



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
*Campus São Paulo*

# **Visão Humana**

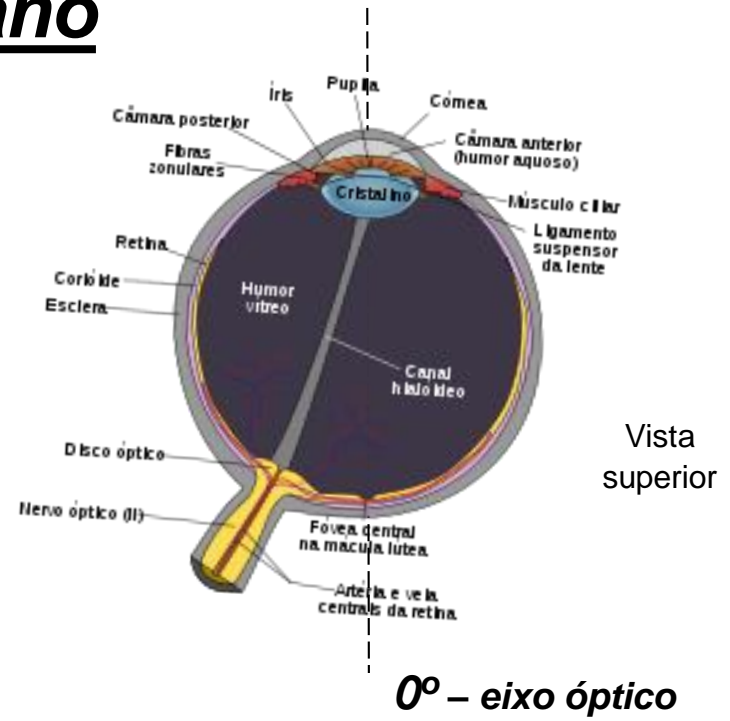
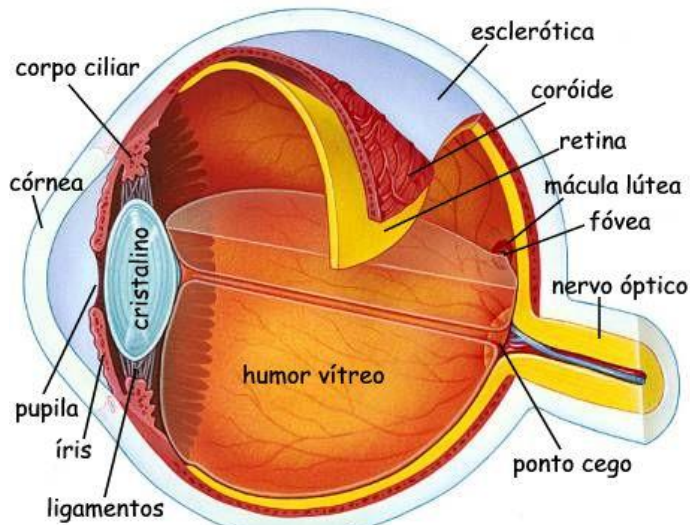
## **Luz e Cores**

*3ª série Ensino Médio Integrado - 2.018* (2010)

*André Cipoli*

# Olho Humano

Vista lateral

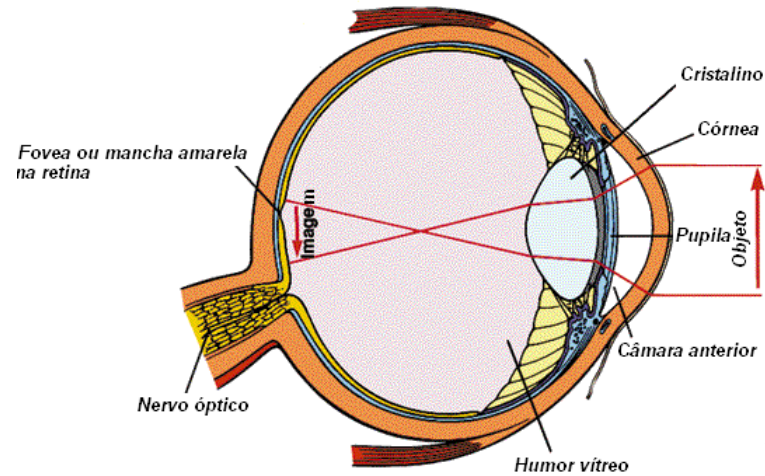


Vista superior

0° – eixo óptico

**Mácula ≈ 3 mm de  $\phi$**

**Fovea centralis ≈ 0,3 mm de  $\phi$**



Vista superior

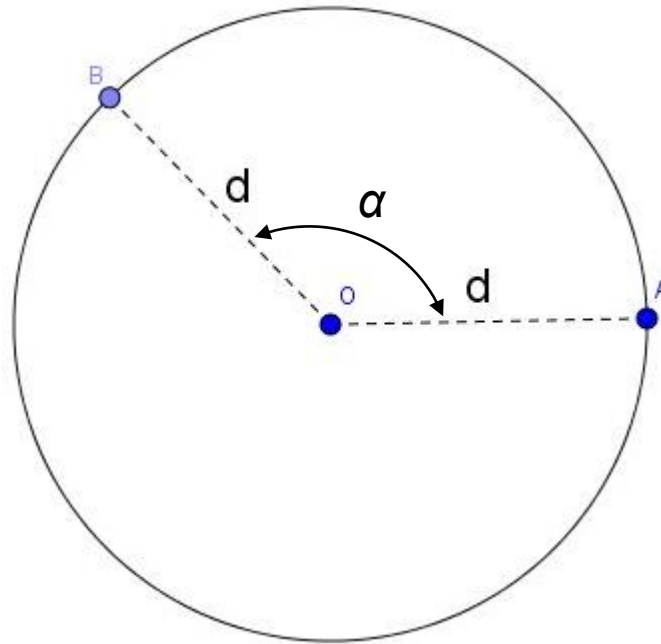
Alguns valores típicos dos componentes do olho humano

	<u>Raio de curvatura</u>	<u>Espessura</u>	<u>Índice de refração</u>
<u>Córnea</u>	anterior 0,8 cm posterior 0,65 cm	0,06 cm	1,3376
<u>Cristalino</u>	anterior 0,8 cm posterior 0,6 cm	0,4 cm	1,40
<u>Humor vítreo e humor aquoso</u>	---	---	1,34
<u>Globo ocular</u>	1,2 cm		

Acuidade Visual

A acuidade visual máxima do olho humano normal é de **26 segundos de arco**, ou seja, dois raios luminosos entrando no olho devem ter uma separação mínima de 26 segundos de arco entre eles para que as fontes que os produziram possam ser identificadas como fontes *independentes*.

O segundo de arco [ " ou **arcseg**]

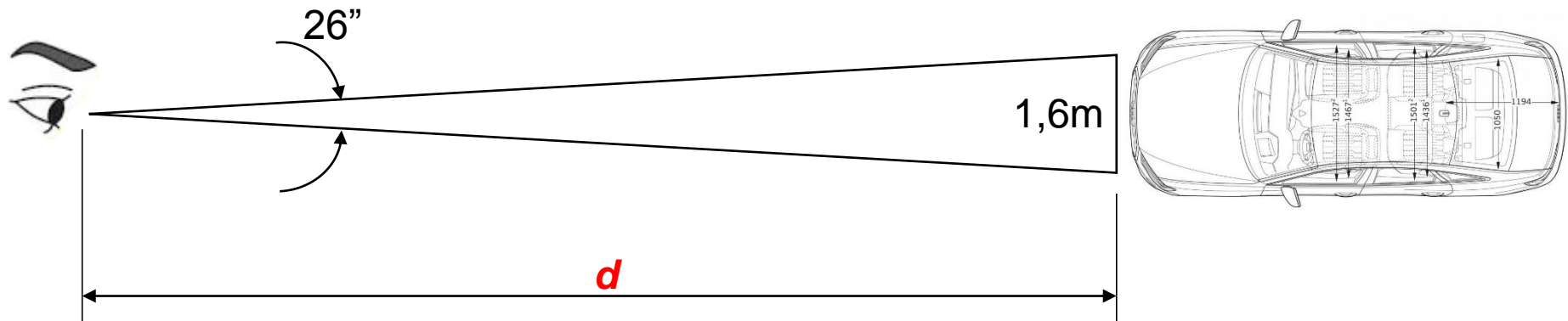


1 volta completa tem  $360^\circ$  (ou  $2\pi$  radianos); cada grau ( $^\circ$ ) tem 60 minutos de arco ( $'$ ); cada minuto de arco tem 60 segundos de arco ( $''$ ). Portanto,

$$1^\circ \rightarrow \frac{2\pi}{360} \text{ rad} \rightarrow 60' \rightarrow 3600''$$

## Exemplo

A distância entre faróis do Audi modelo A6 *Limousine* vale 1,6m. Estime a máxima distância  $d$  a que o veículo deve estar para que um observador consiga distinguir os dois faróis.

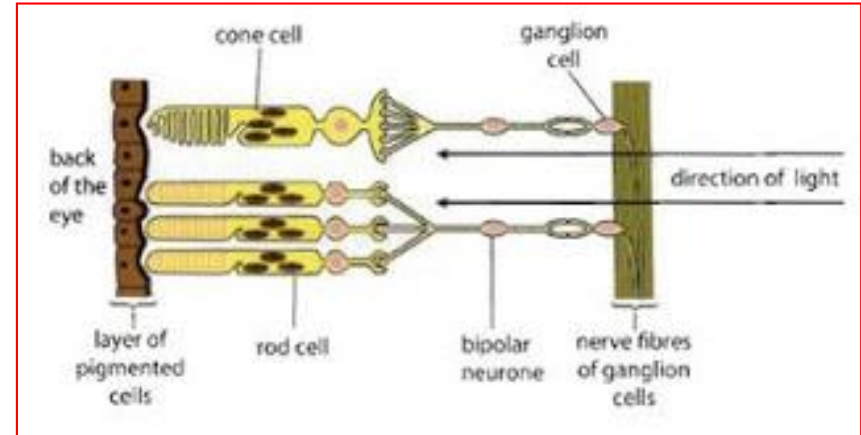
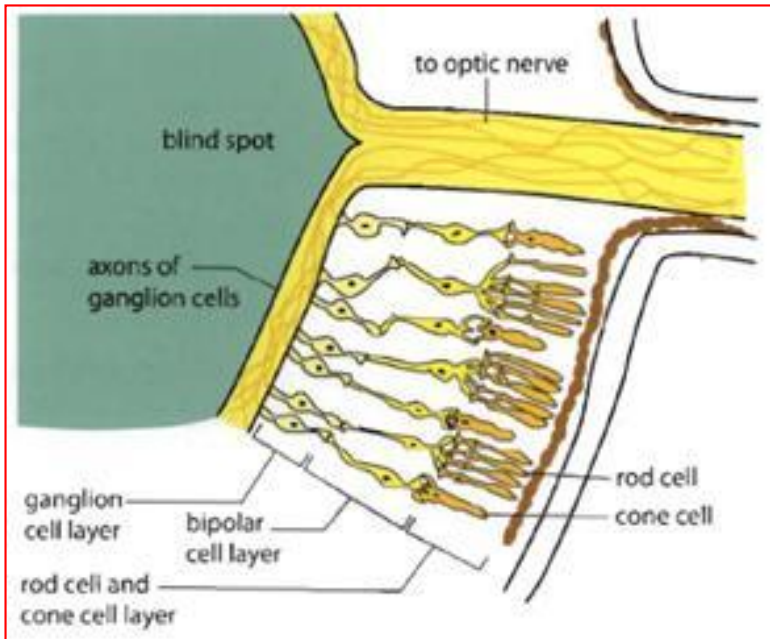


$$\left. \begin{array}{l} \frac{2\pi}{360} \text{ rad} \rightarrow 3600'' \\ x \leftarrow 13'' \end{array} \right\} x = \frac{13 \cdot 2 \cdot \pi}{3,6 \cdot 3,6 \cdot 10^5} \approx 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$

$$\tan(6,3 \cdot 10^{-5} \text{ rad}) = \frac{0,8 \text{ m}}{d}$$

$$d \approx 12,693 \text{ km}$$

# Cores e Luminosidade



- **Cones** →  $\approx 7 \times 10^6$

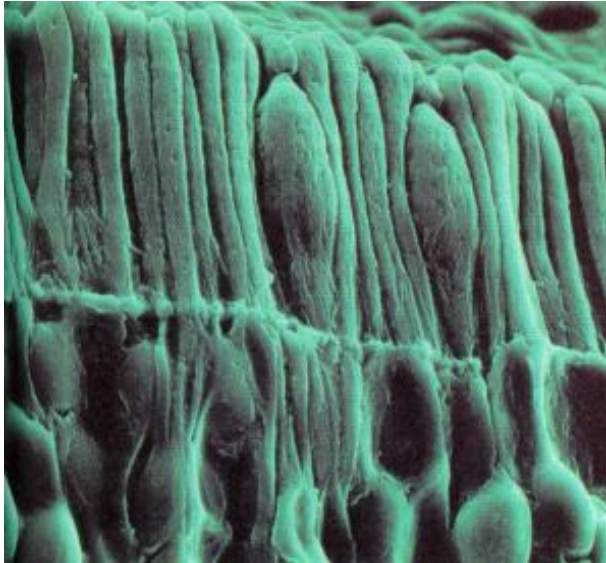
- Sensibilidade à cor
- Alta intensidade de luz

- **Bastonetes**

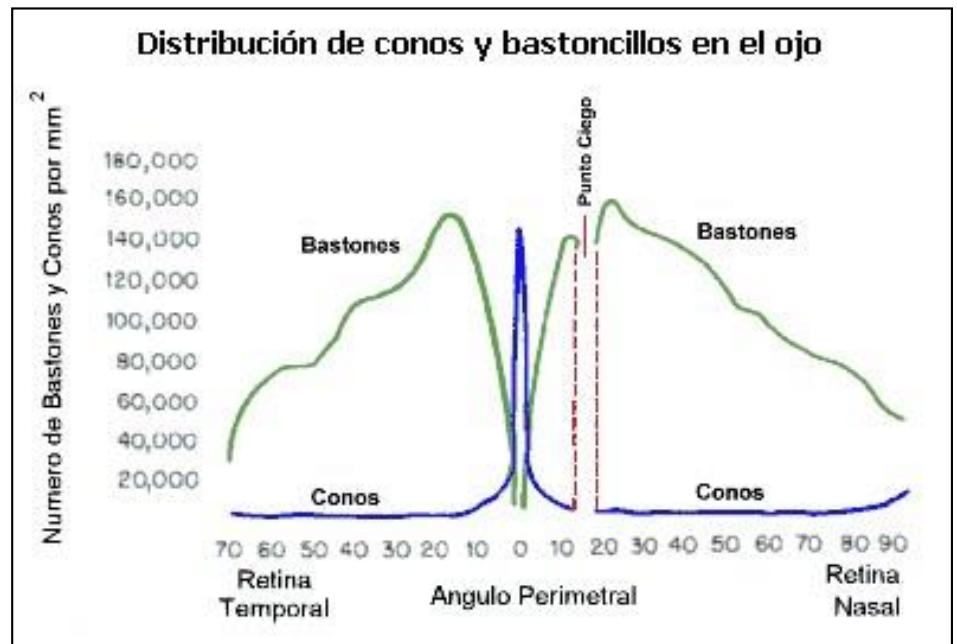
- Visão noturna e periférica
- Sem dependência da cor
- 100 x mais sensíveis à luz

Total de  $\approx 110$  milhões de células fotorreceptoras - razão de 18/1

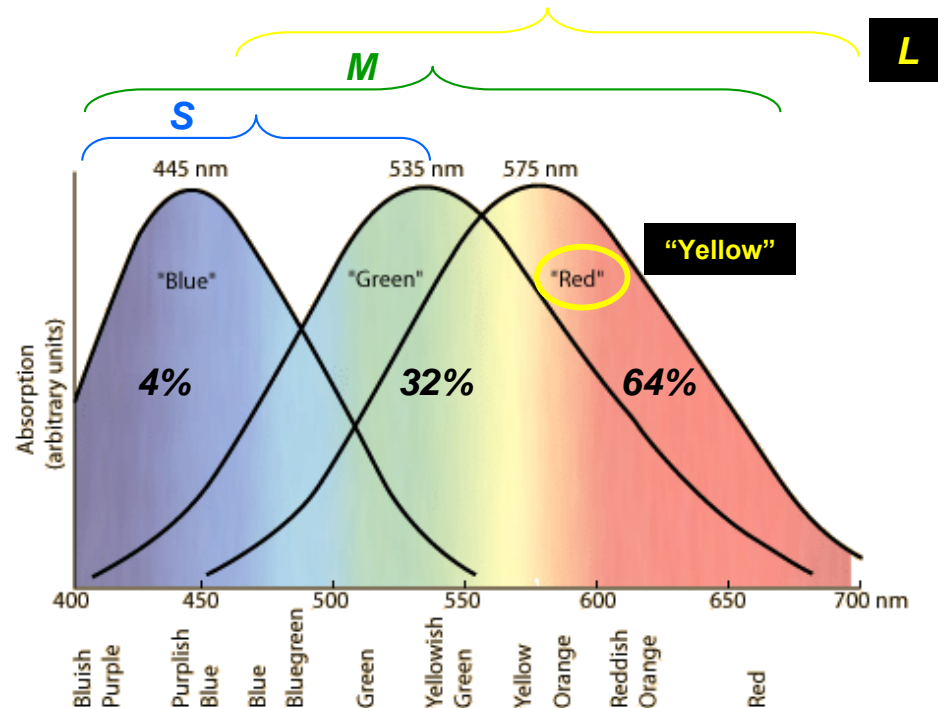
# Células Fotorreceptoras



Fotografia ampliada da retina com as células



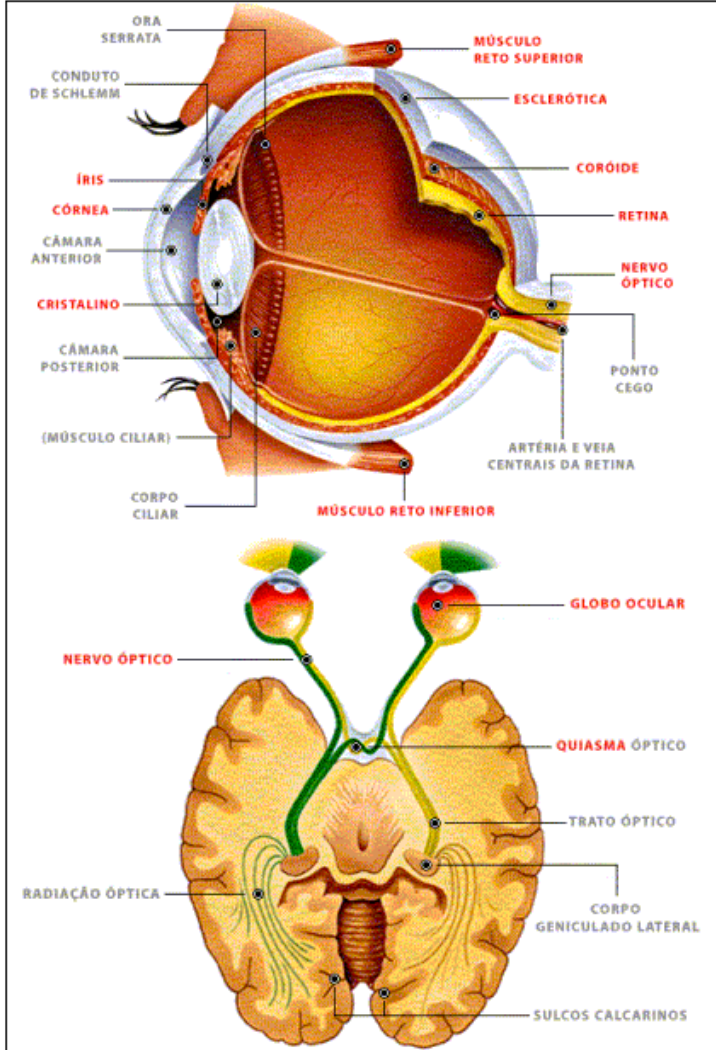
- Cones sensíveis a curtos comprimentos de onda → Cones “**S**”
- Cones sensíveis a médios comprimentos de onda → Cones “**M**”
- Cones sensíveis a longos comprimentos de onda → Cones “**L**”



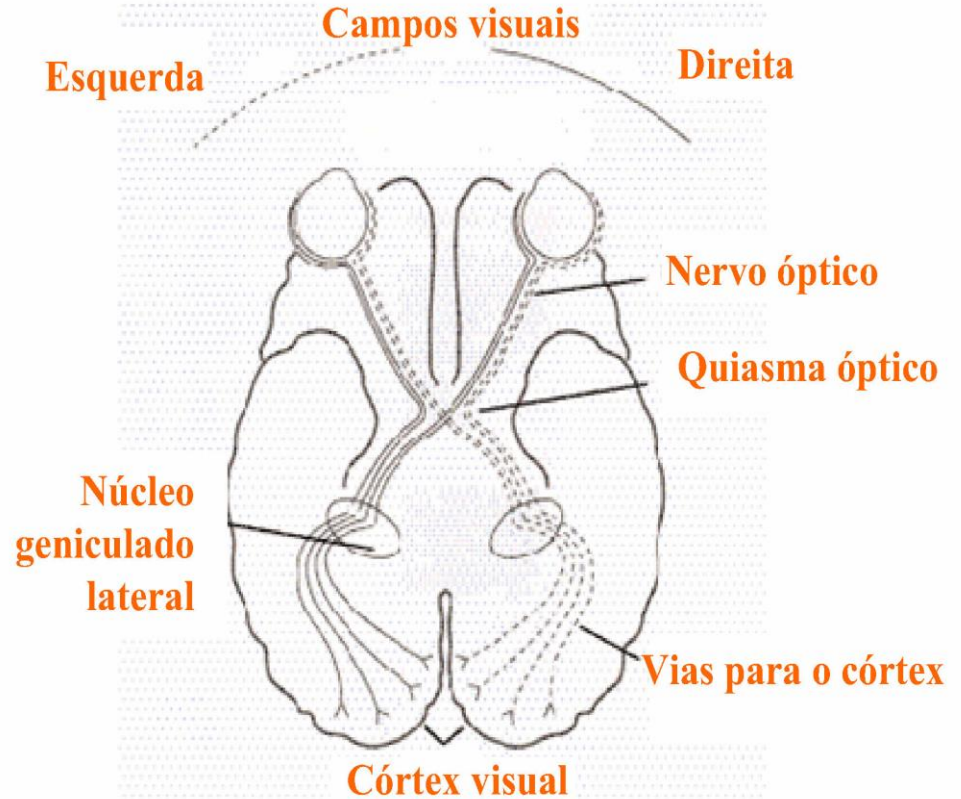
[http://cnx.org/contents/edc1b1a2-5da2-4414-8ff0-6caf3b3eb351@1.44:182/College\\_Physics\\_\(AP\\_Physics\\_B\\_](http://cnx.org/contents/edc1b1a2-5da2-4414-8ff0-6caf3b3eb351@1.44:182/College_Physics_(AP_Physics_B_)  
[http://www.ifi.unicamp.br/~cescato/Disciplinas\\_arquivos/Optica\\_Aplicada1\\_final.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~cescato/Disciplinas_arquivos/Optica_Aplicada1_final.pdf)

<http://hyperphysics.phyastr.gsu.edu/hbase/vision/rodcone.html>

# Construção das Imagens



ENCICLOPÉDIA MULTIMÍDIA DO CORPO HUMANO - Planeta DeA gostirini - Ed. Planeta do Brasil Ltda.





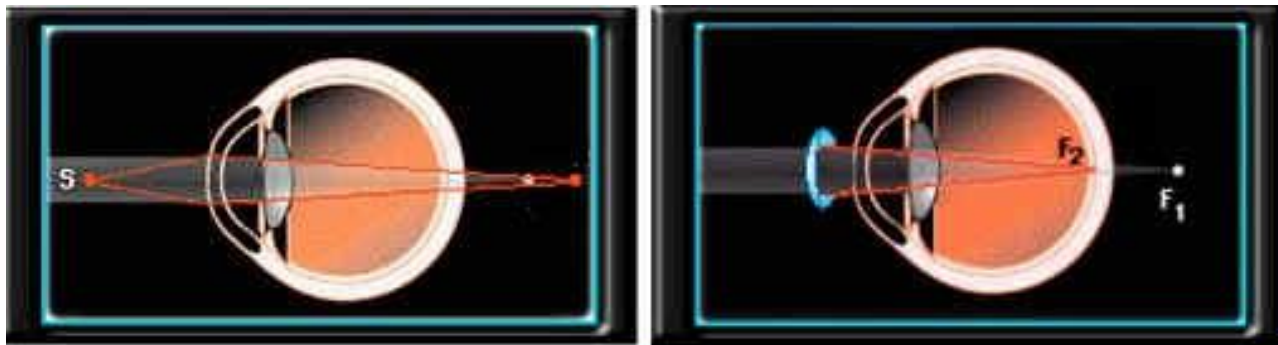
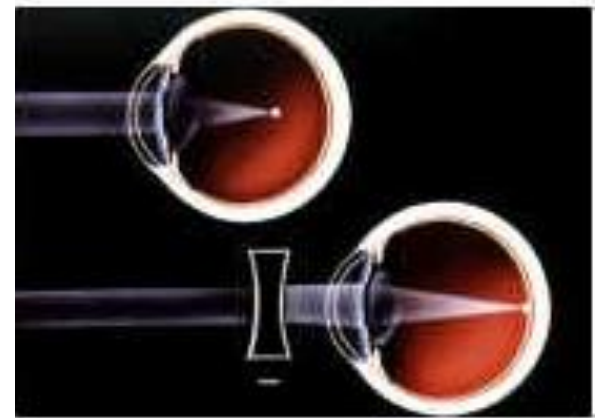
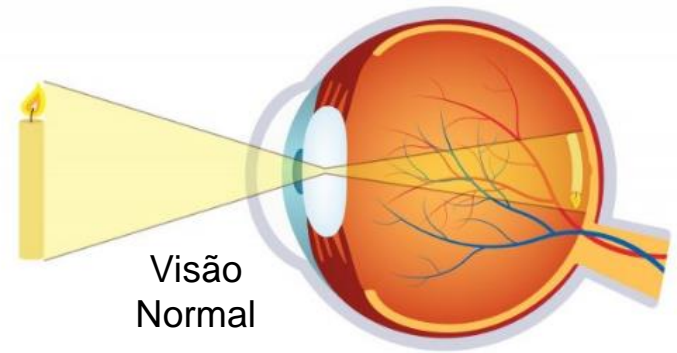
# Deficiências da Visão

## • Miopia

- Dificuldade para enxergar a grandes distâncias
- Alongamento do globo ocular
- Fatores genéticos → hereditariedade
- Fatores ambientais → falta de luz solar
- Leituras prolongadas

## • Hipermetropia

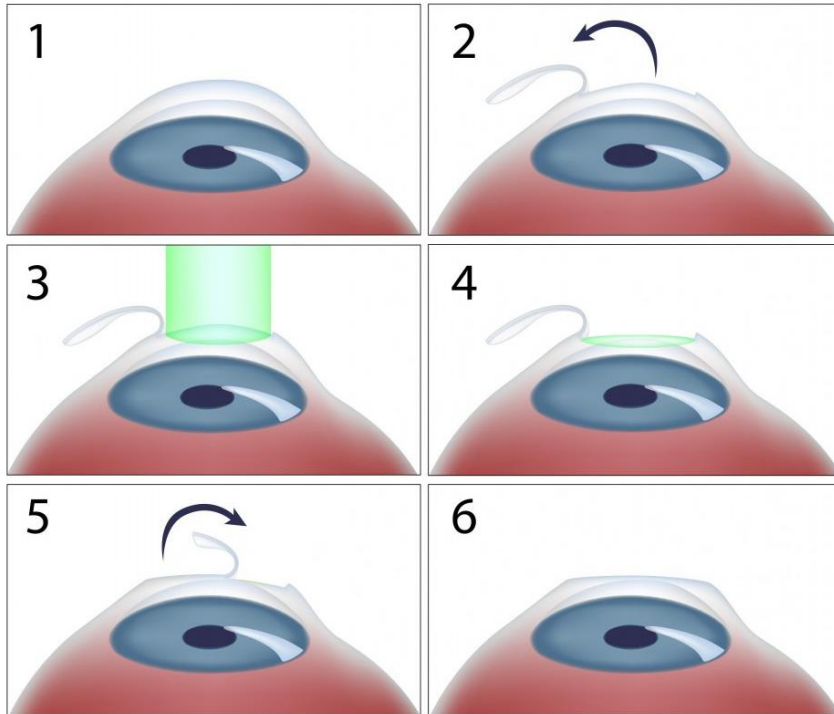
- Dificuldade para enxergar a curtas distâncias
- Encurtamento do globo ocular ou defeito na córnea ou no cristalino



## • Cirurgia Refrativa

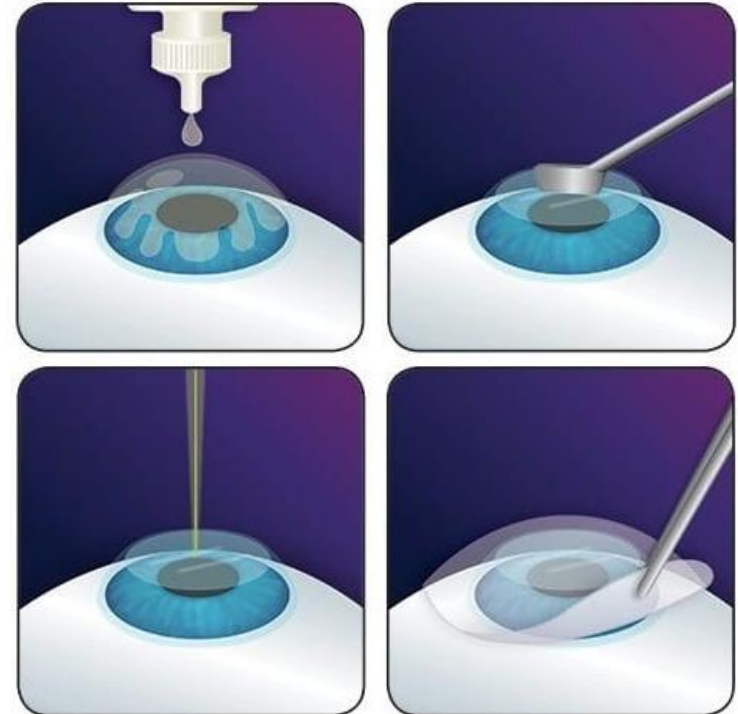
Maiores de 21 anos; diminuir a dependência de óculos ou lentes de contato; grau já estabilizado; pessoas que não possuem **NENHUM** tipo de **doença** ocular; Pessoas que possuem algum problema de defeito (miopia, hipermetropia ou astigmatismo).

### LASIK



- miopia de 4 a 9 graus;
- depende da curvatura e da espessura da córnea

### PRK



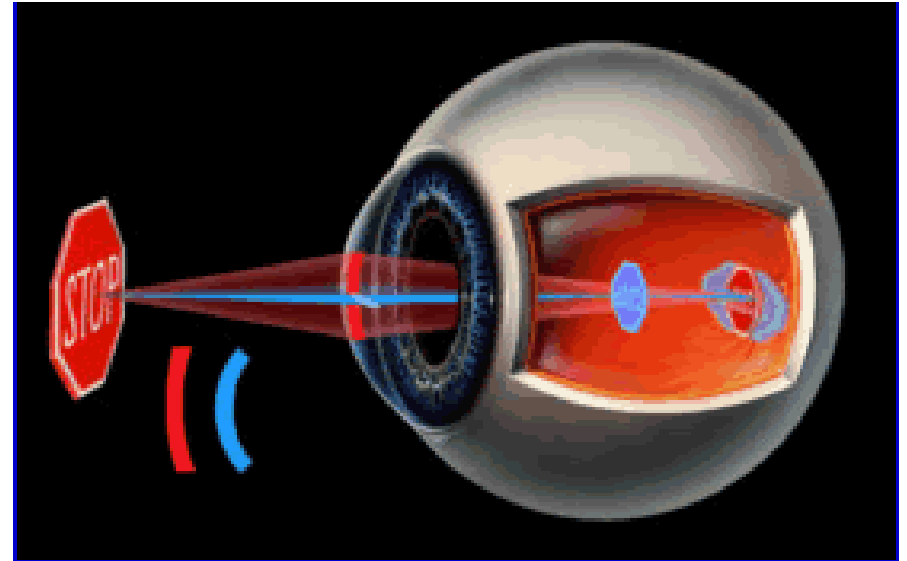
- miopia, hipermetropia e astigmatismo

### LASEK

## • Astigmatismo



- Curvatura desigual da córnea
- Mais raramente, do cristalino ou do globo ocular

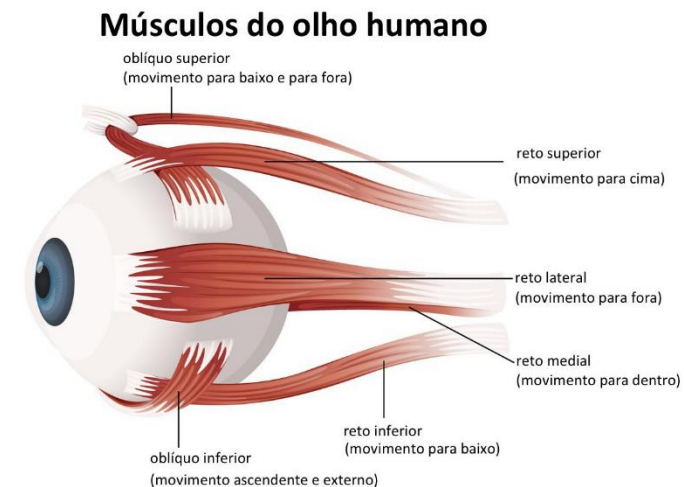


## • Estrabismo

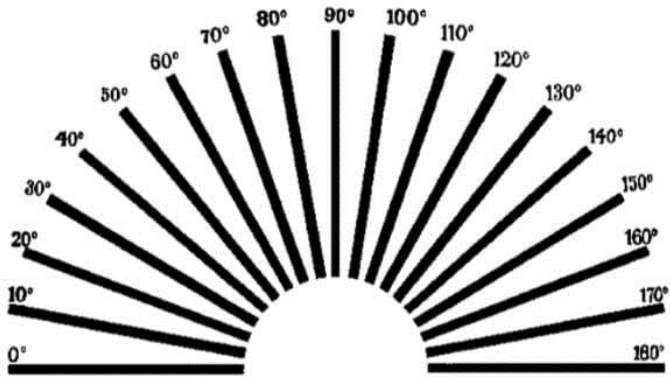
- Falta de paralelismo dos eixos ópticos
- disfunções musculares, traumas e infecções
- cirurgias corretivas e óculos-tampão



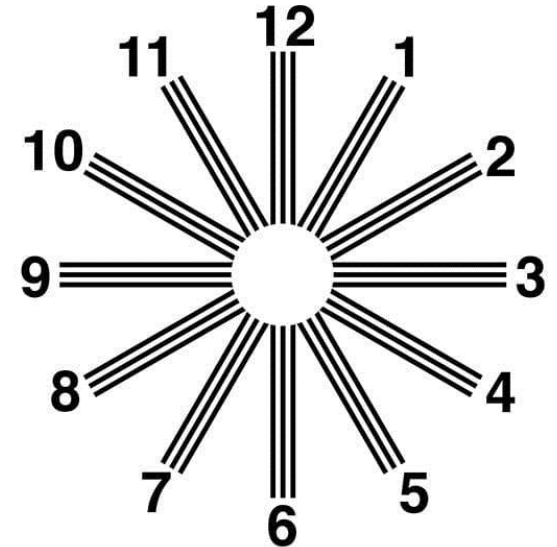
**Ben Turpin**  
1869 - 1940



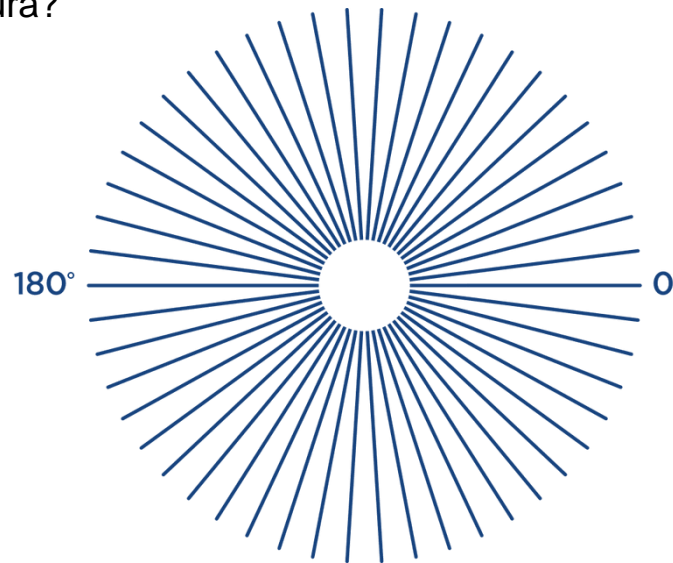
## • Testes para Astigmatismo



As linhas pretas variam de intensidade e de espessura?



As linhas verticais e horizontais são vistas com a mesma espessura?

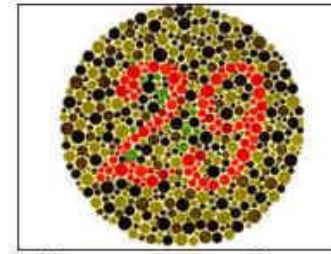


As linhas são vistas em várias tonalidades?

# Deficiências da Visão

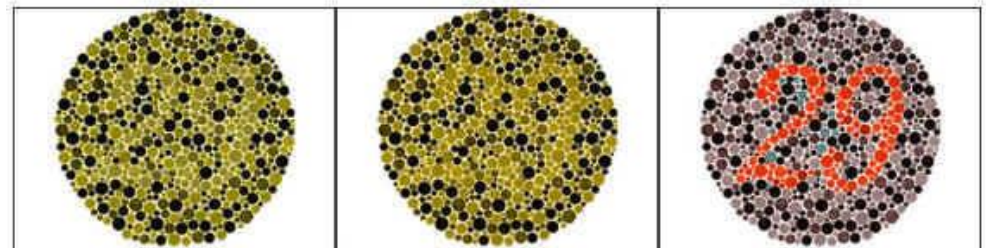
- **Daltonismo** (ou Discromatopsia)  
Genética → cromossomo recessivo X  
(Brasil ≈ 10% Homens e 1% Mulheres)

Insensibilidade a um determinado grupo de cores



**Teste de Ishihara**

Visão normal para o daltonismo



Tipos de daltonismo (protanopia, deutanopia e tritanopia, respectivamente)

**Vermelho**  
Marrom, verde  
ou cinza

**Verde**  
Marrom

**Azul e Amarelo**  
Azul → tonalidade ≠  
Amarelo → rosa  
Laranja não é visto

- 75% têm dificuldade com a cor **verde**
- 24% com a cor **vermelha**
- com a cor **azul**



Visão Normal



Protanopia



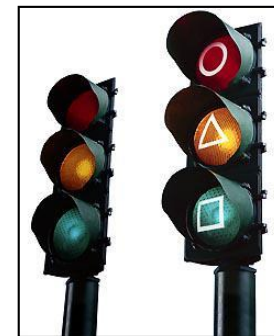
Deutanopia



Tritanopia

- Vantagens do indivíduo daltônico:

- Melhor capacidade de visão noturna;
- Maior qualidade visual;
- Maior sensibilidade para contrastes e brilho;
- Maior facilidade para visualizar imagens em três dimensões;
- Maior facilidade na percepção de texturas (*camuflagem*).



## Doenças da Visão

- Conjuntivite

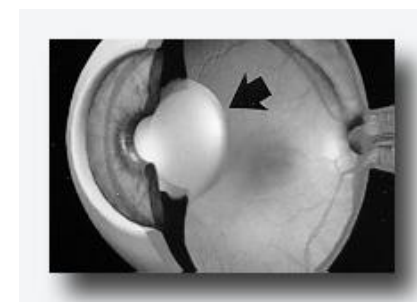
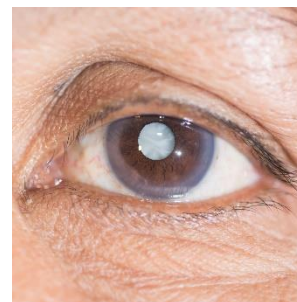
A **conjuntiva** é uma película de tecido irrigada, que recobre a esclera até a córnea e as partes internas das pálpebras.

- Inflamação da conjuntiva e parte interna das pálpebras
- poluição, cloro, vírus e bactérias



- Catarata

- Opacidade do cristalino (baixa nitidez)
- Envelhecimento, traumas, diabetes, colírios, excesso de radiação (UV)

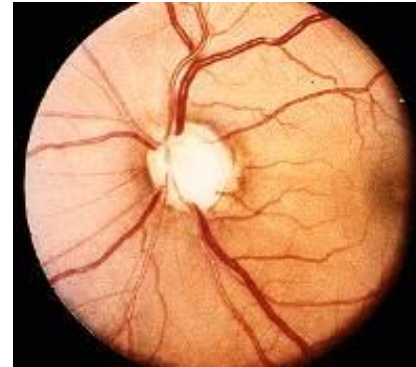


# Doenças da Visão

Olho normal



Olho com glaucoma

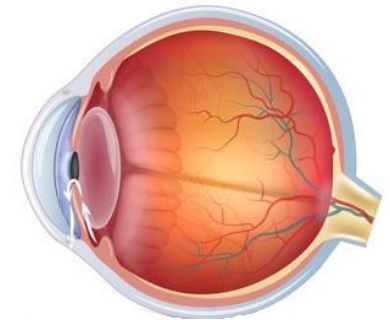


**Glaucoma** → lesão que ocorre em fibras de nervos que saem da **RETINA** para o **NERVO ÓPTICO** (processo irreversível), relacionada à pressão **intraocular** alta (canal de drenagem bloqueado).

Pressão normal média → **16 mmHg**  
Pressão acima de **23 mmHg** → provavelmente Glaucoma

**Crônico** → perda da VISÃO PERIFÉRICA

**Agudo** → perda TOTAL da VISÃO



<http://www.ibc.gov.br/?itemid=118>

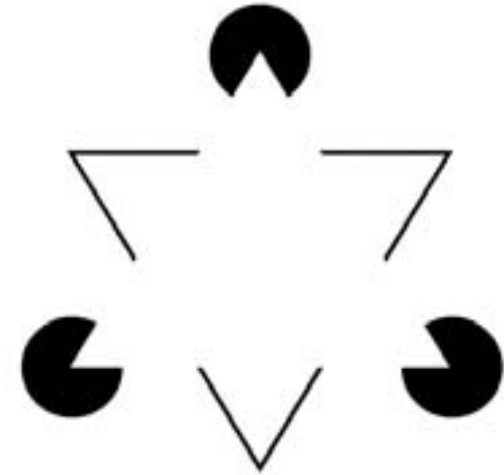
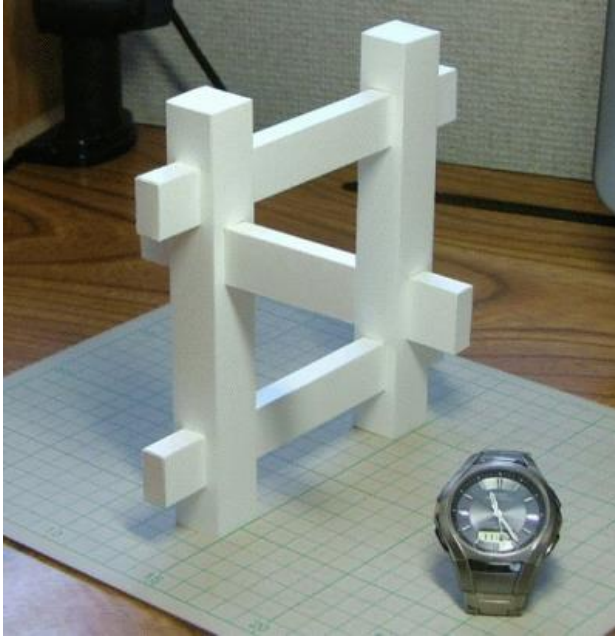


Visão normal

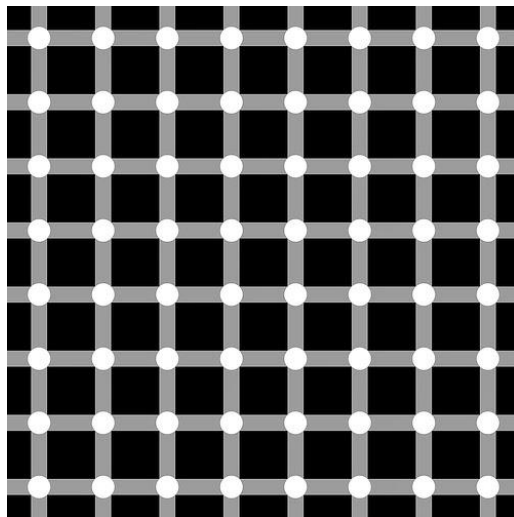


Glaucoma avançado

# Ilusão de Óptica



Triângulo de Kanizsa

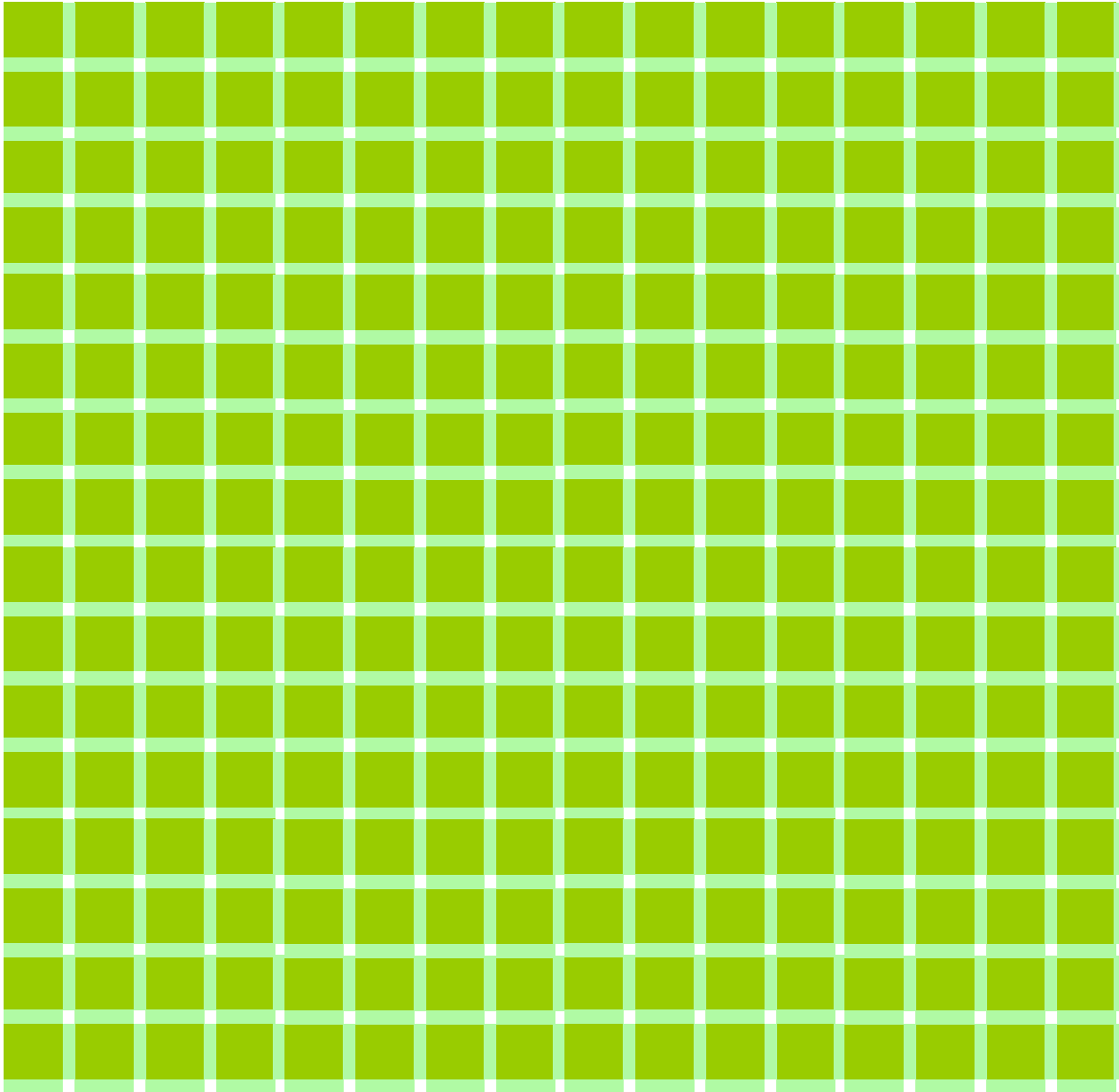


Ilusão da grelha de Lingelbach

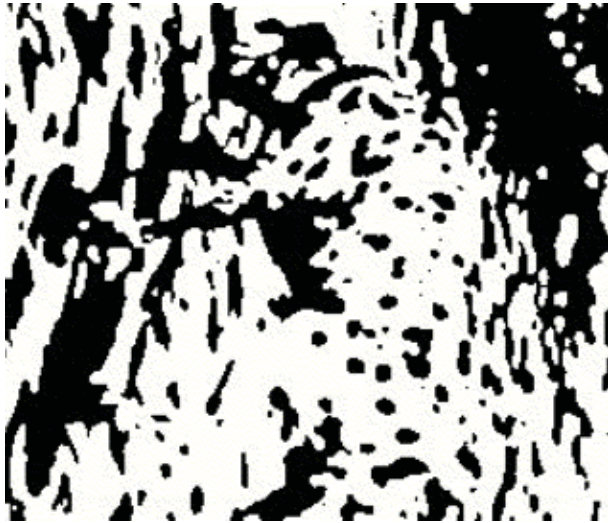
*B./E. Lingelbach - M. Schrauf (1994)*



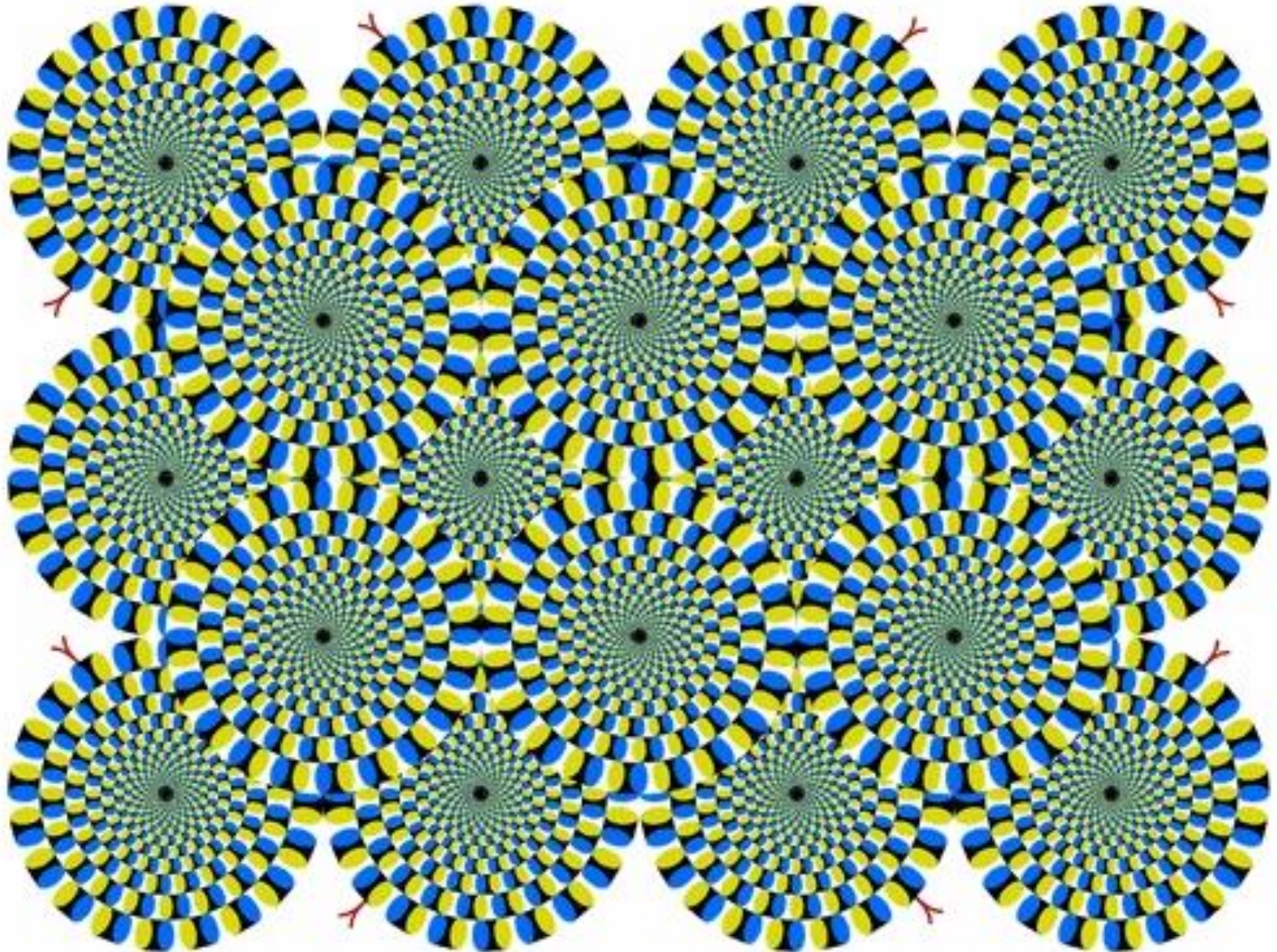
# *Ilusão de Óptica*



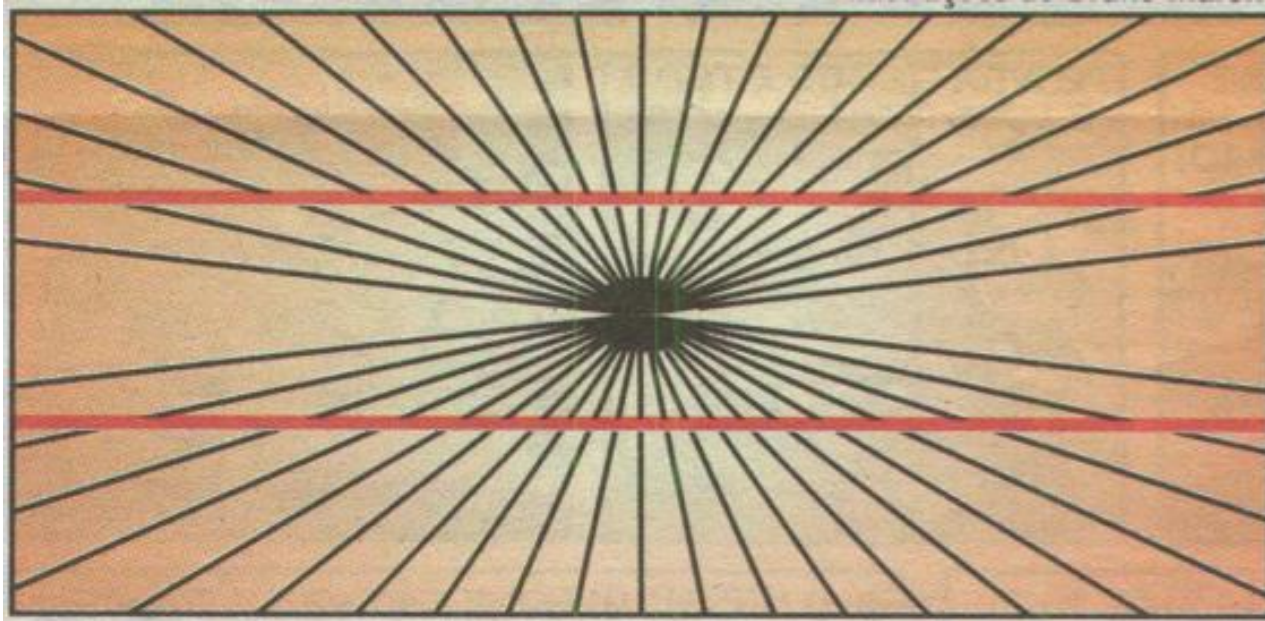
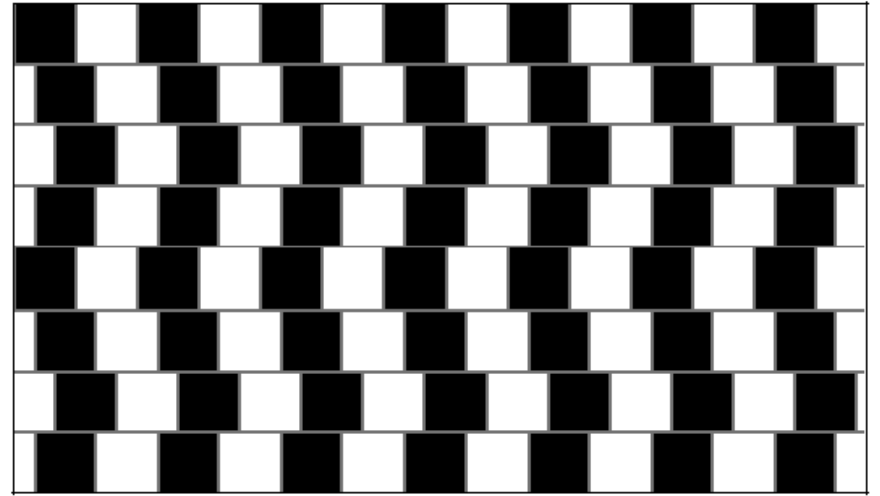
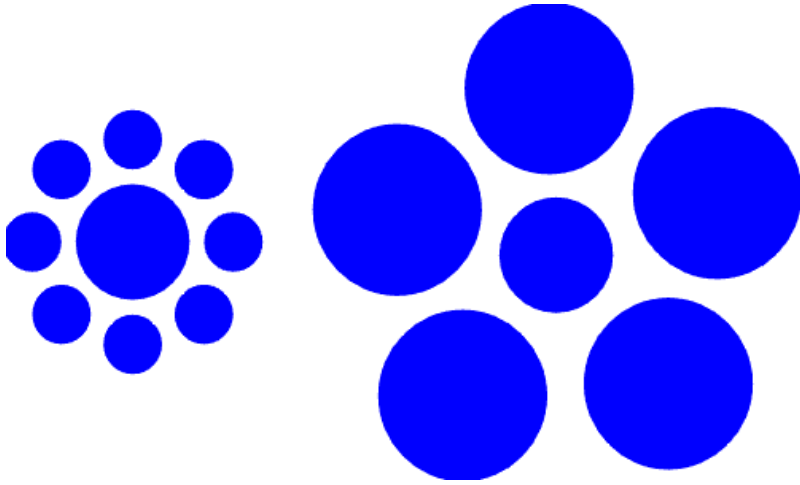
# Ilusão de Óptica



# Ilusão de Óptica

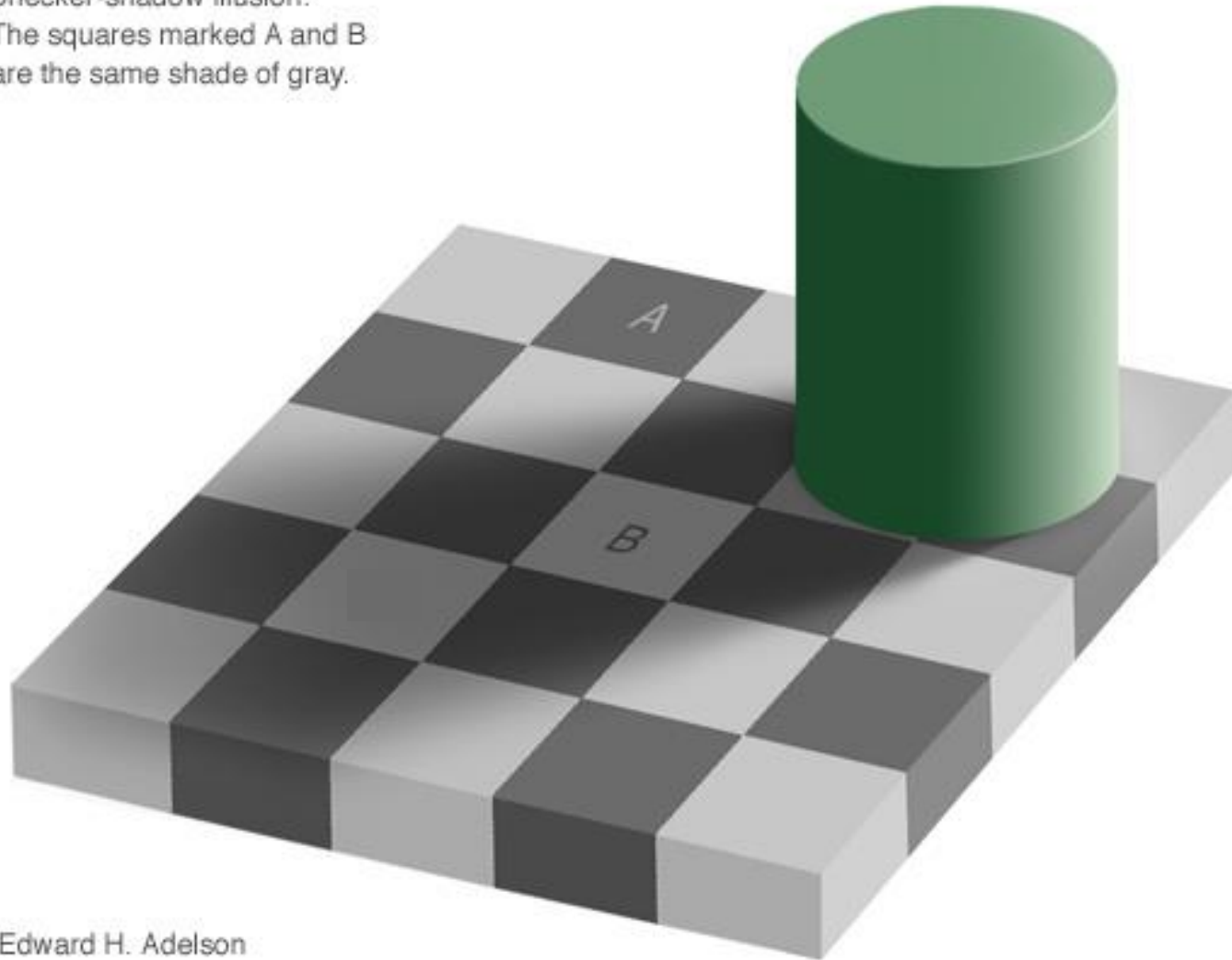


# Ilusão de Óptica



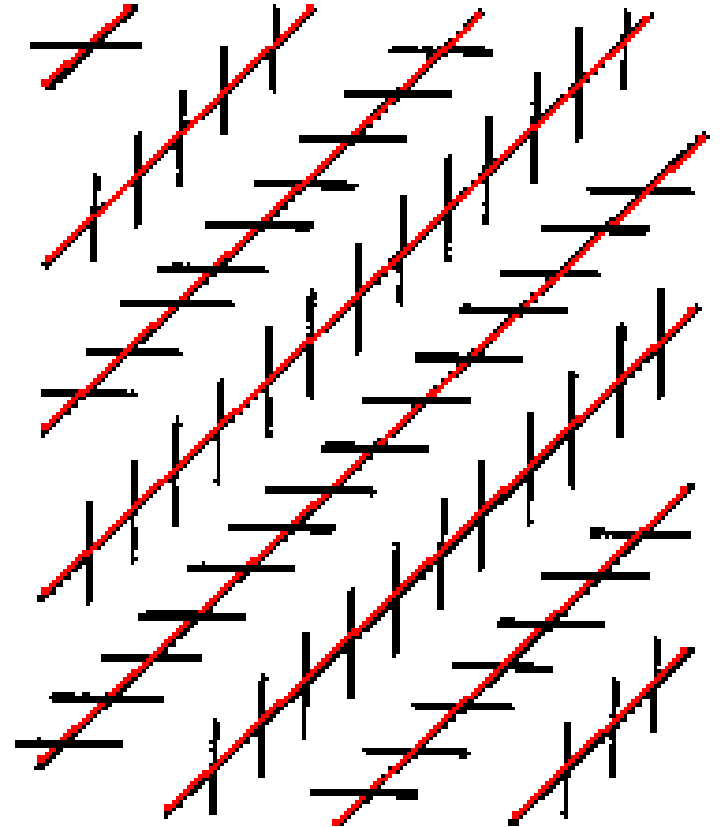
# Ilusão de Óptica

Checker-shadow illusion:  
The squares marked A and B  
are the same shade of gray.



Edward H. Adelson

# Ilusão de Óptica

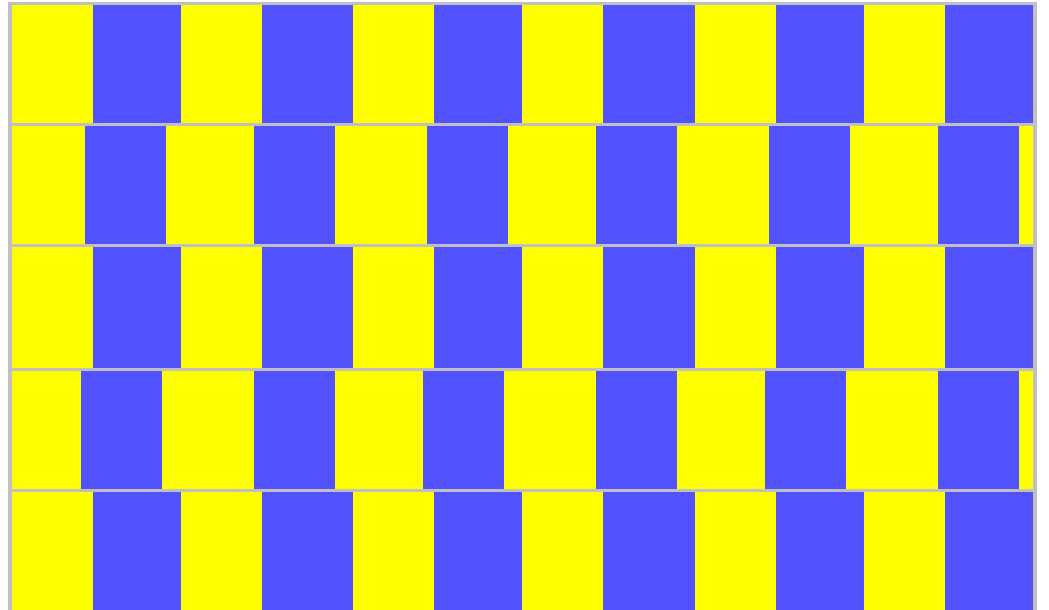
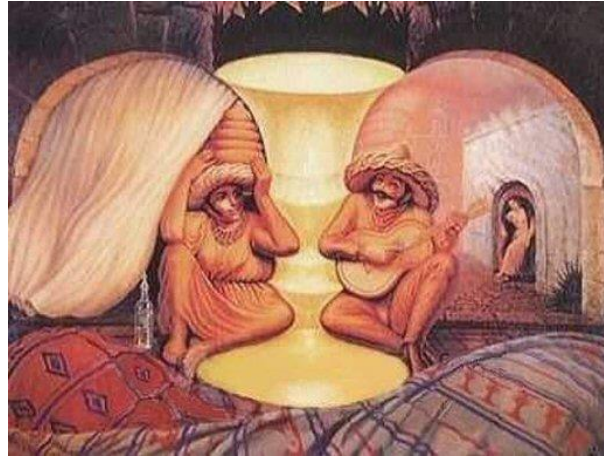


# Ilusão de Óptica



**Fita de Möbius**

1858



# Ilusão de Óptica

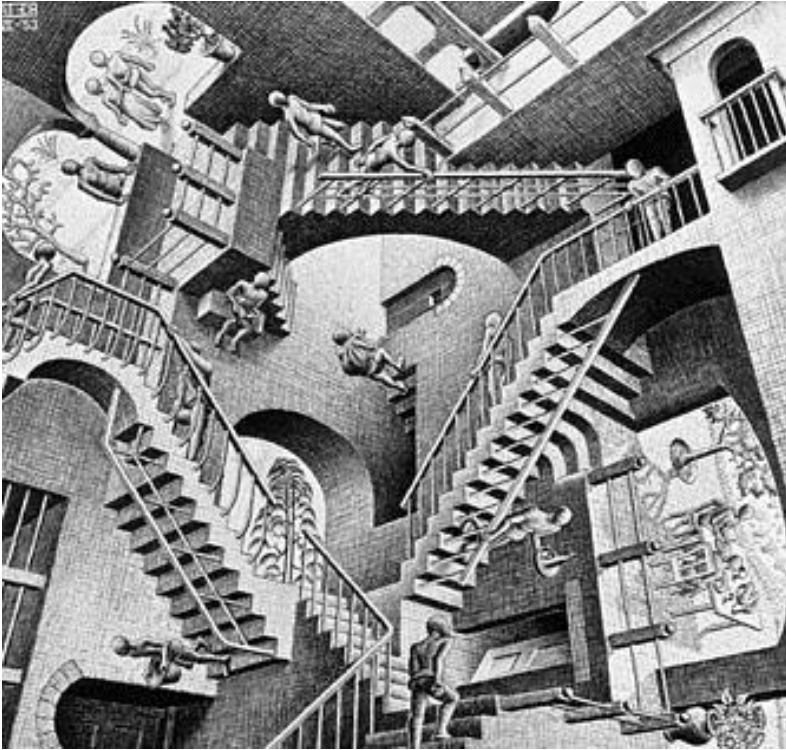


**Maurits C. Escher**  
1898 - 1972

*Queda d'água, 1961*



# Ilusão de Óptica



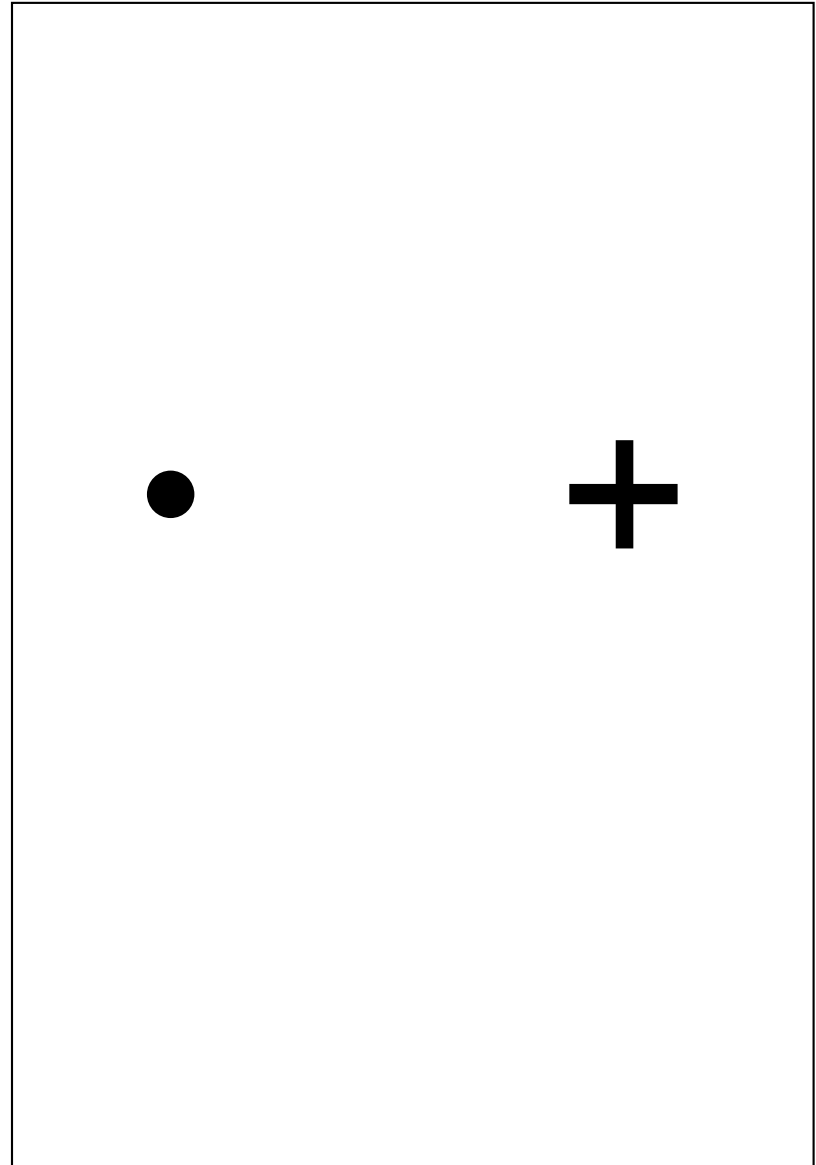
*Relatividade, 1953*



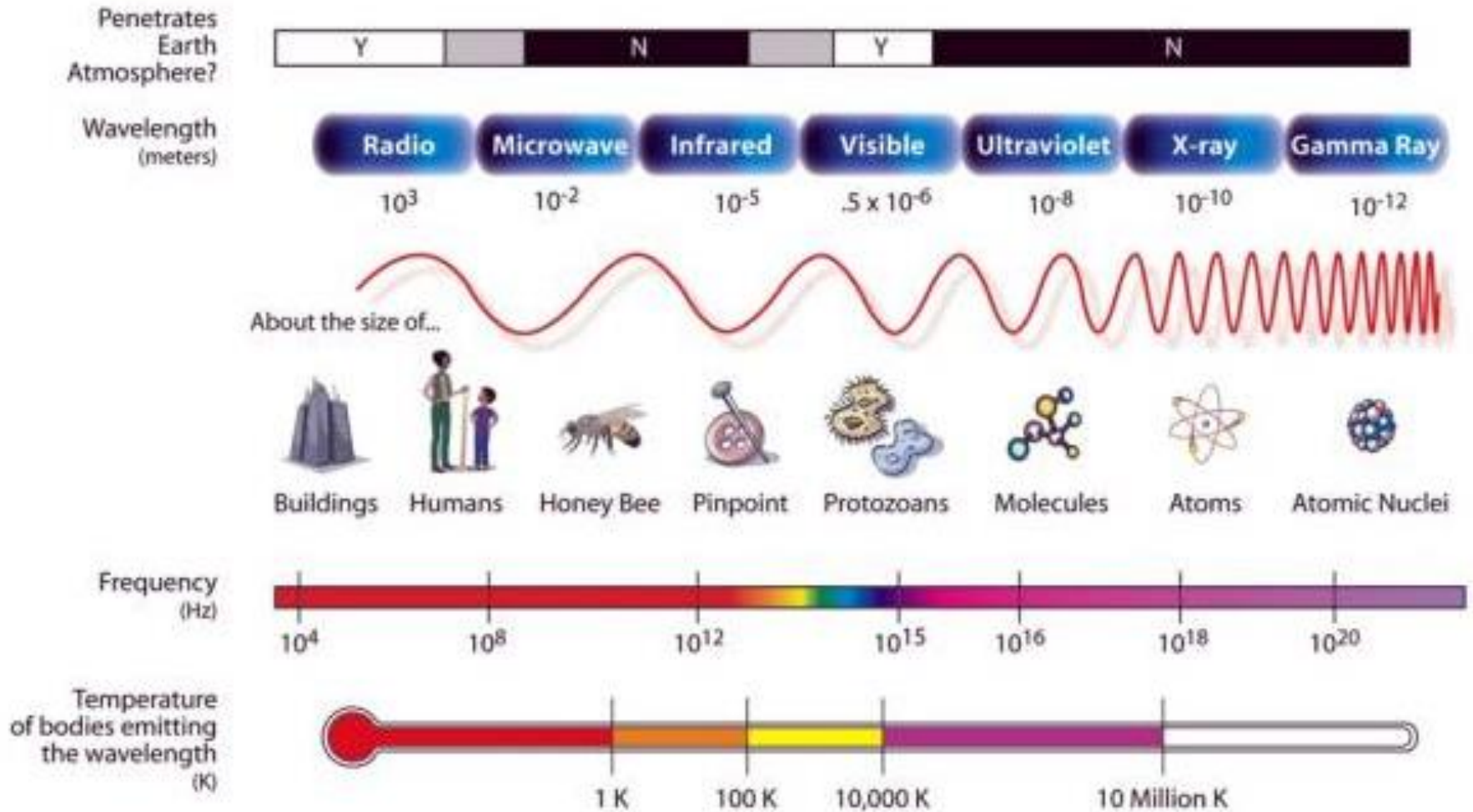
*Répteis, 1943*

# Ponto Cego

- Feche o olho direito e, olhando fixamente para a cruz com o esquerdo, aproxime ou afaste a folha do rosto;
- A uma certa distância do rosto, a bolinha **deve** desaparecer.



# Espectro Eletromagnético



# Cores

- Fonte de luz primária:  
(possui luz própria)



- Fonte de luz secundária:  
(objeto iluminado)



## Interação Radiação-Matéria

Emissão de radiação  
luminosa

Absorção de luz  
e, em seguida,  
Reemissão de (parte da) luz

# Interação Radiação-Matéria

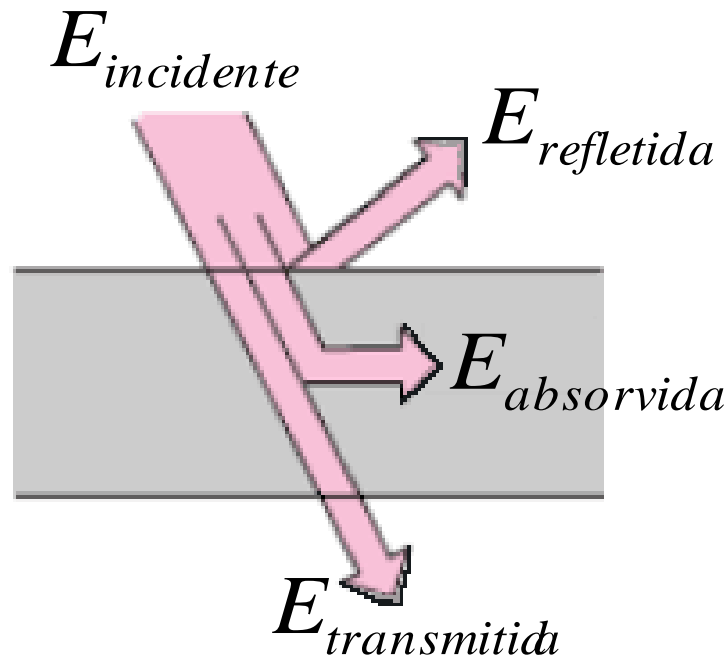
$$E_{\text{incidente}} = E_{\text{refletida}} + E_{\text{absorvida}} + E_{\text{transmitida}}$$

• **Reflexão de radiação**

• **Absorção de radiação**

(\*com possível *reemissão* de parte)

• **Transmissão de radiação**



# Luz

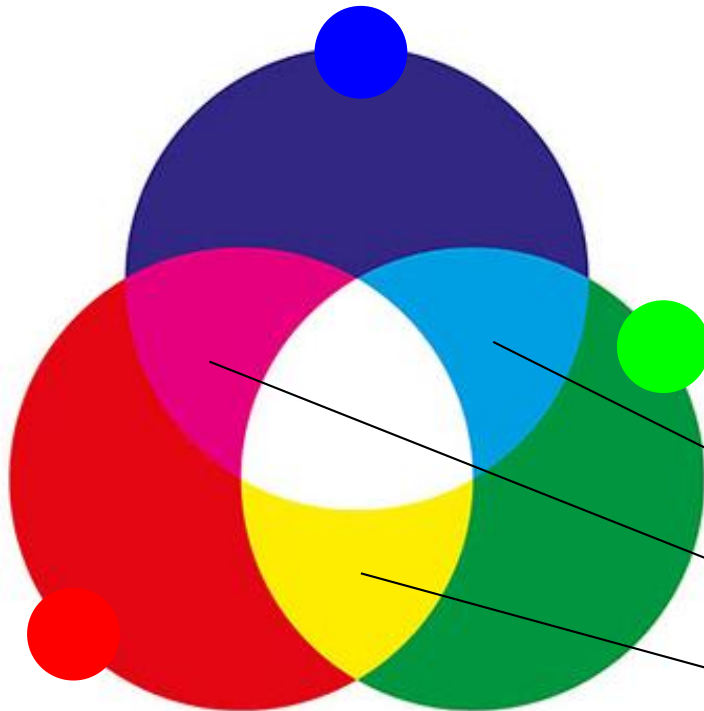
Composição de cores por adição

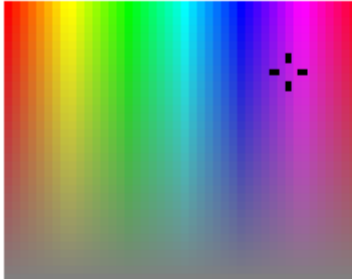


## • Cores Primárias

 vermelho  verde  azul

*Método aditivo RGB*  
*Sistema tricromático*



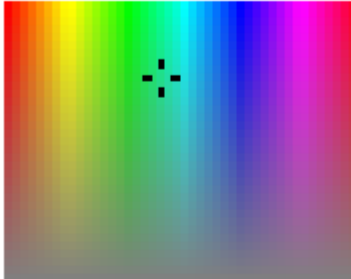
Cores: 

Modelo de Cores: RGB

Vermelho: 208

Verde: 32

Azul: 222

Cores: 

Modelo de Cores: RGB

Vermelho: 34

Verde: 212

Azul: 165

Paleta de cores →  $(256^3)$  → **16.777.216**

Ciano 

Magenta 

Amarelo 

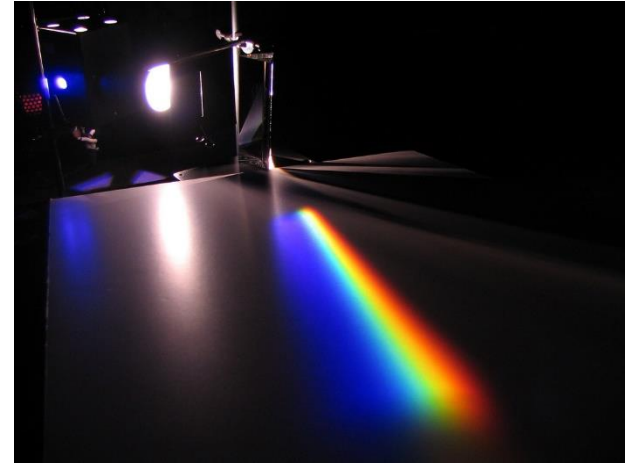
## • Cores Secundárias

# Como conhecer a radiação (visível) emitida por uma fonte primária?

- **Espectroscópio de transmissão** (ou de refração)



CD sem o filme de alumínio



Prisma de cristal

- **Espectroscópio de reflexão**



CD com o filme de alumínio

# Pigmento

Composição de cores por subtração

## Pigmentos à base de Óxidos



Cor	Componente	Fórmula	Variações de cor
Amarelo	<b>Vermelho Óxido de Ferro III</b>	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$	Amarelo-Azul
Amarelo	<b>Hidróxido de Ferro</b>	$\alpha\text{-FeOOH}$	Verde-Vermelho
Preto	<b>Óxido de Ferro II e III</b>	$\text{Fe}_3\text{O}_4$	Azul-Vermelho
Marrom	<b>Óxido de Ferro</b>	Misturas	
Verde	<b>Óxido de Cromo</b>	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	Azul-Amarelo
Azul	<b>Óxido de Cobalto</b>	$\text{Co}(\text{Al}, \text{Cr})_2\text{O}_4$	Vermelho-Verde

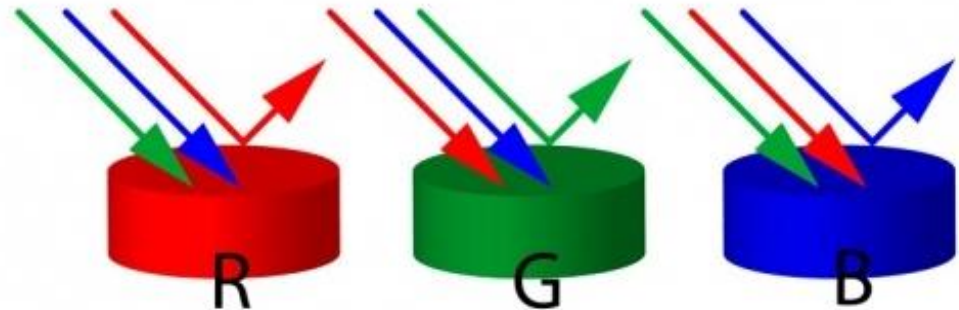
(Sob luz branca)



*Urucum*

Trituração das sementes

(Sob luz branca)

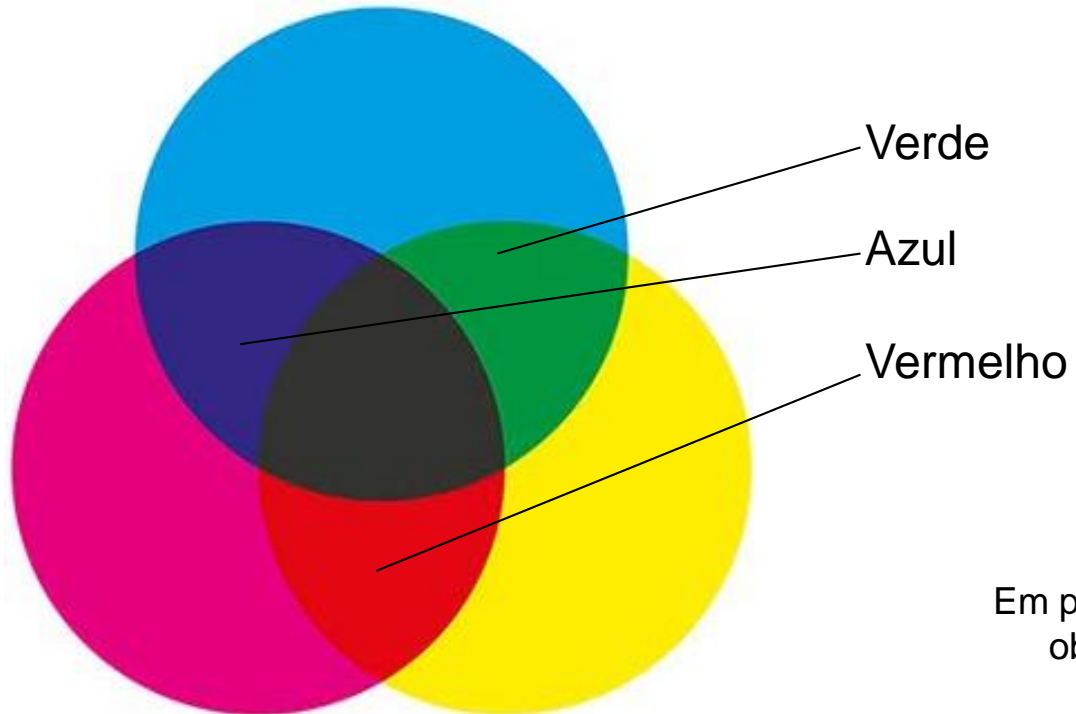
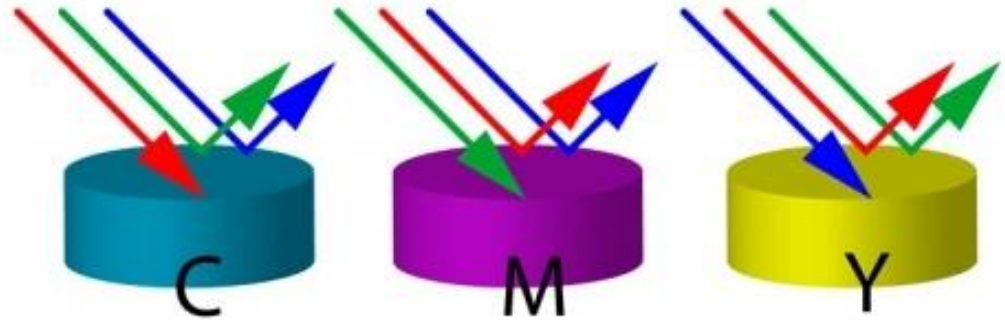




## • Cores Primárias

● ciano ● magenta ● amarelo

*Método subtrativo CMYK*

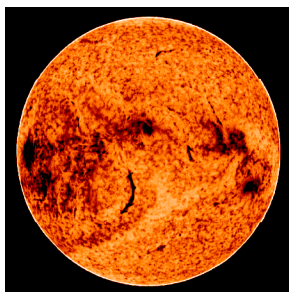


## • Cores Secundárias

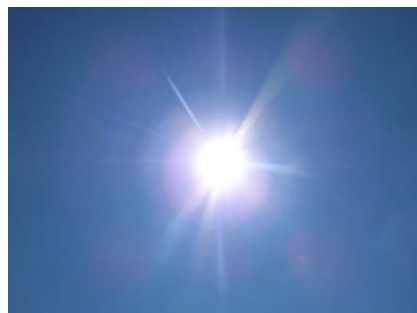
Em proporções convenientes, pode-se obter qualquer [cor de pigmento](#).

# Enfim, do que depende a percepção da visão?

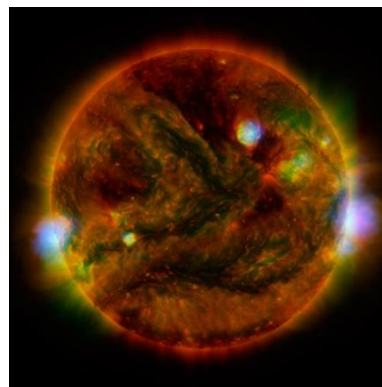
- Sensor de luz (olhos ou outro detector) até o cérebro



Sol - IV



Sol - Visível



Sol - Raios X e UV



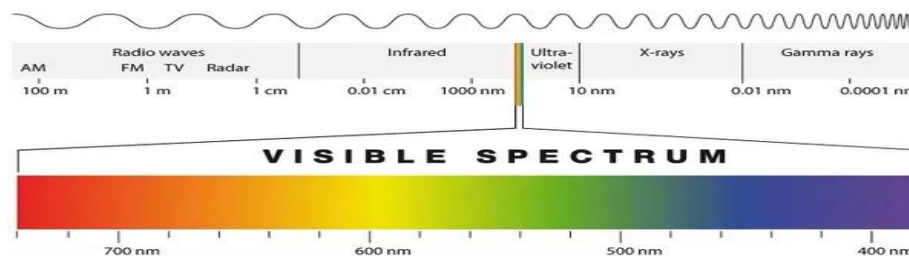
Sensor de Radiação UV  
Oregon Scientific



- Superfície



- Radiação incidente



# Exercícios

1) (PUC) Um pedaço de tecido vermelho, quando observado numa sala iluminada com luz azul, parece:

- a) preto
- b) branco
- c) vermelho
- d) azul
- e) amarelo



2) (UFPB) As folhas de uma árvore, quando iluminadas pela luz do Sol, mostram-se verdes porque:

- a) refletem difusamente a luz verde do espectro solar;
- b) absorvem somente a luz verde do espectro solar;
- c) refletem difusamente todas as cores do espectro solar, exceto o verde;
- d) difratam unicamente a luz verde do espectro solar;
- e) a visão humana é mais sensível a essa cor.

3) Supondo que no interior de uma sala haja três objetos de cores distintas: verde, azul e vermelho. De que cor, respectivamente, veremos esses objetos se essa sala for iluminada por uma luz de cor azul?

- a) Azul, azul e roxo;
- b) Verde, azul e roxo;
- c) Preto, azul e preto;
- d) Todos azuis;
- e) Branco, azul e branco.



4) Quantas cores têm o arco-íris?

$$c = \lambda \cdot f \rightarrow 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$\lambda_{\text{verm}} \approx 700 \text{ nm} \rightarrow f_{\text{verm}} \approx 4,3 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\lambda_{\text{viol}} \approx 400 \text{ nm} \rightarrow f_{\text{viol}} \approx 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$



$$430.000.000.000.000,0 \text{ Hz} < f_{\text{luz}} < 750.000.000.000.000,0 \text{ Hz}$$



# Referências

[http://en.wikipedia.org/wiki/M.\\_C.\\_Escher](http://en.wikipedia.org/wiki/M._C._Escher)

<http://www.mcescher.com/Shopmain/ShopEU/facsilimeprints/index.html>

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Miopia#Causas>

<http://axpfe1.if.usp.br/~otaviano/TextoOlhoHumano.html>

<http://ufpa.br/ensinofts/capitulo2.html>

[http://www.fisfar.ufc.br/v2/graduacao/arquivo\\_aulas/leticia/biofisica\\_visao.pdf](http://www.fisfar.ufc.br/v2/graduacao/arquivo_aulas/leticia/biofisica_visao.pdf)

<https://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/color/coloreff.htm>

<http://matematicandocomelas.blogspot.com/>

<http://www.yumeki.org/desarrollan-luces-de-transito-que-ayudara-a-personas-daltonicas/>

[http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/daltonicos\\_ao\\_volante.pdf](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/daltonicos_ao_volante.pdf)

<https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/conjuntivite/>

<https://www.todamateria.com.br/cores-primarias/>

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/128254/000848905.pdf?sequence=1>

[https://www.crq4.org.br/quimicaviva\\_corantespigmentos](https://www.crq4.org.br/quimicaviva_corantespigmentos)

<https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/corantes-e-pigmentos>

<https://www.fortitechpremixes.com/pt-br/pesquisa/astaxantina-pigmento-que-da-a-cor-rosa-avermelhada-aos-flamingos-pode-ser-um-antioxidante-potente-como-suplemento-alimentar/>

<http://www.cemahospital.com.br/noticias/?eFh4fDExOQ-->

<http://solar.physics.montana.edu/yypop/Spotlight/Today/infrared.html>

# **Referências**

- <http://www.ideafixa.com/oldbutgold/olho-magico-a-brisa-do-3d-em-livro>
- <https://www.htforum.com/forum/threads/estereogramas.69929/>
- <https://lenscope.com.br/blog/cirurgia-refrativa-o-que-e-e-como-fazer/>
- <https://www.provisu.ch/pt/assuntos/olho-e-visao.html>
- <http://cienciasecognicao.org/neuroemdebate/arquivos/4620>







### RAIOS ULTRAVIOLETA

UVC	UVB	UVA
100 a 280 nm	280 a 315 nm	315 a 400 nm

Altitude  
800 Km

80 Km

50 Km

Exosfera

Termosfera

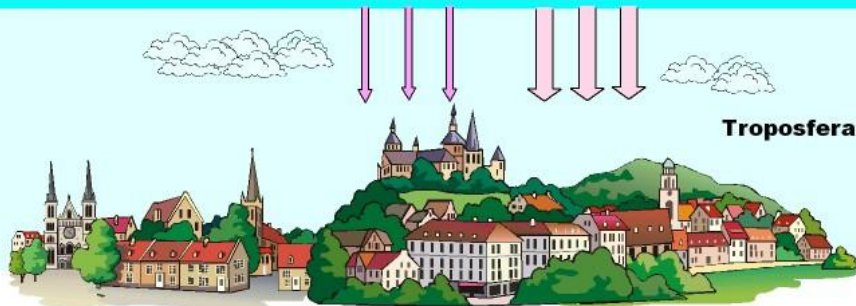
Mesosfera  
Ionosfera

Estratosfera

15 Km

### CAMADA DE OZÔNIO

Troposfera



Concentração de ozônio na atmosfera

Menor    Maior

