

Daltonismo

O que é Daltonismo?

Daltonismo é uma perturbação na visão que dificulta a percepção das cores. Tal perturbação é provocada principalmente por uma anomalia genética do cromossomo X, mas pode ser provocada devida uma lesão nos órgãos responsáveis pela visão.

A percepção de cores

A retina do olho humano possui componentes chamados fotoreceptores que ajudam na visão enviando informações de luz para o cérebro. Existem dois tipos de fotoreceptores: bastonetes e cones.

Os bastonetes, concentrados mais externamente na retina, são mais sensíveis à luz do que os cones. Por isso, são os principais fornecedores de informações visuais sobre os níveis de luminosidade presente. Sendo assim, os responsáveis pela visão noturna.

Os cones, concentrados na região central da retina, são menos sensíveis à luz, mas permitem a percepção de cores e também dos detalhes, pois suas respostas aos estímulos são mais rápidas que as dos bastonetes.

Cada célula cone possui uma certa quantidade e diferentes tipos de fotopigmentos (substância química fotossensível). No caso dos seres humanos, existem três tipos de células cones, onde cada uma possui um fotopigmento diferente sensível a um comprimento de onda de luz: vermelho, verde e azul, o que caracteriza uma visão tricromática. A combinação do estímulo desses três cones deriva todos os outros tons de cores.

Os três tipos de cones são:

- S (short): Sensível à luz de comprimentos de onda curtos, onde o pico é por volta dos 420nm (azul).
- M (medium): Sensível à luz de comprimentos de onda médios, onde o pico é por volta dos 530nm (verde).
- L (long): Sensível à luz de comprimentos de onda longos, onde o pico é por volta dos 560nm (vermelho).

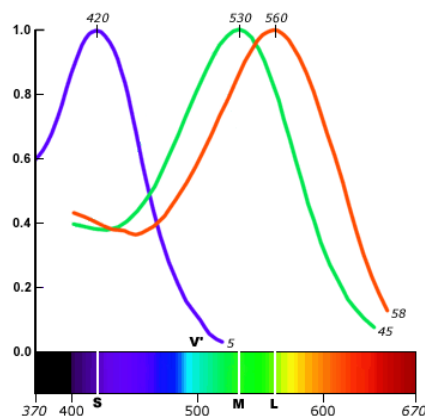


Figura 1 – Fração de luz absorvida por cada cone pelo comprimento de onda (fonte: [\[1\]](#))

Tipos de Daltonismo

Monocromacia

Deficiência visual que faz com que as pessoas não consigam distinguir qualquer cor, enxergando tudo em tons de cinza. Causada pela ausência de dois ou três tipos de cones.

As formas de monocromacia são:

Monocromacia Rod ^[2]

A monocromacia Rod, também conhecida como acromatopsia, ocorre quando os bastonetes da retina estão presentes e funcionais, porém os três tipos de cones não estão funcionais ou não estão presentes. Homens e mulheres são igualmente propensos a terem este tipo de daltonismo, pois este não é ligado ao sexo. Embora seja a forma mais freqüente de monocromacia, ela ocorre com uma frequência de 0,002% a 0,003%.

Monocromacia Cone ^[2]

A monocromacia cone ocorre quando apenas um tipo de cone está presente na retina. Sendo assim, ela pode ser classificada como:

- S-Monocromacia: Presente apenas o cone do tipo S.
- M-Monocromacia: Presente apenas o cone do tipo M.
- L-Monocromacia: Presente apenas o cone do tipo L.

Dicromacia

A dicromacia ocorre quando um tipo de cone não está presente na retina. Podemos sub classificar a dicromacia em três grupos de acordo com o cone que não está disponível:

Protanopia

A protanopia ocorre quando os cones do tipo L não estão presentes na retina. Esta forma de daltonismo faz com que as pessoas sejam menos sensíveis à luz vermelha, dificultando a distinção das cores: azul e verde, e vermelho e verde.

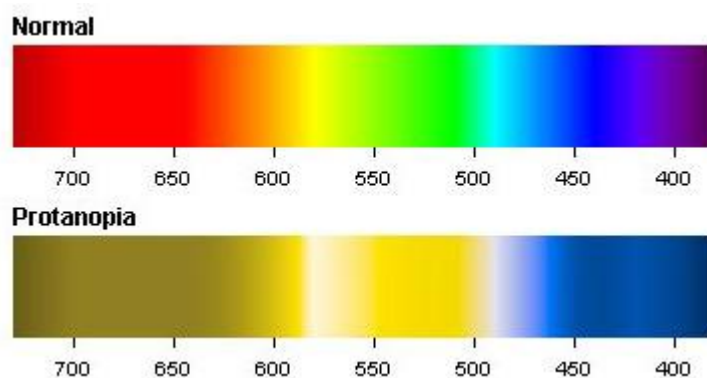


Figura 2 – Espectro de cores da protanopia (fonte: [\[3\]](#))

A protanopia é de origem genética, transmitida hereditariamente, provocada por uma recombinação dos genes localizados no cromossomo X e por isso ligado ao sexo.

A proporção de pessoas com protanopia ocorre da seguinte forma:

Sexo	Protanopia
Masculino	1,00%
Feminino	0,01%

Tabela 1 – Proporção da protanopia (fonte: [7])

Deuteranopia

A deuteranopia ocorre quando os cones do tipo M não estão presentes na retina. Pessoas com esta forma de daltonismo possuem dificuldade em distinguir o vermelho do verde, o roxo do azul, e alguns tons de cinza. Elas conseguem distinguir de dois a três tons de cores diferentes, enquanto alguém com visão normal enxerga sete tons diferentes.

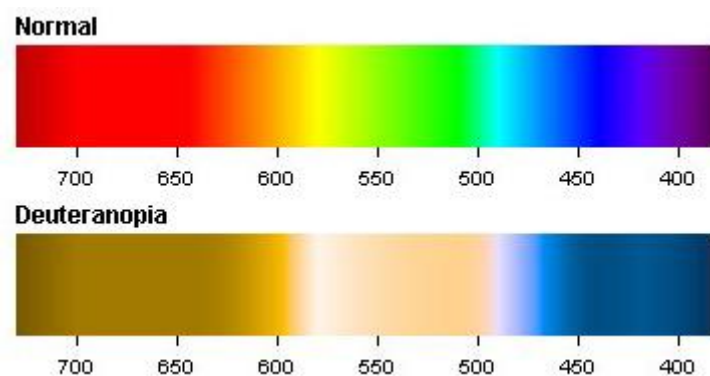


Figura 3 – Espectro de cores da deuteranopia (fonte: [4])

A deuteranopia também é congênita, sua característica é ligada ao sexo. A proporção de pessoas com este tipo de daltonismo ocorre da seguinte forma:

Sexo	Deuteranopia
Masculino	1,50%
Feminino	0,01%

Tabela 2 – Proporção da deuteranopia (fonte: [7])

Tritanopia

A tritanopia ocorre quando os cones do tipo S não estão presentes na retina. Pessoas com esta forma de daltonismo possuem dificuldade em distinguir o azul do verde, e o amarelo do violeta.

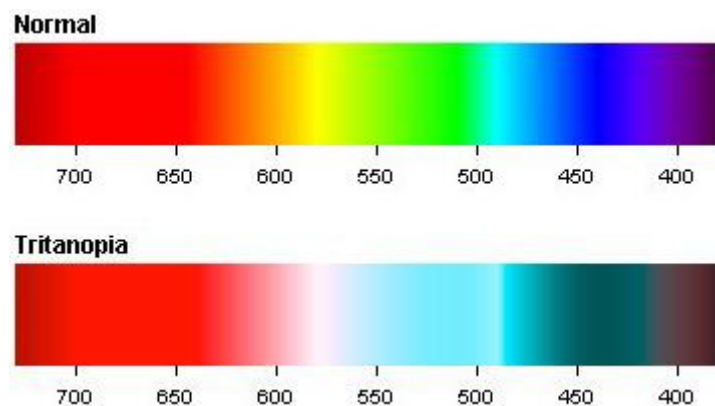


Figura 4 – Espectro de cores da tritanopia (fonte: [5])

Este tipo de daltonismo atinge cerca de 0,008% da população. É um distúrbio autossômico dominante, ou seja, o gene anômalo, aquele que possui anomalia, está presente num par de cromossomos que não determina o sexo, no caso da protanopia no cromossomo 7, portanto homens e mulheres são igualmente afetados.

Pode ser adquirida durante a vida, simplesmente através do envelhecimento ou pode ser provocado instantaneamente por um forte golpe na cabeça. Porém, nestes casos, a tritanopia pode ser reversível.

Tricromacia Anômala

Na tricromacia anômala os três tipos de cones estão presentes na retina, porém um deles possui alguma alteração, fazendo com que o daltonismo apareça em diferentes intensidades, mais forte ou mais fraco. Podemos sub classificar a tricromacia anômala conforme o cone que possui alteração:

Protanomalia

A protanomalia ocorre quando há uma anomalia nos cones do tipo L, tornando a pessoa menos sensível à luz vermelha. Ela é mais suave que a protanopia, porém o resultado da percepção de cores é semelhante.

Assim como a protanopia, a protanomalia é hereditária, por ser provocada por genes localizados no cromossomo X.

A proporção de pessoas com protanomalia ocorre da seguinte forma:

Sexo	Protanomalia
Masculino	1,00%
Feminino	0,01%

Tabela 3 – Proporção da protanomalia (fonte: [7])

Deuteranomia

A deuteranomia ocorre quando há uma anomalia nos cones do tipo M, no qual passam a ter o pico de onda bem próximo ao do cone do tipo L. Embora os indivíduos com deuteranomia provavelmente não possam ver vermelhos e verdes da mesma forma que as pessoas com visão normal, muitas vezes podem distinguir entre os tons de vermelhos e verdes com relativa exatidão.

A deuteranomia é congênita, sua característica é ligada ao sexo assim como a deuteranopia. Sua proporção na população é da seguinte forma:

Sexo	Deuteranomia
Masculino	5,00%
Feminino	0,40%

Tabela 4 – *Proporção da deuteranomia (fonte: [7])*

Tritanomalia

A tritanomia é uma forma atenuada da tritanopia. Ela ocorre quando há uma anomalia nos cones do tipo S, sensíveis à luz de comprimentos de onda curtos, dificultando a distinção das cores: azul e verde, amarelo e violeta.

Esta é a forma mais rara de tricromacia anômala, atingindo 0,01% da população. Diferente das outras tricromacias anômalas, o gene afetado na tritanomia situa-se no cromossomo 7. Este cromossomo não é o que determina o sexo e portanto homens e mulheres são igualmente afetados.

A tritanomia além de ser herdada, pode também ser adquirida ao longo da vida, simplesmente pelo envelhecimento ou causada por um forte golpe na cabeça, porém, nestes casos, ela pode ser reversível.

Genética

O daltonismo é provocado principalmente por genes recessivos localizados no cromossomo X. Os seres humanos tem 23 pares de cromossomos diferentes, onde um par é o chamado cromossomo do sexo. Nas mulheres, este par é composto de dois cromossomos X, enquanto nos homens, o par é composto de um cromossomo X e um cromossomo Y.

A protanopia, deuteranopia, protanomalia e deuteranomalia são provocadas por uma anomalia no cromossomo X. Então, se o homem possui o cromossomo X recessivo, ele é daltônico. As mulheres, por possuírem dois cromossomos X, tem menos chances de serem daltônicas. Para que isso aconteça, os dois cromossomos devem ser recessivos. Com isso, a característica pode “pular” gerações, as mulheres podem ser portadoras do gene recessivo sem exibirem a característica. Estima-se que apenas 0,5% das mulheres sejam daltônicas, e que 8% dos homens sejam daltônicos.

Sexo	Dicromacia		Tricromacia Anômala	
	Protanopia	Deuteranopia	Protanomalia	Deuteranomalia
Masculino	1,00%	1,50%	1,00%	5,00%
Feminino	0,01%	0,01%	0,01%	0,40%

Tabela 5 – Proporção da dicromacia e tricromacia anômala (fonte: [\[7\]](#))

Para os descendentes de pais com protanopia, deuteranopia, protanomalia ou deuteranomalia temos os seguintes casos:

- Se a mãe possuir visão normal e não for daltônica, e o pai possuir visão normal, então nenhum dos descendentes será daltônico ou portador.
- Se a mãe possuir visão normal e o pai for daltônico, então nenhum dos descendentes será daltônico, porém as filhas serão portadoras do gene recessivo.
- Se a mãe for portadora do gene recessivo e o pai possuir visão normal, então há a probabilidade de 50% dos filhos serem daltônicos e 50% das filhas serem portadoras do gene.
- Se a mãe for portadora do gene recessivo e o pai for daltônico, então 50% dos filhos e das filhas serão daltônicos.
- Se a mãe for daltônica e o pai possuir visão normal, então todos os filhos serão daltônicos e todas as filhas serão portadoras.
- Se a mãe e o pai forem daltônicos, então 100% dos filhos e filhas serão daltônicos.

No caso da tritanopia e da tritanomalia, os genes recessivos que provocam o daltonismo estão localizados no cromossomo 7. Ao contrário das outras dicromacias e tricromacias anômalas, essas duas formas de daltonismo não são ligadas ao sexo, e por isso a proporção de homens e mulheres afetados é a mesma.

Suporte aos Daltônicos

Ferramentas

Na Internet é possível encontrar muitas ferramentas que ajudam os daltônicos em diversas situações. A ferramenta *Color Name & Hue*, por exemplo, categoriza as cores nos principais tons de vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, violeta, marrom, preto, cinza e branco. É possível encontrar uma determinada cor deslizando o cursor do mouse através do espectro de cores disponibilizado no site, ou preenchendo os valores RGB, HSB ou HEX. A partir destas informações, a *Color Name & Hue* encontra a cor correspondente mais próxima dentre uma lista de 1640 cores.

O aplicativo para dispositivos móveis DanKam, possui como proposta ‘corrigir’ o daltonismo. Este é uma ferramenta baseada em realidade aumentada que utiliza a câmera do dispositivo para filtrar as imagens em tempo real. O DanKam altera as cores de superfícies e objetos,

possibilitando ao daltônico visualizar detalhes e contrastes que antes não eram possíveis de se identificar.

Outra ferramenta disponível e que auxilia os daltônicos no dia a dia é o *Color Identifier*. Este é um aplicativo de realidade aumentada desenvolvida para dispositivos móveis que utiliza a câmera do celular ou tablet para identificar o nome das cores. Apontando a câmera do dispositivo para uma superfície, o *Color Identifier* além de dizer o nome, informa os valores HEX da cor identificada.

Trânsito

Algumas cidades como São Paulo, São Bernardo e Campinas possuem semáforos adaptados para os daltônicos. Estes semáforos apresentam uma faixa reflexiva branca na altura da luz amarela, possibilitando que o daltônico identifique qual lâmpada está acesa no período noturno, em cima (vermelho) ou embaixo da faixa (verde).

Existe um projeto de Lei (4937/09), que tramita na câmara, que propõe alterar os formatos das lentes dos semáforos para facilitar a condução de veículos por pessoas daltônicas.

Referências Bibliográficas

- [1] Three plus one light receptors. <http://www.handprint.com/HP/WCL/color1.html#receptors>
- [2] Monochromacy – Complete Color Blindness. <http://www.color-blindness.com/2007/07/20/monochromacy-complete-color-blindness>
- [3] Protanopia – Red-Green Color Blindness. <http://www.color-blindness.com/2006/11/16/protanopia-red-green-color-blindness>
- [4] Deutanopia – Red-Green Color Blindness. <http://www.color-blindness.com/2007/04/17/deutanopia-red-green-color-blindness>
- [5] Tritanopia – Blue-Yellow Color Blindness. <http://www.color-blindness.com/2006/05/08/tritanopia-blue-yellow-color-blindness>
- [6] Color Blindness. http://en.wikipedia.org/wiki/Color_blindness
- [7] Color Perception. <http://webvision.med.utah.edu/book/part-viii-gabac-receptors/color-perception>