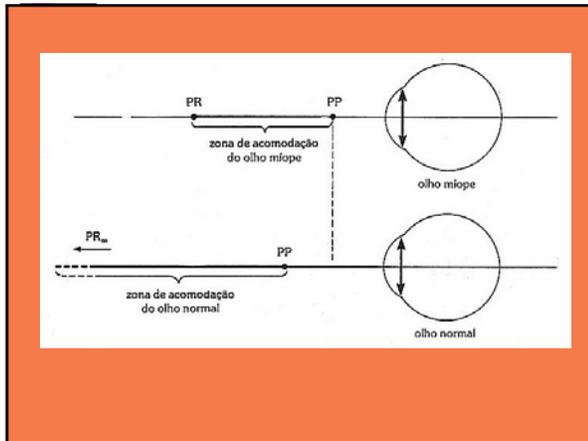
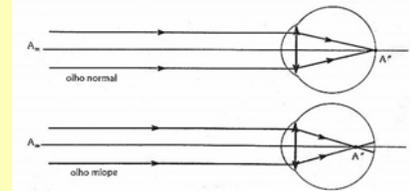




## Anomalias

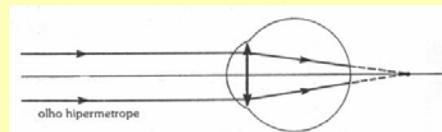
### Miopia:

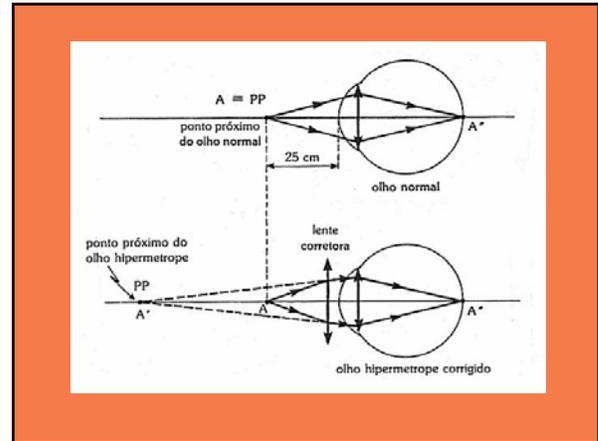
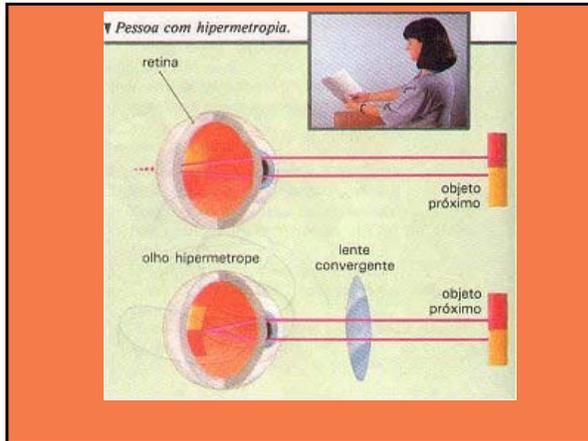
- capacidade de refração do olho muito grande em relação ao seu comprimento, a imagem forma-se antes da retina



### Hipermetropia:

- olho muito curto ou sua capacidade de refração muito curta (fraca). A imagem se forma atrás da retina.



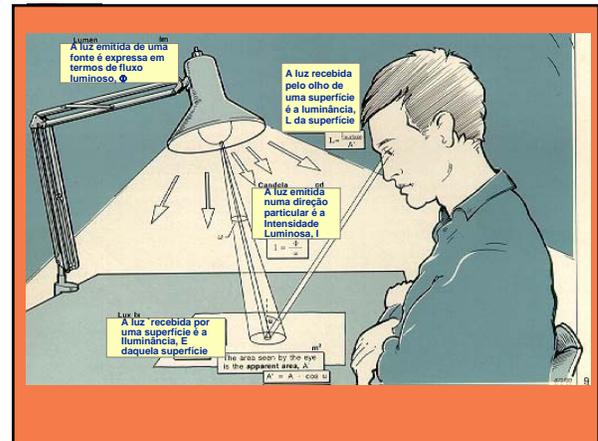


**Astigmatismo:**

- a imagem de um ponto não é um ponto sobre a retina. Fenômeno devido a diferenças de curvatura da córnea. O astigmata não pode ver com nitidez duas retas

**Presbiopia:**

- perda da amplitude de acomodação em função da idade, manifesta-se pelo afastamento do ponto próximo. Afeta:
  - primeiro o hipermetrope
  - segundo o míope



**Fluxo luminoso ( $\Phi$ )**

→ A luz emitida por uma fonte é expressa em termos de seu fluxo luminoso (**Lumen lm**)

$P(\lambda) =$  fluxo radiante

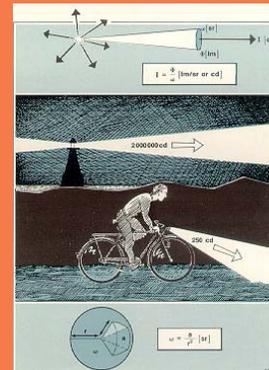
$V(\lambda) =$  curva de sensibilidade para a visão fotópica

Pico  $V(\lambda)$  onde o olho é mais sensível a radiação de 555 nm

## Intensidade luminosa (I)

→ A luz emitida numa direção particular é a Intensidade Luminosa

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (\text{Candela } cd)$$



## Iluminamento (E)

→ Quantidade de luz (fluxo) recebido por unidade de superfície

→ Influencia a acomodação

Ao diminuir o nível de iluminamento a distância (PR-PP) diminui, assim como a velocidade de acomodação

**Iluminância**  $E = \frac{\Phi}{A} \quad (\text{Lux } lx)$   
 (lumen / m<sup>2</sup>)



## Luminância (L)

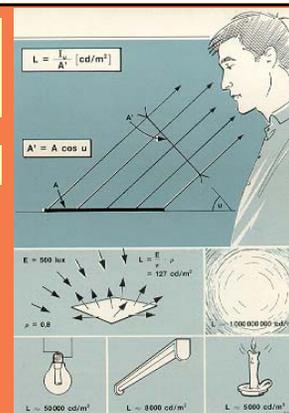
→ Quantidade de luz refletida por unidade de superfície (na direção de observação)

→ A luz recebida pelo olho de uma superfície é a luminância, L da superfície

$$L = \frac{I u}{A'} \quad (\text{cd} / \text{m}^2) \text{ ou } (\text{nit})$$

$$L = \frac{I u}{A'}$$

$$A' = A \cdot \cos u$$

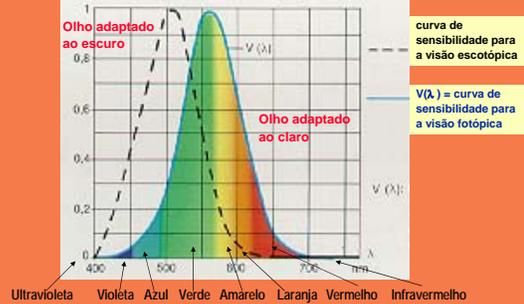


## Principais funções visuais

### 1ª) Sensibilidade à luz:

- mudança na sensibilidade dos fotorreceptores
- adaptação à **penumbra**: 2 fases
  - velocidade de adaptação cones ( $\pm 10$  minutos)
  - velocidade de adaptação dos bastonetes ( $\pm 1$  hora)
- adaptação à **luz**: adaptação mais rápida  
diminuição do diâmetro da pupila em 0,2 a 0,5 segundos

### sensibilidade visual relativa



### → Conseqüências práticas no posto de trabalho

#### ☑ Ofuscamento

- Passagem da penumbra à luz e vice-versa
- Perturbação da adaptação da retina, onde a sensibilidade é transitoriamente elevada

### Três tipos

#### ☑ Ofuscamento absoluto

- nível de luminância ultrapassa as capacidades de adaptação da retina (raro)

#### ☑ Ofuscamento relativo

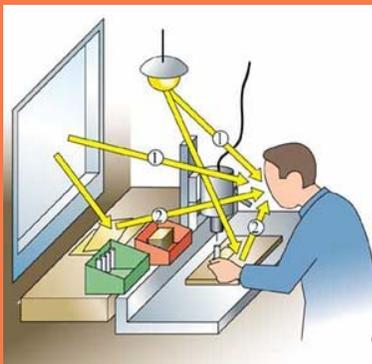
- nível de luminância muito elevado com relação ao que a retina estava adaptada

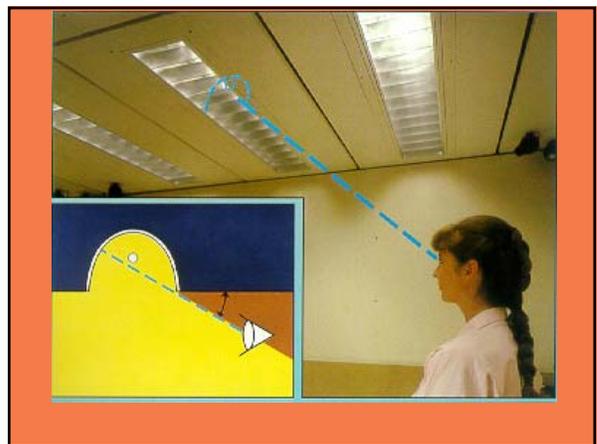
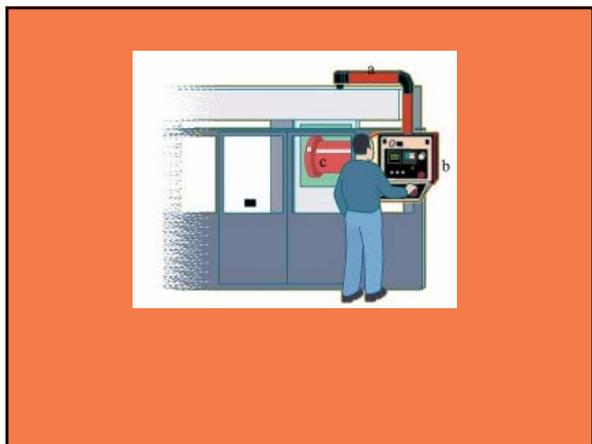
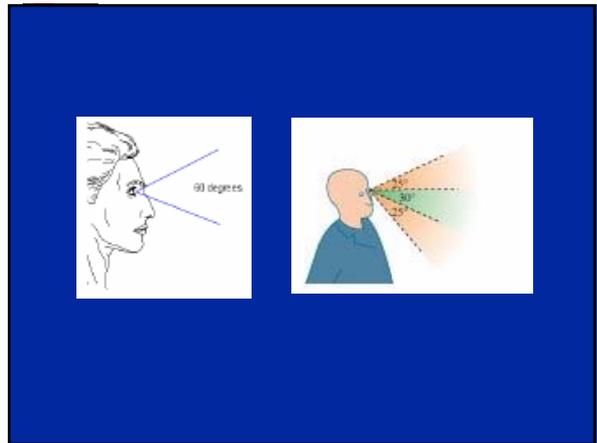
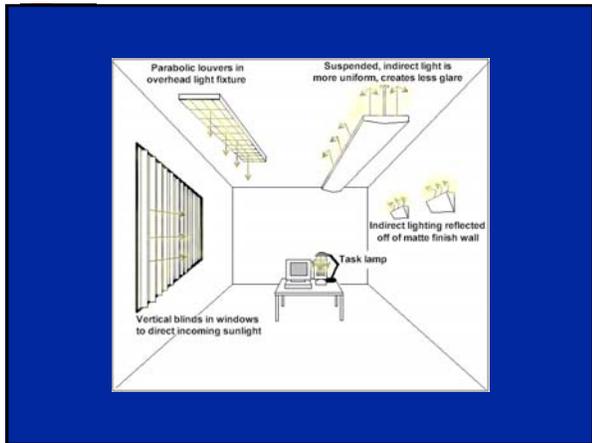
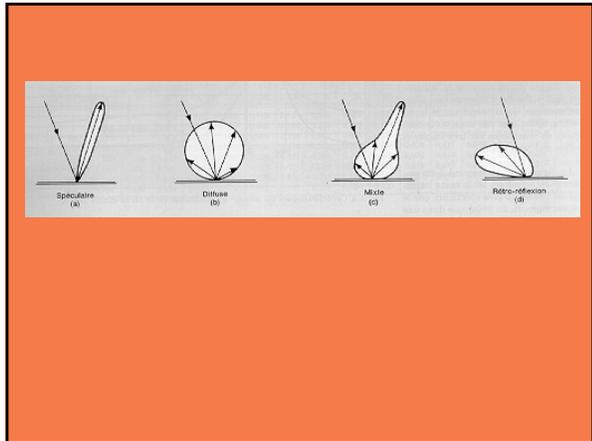
#### ☑ Ofuscamento direto ou indireto

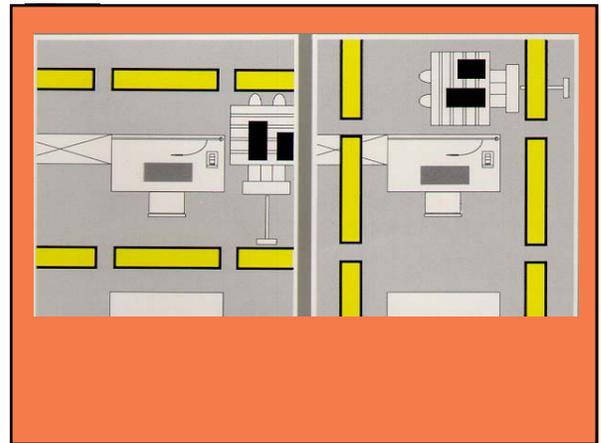
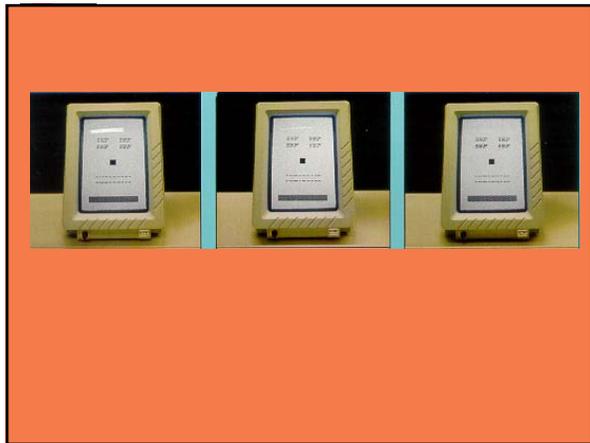
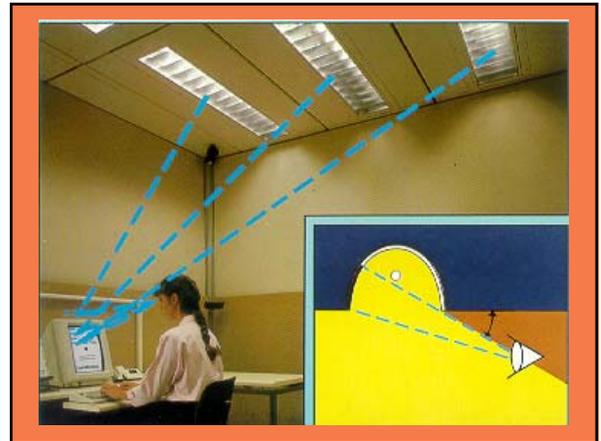
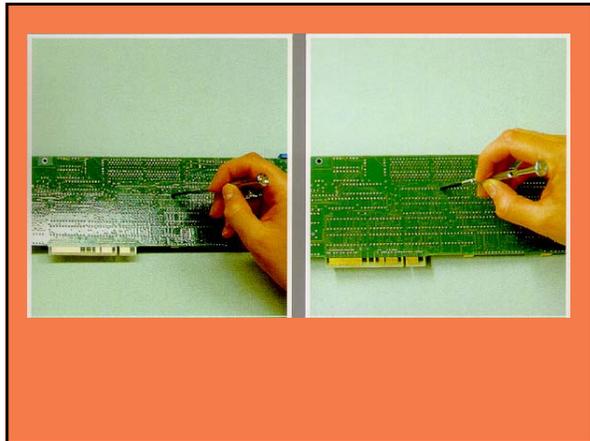
- causado por uma fonte luminosa no campo visual ou por reflexão desta

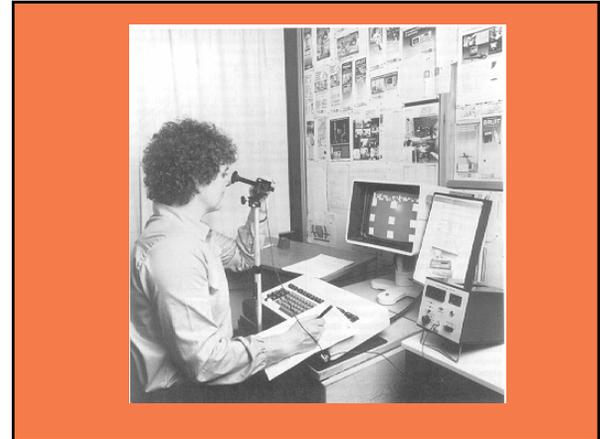
## Ofuscamento

Direto = 1  
Indireto = 2









2º) *Discriminação de detalhes:*

- **Contraste mínimo necessário** - função da diferença entre as luminâncias *de fundo (L)* e *do objeto (L')*

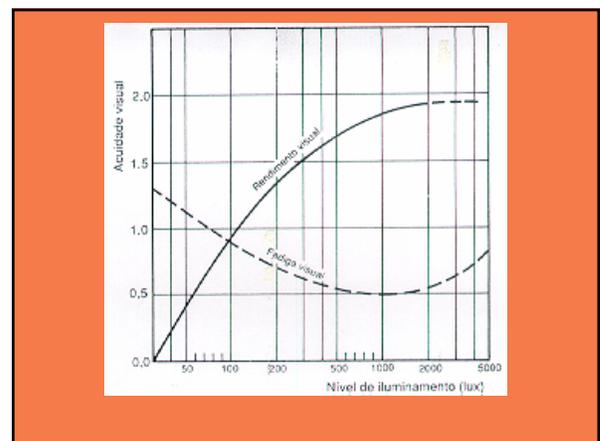
$$C = \frac{|L - L'|}{L}$$

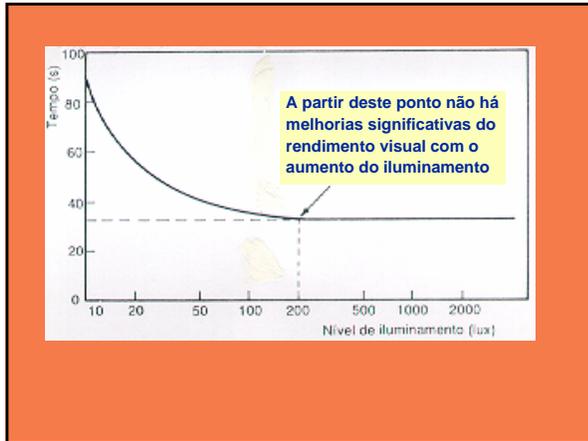
C = 0 (mesma luminância)  
C = 1 (máximo) - objeto negro sobre um fundo branco

Contraste para tomada de informação

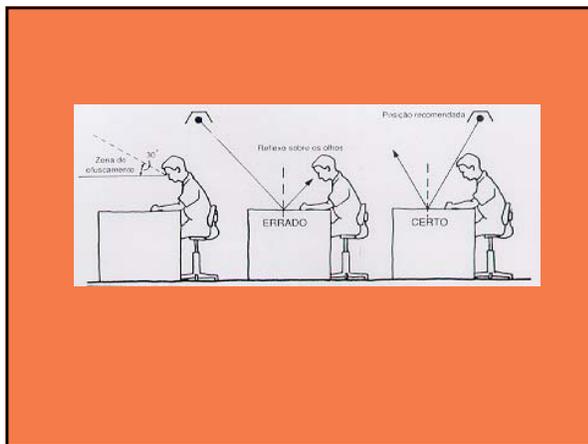
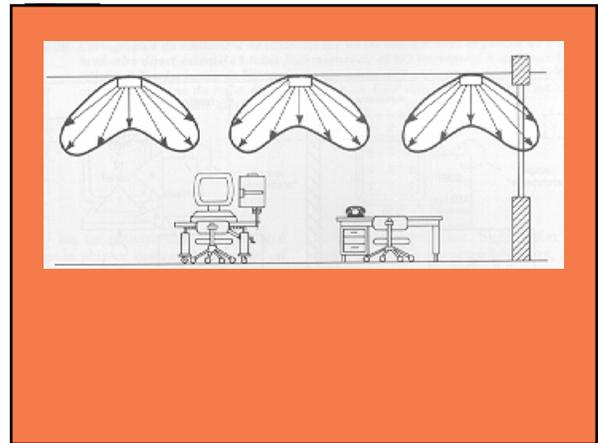
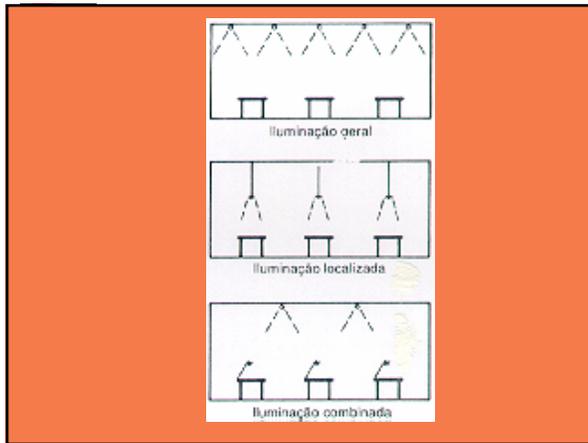
→ *Conseqüências práticas no posto de trabalho*

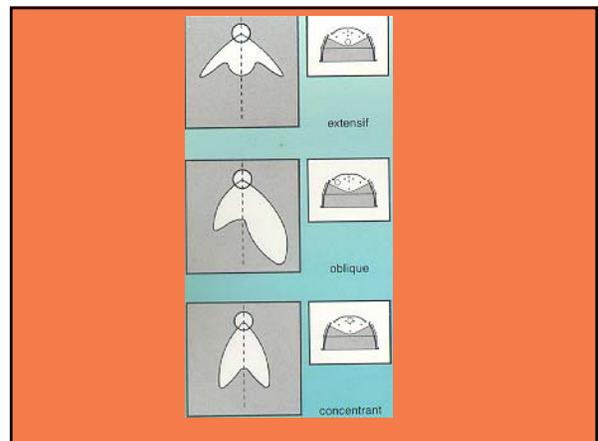
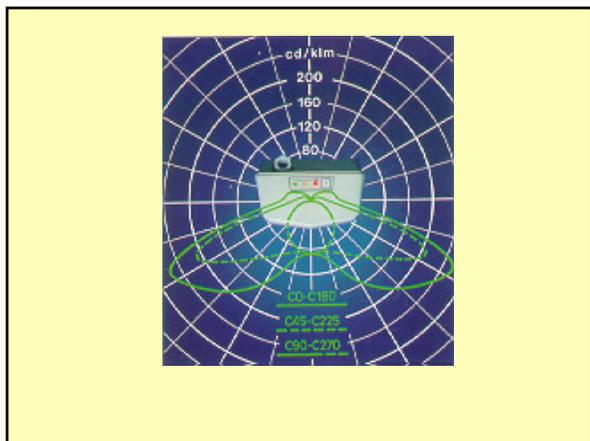
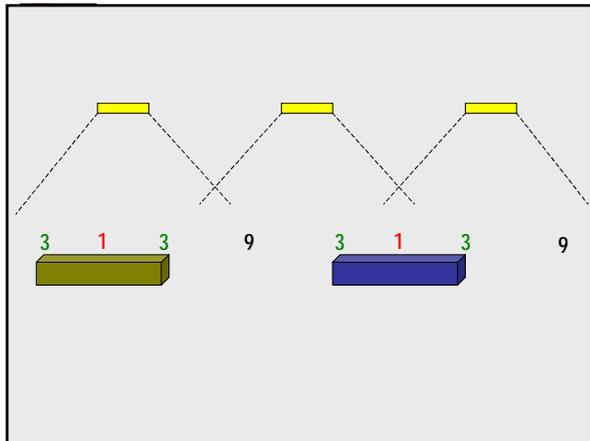
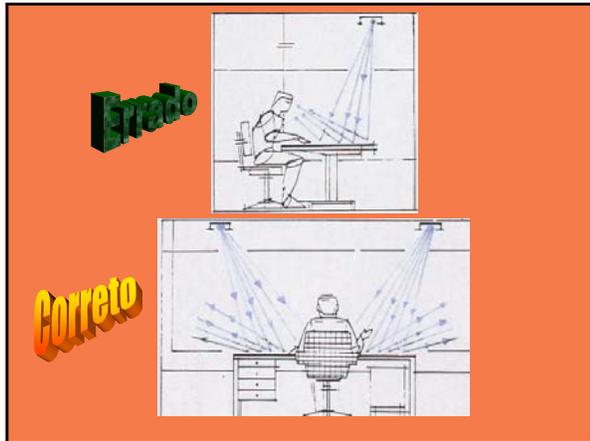
- ☑ **umentar o iluminamento quanto menor for o contraste**
- ☑ **caracteres escuros sobre fundo claro são melhor discriminados (acuidade visual)**

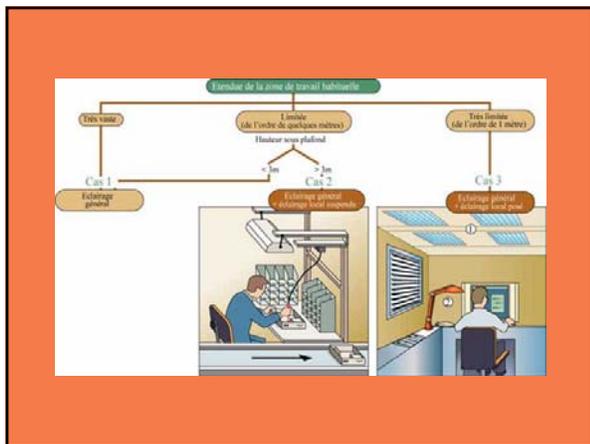
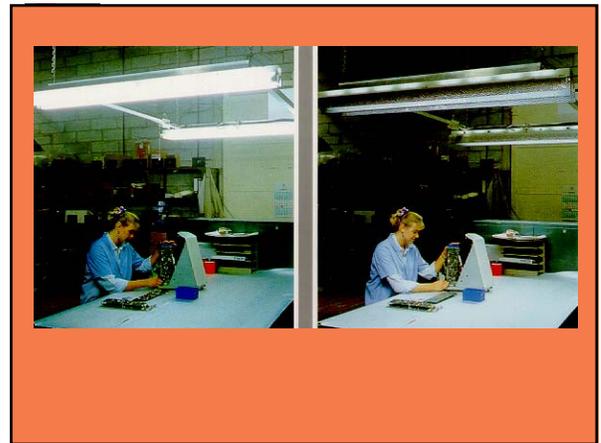
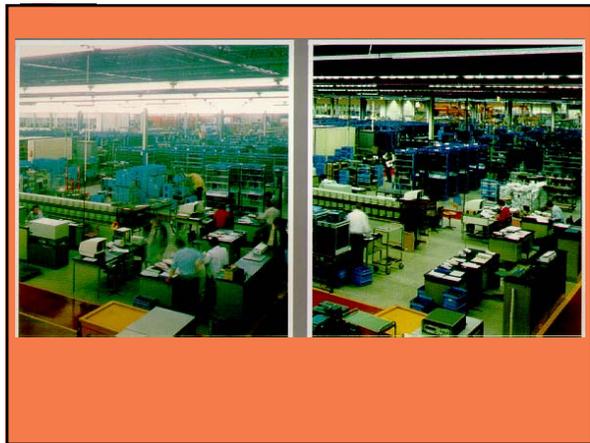


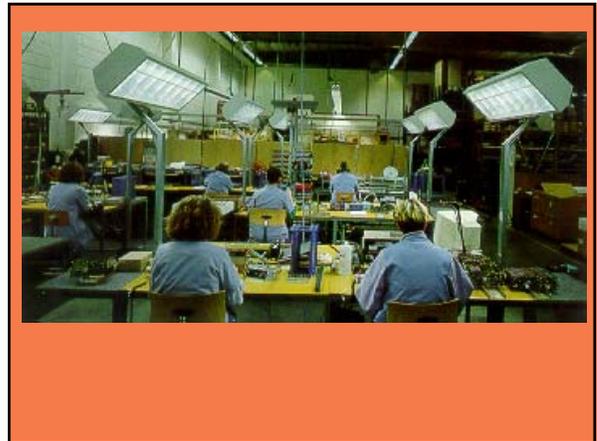


- ☑ evitar superfícies refletoras
- ☑ para não ter que suprimir os excessos de contraste no campo visual, pode-se:
  - ☑ adotar luminâncias de mesma ordem de grandeza
  - ☑ na parte central do campo visual a relação não deve ser superior 1:3
  - ☑ entre a parte central e as periféricas ou entre as periféricas a relação não deve ultrapassar 1:10











## Visão das cores

Assegurada pelos cones da retina

- 3 cores fundamentais
  - vermelho
  - verde
  - azul
- O homem pode individualizar 17.000 cores diferentes

### Anomalias:

- **Discromatopsias:**
  - Congênitas: 8% homens
  - 0,5% mulheres

*Trata-se de ausência de percepção de uma das 3 cores fundamentais*

**dicromatas = realizam a combinação com 2 cores em lugar de 3. *Daltônico* - cego em relação a uma cor**

- Vermelho - 20% dos casos
- Verde - 59% dos casos

→ **Conseqüências práticas no posto de trabalho**

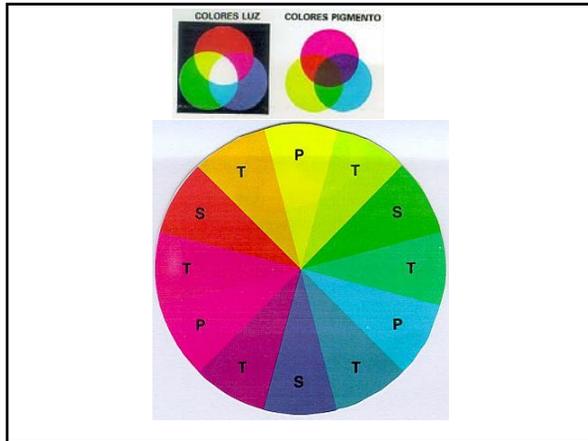
- ☑ **avaliar postos de triagem baseada na discriminação de cores**

misturas de cores (pintura)  
 regulagem (televisão)  
 fios coloridos (capacitores, resistores)

### Sínteses das cores – aditiva e subtrativa

CORES PRIMÁRIAS DAS LUZES  
Síntese aditiva

CORES PRIMÁRIAS DOS CORANTES  
Síntese subtrativa



### Significado das cores - Efeitos psicológicos

Cor	Impressão de distância	Impressão de temperatura	Efeito psicológico
Azul	Afastamento	Frio	Calmanete
Verde	Afastamento	Muito frio e neutro	Muito calmanete
Vermelho	Aproximação	Quente	Calmanete e excitante
Laranja	Aproximação muito grande	Muito quente	Estimulante
Amarelo	Aproximação	Muito quente	Estimulante
Marrom	Aproximação muito grande	Neutro	Estimulante
Violeta	Aproximação muito grande	Frio	Estimulante, inquietante, desencorajador



COLOR/MATERIAL	FACTOR DE REFLEXIÓN
Blanco	100%
Papel blanco	80-85%
Marfil, amarillo limón	70-75%
Amarillo vivo, ocre claro, verde claro, azul pastel, rosa pálido, crema	60-65%
Verde limón, gris pálido, rosa, naranja, azul-gris	50-55%
Madera clara, azul cielo	40-45%
Roble, cemento seco	30-35%
Rojo profundo, verde hoja, verde oliva, verde pradera	20-25%
Azul oscuro, púrpura, gris pizarra	10-15%
Negro	0%

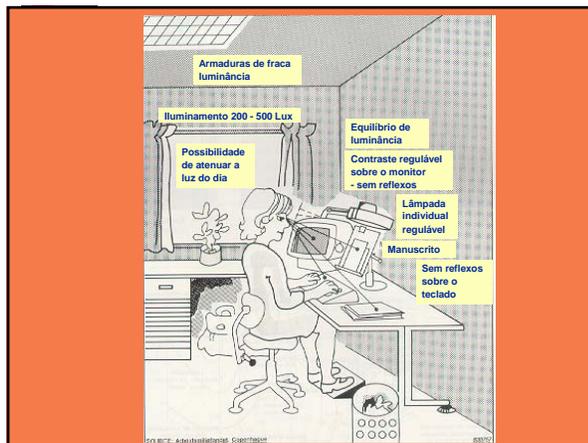
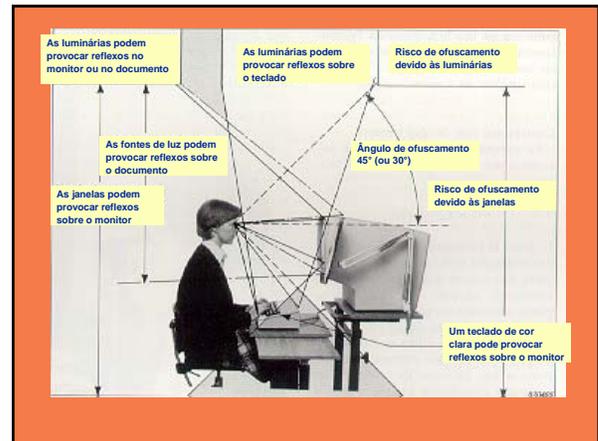


- ### Iluminamento em postos de trabalho
- Objetivos:**
- facilitar deslocamentos seguros e fáceis
  - dar claridade adequada ao espaço e evitar o efeito de túnel (tetos sombrios) que podem favorecer o ofuscamento
  - ajudar a fixar a atenção sobre as superfícies dos planos de trabalho
  - obter uma modelagem natural, eliminando as sombras
  - ajudar a manter a limpeza dos locais

**Condições:**

- intensidade suficiente
- difusão otimizada
- uniformidade
- ausência de ofuscamento
- qualidade da luz
- cores das superfícies
- manutenção

*Luz natural solução ideal, mas ...*



## Fadiga Visual

- **Sintomas:** após algumas horas de exposição (oculares, visuais e gerais)
- **Funções oculares suscetíveis de fadiga**
  - *adaptação à luz*

**locais de ação:** células da retina, fibras musculares da íris (variação de abertura da pupila)

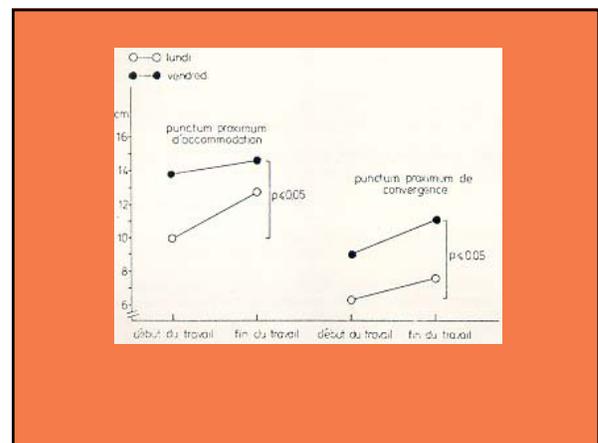
**fator crítico:** ofuscamento de adaptação

- **focalização**

**Triade:** acomodação, convergência, constrição pupilar

**locais de ação:** acomodação (músculos ciliares, curvatura do cristalino); convergência (músculos do globo ocular); pupila (fibras musculares da íris)

**fator crítico:** variação da distância da visão  
comparar o Ponto Próximo antes e depois do trabalho



## Placas de sinalizaçã

