

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Funcionamento da disciplina e Introdução ao estudo da percepção visual

Percepção Visual

S. Mogo

Departamento de Física
Universidade da Beira Interior

2020 / 21

1 Funcionamento da disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Regime presencial

Regime não presencial

2 Introdução

Nascemos a ver ou aprendemos a ver?

Pode-se enganar o cérebro?

3 Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adaptação ao escuro

Adaptação à luz

Lei de Weber

Resolução espacial e somação espacial

Resolução temporal e somação temporal

Efeito de Stiles-Crawford de primeiro grau

Disciplina

Programa
Bibliografia
Avaliação
Presencial
Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?
Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores
Fotopigmentos
Adapt. ao escuro
Adapt. à luz
Lei de Weber
Resolução espacial
Resolução temporal
Stiles-Crawford

Outline

- 1** Funcionamento da disciplina
Programa
Bibliografia
Avaliação
Regime presencial
Regime não presencial
- 2** Introdução
Nascemos a ver ou aprendemos a ver?
Pode-se enganar o cérebro?
- 3** Percepção da luz
Fotoreceptores
Fotopigmentos
Adaptação ao escuro
Adaptação à luz
Lei de Weber
Resolução espacial e somação espacial
Resolução temporal e somação temporal
Efeito de Stiles-Crawford de primeiro grau

Programa da disciplina

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

- 1 Percepção da luz
- 2 Percepção da cor
- 3 Anomalias da visão das cores
- 4 Percepção do espaço
- 5 Percepção do movimento
- 6 Percepção da profundidade
- 7 Visão e ilusões perceptivas

Aulas práticas

- 1 Testes de visão das cores
- 2 Função de sensibilidade ao contraste acromática e cromática
- 3 Campos visuais
- 4 Mascaramento: metacontraste
- 5 Movimento aparente
- 6 Cinematograma de pontos aleatórios
- 7 Função de transferência de modulação temporal
- 8 Pós-imagens
- 9 Anaglifos e estereogramas de pontos aleatórios
- 10 Rivalidade retiniana
- 11 Pêndulo de Pulfrich
- 12 Disparidade retiniana
- 13 Determinação da AV estereoscópica

Bibliografia recomendada

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Principal:

- Capilla, P.: ***Percepción visual: Psicofísica, Mecanismos y Modelos***, Editorial Medica Panamericana, 2019.

De apoio:

- Schwartz, S.: ***Visual Perception: A Clinical Orientation***, 4th.ed., McGraw-Hill Publishing Co., 2010.
Biblioteca central, piso 0, cotas F-3.2/520 (2nd.ed., 1999); F-7.1/00023 (3rd.ed., 2004)
- Snowden, R.; Thompson, P.; Troscianko, T.: ***Basic vision: an introduction to visual perception***, Rev. ed., Oxford University Press, 2011.
Biblioteca central, cota F-7.3-00014; Biblioteca de Ciências Sociais e Humanas, cota PSI-7-00227
- Wandell, B.: ***Foundations of Vision***, Sinauer, Sunderland, 1995.
Biblioteca central, piso 0, cotas F-3.2/00451; F-3.2/00452; F-3.2/00453; F-3.2/00470; F-3.2/00476

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Apontamentos

Apontamentos Guias de laboratório Fichas de exercícios

<http://webx.ubi.pt/~smogo/disciplinas/disciplinas.html>

Disciplina

Programa
Bibliografia

Avaliação

Presencial
Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?
Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores
Fotopigmentos
Adapt. ao escuro
Adapt. à luz
Lei de Weber
Resolução espacial
Resolução temporal
Stiles-Crawford

Avaliação

Regimes de avaliação

- 1 Regime presencial
- 2 Regime não presencial

Regime presencial

Classificação de ensino-aprendizagem: obtenção de frequência e aprovação por frequência

Para **obtenção de frequência**, cada estudante deverá:

- frequentar assiduamente as aulas práticas da disciplina (sendo-lhe permitida apenas **1 falta não justificada**), obtendo a classificação P , através da apresentação de **um relatório escrito por cada trabalho realizado**; (as normas para elaboração dos relatórios serão apresentadas na aula prática)
- obter aproveitamento na componente laboratorial, $P \geq 9,5$ valores.

O aluno obterá **aprovação por frequência** e será dispensado de exame se efectuar um teste teórico (T) **[01.06.2021 - 14:00, sala X/X]** e obtiver $T \geq 9,5$ valores e $P \geq 9,5$ valores.



A classificação de ensino-aprendizagem (CEA) será obtida através da expressão:

$$CEA = 1/2T + 1/2P.$$



No caso de $CEA > 16$ valores, o aluno terá que realizar uma prova oral, PO , preponderante e cujo resultado final obedece a $\max\{16, PO\}$.

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Regime presencial

Aprovação por exame

A **aprovação por exame** será obtida se for atingido E e $CF \geq 9,5$ valores, sendo E o teste de exame e CF a classificação final obtida a partir da expressão:

$$CF = 1/2E + 1/2P.$$



No caso de $CF > 16$ valores, o aluno terá que realizar uma prova oral, PO , preponderante e cujo resultado final obedece a $\max\{16, PO\}$.

Regime não presencial

Aplicabilidade

- **Trabalhadores estudantes** que não pretendam frequentar as aulas PL (se optarem por frequentar, têm prioridade na escolha de turnos);
- alunos que tenham frequentado as **aulas PL nos dois anos anteriores e tenham obtido aprovação** na componente laboratorial (se a aprovação foi em 2019/20 e não pretende efectuar melhoria, a classificação obtida continua válida);
- **outros alunos** que, por razões de saúde ou outras, se encontrem impedidos de frequentar presencialmente as aulas PL (devem apresentar **justificações** que serão analisadas caso a caso).

Regime não presencial

Funcionamento

- No regime não presencial as componentes *CEA* e a *CF* da avaliação são obtidas da mesma maneira que para os estudantes em regime presencial;
- para obtenção da componente *P* os relatórios são substituídos pela entrega de trabalhos de síntese sobre cada um dos trabalhos experimentais previstos para as aulas PL;
- os trabalhos podem ser realizados individualmente ou em grupos de 3 alunos;
- para frequentar em regime não presencial, o aluno deve inscrever-se até ao final da primeira semana de aulas informando se pretende trabalhar individualmente ou em grupo.

Data limite para entrega dos trabalhos: a mesma que for definida para cada tema no regime presencial.

Disciplina

Programa
Bibliografia
Avaliação
Presencial
Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?
Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores
Fotopigmentos
Adapt. ao escuro
Adapt. à luz
Lei de Weber
Resolução espacial
Resolução temporal
Stiles-Crawford

Outline

- 1 **Funcionamento da disciplina**
 - Programa
 - Bibliografia
 - Avaliação
 - Regime presencial
 - Regime não presencial
- 2 **Introdução**
 - Nascemos a ver ou aprendemos a ver?
 - Pode-se enganar o cérebro?
- 3 **Percepção da luz**
 - Fotoreceptores
 - Fotopigmentos
 - Adaptação ao escuro
 - Adaptação à luz
 - Lei de Weber
 - Resolução espacial e somação espacial
 - Resolução temporal e somação temporal
 - Efeito de Stiles-Crawford de primeiro grau

A visão

A visão proporciona cerca de 80% das nossas entradas sensoriais.

Nascemos a ver ou aprendemos a ver?

A visão é uma função perceptiva fundamentalmente aprendida nos organismos superiores.

A experiência visual passa por três fases absolutamente necessárias:

- física (ou óptica);
- fisiológica;
- **perceptiva.**

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Processo de visão

Fase perceptiva ou psicológica

- A partir da captação dos aspectos particulares dos objectos, o cérebro proporciona-nos uma representação simbólica do mundo exterior;
- esta representação consiste numa imagem que aparece diante de nós, aproximadamente no lugar onde calculamos que estão os objectos.

Sugestão de leitura: "¿REALIDADES VIRTUALES?", Fernando Muñoz Box

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Nascemos a ver ou aprendemos a ver?



Nascemos a ver ou aprendemos a ver?

Where is the hidden tiger?



The hidden tiger, Rusty Rust (American wildlife artist)

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Nascemos a ver ou aprendemos a ver?



Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

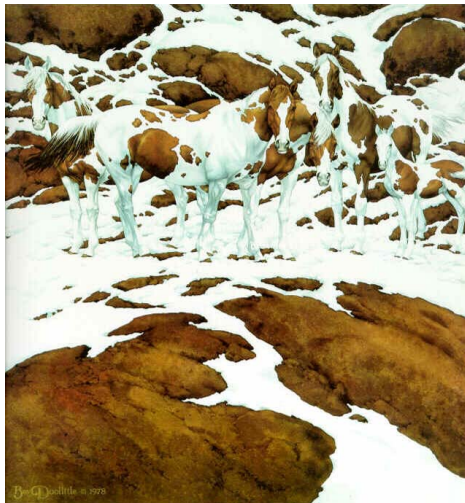
Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Nascemos a ver ou aprendemos a ver?



Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

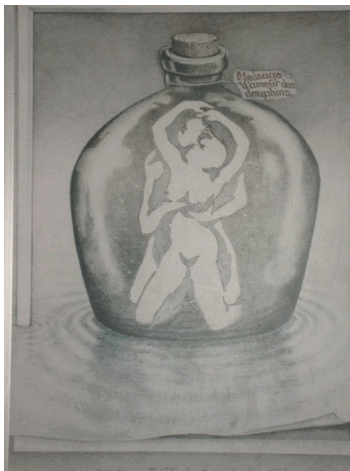
Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Nascemos a ver ou aprendemos a ver?

Percepção crianças X adultos



Pode-se enganar o cérebro?

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

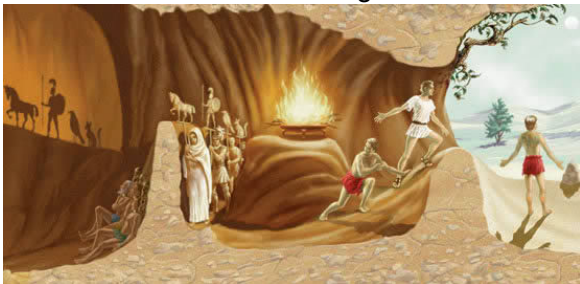
Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

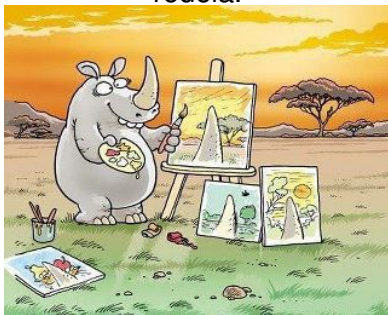
As sombras de Platão: Alegoria da caverna



<http://www.50ideias.com/a-caverna-de-platao/>

Pode-se enganar o cérebro?

Todos temos percepções diferentes do mundo que nos rodeia.



Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

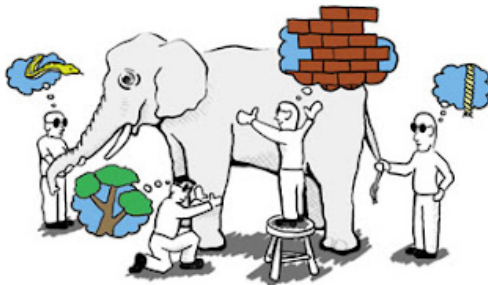
Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Pode-se enganar o cérebro?

E o mesmo efeito pode ocorrer com outros sentidos, não apenas com a visão.



Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Pode-se enganar o cérebro?

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Ainda as sombras de Platão...



<http://citadino.blogspot.com/2010/01/platao-alegoria-da-caverna.html>

**Ilustração de como o senso comum e falsas crenças podem
aprisionar-nos à ilusão de uma realidade.**

Pode-se enganar o cérebro?

Disciplina

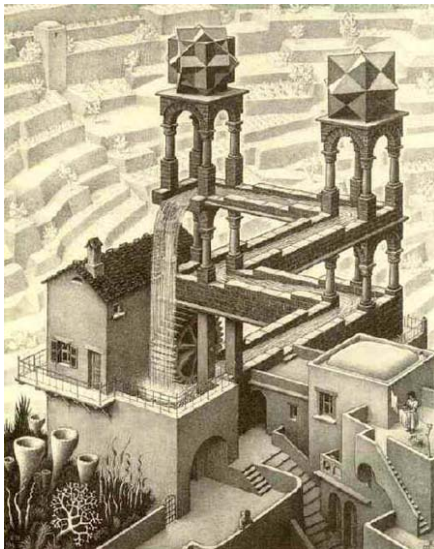
Programa
Bibliografia
Avaliação
Presencial
Não presencial

Introdução

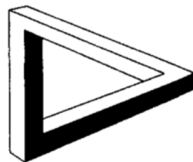
Aprendemos a ver?
Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores
Fotopigmentos
Adapt. ao escuro
Adapt. à luz
Lei de Weber
Resolução espacial
Resolução temporal
Stiles-Crawford



Waterfall, Maurits C. Escher (1961)



Pode-se enganar o cérebro?

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

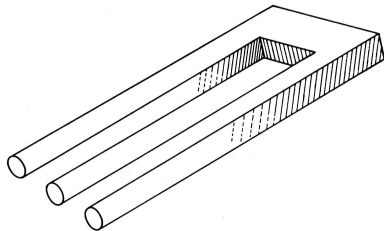
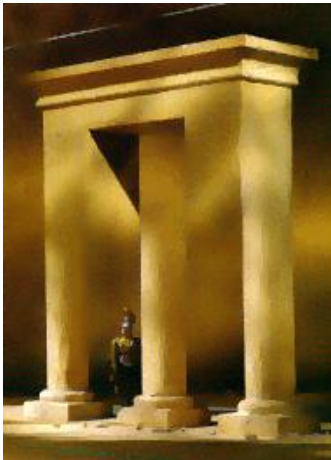
Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford



Pode-se enganar o cérebro?

Disciplina

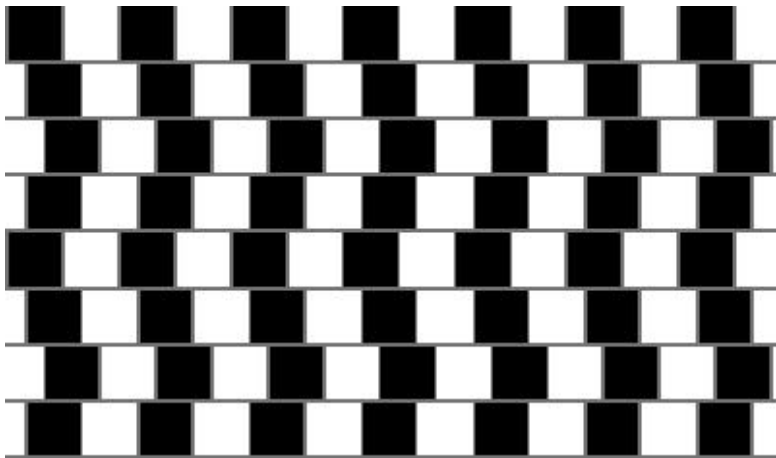
Programa
Bibliografia
Avaliação
Presencial
Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?
Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores
Fotopigmentos
Adapt. ao escuro
Adapt. à luz
Lei de Weber
Resolução espacial
Resolução temporal
Stiles-Crawford



Pode-se enganar o cérebro?

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford



Pode-se enganar o cérebro?

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford



Pode-se enganar o cérebro?

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

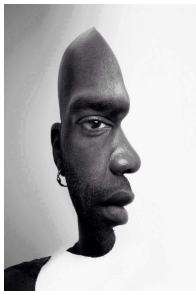
Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford



Pode-se enganar o cérebro?

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

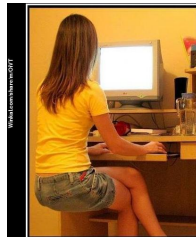
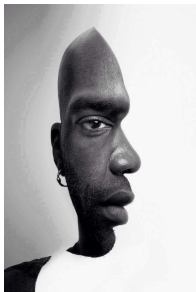
Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford



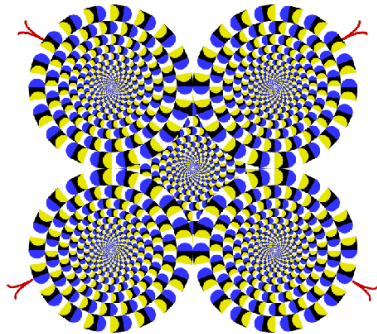
Pode-se enganar o cérebro?

O facto de a visão ser um processo essencialmente aprendido faz com que seja possível enganar o cérebro!!!

ilusões ópticas



ilusões visuais



Pode-se enganar o cérebro?

Dia a dia

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

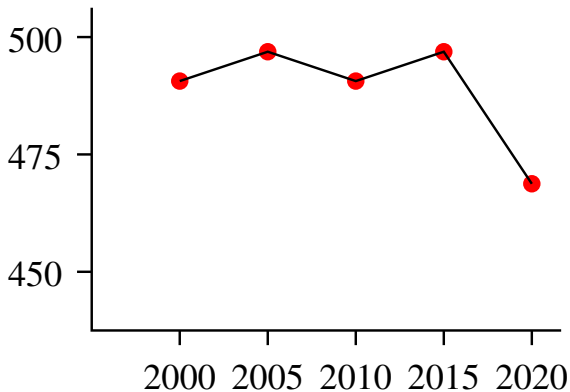
Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Queda do mercado?



Pode-se enganar o cérebro?

Dia a dia

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

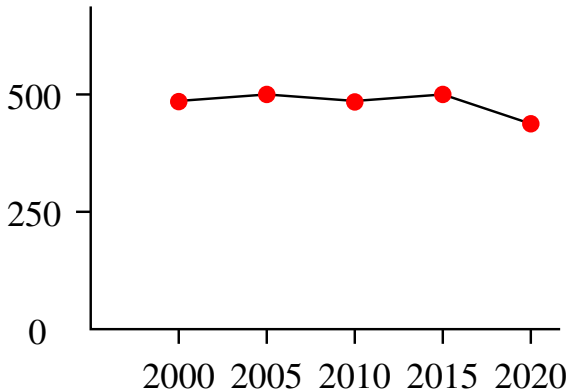
Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Escala completa:



Pode-se enganar o cérebro?

Dia a dia

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

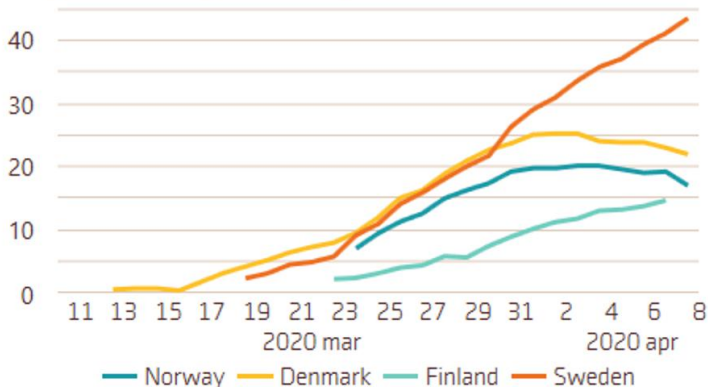
Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Intensive care treatment due to Covid-19 hospitalisations per million people



Sources: National health authorities, Swedbank & Macrobond

Pode-se enganar o cérebro?

Dia a dia

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

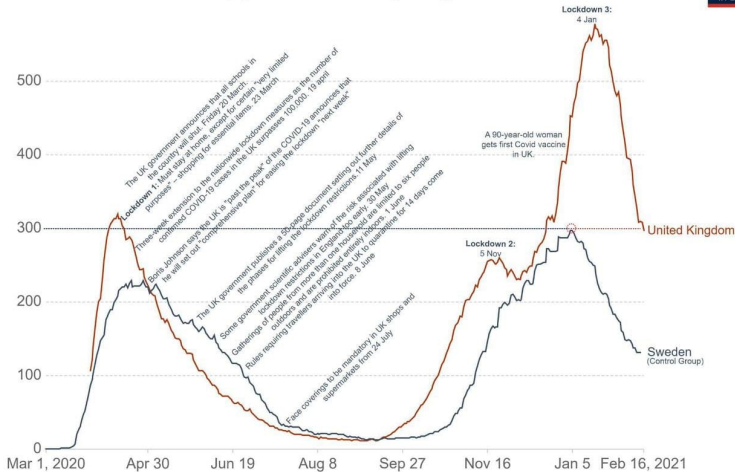
Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Number of COVID-19 patients in hospital per million



Source: European CDC for EU countries, government sources for other countries

OurWorldInData.org/coronavirus • CC BY
Graph & Research: Johan Hellström / @jhhellstrom

Pode-se enganar o cérebro?

Dia a dia

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

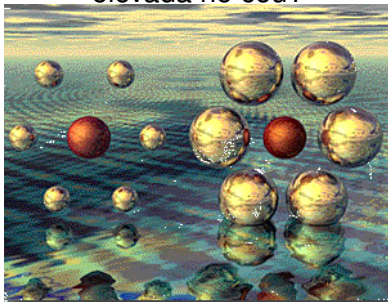
Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Qual a razão pela qual a Lua parece maior quando se encontra próxima do horizonte que quando se encontra elevada no céu?



Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Percepção visual

O sistema visual extrai informação do ambiente que nos rodeia, transformando-a em código neuronal que resulta numa percepção desse ambiente.

Objectivos da disciplina de Percepção visual:

- vamos estudar as relações entre o estímulo físico (a radiação visível) e a percepção visual final do indivíduo que observa;
- não vamos entrar em detalhes sobre as vias neurofisiológicas que os impulsos visuais seguem desde a retina até às últimas etapas de codificação e recolha de informação no cérebro;
- vamos portanto, dar um salto na rota visual desde a imagem óptica sobre a retina até à sensação visual final.

Com este fim, vamos começar por estudar algumas características da **retina** que se tornarão úteis ao longo da exposição.

Disciplina

Programa
Bibliografia
Avaliação
Presencial
Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?
Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores
Fotopigmentos
Adapt. ao escuro
Adapt. à luz
Lei de Weber
Resolução espacial
Resolução temporal
Stiles-Crawford

Outline

- 1 **Funcionamento da disciplina**
 - Programa
 - Bibliografia
 - Avaliação
 - Regime presencial
 - Regime não presencial
- 2 **Introdução**
 - Nascemos a ver ou aprendemos a ver?
 - Pode-se enganar o cérebro?
- 3 **Percepção da luz**
 - Fotoreceptores
 - Fotopigmentos
 - Adaptação ao escuro
 - Adaptação à luz
 - Lei de Weber
 - Resolução espacial e somação espacial
 - Resolução temporal e somação temporal
 - Efeito de Stiles-Crawford de primeiro grau

Fotoreceptores 1

Cones e bastonetes

O sistema visual humano é capaz de funcionar num intervalo considerável de níveis de iluminação:

- desde detectar uma estrela numa noite sem lua;
- até detectar um avião no céu em plena luz do dia.



este facto é devido à presença de dois tipos de células
fotosensoras:

os **cones**
e os **bastonetes**.

Fotoreceptores 2

Visão fotópica e escotópica

Visão escotópica:

- ocorre em baixas condições de iluminação (noite);
- AV fraca;
- capacidade de discriminação das cores limitada;
- é dominada pelos bastonetes.

“À noite todos os gatos são pardos!”

Visão fotópica:

- ocorre em condições de boa iluminação (dia);
- boa AV;
- boa discriminação das cores;
- é dominada pelos cones.

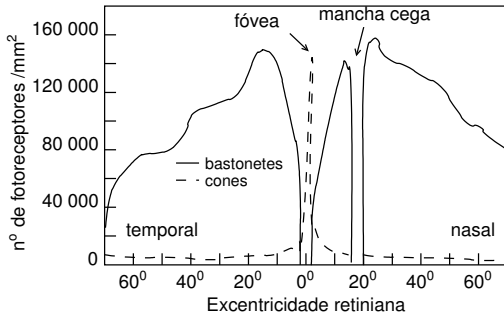
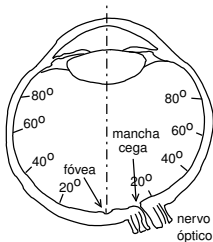
Em condições de iluminação média — **visão mesópica** — quer os cones, quer os bastonetes contribuem para a visão.

Fotoreceptores 3

Distribuição de fotoreceptores na retina

A retina humana contém:

≈ 6 milhões de cones
≈ 120 milhões de bastonetes



Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Fotoreceptores 4

A distribuição de fotoreceptores na retina explica porque é que, se queremos observar uma estrela, não devemos olha-la directamente mas sim dirigir o nosso olhar para um ponto ligeiramente ao lado dessa estrela.



Fotopigmentos

Rodopsina 1

Rodopsina → fotopigmento existente nos bastonetes e muito sensível à luz.

- absorve luz da zona central do espectro visível (azul-verde);
- máximo de absorção em **507 nm**;
- relativamente insensível à luz vermelha.

Cada molécula de rodopsina é capaz de absorver 1 fóton
de luz

Cada bastonete tem 10 000 000 destas moléculas e cada
olho tem ≈ 120 milhões de bastonetes



É isso que nos permite ver em condições nocturnas

Rodopsina 3

Ambiente típico de uma sessão de observação de astronomia.



<http://aia2009.wordpress.com/2009/01/28/lanterna-vermelha-com-exposicao/>

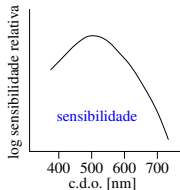
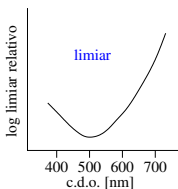
Foto com elevado tempo de exposição, mostra o arco descrito pelas estrelas em torno do eixo que aponta para Norte (para a estrela Polar) e a acumulação de luz vermelha em redor dos observadores (proveniente de lanternas e computadores).

Fotopigmentos

Sensibilidade espectral escotópica

A capacidade para detectar estímulos em visão escotópica é determinada pela curva de absorção da rodopsina.

- O **limiar de detecção** pode ser encontrado adaptando um indivíduo ao escuro durante 45 min e depois determinando a mínima quantidade de energia necessária para que ele detecte o estímulo em vários c.d.o. **limiar $\times \lambda$**
- A **curva de sensibilidade espectral** é o inverso da função de limiar: um baixo limiar indica alta sensibilidade. **sensibilidade $\times \lambda$**



Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Fotopigmentos

Sensibilidade espectral fotópica

A **curva de sensibilidade espectral fotópica** é determinada da mesma forma que a escotópica mas é obtida em condições de iluminação.

- Apesar de existirem 3 fotopigmentos possíveis nos cones, há apenas 1 pico na curva de sensibilidade espectral fotópica: **555 nm**.

Fotopigmentos

Intervalo fotocromático

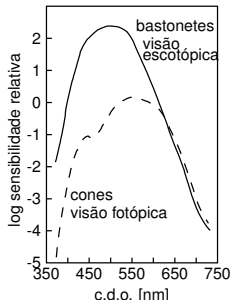
À medida que a intensidade de um estímulo é aumentada, este é percebido 1º pelo sistema escotópico e depois pelo fotópico



a diferença em termos de sensibilidade entre os sistemas fotópico e escotópico denomina-se **intervalo fotocromático**.

Atenção:

o sistema escotópico é + sensível que o fotópico em todos os c.d.o. excepto na região vermelha do espectro.



Fotopigmentos

Efeito de Purkinje

O **efeito de Purkinje** deve-se ao deslocamento do pico de sensibilidade de 555 nm para 507 nm à medida que passamos de condições fotópicas para condições escotópicas.

Johannes von Purkinje

(fisiologista checo)

flores vermelhas - dia

flores azuis - noite

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

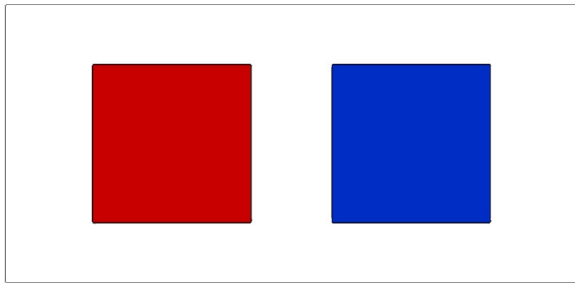
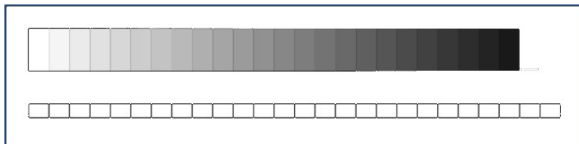
Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Fotopigmentos

Efeito de Purkinje



Simulação: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4380301/>
Wolfe, U. *at al.*, Dark Adaptation and Purkinje Shift: A Laboratory Exercise in Perceptual Neuroscience, J Undergrad Neurosci Educ. 13(2): A59–A63, 2015.

Disciplina

Programa
Bibliografia
Avaliação
Presencial
Não presencial

Introdução

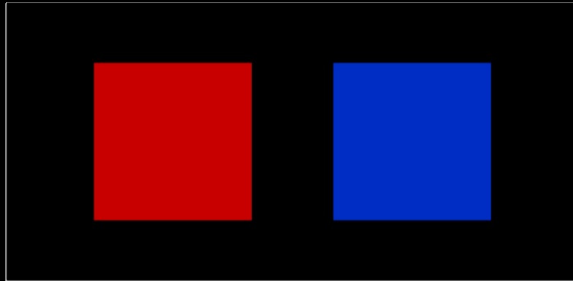
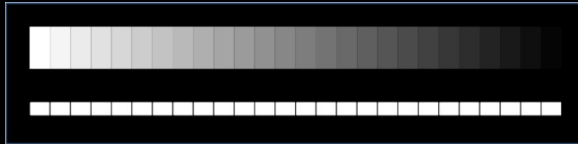
Aprendemos a ver?
Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores
Fotopigmentos
Adapt. ao escuro
Adapt. à luz
Lei de Weber
Resolução espacial
Resolução temporal
Stiles-Crawford

Fotopigmentos

Efeito de Purkinje

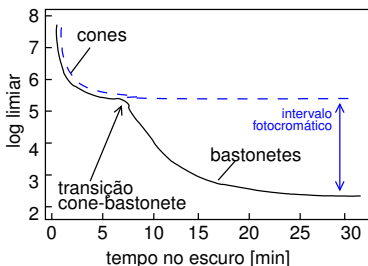


Simulação: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4380301/>
Wolfe, U. *at al.*, Dark Adaptation and Purkinje Shift: A Laboratory Exercise in Perceptual Neuroscience, J Undergrad Neurosci Educ. 13(2): A59–A63, 2015.

Adaptação ao escuro 1

Curva de adaptação ao escuro

- Qd. entramos numa sala escura vindos de um exterior muito iluminado.



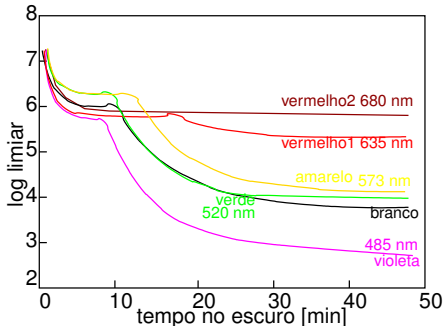
Data from From Pirenne M. H., Dark Adaptation and Night Vision. Chapter 5. In: Davson, H. (ed), The Eye, vol 2. London, Academic Press, 1962.

http://webvision.med.utah.edu/light_dark.html

- indiv. exposto a luz mt. intensa;
- dp. apaga-se a luz;
- determina-se o seu limiar de detecção ao longo do tempo.

Adaptação ao escuro 2

Efeito do c.d.o. de estímulo



Data from Bartlett N. R., Dark and Light Adaptation. (Chapter 8. In: Graham, C. H. (ed), Vision and Visual Perception. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1965).

http://webvision.med.utah.edu/light_dark.html

Atenção:

- para $\lambda = 680 \text{ nm}$ deixa de haver transição cone-bastonete

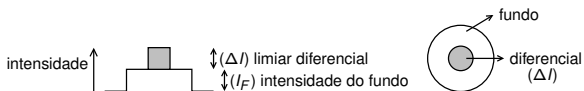


cones e bastonetes apresentam a mesma sensibilidade a este c.d.o.

Adaptação à claridade

Limiar de diferencial

- Qd. saímos à rua num dia de sol.



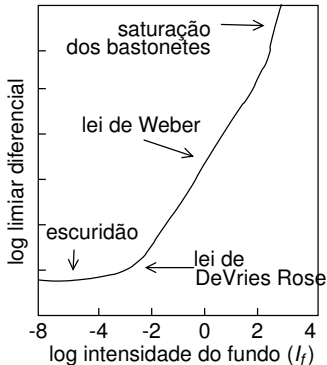
A adaptação à claridade é estudada com um procedimento de **limiar diferencial**:

- 1 o limiar é determinado com um *flash* de luz (diferencial) que é apresentado sobre um fundo de intensidade uniforme;
- 2 a intensidade do fundo é aumentada e repete-se a medição do limiar.

Adaptação à claridade

Curva de adaptação à claridade

A curva pode ser dividida em 4 secções:

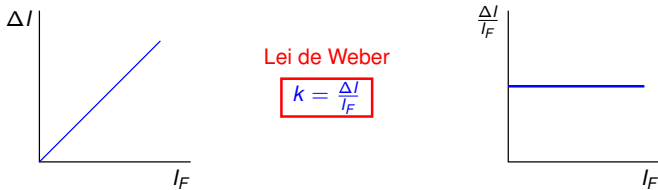


- **escuridão ($m = 0$)** detecção limitada pelo ruído neuronal (corrente escura);
- **lei de DeVries Rose ($m = 1/2$)** o estímulo começa a ser suf. para se sobrepor ao ruído;
(mas o fundo é tão ténue que as flutuações da fonte têm papel predominante na determinação do limiar)
- **lei de Weber ($m = 1$)**
 $\Delta I / I = k^{te} \Rightarrow$ **constância do contraste** \Rightarrow limiar de contraste permanece constante independentemente da luminância ambiente;
- **saturação ($m = \infty$)** para alta luminância do fundo os bastonetes saturam-se e já não detectam o estímulo.

Adaptação à claridade

Lei de Weber

Na zona da curva de adaptação à claridade em que se verifica a **Lei de Weber** observa-se o seguinte comportamento:



O **limiar de incremento** (também denominado **mínima diferença apreciável**):

- não é uma constante, varia com o fundo;
- é a relação $\Delta I/I_F$ que se mantém constante à medida de aumenta I_F .

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da
luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Lei de Weber

Constância do contraste

À medida que a intensidade do fundo aumenta, o limiar de incremento também aumenta, no entanto, a sensibilidade relativa mantém-se constante.



constância do contraste

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Lei de Weber

Constância do contraste



CONSTÂNCIA

CONTRASTE

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

Lei de Weber

Constância do contraste

CONSTÂNCIA CONTRASTE

Resolução e somação espacial

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

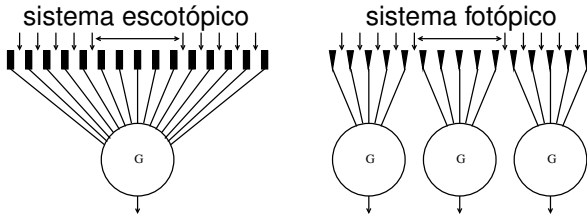
Vemos melhor em condições fotópicas ou em condições escotópicas?

- a resposta não é fácil;
- condições fotópicas: melhor AV, melhor sensibilidade ao contraste;
- condições escotópicas: mais sensibilidade.



ligação de cones e bastonetes aos elementos posteriores
da retina

Resolução e somação espacial



Os bastonetes:

- comunicam com as células ganglionares de maneira que **somam** a informação espacial;
- isto produz grande sensibilidade mas pobre resolução.

Os cones:

- estabelecem comunicação de maneira a maximizar a resolução visual, sacrificando a sensibilidade.

Resolução e somação espacial

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford



a diferença fundamental entre os sistemas escotópico e fotópico encontra-se na forma como comunicam com as células ganglionares:



muitos + bastonetes comunicam com a mesma célula ganglionar



o sistema escotópico soma a informação espacial:
somação espacial

Resolução e somação espacial

A somação espacial descreve a capacidade do sistema visual para somar energia luminosa dentro de uma certa área:

↪ esta área (sobre a qual funciona a somação) denomina-se “**diâmetro crítico**”.

A existência de somação espacial pode ser demonstrada com a seguinte experiência:

- um pequeno círculo luminoso é apresentado ao observador e determina-se o *número limiar de quanta* necessários para detectar a luz do círculo;
- a experiência é repetida utilizando círculos de diâmetro crescente.



Pode então ser traçada uma função que relaciona o **n° limiar de quanta** necessários para que haja detecção com o **diâmetro do círculo**.

Resolução e somação espacial

Lei de Ricco

Notar que: abaixo do 10' (sistema escotópico) o nº de quanta necessários para a detecção é constante \Rightarrow o mesmo nº de quanta pode estar distribuído por um círculo de 10' ou concentrado num círculo de 1'.

Lei de Ricco:

$$IA = K^{te}$$

I — intensidade do estímulo (quanta/área);

A — área do estímulo;



A diferença em termos de somação espacial entre os sistemas fotópico e escotópico, é obtida repetindo esta experiência em condições fotópicas e escotópicas e determinando a diferença entre os dois diâmetros críticos.

Obviamente, o diâmetro crítico do sistema fotópico é menor que aquele do sistema escotópico \rightsquigarrow reduzida capacidade de somação espacial do sistema fotópico.

Resolução e somação temporal

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

O sistema escotópico:

- soma a informação no tempo \Rightarrow maior **somação temporal**.

O sistema fotópico:

- é + hábil a distinguir entre 2 *flashes* de luz separados por 1 breve intervalo de tempo;
- menor somação temporal mas maior resolução temporal.

Resolução e somação temporal

Lei de Bloch

Disciplina

Programa

Bibliografia

Avaliação

Presencial

Não presencial

Introdução

Aprendemos a ver?

Cérebro enganado

Percepção da luz

Fotoreceptores

Fotopigmentos

Adapt. ao escuro

Adapt. à luz

Lei de Weber

Resolução espacial

Resolução temporal

Stiles-Crawford

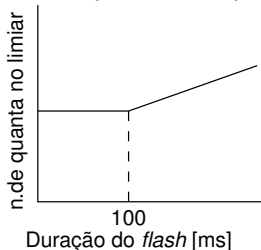
Em tudo análoga à lei de Ricco mas para o tempo.

Lei de Bloch:

$$It = K^{te}$$

I — intensidade do estímulo
(quanta/tempo);

t — duração do estímulo;



Efeito de Stiles-Crawford de primeiro grau

Para aproveitar a máxima eficiência dos fotopigmentos, os raios de luz devem incidir-lhes perpendicularmente.



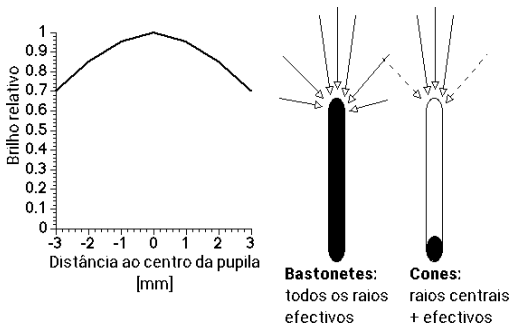
Em casos de pupila descentrada por alguma razão, os cones podem chegar a re-orientar-se para que os raios de luz lhes incidam de forma + eficiente.



este efeito é denominado **Efeito de Stiles-Crawford de primeiro grau.**

Efeito de Stiles-Crawford de primeiro grau

A explicação para o efeito estará relacionada com a localização da iodopsina nos cones.



Efeito de Stiles-Crawford de primeiro grau

O efeito de Stiles-Crawford permite reduzir o efeito:

- da difusão da luz dentro do olho;
- da aberração esférica.



Para nosso benefício, os bastonetes são menos sensíveis à direcção de incidência dos raios luminosos.