



UFES

# O ensino das cores por percepção

Lázaro Trancoso Pereira

Orientador: Ernani Vassoler Rodrigues

# Objetivos

Um pouco sobre meu projeto de TCC:

- Criação de aparatos experimentais para instrumentalizar a sala de aula;
- Uma proposta investigativa para o ensino de cores;
- Fisiologia do olho humano;
- Percepção das cores;

Motivação

**GALILEU**

ESPAÇO

# **Hoje uma gigante vermelha, estrela Betelgeuse era amarela há 2 mil anos**

Astrofísicos coletaram fontes históricas e descobriram relatos antigos de que o astro de 14 milhões de anos, localizado na constelação de Orion, mudou de cor

06 SET 2022

# Reuniões

Monthly Notices  
of the  
ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY  
MNRAS **516**, 693–719 (2022)  
Advance Access publication 2022 July 29

<https://doi.org/10.1093/mnras/stac1969>

## Colour evolution of Betelgeuse and Antares over two millennia, derived from historical records, as a new constraint on mass and age

R. Neuhäuser,<sup>1</sup>★ G. Torres,<sup>2</sup>★ M. Mugrauer,<sup>1</sup>★ D. L. Neuhäuser,<sup>3</sup> J. Chapman,<sup>4</sup>† D. Luge<sup>1</sup> and M. Cosci<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Astrophysikalisches Institut und Universitäts-Sternwarte Jena, Schillergäßchen 2-3, D-07745 Jena, Germany  
<sup>2</sup>Center for Astrophysics | Harvard & Smithsonian, 60 Garden Street, Cambridge, MA 02138, USA  
<sup>3</sup>Merano, Alto Adige, Italy  
<sup>4</sup>Department of East Asian Languages and Cultures, UC Berkeley, Berkeley, CA 94720, USA  
<sup>5</sup>Department of Philosophy and Cultural Heritage, Ca' Foscari University Venice, Malcantone Marcorò, Dorsoduro 3484/D, I-30123 Venice, Italy

Accepted 2022 July 7. Received 2022 July 7; in original form 2022 March 9

### ABSTRACT

After core hydrogen burning, massive stars evolve from blue-white dwarfs to red supergiants by expanding, brightening, and cooling within few millennia. We discuss a previously neglected constraint on mass, age, and evolutionary state of Betelgeuse and Antares, namely their observed colour evolution over historical times: We place all 236 stars bright enough for their colour to be discerned by the unaided eye ( $V \leq 3.3$  mag) on the colour-magnitude-diagram (CMD), and focus on those in the Hertzsprung gap. We study pre-telescopic records on star colour with historically critical methods to find stars that have evolved noticeably in colour within the last millennia. Our main result is that Betelgeuse was recorded with a colour significantly different (non-red) than today (red,  $B - V = 1.78 \pm 0.05$  mag). Hyginus (Rome) and Sima Qian (China) independently report it two millennia ago as appearing like Saturn ( $B - V = 1.09 \pm 0.16$  mag) in colour and 'yellow' (quantifiable as  $B - V = 0.95 \pm 0.35$  mag), respectively (together,  $5.1\sigma$  different from today). The colour change of Betelgeuse is a new, tight constraint for single-star theoretical evolutionary models (or merger models). It is most likely located less than one millennium past the bottom of the red giant branch, before which rapid colour evolution is expected. Evolutionary tracks from MIST consistent with both its colour evolution and its location on the CMD suggest a mass of  $\sim 14 M_{\odot}$  at  $\sim 14$  Myr. The (roughly) constant colour of Antares for the last three millennia also constrains its mass and age. Wezen was reported white historically, but is now yellow.

**Key words:** history and philosophy of astronomy – stars: evolution – Hertzsprung-Russell and colour-magnitude-diagram – stars: individual: Betelgeuse, Antares, Wezen – supergiants.

# Reuniões

E se eles fossem daltônicos?



fonte: Royal Astronomical Society

# Daltônicos no Brasil e mundo

- No Brasil, cerca de 8% da população masculina e 1% da feminina possuem o daltonismo (2021).

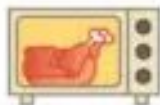
fonte: UFMG

- No mundo, cerca de 5% da população é daltônica (2004).

fonte: CFM (Conselho Federal de Medicina)



Ondas de rádio



Micro-ondas



Infravermelho





Ondas de rádio



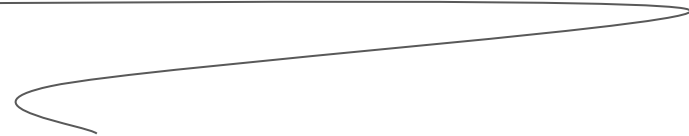
Micro-ondas



Infravermelho



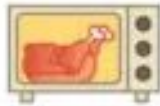
Vermelho, Alaranjado, Amarelo, Verde, Azul, Anil, Violeta







Ondas de rádio



Micro-ondas



Infravermelho



Chamamos de **LUZ** a parte do espectro eletromagnético que sensibiliza o olho humano

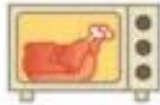
Vermelho, Alaranjado, Amarelo, Verde, Azul, Anil, Violeta



só enxergamos essa faixa



Ondas de rádio



Micro-ondas



Infravermelho



Luz visível





Ondas de rádio



Micro-ondas



Infravermelho



Luz visível



Ultravioleta

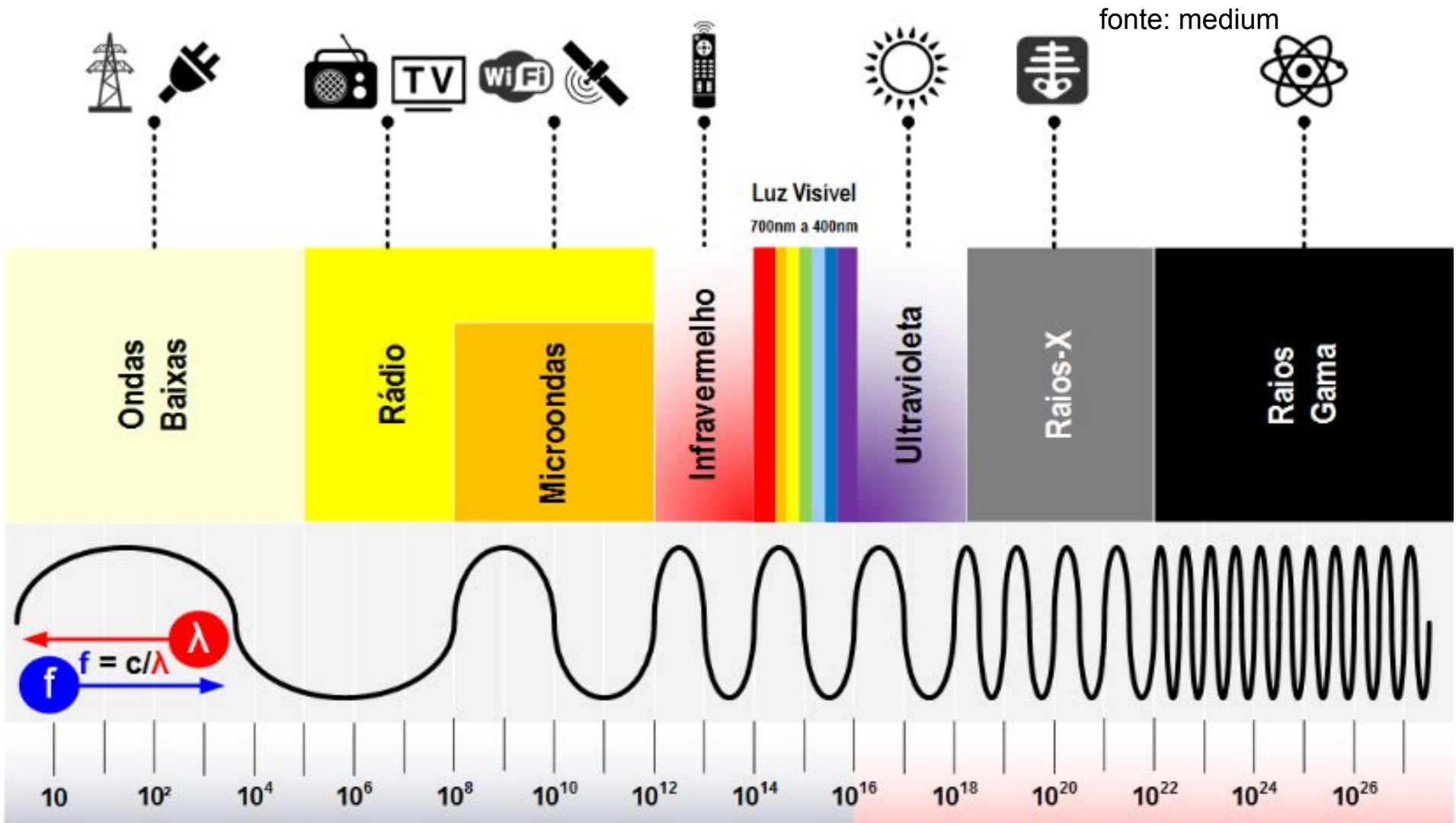


Raios X



Raios gama





Trabalhamos por milênios com essa faixa

**Luz Visível**

700nm a 400nm





# Galileu Galilei



Fonte: imago/United Archives

## A astronomia dos índios brasileiros



fonte: parquedaciencia

# A Percepção humana

## Dicionário

Definições de [Oxford Languages](#) · [Saiba mais](#)

Pesquise uma palavra



## percepção

*substantivo feminino*

1. **faculdade de apreender por meio dos sentidos ou da mente.**  
"p. da temperatura"
2. **FORMAL**  
consciência (de alguma coisa ou pessoa), impressão ou intuição, esp. moral.  
"ensinar a p. do bem e do mal"

# Fisiologia do olho humano

Como enxergamos as cores?



# Fisiologia do olho humano

Como enxergamos as cores?

A luz chega à retina;

# Fisiologia do olho humano

Como enxergamos as cores?

A luz chega à retina;

Sensibilização dos fotossensores:

# Fisiologia do olho humano

Como enxergamos as cores?

A luz chega à retina;

Sensibilização dos fotossensores:

Bastonetes: intensidade de luz

# Fisiologia do olho humano

Como enxergamos as cores?

A luz chega à retina;

Sensibilização dos fotossensores:

Bastonetes: intensidade de luz

Cones: Frequência da luz

# Fisiologia do olho humano

Como enxergamos as cores?

A luz chega à retina;

Sensibilização dos fotossensores:

Bastonetes: intensidade de luz

Cones: Frequência da luz

Cones: “S” (small  $\lambda$ – sensíveis a luz azulada)

# Fisiologia do olho humano

Como enxergamos as cores?

A luz chega à retina;

Sensibilização dos fotossensores:

Bastonetes: intensidade de luz

Cones: Frequência da luz

Cones: “S” (small  $\lambda$ – sensíveis a luz azulada)

Cones: “M” (midium  $\lambda$ – sensíveis a luz esverdeada)

# Fisiologia do olho humano

Como enxergamos as cores?

A luz chega à retina;

Sensibilização dos fotossensores:

Bastonetes: intensidade de luz

Cones: Frequência da luz

Cones: “S” (small  $\lambda$ – sensíveis a luz azulada)

Cones: “M” (midium  $\lambda$ – sensíveis a luz esverdeada)

Cones: “L” (large  $\lambda$ – sensíveis a luz avermelhada)

# Fisiologia do olho humano

Como enxergamos as cores?

A luz chega à retina;

Sensibilização dos fotossensores:

Bastonetes: intensidade de luz

Cones: Frequência da luz

Cones: “S” (small  $\lambda$ – sensíveis a luz azulada)

Cones: “M” (midium  $\lambda$ – sensíveis a luz esverdeada)

Cones: “L” (large  $\lambda$ – sensíveis a luz avermelhada)

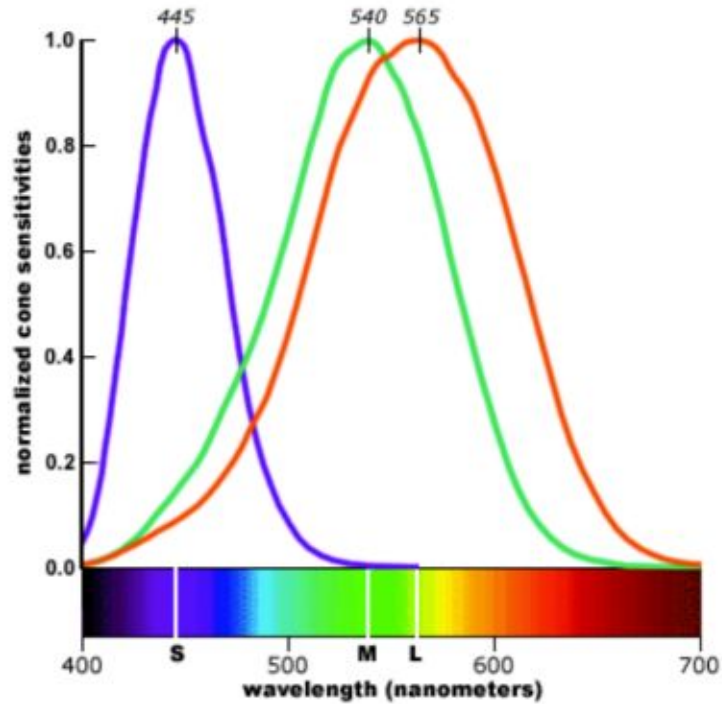
Teoria do Tri Estímulo  
(Young-Helmholtz)



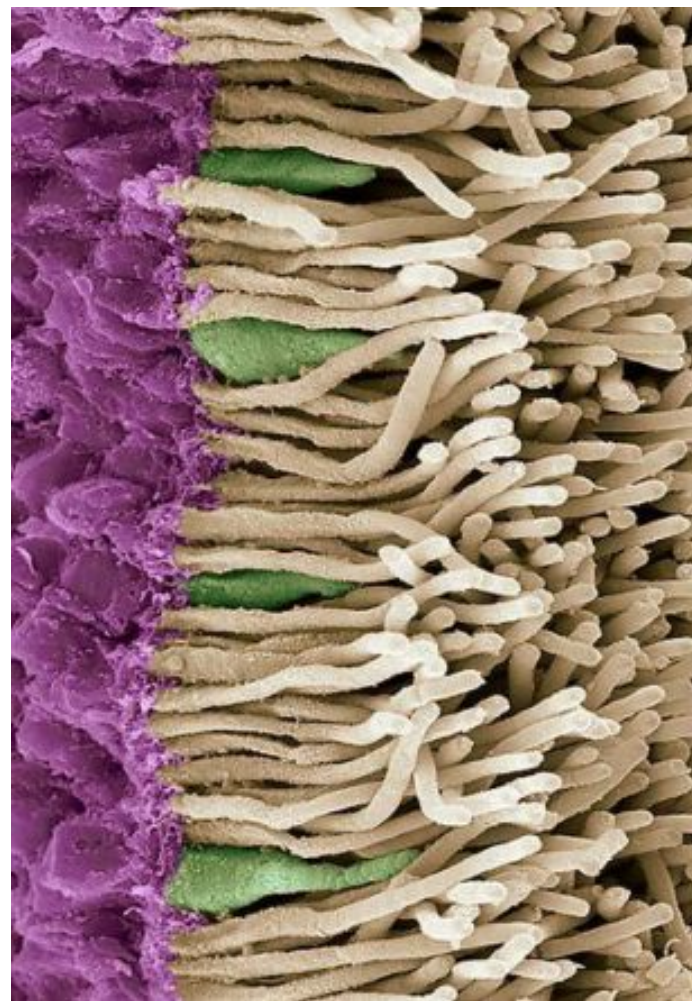


# Tri Estímulo

R G B



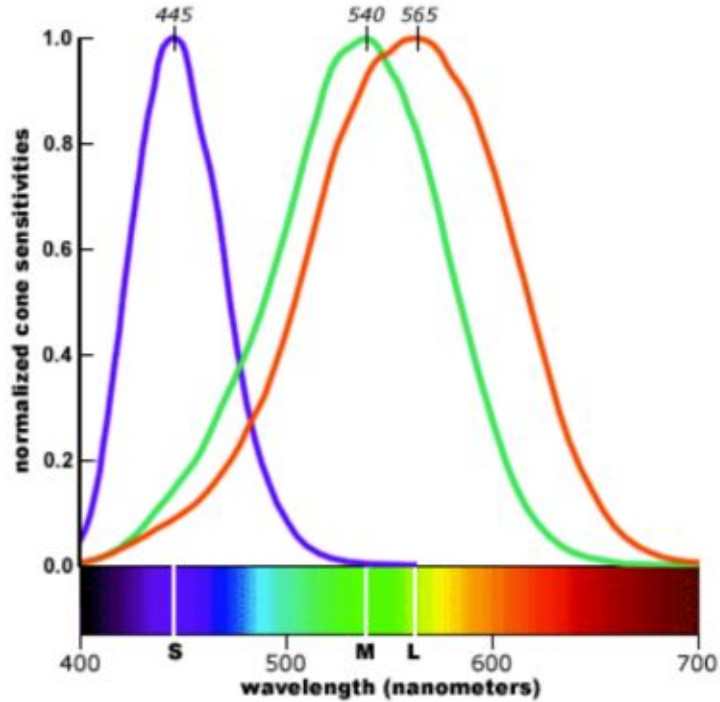
fonte: quora.com



fonte: Science RF

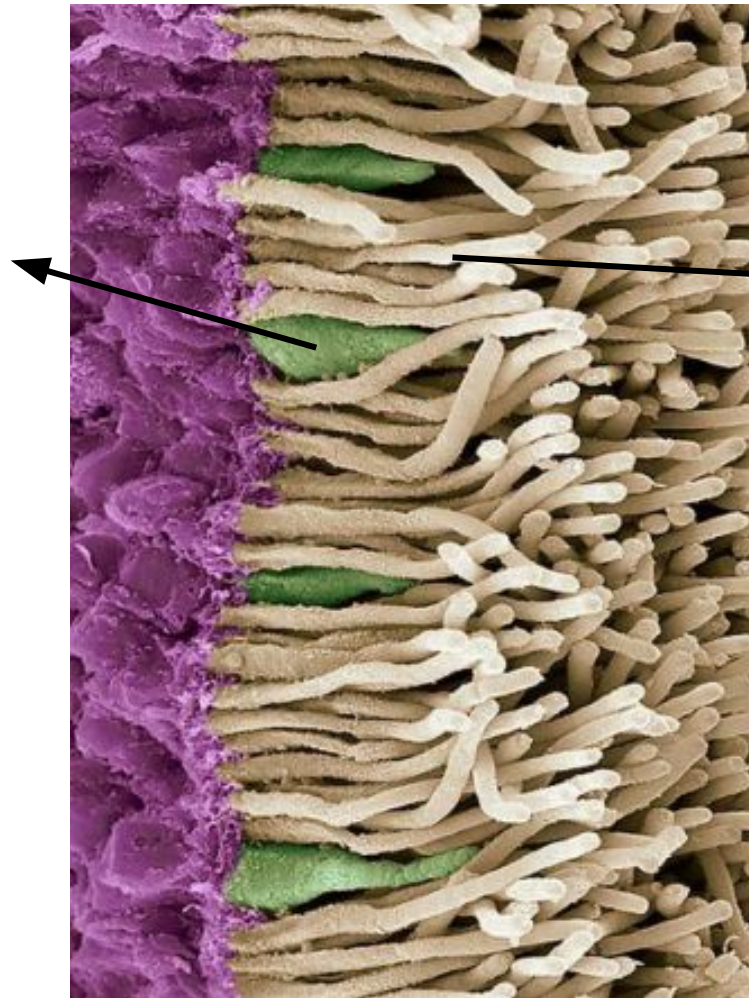
# Tri Estímulo

R G B



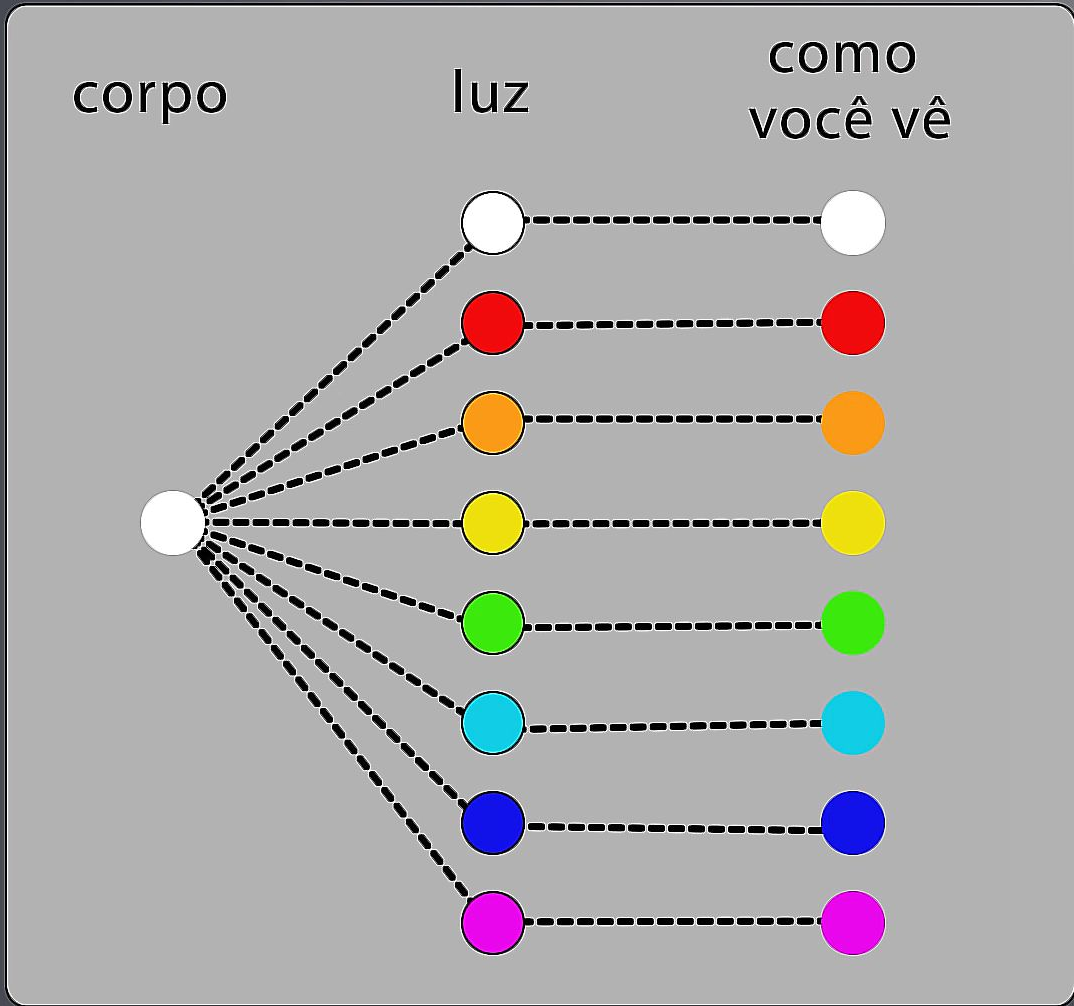
fonte: quora.com

cones



bastonetes

fonte: Science RF



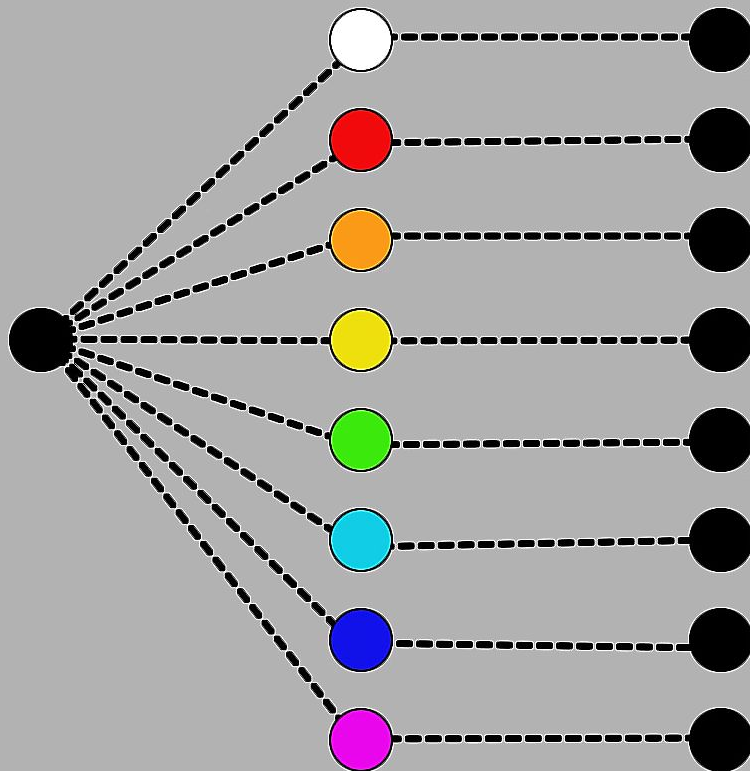
créditos



corpo

luz

como  
você vê

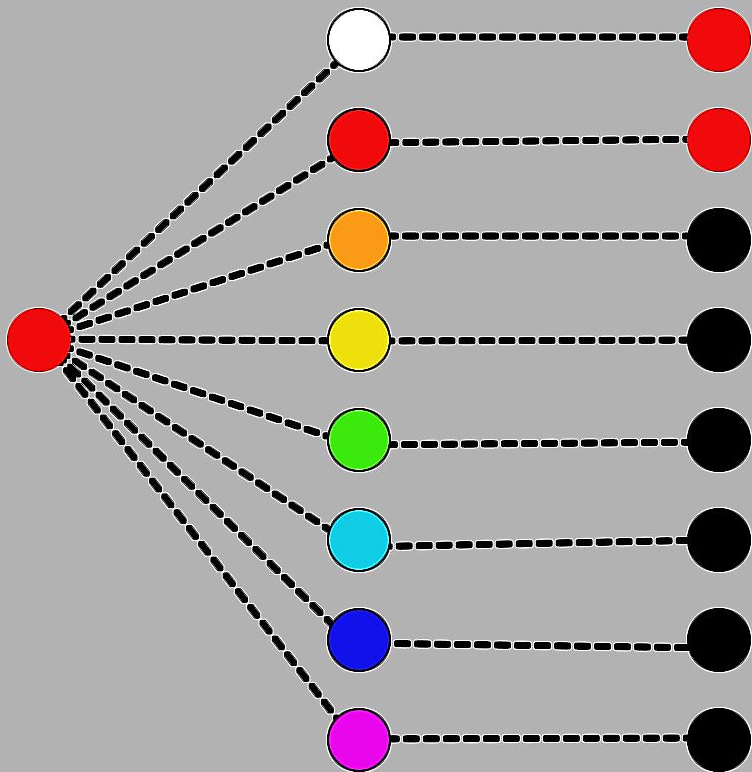




corpo

luz

como  
você vê



Quando iluminada com luz branca, a bandeira do Brasil é visualizada como mostrado a seguir.



Entre as imagens apresentadas a seguir, marque a opção que representa de que modo o Brasil seria vista se iluminada com luz azul.

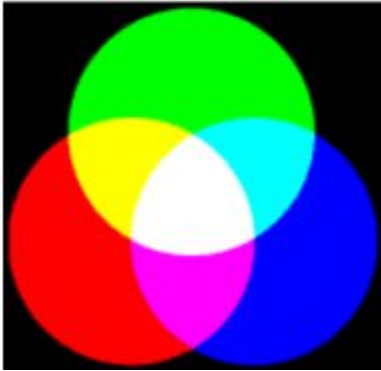


# Proposta prática para o ensino de cores

- Criar um ambiente investigativo nas aulas, proporcionando que os alunos pesquisem, toquem, experienciem, usem, mexam, façam, refaçam e, principalmente, que errem e tentem novamente.
- O erro é mais valorizado do que o acerto.

# Espaço de cor

- Adicionando luz
- soma: branco



- mais radiação = mais claro

Espaço **RGB**

Vermelho, Verde e Azul

- Adicionando pigmento
- Soma: preto



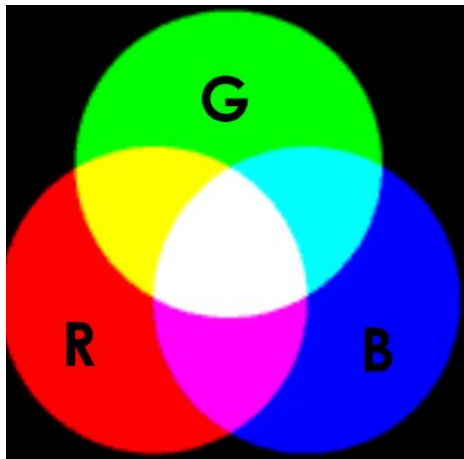
- mais pigmento = mais escuro

Espaço **CMYK**

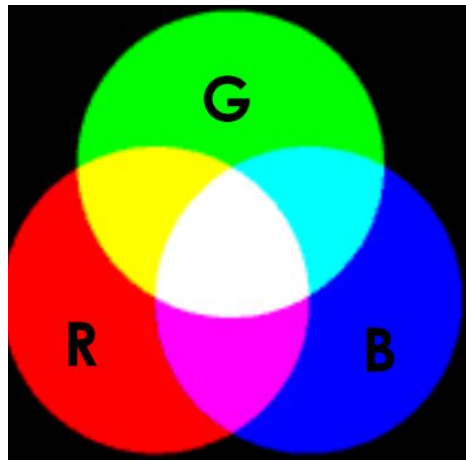
Ciano, Magenta, Amarelo e Preto



Cor resultante

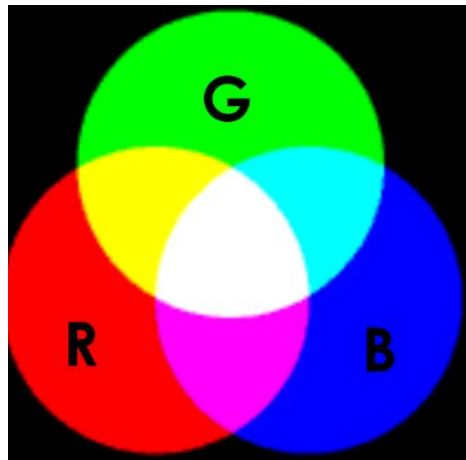


# Cor resultante



$$B + G = C$$

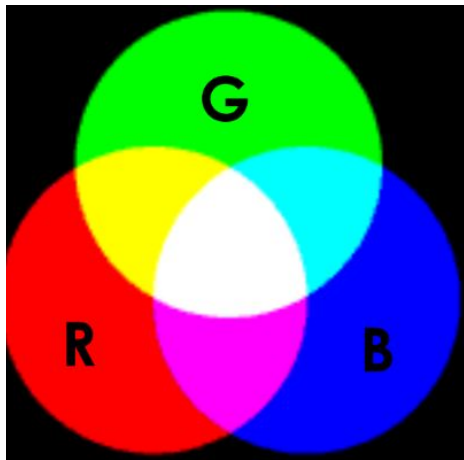
# Cor resultante



$$B + G = C$$

$$R + B = M$$

# Cor resultante

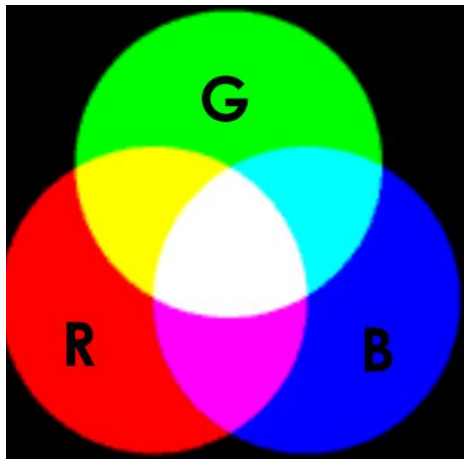


$$B + G = C$$

$$R + B = M$$

$$R + G = Y$$

# Cor resultante



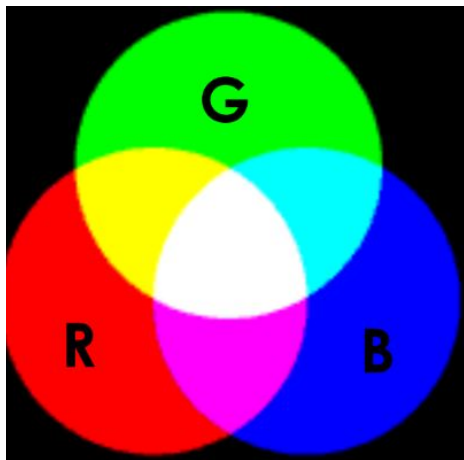
$$B + G = C$$

$$R + B = M$$

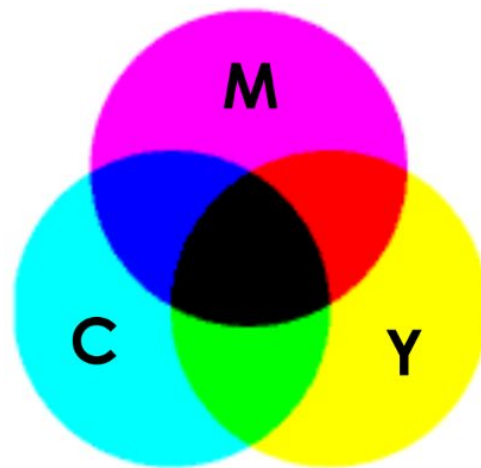
$$R + G = Y$$

$$R + G + B = W$$

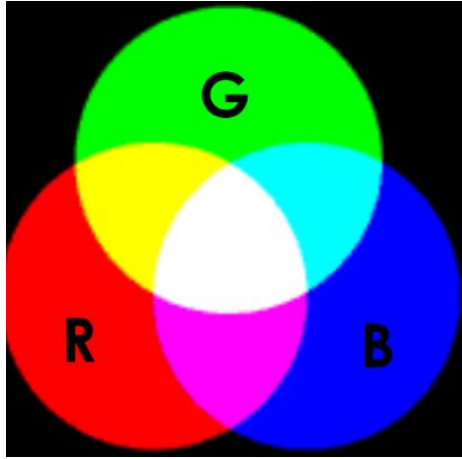
# Cor resultante



$$\begin{aligned} \text{B} + \text{G} &= \text{C} \\ \text{R} + \text{B} &= \text{M} \\ \text{R} + \text{G} &= \text{Y} \\ \text{R} + \text{G} + \text{B} &= \text{W} \end{aligned}$$



# Cor resultante

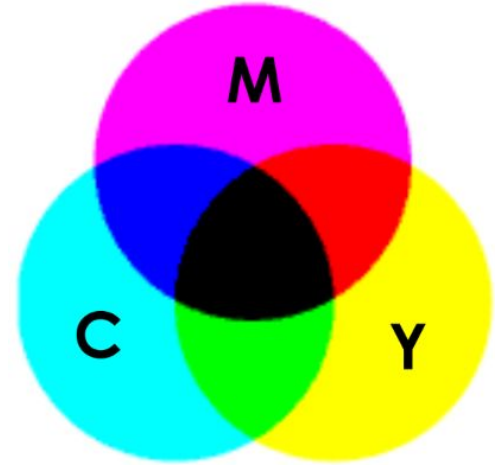


$$B + G = C$$

$$R + B = M$$

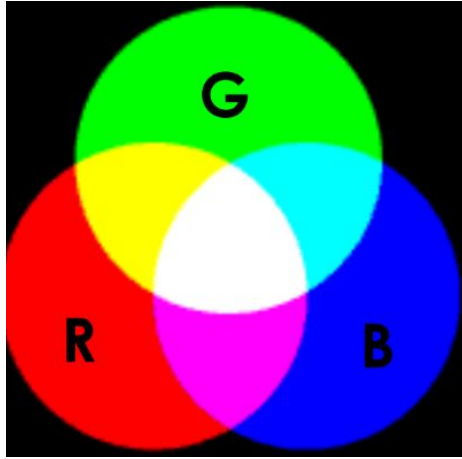
$$R + G = Y$$

$$R + G + B = W$$

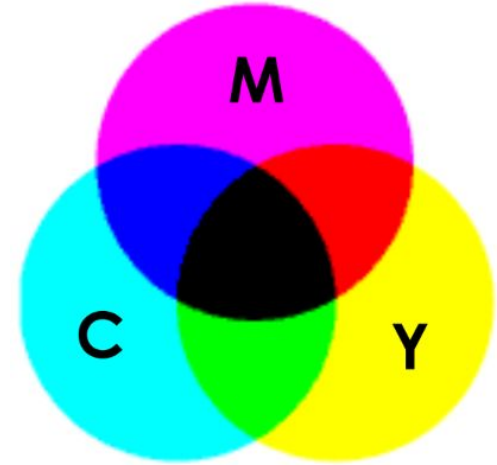


$$C + M = B$$

# Cor resultante



$$\begin{aligned} B + G &= C \\ R + B &= M \\ R + G &= Y \\ R + G + B &= W \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} C + M &= B \\ Y + C &= G \\ M + Y &= R \\ C + M + Y &= K(\text{preto}) \end{aligned}$$



# Proposta de aula

## **Aula 01 – Dialógica interativa**

- Usar de slides para apresentar o conceito de onda eletromagnética e espectro eletromagnético; conceituar o que é a luz e a sua natureza;

# Proposta de aula

## **Aula 01 – Dialógica interativa**

- Usar de slides para apresentar o conceito de onda eletromagnética e espectro eletromagnético; conceituar o que é a luz e a sua natureza;

## **Aula 02 – Dialógica interativa**

- Usar de slides para apresentar a Teoria das Cores de Isaac Newton; breve introdução da biologia evolutiva do olho humano: falar de bastonetes e cones e como isso afeta nossa percepção das cores; verbalizar o conceito de cor; trabalhar conceitos como reflexão da luz e refração da luz, não aprofundando muito;

# Proposta de aula

## **Aula 01 – Dialógica interativa**

- Usar de slides para apresentar o conceito de onda eletromagnética e espectro eletromagnético; conceituar o que é a luz e a sua natureza;

## **Aula 02 – Dialógica interativa**

- Usar de slides para apresentar a Teoria das Cores de Isaac Newton; breve introdução da biologia evolutiva do olho humano: falar de bastonetes e cones e como isso afeta nossa percepção das cores; verbalizar o conceito de cor; trabalhar conceitos como reflexão da luz e refração da luz, não aprofundando muito;

## **Aula 03 – Expositiva investigativa**

- Apresentar um Kit de luzes coloridas (RGB); ajudar os alunos a ter noção do que é uma hipótese científica; dividir a turma em grupos de 5 ou 6; apresentar a situação problema para eles e pedir para cada grupo criar hipóteses de como aquele kit os mostra sombras de cores diferentes;

# Proposta de aula

## **Aula 01 – Dialógica interativa**

- Usar de slides para apresentar o conceito de onda eletromagnética e espectro eletromagnético; conceituar o que é a luz e a sua natureza;

## **Aula 02 – Dialógica interativa**

- Usar de slides para apresentar a Teoria das Cores de Isaac Newton; breve introdução da biologia evolutiva do olho humano: falar de bastonetes e cones e como isso afeta nossa percepção das cores; verbalizar o conceito de cor; trabalhar conceitos como reflexão da luz e refração da luz, não aprofundando muito;

## **Aula 03 – Expositiva investigativa**

- Apresentar um Kit de luzes coloridas (RGB); ajudar os alunos a ter noção do que é uma hipótese científica; dividir a turma em grupos de 5 ou 6; apresentar a situação problema para eles e pedir para cada grupo criar hipóteses de como aquele kit os mostra sombras de cores diferentes;

## **Aula 04 – Expositiva dialógica**

- Confrontar as hipóteses dos grupos com a teoria formal; dialogar com a turma sobre a diferença de cor onda e cor pigmento; elucidá-los com os conceitos de reflexão e refração na construção das cores; apresentar o kit LED RGB para explicar de forma experimental a soma das cores;

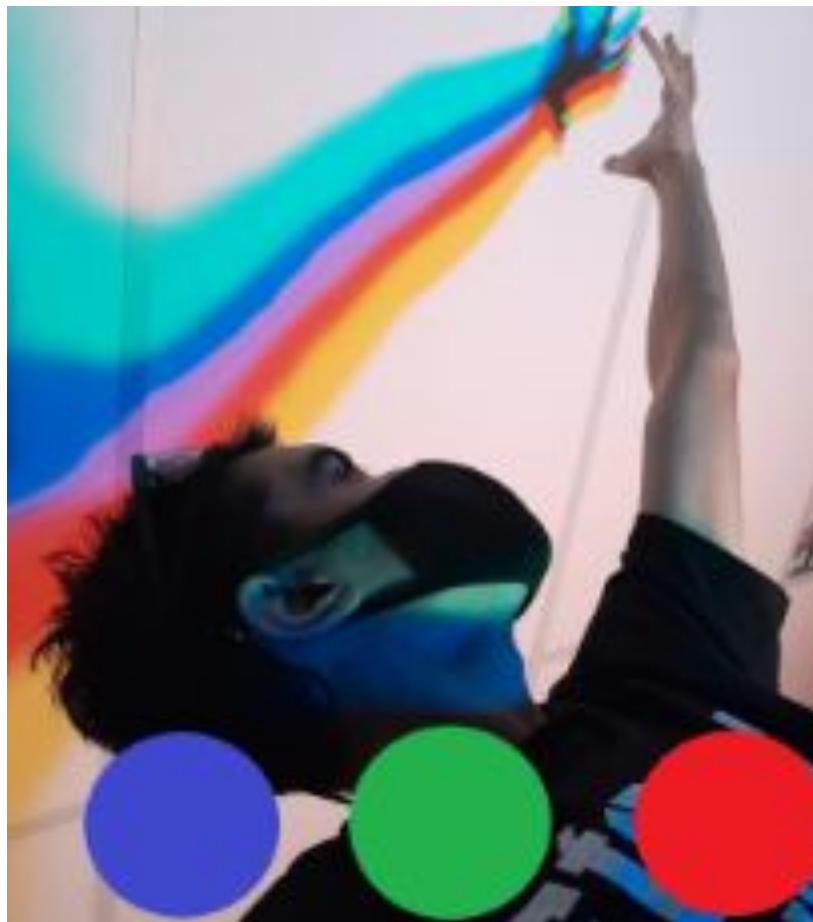
**O QUE ALMEJAMOS DESENVOLVER COM OS ESTUDANTES DO PONTO DE VISTA...**

**CONCEITUAL:** introduzir o conceito de luz; trabalhar conceitos reflexão e refração da luz; formação das cores; Teoria Tricromática de Young-Helmholtz e como enxergamos a cor; como a luz interage com o olho humano e como a percepção visual é afetada em ambientes iluminados com luzes de cores diversas.

**ATITUDINAL:** Trabalhar em grupo de forma colaborativa; Dialogar e respeitar as diferenças de ideias e pensamentos; Fazê-los desenvolver um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema.

**DAS PRÁTICAS CIENTÍFICAS:** Propor, comunicar, Avaliar ideias; levantar e testar hipóteses; construir explicações e elaborar justificativas.

# Testes



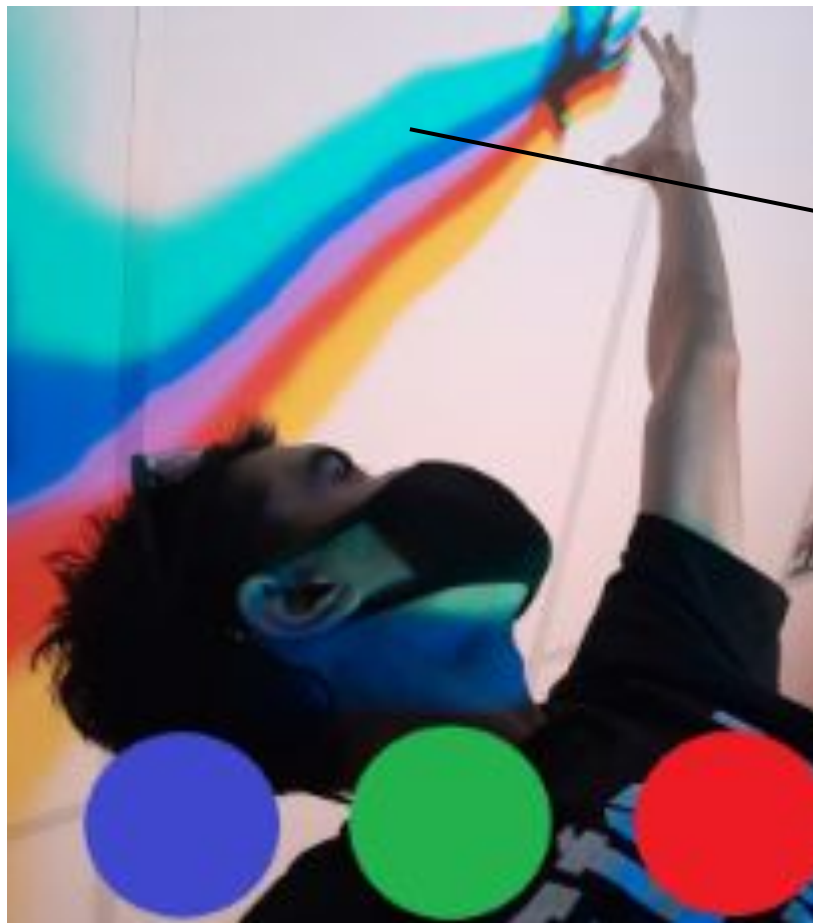
Lâmpadas

## SITUAÇÃO-PROBLEMA

- Por que enxergamos diferentes tipos de cores?



# Testes

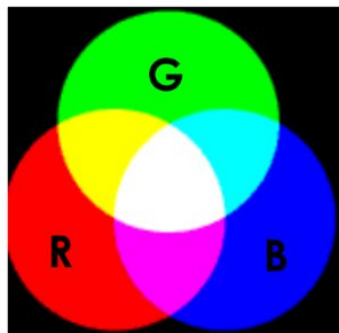


Para que a sombra fique Ciano, que lâmpada está sendo bloqueada?

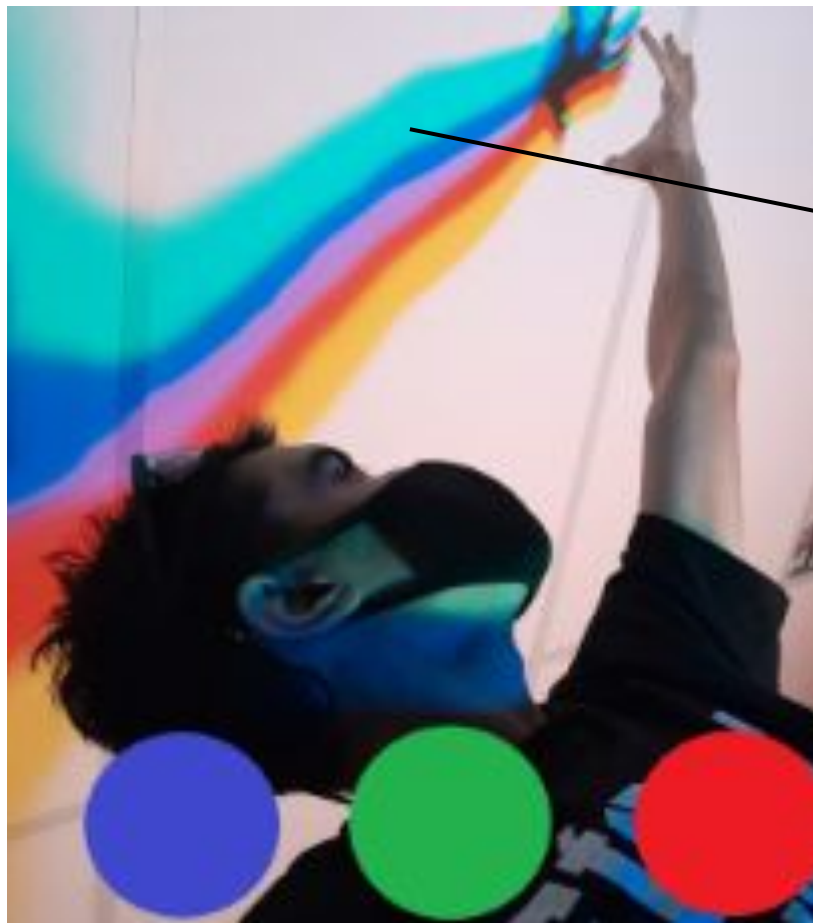
Lâmpadas



# Testes



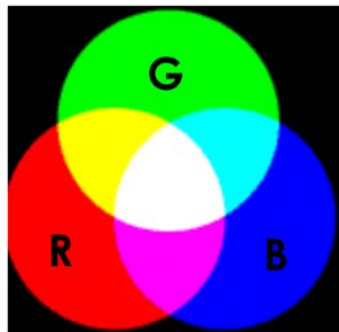
$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$



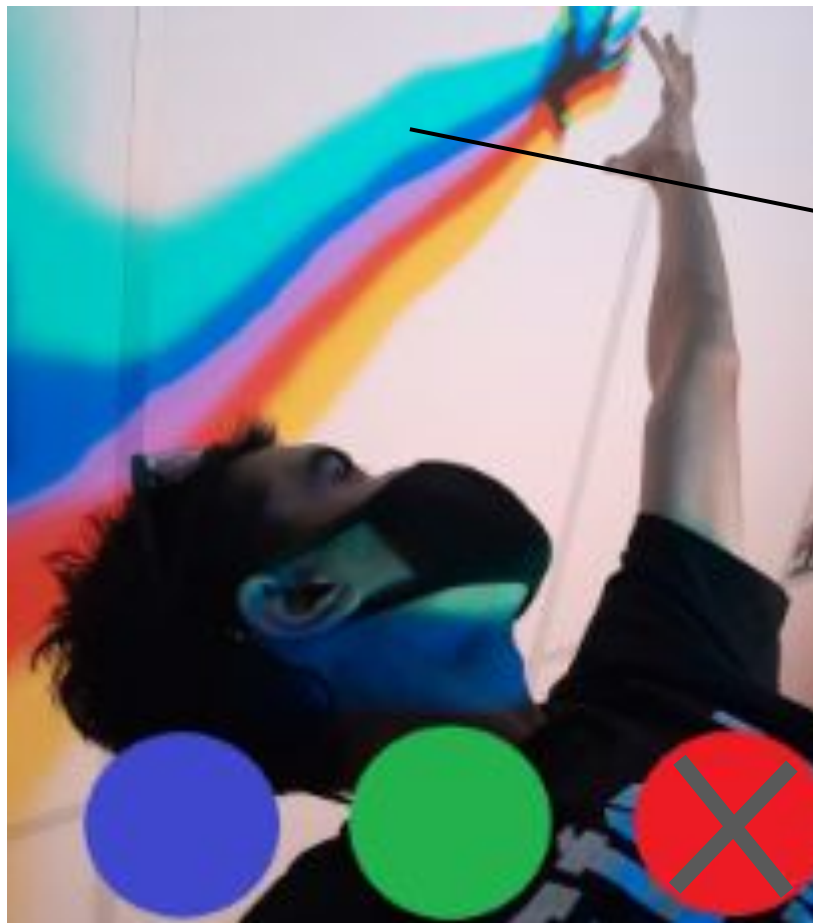
Para que a sombra fique Ciano, que lâmpada está sendo bloqueada?

Lâmpadas

# Testes



$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$



Para que a sombra fique Ciano,  
que lâmpada está sendo  
bloqueada?

Lâmpadas

# Circuito LED RGB

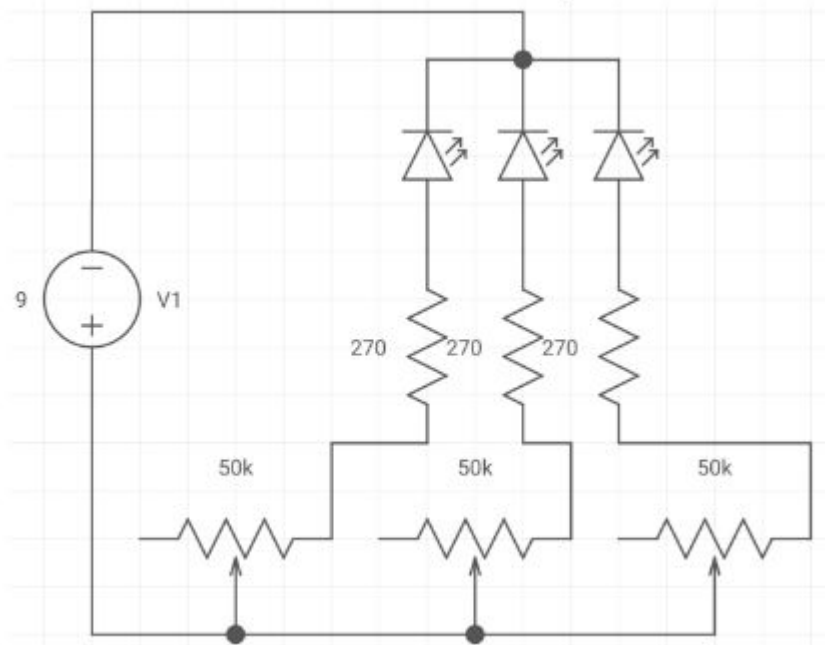
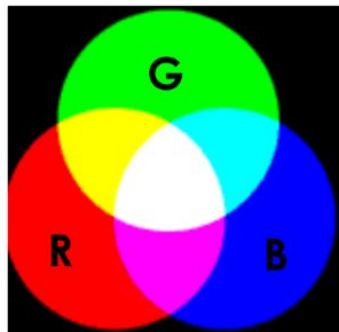
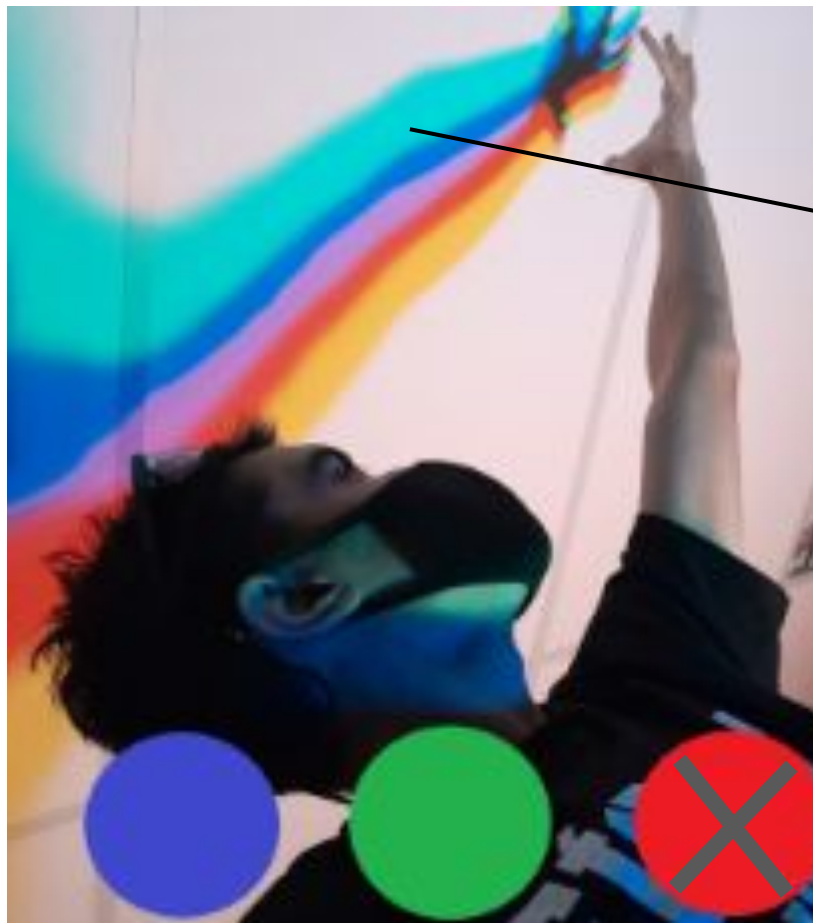


Imagem: acervo pessoal

# Testes



$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$



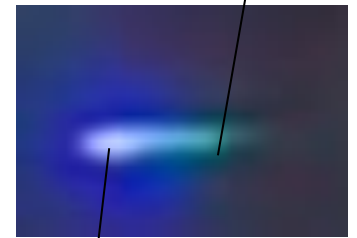
Para que a sombra fique Ciano,  
que lâmpada está sendo  
bloqueada?

Lâmpadas



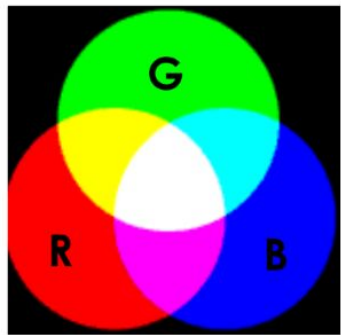
polarização da luz branca

verde

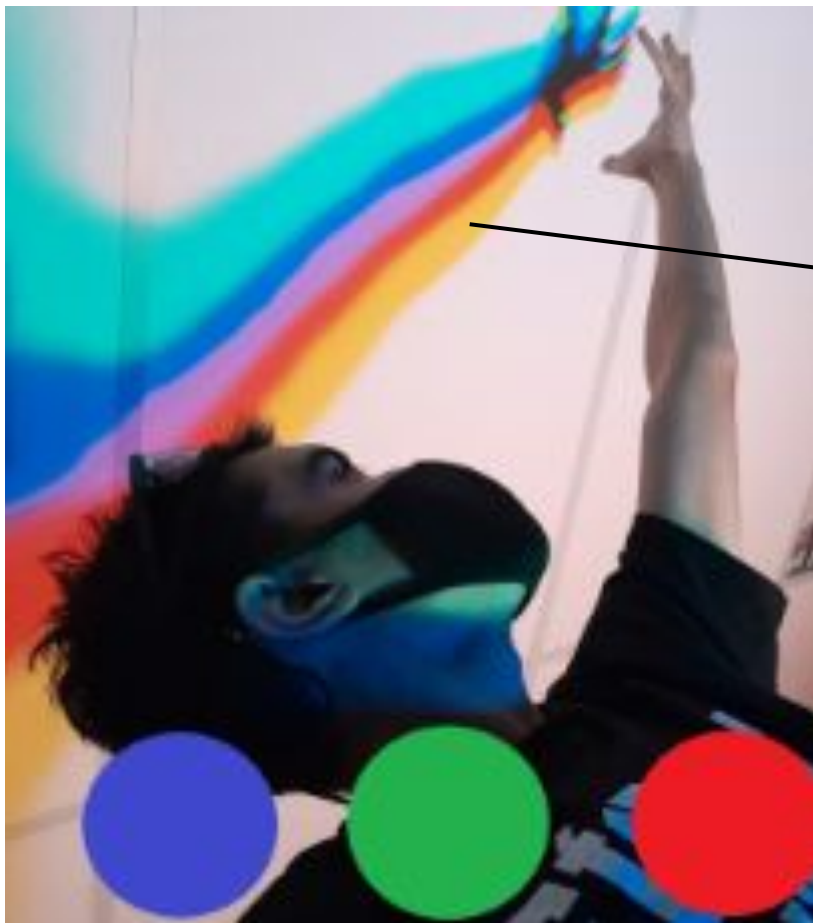


azul

# Testes



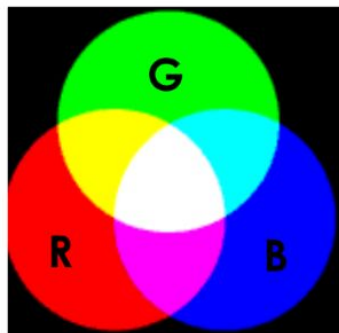
$$\begin{aligned} B + G &= C \\ R + B &= M \\ R + G &= Y \\ R + G + B &= W \end{aligned}$$



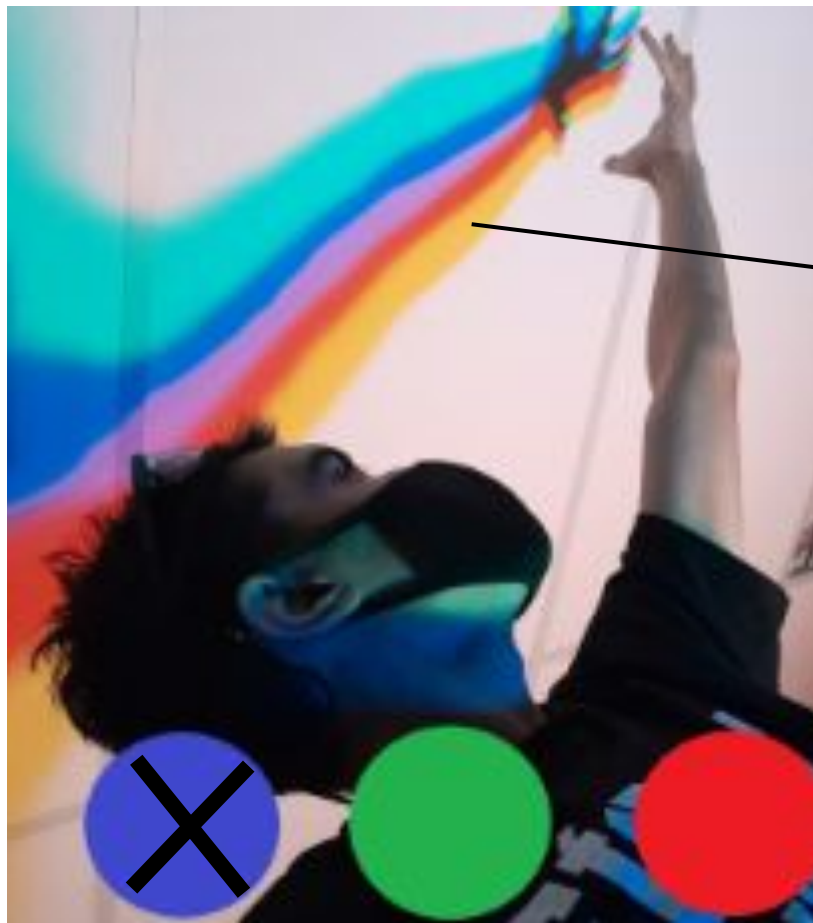
Para que a sombra fique Amarela, que lâmpada está sendo bloqueada?

Lâmpadas

# Testes



$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$

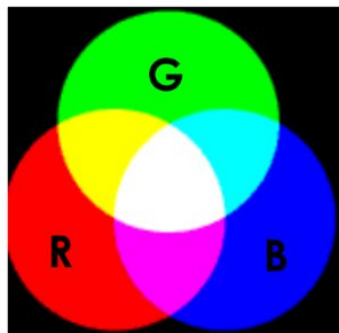


Para que a sombra fique Amarela, que lâmpada está sendo bloqueada?

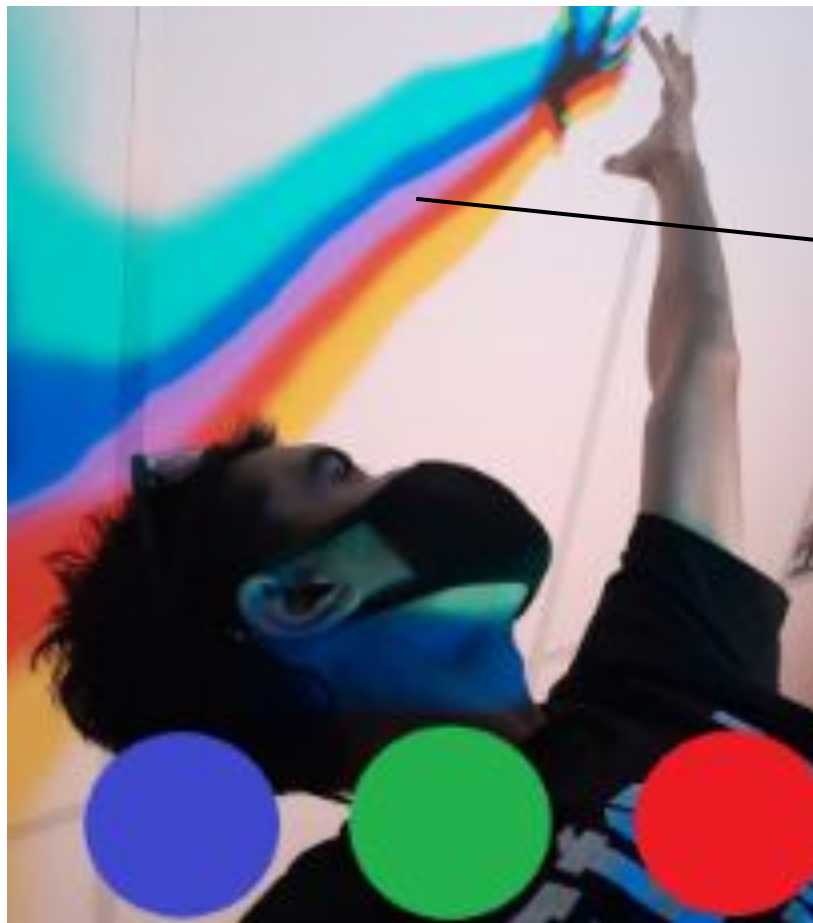
Lâmpadas



# Testes



$$\begin{aligned} B + G &= C \\ R + B &= M \\ R + G &= Y \\ R + G + B &= W \end{aligned}$$

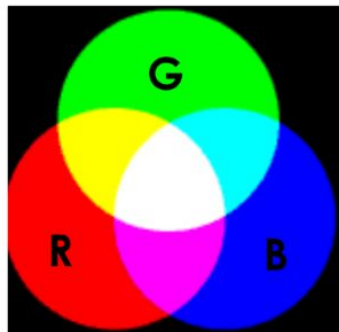


Para que a sombra fique Magenta, que lâmpada está sendo bloqueada?

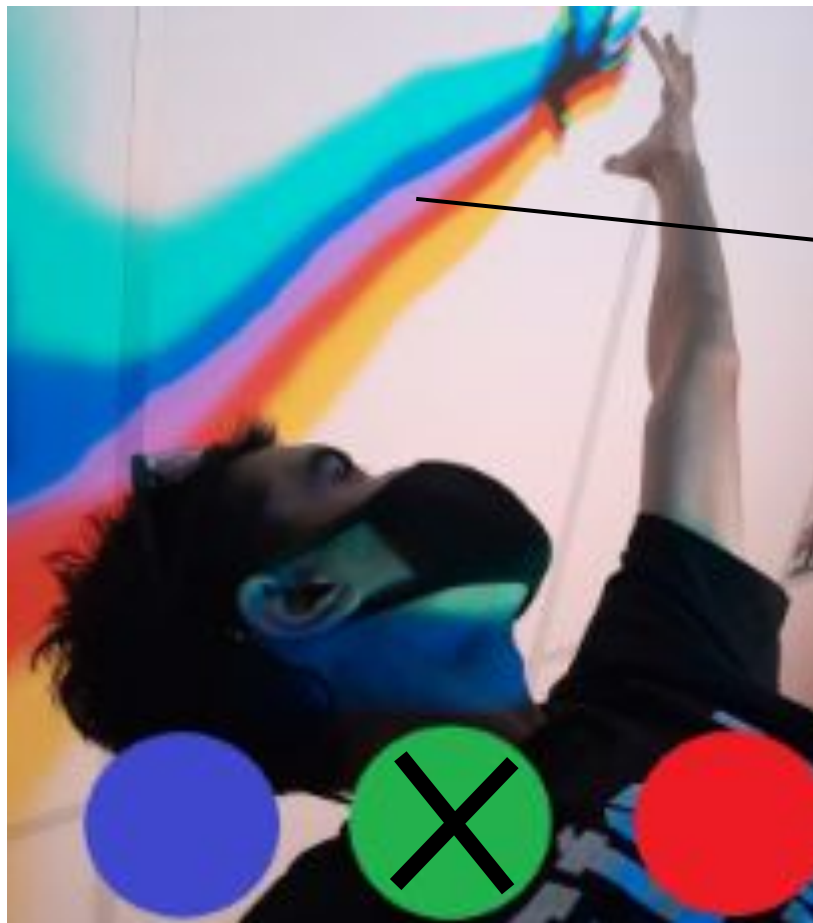
Lâmpadas



# Testes



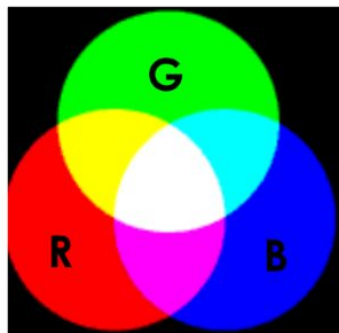
$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$



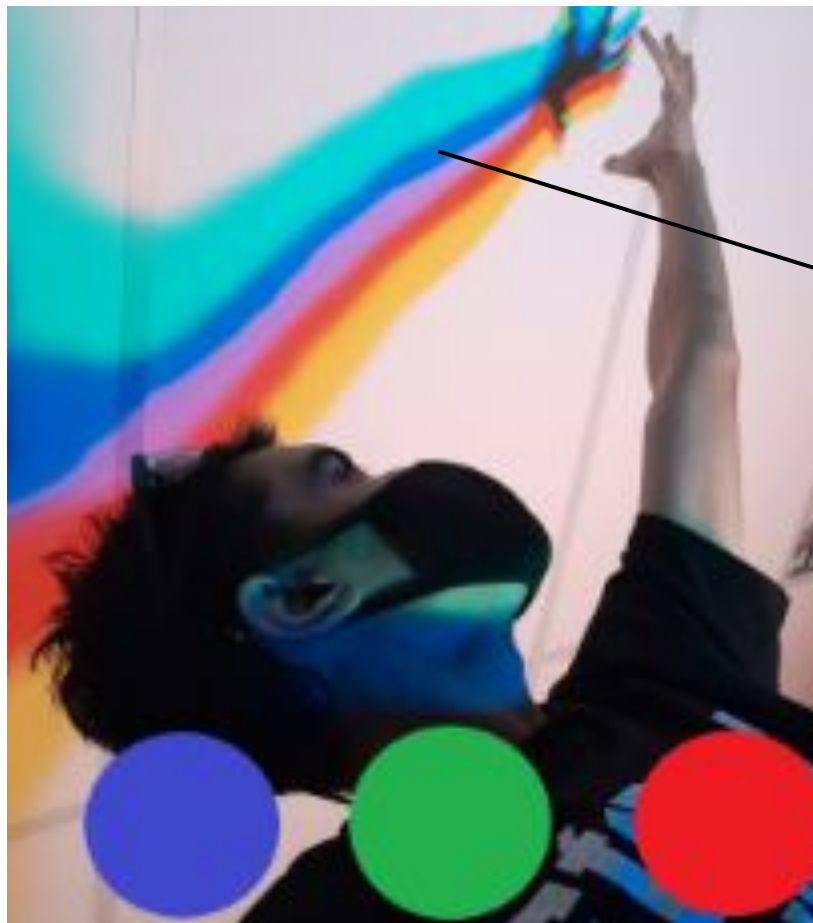
Para que a sombra fique Magenta, que lâmpada está sendo bloqueada?

Lâmpadas

# Testes



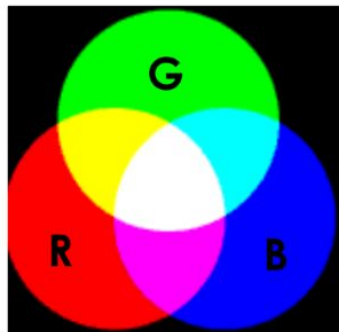
$$\begin{aligned} B + G &= C \\ R + B &= M \\ R + G &= Y \\ R + G + B &= W \end{aligned}$$



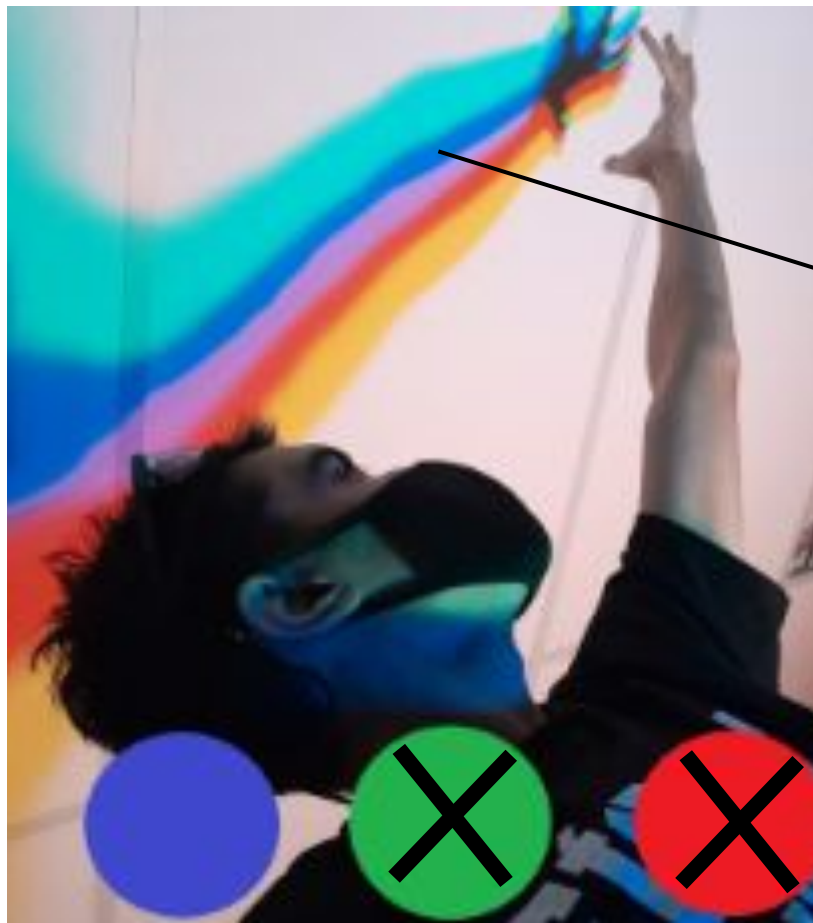
Para que a sombra fique Azul, que lâmpada está sendo bloqueada?

Lâmpadas

# Testes



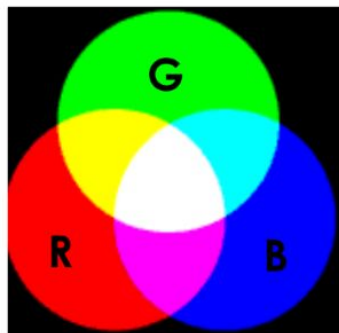
$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$



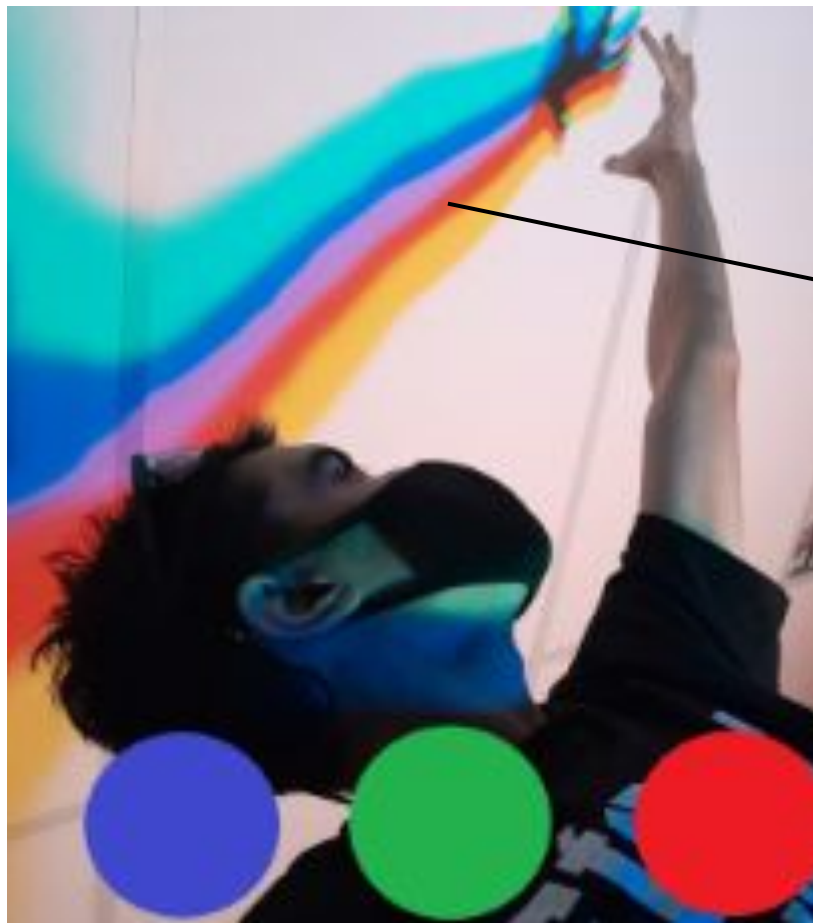
Para que a sombra fique Azul,  
que lâmpada está sendo  
bloqueada?

Lâmpadas

# Testes



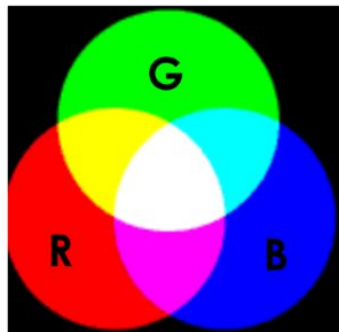
$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$



Para que a sombra fique Vermelha, que lâmpada está sendo bloqueada?

Lâmpadas

# Testes



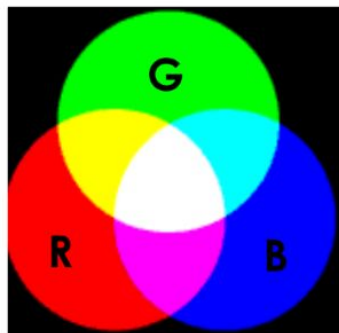
$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$



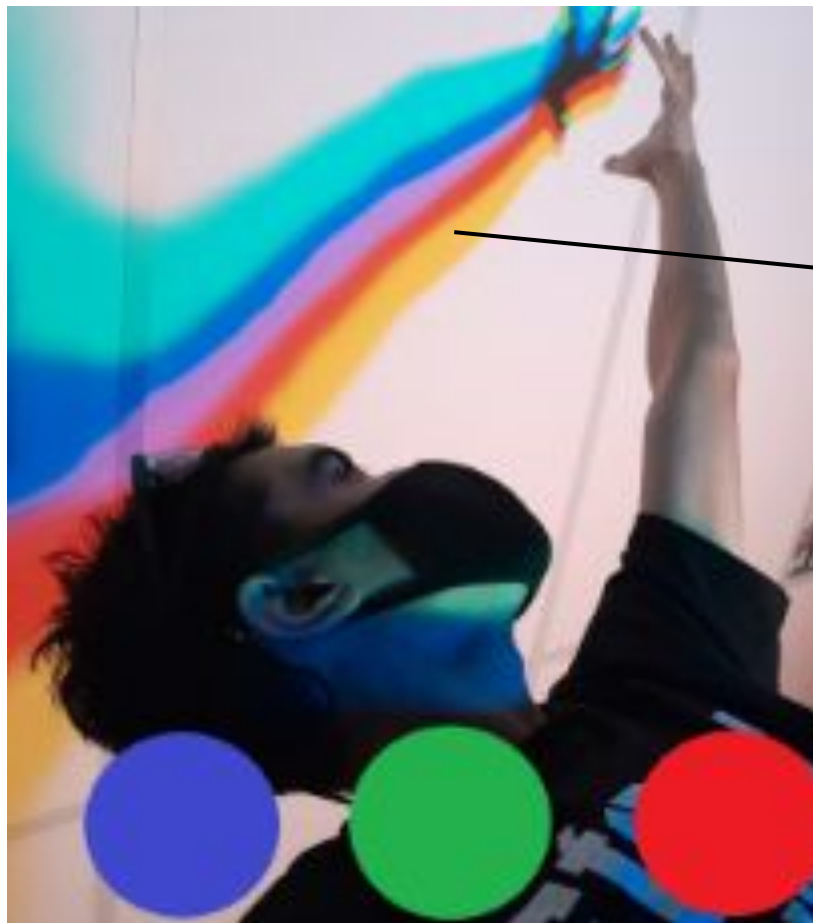
Para que a sombra fique Vermelha, que lâmpada está sendo bloqueada?

Lâmpadas

# Testes



$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$

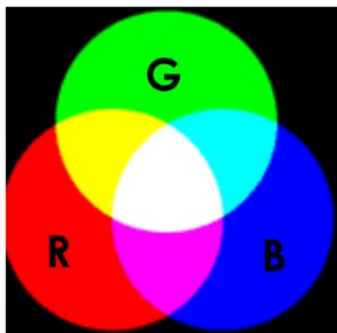


Para que a sombra fique Verde, que lâmpada está sendo bloqueada?

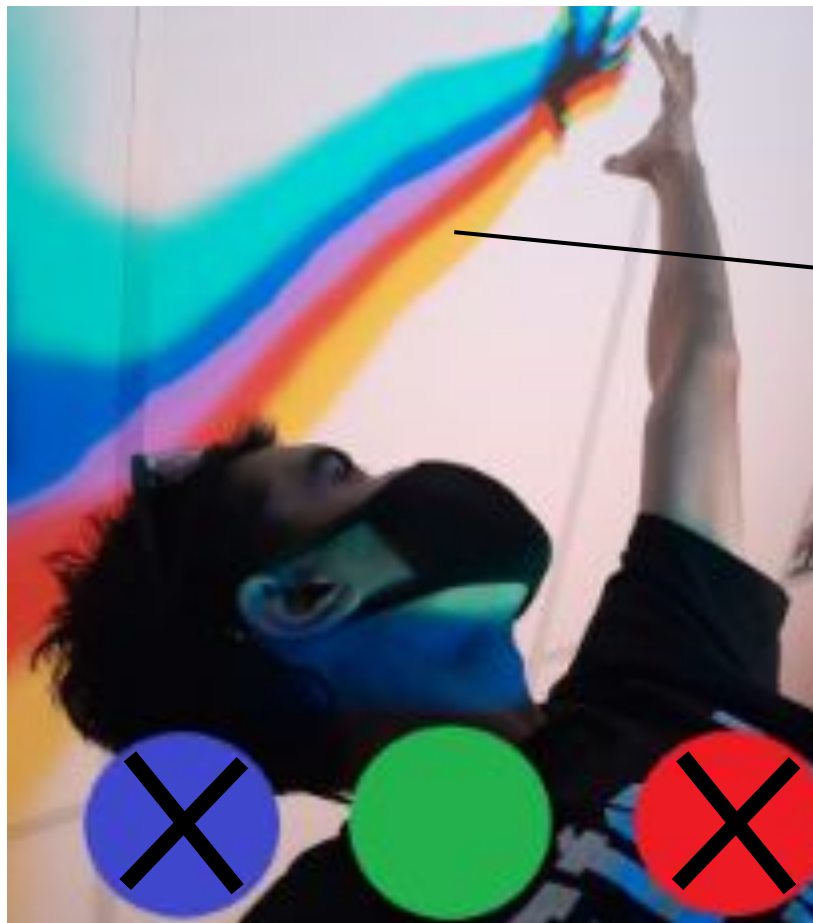
Lâmpadas



# Testes



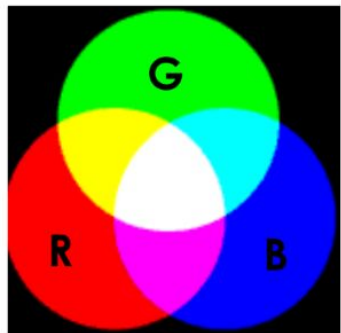
$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$



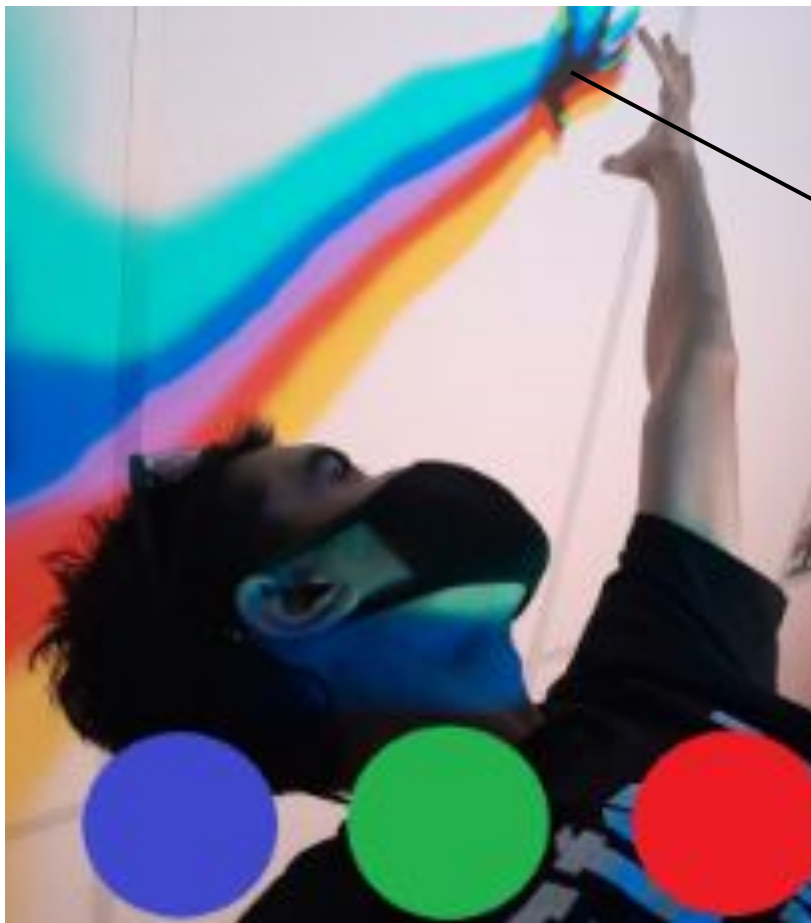
Para que a sombra fique Verde, que lâmpada está sendo bloqueada?

Lâmpadas

# Testes



$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$

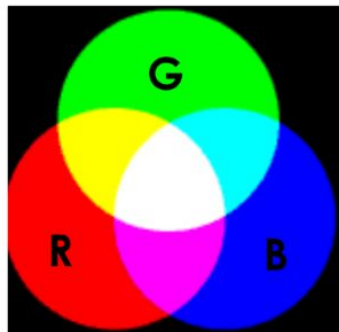


Para que a sombra fique Preta, que lâmpada está sendo bloqueada?

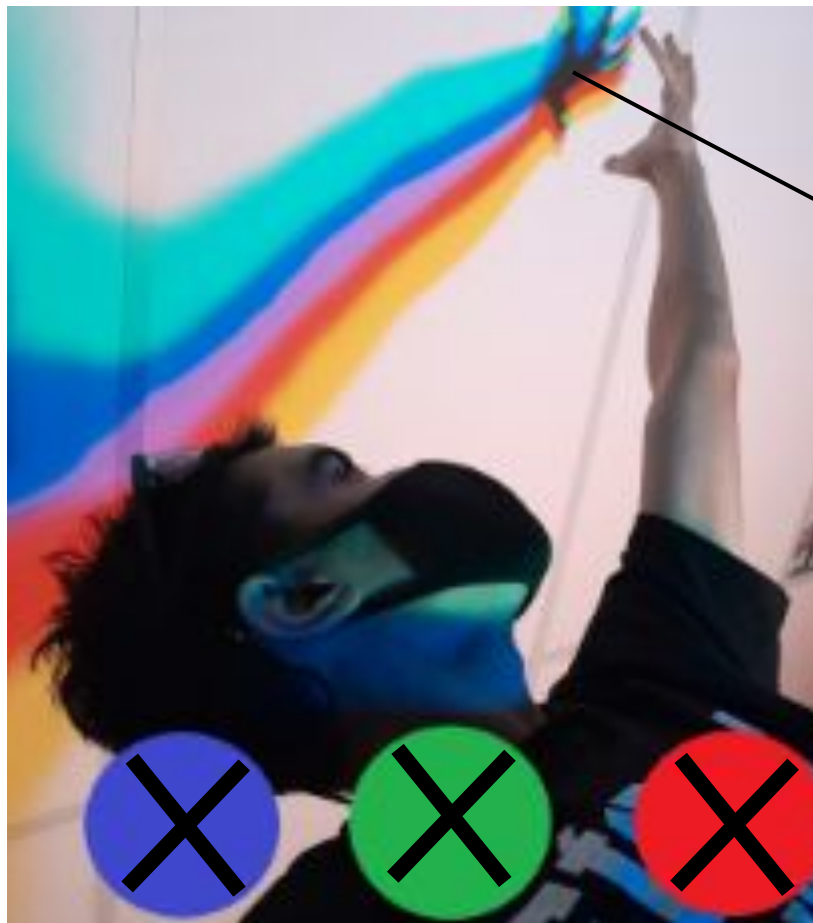
Lâmpadas



# Testes



$B + G = C$   
 $R + B = M$   
 $R + G = Y$   
 $R + G + B = W$



Para que a sombra fique Preta, que lâmpada está sendo bloqueada?

Lâmpadas



# Respostas

SITUAÇÃO-PROBLEMA
<ul style="list-style-type: none"><li>• Por que enxergamos diferentes tipos de cores?</li></ul>



Grupo 1: o branco reflete todas as cores, portanto, enxergamos diferentes cores por isso.

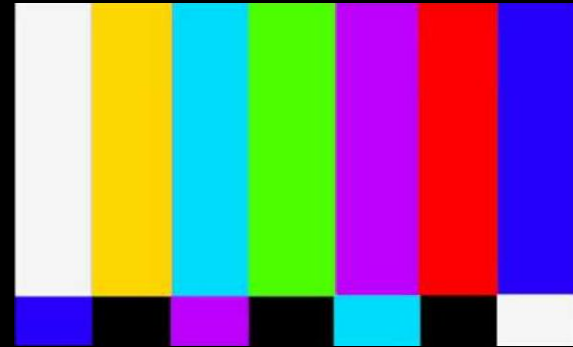
Grupo 2: enxergamos por causa da soma das cores.

Grupo 3: enxergamos diferentes tipos de cores por causa da distância que botamos o objeto.

Grupo 4: Perdi a folha.



Projetos futuros







**Muito Obrigado!**