

# Matemática das cores: uso dos sistemas de cores RGB, CMY e CMYK

Cleyton Picoli 

Mariana Ferrari de Oliveira 

Gilberto Ramos 

Alcebiades Dal Col 

## Resumo

Este trabalho aborda o conceito das cores primárias aditivas RGB (Red, Green, Blue) e subtrativas CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black) de forma teórica e prática, com ênfase na utilização da Matemática. O sistema RGB é fundamental para a reprodução de cores em dispositivos eletrônicos, como monitores de televisão, computadores e câmeras digitais, enquanto o sistema CMYK é amplamente utilizado na indústria gráfica para impressões coloridas. O estudo explora a percepção tricromática das cores, proposta por Young-Helmholtz e James Clerk Maxwell, e compreende as representações numéricas das cores, incluindo seus valores hexadecimais e decimais no sistema RGB e suas porcentagens no sistema CMYK. A Matemática das cores é abordada dando ênfase à conversão de números hexadecimais em números binários e a manipulação das cores em representações digitais e impressões. O trabalho visa fornecer uma base sólida para a compreensão do uso da Matemática nas cores e sua aplicação em diversos contextos tecnológicos e industriais.

**Palavras-chave:** cores primárias aditivas; RGB; cores primárias subtrativas; CMYK; percepção tricromática; representações numéricas de cores; valores hexadecimais; conversão de números hexadecimais; matemática das cores.

## Abstract

This work explores the concept of additive primary colors RGB (Red, Green, Blue) and subtractive primary colors CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, black) in a theoretical and practical manner, with an emphasis on the use of Mathematics. The RGB system is fundamental for color reproduction in electronic devices such as television monitors, computers, and digital cameras, while the CMYK system is widely used in the graphic industry for color printing. The study delves into the trichromatic perception of colors, as proposed by Young-Helmholtz and James Clerk Maxwell, and comprehends the numerical representations of colors, including their hexadecimal and decimal values in the RGB system and their percentages in the CMYK system. The Mathematics of colors is addressed emphasizing the conversion of hexadecimal numbers to binary numbers and the manipulation of colors in digital representations and printings. The work aims to provide a solid foundation for understanding the use of Mathematics in colors and its application in various technological and industrial contexts.

**Keywords:** additive primary colors; RGB; subtractive primary colors; CMYK; trichromatic perception; numerical representations of colors; hexadecimal values; conversion of hexadecimal numbers; mathematics of colors.

## 1. Introdução

RGB é a abreviatura de um sistema de cores aditivas em que o vermelho (Red), o verde (Green) e o azul (Blue) são combinados de modo a reproduzir um largo espectro cromático [1]. O propósito principal do sistema RGB é a reprodução de cores em dispositivos eletrônicos, como monitores de televisão e computador, retroprojetores, scanners e câmeras digitais, assim como na fotografia tradicional. Nas Artes, aprendemos que é a mistura, em diferentes proporções, de vermelho (Red), amarelo (Yellow) e azul (Blue) (sistema RYB), que origina as demais cores. Por isso, essas cores são denominadas cores primárias. Cores primárias ou puras são aquelas que não podem ser obtidas por meio da mistura de outras cores.

Mas, como é possível o verde ser definido como uma cor primária no modelo RGB, se ao misturarmos tinta azul com tinta amarela (no modelo RYB), obtemos o verde? A questão é que nas Artes geramos cores por meio da pigmentação, trata-se da *teoria dos pigmentos*. Porém, as cores também podem ser geradas a partir da luz. Neste caso, as cores primárias são alteradas para vermelho, verde e azul.

Vale ressaltar que o olho humano possui células, denominadas “cones”, que têm a capacidade de reconhecer as cores. São três tipos distintos de cones, sendo cada um responsável por captar determinado comprimento de onda de radiação eletromagnética. O primeiro corresponde à luz de comprimentos de onda longos, como a cor vermelha, o segundo, de comprimento de onda médio, alcançando um máximo de cor verde e o terceiro tipo de cone é sensível ao comprimento de onda mais curto, de cor azulada [2].

Como estamos tratando aqui de mistura de luzes e não, de pigmentos, é natural o sistema RGB definir como cores primárias, o vermelho, o verde e o azul.

O modelo de cores RGB é baseado na teoria de visão colorida tricromática (Figura 1), de Young-Helmholtz, e no triângulo de cores de Maxwell (Figura 2).

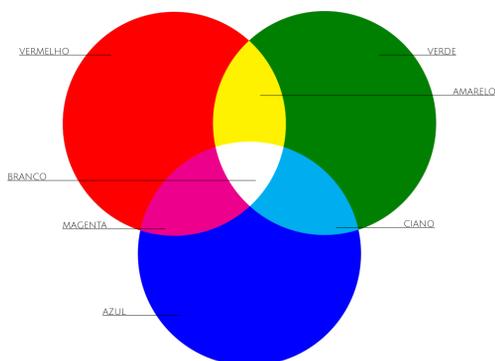


Figura 1: Teoria tricromática.

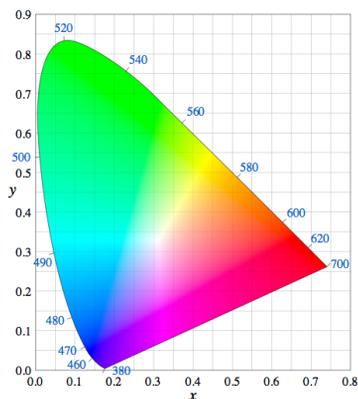


Figura 2: Triângulo de cores de Maxwell.

Em 1861, o físico matemático escocês James Clerk Maxwell produziu a primeira fotografia colorida, uma imagem de uma fita xadrez, fotografando-a três vezes através de filtros e, em seguida, recombinando as imagens em uma composição colorida. Por causa desta fotografia (Figura 3), Maxwell é creditado como o fundador da teoria da cor aditiva.

## 2. Matemática Aplicada às Cores



Figura 3: Fotografia de uma fita xadrez de James Clerk Maxwell.

Para que os dispositivos eletrônicos reconheçam as cores, estas precisam ser codificadas numericamente. Assim, cada cor primária no modelo RGB é identificada com um número inteiro variando de 0 a 255, que indica a intensidade da mesma. Como todo matiz de cor é resultado de uma combinação de frações das cores básicas (vermelho, verde e azul), cada tom é representado por um conjunto de três valores (tripla ordenada). Por exemplo, a cor orquídea escura é representada por

$$\text{RGB} = (153, 50, 205), \text{ sendo: Vermelho} = 153; \text{ Verde} = 50; \text{ Azul} = 205.$$

Com isso, podemos corretamente deduzir que  $(255, 0, 0)$  corresponde ao vermelho puro,  $(0, 255, 0)$ , ao verde puro, e  $(0, 0, 255)$ , ao azul puro. Além disso,  $(0, 0, 0)$  representa o preto, uma vez que as três cores primárias apresentam seu valor mínimo, reproduzindo o completamente escuro. Já o branco,  $(255, 255, 255)$ , é a manifestação do completamente intenso, ou seja, ocorre quando as cores básicas do sistema RGB atingem seu valor máximo.

Como a combinação de apenas três cores primárias origina novas cores? Quantas tonalidades diferentes podemos obter “misturando” os três números do código RGB? Como cada cor básica pode apresentar 256 valores distintos (0 a 255), a “mistura” de vermelho, verde e azul pode gerar 16.777.216 cores diferentes, pois:

$$256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$$

Utilizando todas essas cores que o sistema RGB proporciona, o programador húngaro, József Fejes, criou uma bela imagem (Figura 4), em 2014.



Figura 4: Flor de József Fejes com mais de 16 milhões de cores [3].

## 2.1. Porcentagem das Cores

Podemos verificar a porcentagem de vermelho, verde e azul que constitui cada tonalidade. Assim, examinando a composição da cor orquídea escura (153, 50, 205), obtemos:

Componente vermelha:

$$\frac{153}{255} = 0,6 = 60\% \quad (1)$$

Componente verde:

$$\frac{50}{255} \approx 0,1961 = 19,61\% \quad (2)$$

Componente azul:

$$\frac{205}{255} \approx 0,8039 = 80,39\% \quad (3)$$

A cor orquídea escura (Figura 5) é então composta por 60% de vermelho, 19,61% de verde e 80,39% de azul.

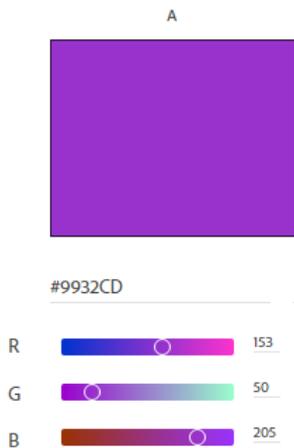


Figura 5: Cor orquídea escura.

## 2.2. Representação Hexadecimal das Cores

Até aqui, discutimos a notação RGB decimal. No entanto, outro modelo utilizado para representar numericamente as cores é o modelo de representação hexadecimal. Neste sistema, para possibilitar a distinção de valores em uma escala de 0 a 15, são empregados além dos algarismos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, as letras: A, B, C, D, E, F. Assim, os números: 10, 11, 12, 13, 14, 15, correspondem, respectivamente, às letras: A, B, C, D, E, F, em hexadecimal.

No formato RGB hexadecimal, as mais diversas tonalidades são apresentadas por meio de três pares de números e letras, precedidos por um sinal de hashtag (#). Cada par varia entre a intensidade mais baixa (00) e a mais alta (FF), sendo que o primeiro par refere-se ao vermelho, o segundo, ao verde e o terceiro, ao azul. Por exemplo, a cor vermelho violeta médio, em hexadecimal é:

#DB7093, sendo: Vermelho = DB; Verde = 70; Azul = 93.

Pode-se inferir, então, que o preto é indicado por #000000 e o branco por #FFFFFF.

### 2.2.1 Conversão de RGB Decimal para RGB Hexadecimal

Como transformar um código RGB decimal em um código RGB hexadecimal? O que precisamos, de fato, é converter números decimais em hexadecimais (base 16). Para isso, basta dividirmos os valores do código decimal por 16. Assim, obteremos o quociente  $q$  e o resto  $r$  da divisão (sendo  $q$  e  $r$  números inteiros), associados a cada cor primária do RGB. Vejamos:

$$\text{Componente vermelha: } 16 \times q_1 + r_1 \quad (4)$$

$$\text{Componente verde: } 16 \times q_2 + r_2 \quad (5)$$

$$\text{Componente azul: } 16 \times q_3 + r_3 \quad (6)$$

Esses dois números inteiros  $q$  e  $r$  são usados para representar o par de valores hexadecimais de cada cor primária. Desse modo, no código  $\#q_1r_1q_2r_2q_3r_3$ , temos os valores  $q_1r_1$  para o vermelho,  $q_2r_2$  para o verde e  $q_3r_3$  para o azul.

Exemplificaremos os cálculos com os valores RGB da cor orquídea escura (153, 50, 205):

$$153 = 16 \times 9 + 9 \quad (7)$$

$$50 = 16 \times 3 + 2 \quad (8)$$

$$205 = 16 \times 12 + 13 \quad (9)$$

Substituindo os valores obtidos na expressão  $\#q_1r_1q_2r_2q_3r_3$  e lembrando que  $12 = C$  e  $13 = D$  em hexadecimal, converteremos o código RGB decimal (153, 50, 205) da cor orquídea escura (Figura 5) no RGB hexadecimal #9932CD.

### 2.2.2 Conversão de RGB Hexadecimal para RGB Decimal

Também podemos converter códigos RGB hexadecimais em RGB decimais. Quando nos deparamos com um código do tipo  $\#q_1r_1q_2r_2q_3r_3$ , tomamos conhecimento dos quocientes ( $q_1, q_2, q_3$ ) e dos restos ( $r_1, r_2, r_3$ ). Como queremos fazer o contrário da conversão anterior, basta agora multiplicarmos os quocientes por 16 e somar os restos.

Retomando o nosso exemplo anterior da cor orquídea escura, seu código RGB hexadecimal #9932CD nos mostra:

Para a componente vermelha:  $q_1 = 9$  e  $r_1 = 9$

Para a componente verde:  $q_2 = 3$  e  $r_2 = 2$

Para a componente azul:  $q_3 = 12$  e  $r_3 = 13$  (em hexadecimal:  $C = 12$  e  $D = 13$ )

Calculando, temos:

Componente vermelha:

$$9 \times 16 + 9 = 144 + 9 = 153 \quad (10)$$

Componente verde:

$$3 \times 16 + 2 = 48 + 2 = 50 \quad (11)$$

Componente azul:

$$12 \times 16 + 13 = 192 + 13 = 205 \quad (12)$$

Portanto, nosso código RGB hexadecimal #9932CD torna-se (153, 50, 205) em RGB decimal.

### 2.2.3 Relação de Hexadecimal e Binário

Além de tudo que já discutimos, os computadores precisam entender o que nós estamos querendo passar para eles. Para isso, existe a leitura em números binários que consiste apenas dos algarismos 0 e 1. Isso faz com que eles criem as informações necessárias, no nosso caso, as cores. Mas, como os computadores irão ler esses códigos para nos mostrar as cores, já que os códigos mostrados até o momento consistem em números de 0 a 9 e letras de A a F? Para isso existe a conversão dos códigos hexadecimais para números binários. Na próxima seção, discutiremos esta conversão.

### 2.2.4 Conversão de Hexadecimal para Binário

Para começarmos a conversão, temos que ter em mente o que cada número e letra na base hexadecimal representa, pois para realizarmos a conversão usaremos os números que as letras da base simbolizam. Então, sabendo que os números de 0 a 9 representam os próprios números e as letras de A a F representam os números de 10 a 15, podemos converter estes números utilizando o método de *divisões sucessivas*:

- Iremos dividir sucessivamente os números da base hexadecimal por 2. Em relação às letras, nós usaremos o número que cada uma representa;
- Em cada divisão, obteremos um quociente ( $q$ ) e um resto ( $r$ ) (lembrando que  $q \in \mathbb{Z}$ ). Se  $q = 1$ , encerramos o processo de divisões sucessivas;

Após efetuarmos as divisões sucessivas para cada número da base hexadecimal, iremos obter uma sequência de restos ( $r = 0$  ou  $r = 1$ ). Podemos então montar o número binário correspondente da seguinte forma: anotamos o último quociente e os restos de todas as divisões, da última divisão até a primeira divisão. Com isso montaremos nosso número binário. Se após todas as divisões, obtivermos uma sequência binária de 3 dígitos ou menos, completaremos com zeros à esquerda.

#### Exemplo:

Vamos utilizar como exemplo o código hexadecimal já utilizado nos exemplos acima #9932CD. Sabendo que a letra C representa o 12 e a letra D representa o 13, vamos começar a transformação número a número:

- $9: 9 \div 2 \rightarrow q = 4 ; r = 1$  e como  $q \geq 2$  continuaremos o processo de divisões sucessivas;
- $4 \div 2 \rightarrow q = 2 ; r = 0$  e como  $q \geq 2$  continuaremos o processo de divisões sucessivas;
- $2 \div 2 \rightarrow q = 1 ; r = 0$  e como  $q = 1$  encerramos o processo.

Portanto, 9 como número binário é 1001. Os dois primeiros dígitos são, respectivamente, o último quociente e o último resto.

• 3:  $3 \div 2 \rightarrow q = 1 ; r = 1$

Como resultou em um número com menos do que 4 dígitos (11), completaremos com 0 à esquerda do primeiro 1, obtendo o número 3 na base binária como sendo 0011.

• 2:  $2 \div 2 \rightarrow q = 1 ; r = 0$

Utilizando a mesma justificativa anterior obtemos o 2 na base binária como sendo 0010.

• C = 12:  $12 \div 2 \rightarrow q = 6 ; r = 0$  e como  $q \geq 2$  continuaremos o processo;

•  $6 \div 2 \rightarrow q = 3 ; r = 0$  e como  $q \geq 2$  continuaremos o processo;

•  $3 \div 2 \rightarrow q = 1 ; r = 1$  e como  $q = 1$  encerramos o processo.

Obtemos então que o C na base binária é 1100.

• D = 13:  $13 \div 2 \rightarrow q = 6 ; r = 1$  e como  $q \geq 2$  continuaremos o processo;

•  $6 \div 2 \rightarrow q = 3 ; r = 0$  e como  $q \geq 2$  continuaremos o processo;

•  $3 \div 2 \rightarrow q = 1 ; r = 1$  e como  $q = 1$  encerramos o processo.

Portando, D na base binária é 1101.

Concluimos então que o código #9932CD em binário é 1001 1001 0011 0010 1100 1101.

A conversão de hexadecimal para binário pode ser simplificada com auxílio da Tabela 1. Deixamos a cargo do leitor, usar o método de divisões sucessivas para verificar a consistência da tabela.

Hex	Bin	Hex	Bin	Hex	Bin	Hex	Decimal
0	0000	4	0100	8	1000	C	1100
1	0001	5	0101	9	1001	D	1101
2	0010	6	0110	A	1010	E	1110
3	0011	7	0111	B	1011	F	1111

Tabela 1: Relação entre códigos hexadecimais e binários.

### 2.3. Os Sistemas CMY e CMYK

Os espaços de cores CMY e CMYK são geralmente usados em impressões coloridas. O espaço de cores CMY usa ciano (Cyan), magenta (Magenta) e amarelo (Yellow) como suas cores primárias. As Figuras 6 e 7 mostram dois pontos de vista diferentes do espaço de cores CMY. Neste espaço de cores, vermelho, verde e azul são as cores secundárias. Um exemplo de um objeto que utiliza o espaço de cores CMY são os cartuchos de impressoras.

No espaço de cor CMY o branco é representado por (0, 0, 0) e o preto por (1, 1, 1). O espaço de cor CMYK é uma variação no modelo CMY no qual o preto é adicionado (Cyan, Magenta, Yellow e black). O espaço de cor CMYK fecha a lacuna entre teoria e prática. Em teoria, o componente preto extra não é necessário. No entanto, a experiência com vários tipos de tintas e papéis mostrou que quando componentes iguais de tintas ciano, magenta e amarela são misturados, o resultado geralmente é um marrom escuro, não preto. Adicionar tinta preta à mistura resolve esse problema.

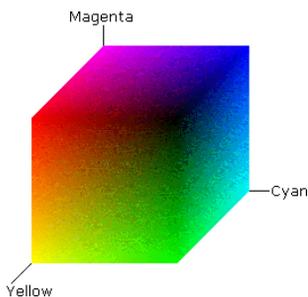


Figura 6: Cubo de cores no espaço CMY.

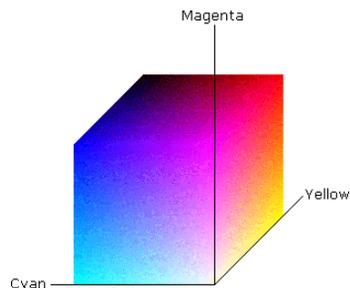


Figura 7: Cubo de cores no espaço CMY.

### 2.3.1 Conversão entre RGB e CMY

O CMY é um sistema subtrativo, pois cada uma de suas cores primárias (subtrativas) é obtida pela subtração de uma das cores primárias do RGB da luz branca. Sabemos que a representação do branco em RGB é  $(255, 255, 255)$ . Ora, se subtrairmos o vermelho do branco, o que resta é composto por verde e azul, ou seja, ciano  $((255, 255, 255) - (255, 0, 0) = (0, 255, 255))$ . Se subtrairmos o verde do branco, restará uma composição de vermelho e azul, que é magenta  $((255, 255, 255) - (0, 255, 0) = (255, 0, 255))$ . Finalmente, se subtrairmos o azul do branco, obteremos um composto que consiste de vermelho e verde, ou seja, amarelo  $((255, 255, 255) - (0, 0, 255) = (255, 255, 0))$ . Podemos então esquematizar a conversão de RGB para CMY da seguinte forma:

Componente ciano =  $255 -$  componente vermelha

Componente magenta =  $255 -$  componente verde

Componente amarela =  $255 -$  componente azul

Exemplificando, iremos converter a cor orquídea escura, de RGB  $(153, 50, 205)$ , para CMY:

Componente ciano =  $255 - 153 = 102$

Componente magenta =  $255 - 50 = 205$

Componente amarela =  $255 - 205 = 50$

Portanto, a cor orquídea escura em CMY é  $(102, 205, 50)$ .

A fim de fazer a conversão entre RGB e CMY, é usual normalizarmos os valores e utilizarmos a porcentagem das cores entre 0 e 1. Para isso, dividimos os valores das cores primárias por 255. Dessa maneira, teríamos as seguintes matrizes de conversão:

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (13)$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} \quad (14)$$

Retomando o nosso exemplo, aproveitando as porcentagens calculadas nas Equações (1), (2) e (3) da cor orquídea escura e arredondando os valores ( $60\% = 0,6$  de vermelho,  $19,61\% \approx 0,2$  de verde e  $80,39\% \approx 0,8$

de azul), podemos obter tal cor em CMY. Vejamos:

$$\begin{pmatrix} C \\ M \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0,6 \\ 0,2 \\ 0,8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,4 \\ 0,8 \\ 0,2 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Podemos conferir tais valores CMY, dividindo por 255 os valores das cores ciano, magenta e amarelo, anteriormente obtidos:

Componente ciano:

$$\frac{102}{255} = 0,4 \quad (16)$$

Componente magenta:

$$\frac{205}{255} = 0,8 \quad (17)$$

Componente amarela:

$$\frac{50}{255} = 0,2 \quad (18)$$

### 2.3.2 Conversão entre CMY e CMYK

A conversão entre os sistemas CMY e CMYK é feita, utilizando as seguintes equações:

Componente preto:

$$K = \min\{C, M, Y\} \quad (19)$$

Componente ciano no sistema CMYK:

$$C' = \frac{C - K}{1 - K} \quad (20)$$

Componente magenta no sistema CMYK:

$$M' = \frac{M - K}{1 - K} \quad (21)$$

Componente amarela no sistema CMYK:

$$Y' = \frac{Y - K}{1 - K} \quad (22)$$

onde  $C'$ ,  $M'$ ,  $Y'$  são os valores de ciano, magenta e amarelo, respectivamente, em CMYK.

Observe que, ao introduzirmos um canal para o preto no sistema CMYK, menos intensidade será necessária nos outros três canais. Por isso, ao acrescentarmos o preto, subtraímos a quantidade deste das três componentes do sistema CMY. Além disso, dividimos por  $1 - K$  para determinar as proporções relativas de ciano, magenta e amarelo para as cores remanescentes. Vale destacar ainda que no CMYK ideal um dos valores  $C$ ,  $M$  ou  $Y$  é sempre zero.

Então, para converter a cor orquídea escura de CMY (0,4; 0,8; 0,2) para CMYK, precisamos primeiramente calcular o valor do preto ( $K$ ):

$$K = \min\{C, M, Y\} = \min\{0,4; 0,8; 0,2\} = 0,2$$

Depois, temos:

$$C' = \frac{0,4 - 0,2}{1 - 0,2} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25 \quad (23)$$

$$M' = \frac{0,8 - 0,2}{1 - 0,2} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75 \quad (24)$$

$$Y' = \frac{0,2 - 0,2}{1 - 0,2} = \frac{0,0}{0,8} = 0,0 \quad (25)$$

Note que a cor orquídea escura pode ser obtida misturando tanto  $C = 0,4$ ,  $M = 0,8$ ,  $Y = 0,2$  quanto  $C' = 0,25$ ,  $M' = 0,75$ ,  $K = 0,2$ . Na obtenção de uma mesma cor, a utilização da tinta preta permite o uso de menos tinta colorida. Com isso, nós finalizamos a conversão da cor orquídea escura de CMY para CMYK.

### 2.3.3 Conversão entre RGB e CMYK

Observe que já realizamos a conversão de RGB para CMYK. Com efeito, inicialmente convertemos valores RGB para CMY e, posteriormente, de CMY para valores CMYK. No entanto, podemos fazer isso diretamente, utilizando as fórmulas a seguir, resultantes de simples manipulação algébrica das equações anteriores [4]:

Componente preta:

$$K = 1 - \max\{R, G, B\} \quad (26)$$

Componente ciano no sistema CMYK:

$$C' = \frac{1 - R - K}{1 - K} \quad (27)$$

Componente magenta no sistema CMYK:

$$M' = \frac{1 - G - K}{1 - K} \quad (28)$$

Componente amarela no sistema CMYK:

$$Y' = \frac{1 - B - K}{1 - K} \quad (29)$$

onde  $R, G, B$  são as porcentagens, respectivamente, de vermelho, verde e azul, apresentadas entre 0 e 1. Substituindo, por exemplo, os valores percentuais da cor orquídea escura em RGB (0,6 de vermelho, 0,2 de verde e 0,8 de azul), obtemos:

Componente preta:

$$K = 1 - \max\{0,6; 0,2; 0,8\} = 1 - 0,8 = 0,2 \quad (30)$$

Componente ciano:

$$C' = \frac{1 - 0,6 - 0,2}{1 - 0,2} = \frac{0,2}{0,8} = 0,25 \quad (31)$$

Componente magenta:

$$M' = \frac{1 - 0,2 - 0,2}{1 - 0,2} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75 \quad (32)$$

Componente amarela:

$$Y' = \frac{1 - 0,8 - 0,2}{1 - 0,2} = \frac{0,0}{0,8} = 0,0 \quad (33)$$

Portanto, temos a cor orquídea escura em CMYK (25%; 75%; 0%; 20%).

Também por simples manipulação algébrica, podemos obter as fórmulas de conversão de CMYK para RGB. São elas:

Componente vermelha:

$$R = 255 \times (1 - C') \times (1 - K) \quad (34)$$

Componente verde:

$$G = 255 \times (1 - M') \times (1 - K) \quad (35)$$

Componente azul:

$$B = 255 \times (1 - Y') \times (1 - K) \quad (36)$$

onde  $C'$ ,  $M'$ ,  $Y'$ ,  $K$  são, respectivamente, os valores de ciano, magenta, amarelo e preto, em CMYK, apresentados entre 0 e 1. Novamente, substituindo os valores CMYK (0,25; 0,75; 0,0; 0,2) da cor orquídea escura, temos:

Componente vermelha:

$$R = 255 \times (1 - 0,25) \times (1 - 0,2) = 153 \quad (37)$$

Componente verde:

$$G = 255 \times (1 - 0,75) \times (1 - 0,2) = 51 \quad (38)$$

Componente azul:

$$B = 255 \times (1 - 0,0) \times (1 - 0,2) = 204 \quad (39)$$

Note que os valores obtidos são aproximados, mas não exatamente os do RGB (153, 50, 205) da cor orquídea escura. Isso é devido aos arredondamentos realizados nos cálculos. Vale lembrar também que o espaço de cores do sistema RGB é mais amplo do que o espaço de cores do CMYK.

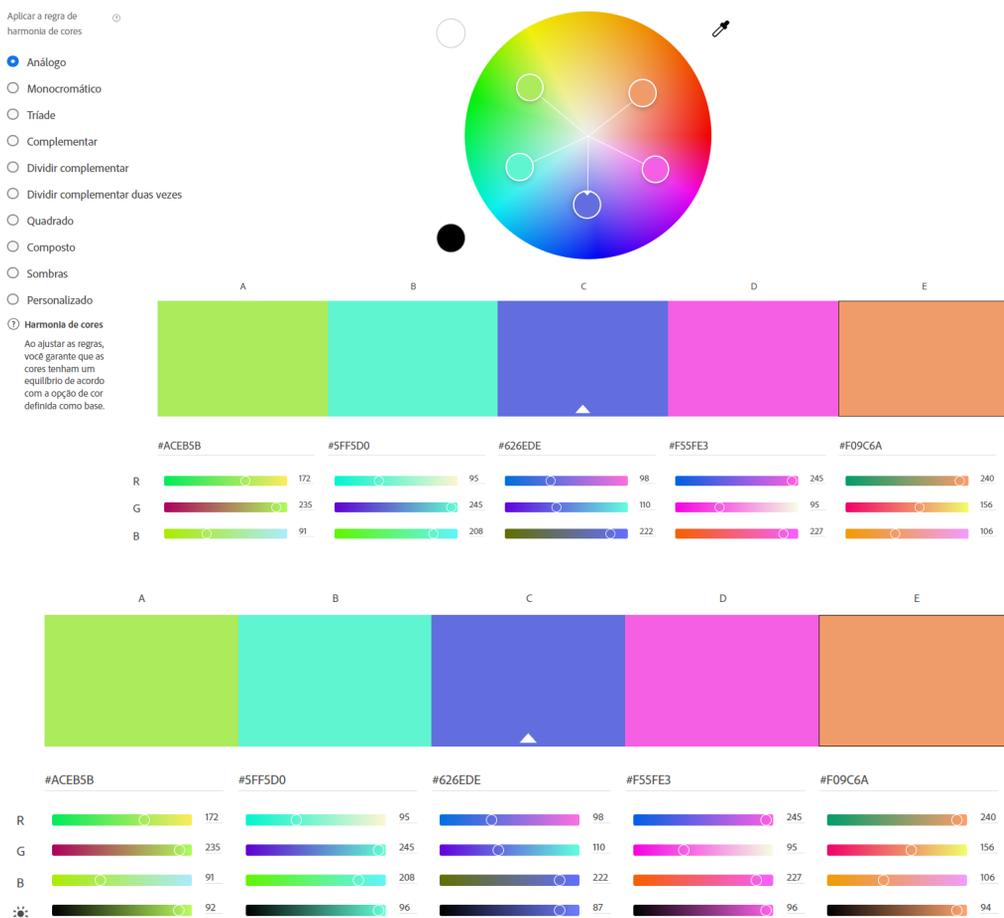
### 3. Atividade complementar

Na implementação destas atividades sobre a matemática das cores, é necessário conhecimento de como são feitos os cálculos sobre as cores RGB e conversão de base.

A atividade pode ser realizada com o auxílio de equipamento eletrônico (computador, notebook ou celular). Mas, pensando de forma socioeconômica, visando principalmente as escolas públicas de ensino regular, a atividade foi elaborada de modo que possa ser executada com recursos acessíveis. A atividade complementar tem como objetivo mostrar aos alunos o envolvimento da Matemática em outras áreas de estudo. Nesse caso, com a disciplina de artes pelas representações das cores e ciência/biologia pelo sistema de visão humana.

#### 3.1. Preparando o material da atividade

1. Acesse o site do Adobe Color: <https://color.adobe.com/pt/create/color-wheel>. Neste site, é possível obter diversas cores que podem ser utilizadas na atividade;
2. O site irá lhe disponibilizar o recurso de escolher algumas cores contendo os valores decimais de cada cor aditiva que compõe o RGB (Red, Green, Blue). No site, em *Harmonia de cores*, selecione *Personalizado*; com o mouse sobre uma das cores, clique em *Alterar cor* ; por fim, remova uma das amostras;
3. Ao selecionar as cores aditivas desejadas, com o recurso de ferramenta *Print*, iremos selecionar e salvar os campos de informações contendo 5 cores de forma ilustrativa e os seus valores RGB;

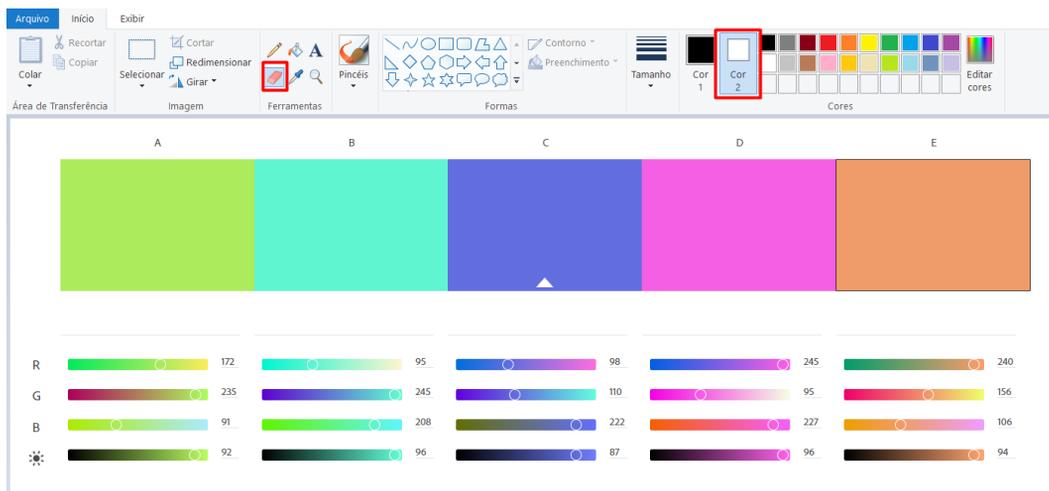


4. Usando outro recurso tecnológico, o *Microsoft Paint* (software disponível no sistema operacional Windows da Microsoft), iremos remover as informações dos valores hexadecimais com o uso da ferramenta borracha na cor branca, pois serão valores encontrados pelos alunos ao realizar atividade;

5. Salvaremos a imagem e ele está pronto para ser impresso para os alunos.

### 3.2. Realizando a atividade em sala de aula

1. Distribuiremos a atividade impressa para cada aluno;
2. Identificaremos juntamente com os alunos, os valores decimais de cada cor atribuída;
3. Orientaremos que será preciso identificar a porcentagem de cada cor aditiva e, em seguida, seus valores hexadecimais;
4. Ao fim da atividade é possível fazer a sua correção usando uma versão impressa da solução ou o recurso do site Adobe Color que ilustra as características de cada cor.



### 3.3. Preparando a segunda atividade

1. Continuaremos utilizando o site do Adobe Color (<https://color.adobe.com/pt/create/color-wheel>) para auxiliar na atividade;
2. Escolheremos novamente as nossas cores aditivas que queremos trabalhar e utilizando o *Print* vamos salvar a imagem contendo 5 cores com os seus valores RGB decimais e hexadecimais;



3. Novamente iremos usar o *Microsoft Paint* para remover algumas informações. Nesse caso, iremos deixar os valores hexadecimais e apagaremos os valores decimais, já que trabalharemos com a conversão de RGB hexadecimal para RGB decimal e depois converter de RGB para CMYK;



4. Por fim, iremos salvar a imagem, imprimir e entregar para os alunos.

### 3.4. Realizando a segunda atividade

1. Iremos novamente distribuir as folhas para os alunos;
2. Juntamente com eles, vamos identificar os valores hexadecimais e explicar que eles deverão convertê-los para decimais;
3. Após isso, temos que dizer que eles deverão utilizar os valores RGB encontrados para convertê-los para CMYK;
4. Após eles realizarem a atividade, os alunos poderão conferir se estão certos utilizando algum conversor de RGB para CMYK, como o conversor do site Aspose (<https://products.aspose.app/svg/pt/color-converter/rgb-to-cmyk>).

### 3.5. Considerações finais sobre a atividade

Outros aplicativos podem ser utilizados para a realização da atividade como o aplicativo gratuito Inkscape (<https://inkscape.org/pt>). Os professores também podem sugerir que os alunos realizem conversões da base hexadecimal ou decimal para binário.

## 4. Conclusão

Concluímos com esse artigo que o sistema RGB é utilizado nos meios digitais, tendo como principal finalidade a reprodução de cores nos dispositivos eletrônicos. O CMYK, por sua vez, é utilizado em impressões e trata-se de um sistema de cor subtrativo. Esperamos que ao fim desse artigo, o leitor tenha entendido a matemática por trás dos conceitos de cores estudados, os quais englobam transformações entre bases, o significado de cada código hexadecimal e como transformar esses códigos em base binária, que é a linguagem das máquinas. Além disso, consideramos que o leitor seja capaz de identificar quando a cor está escrita em código CMYK, realizar a conversão para RGB e vice-versa, bem como calcular a porcentagem de cada cor primária nas misturas de cores. Assim, o leitor também poderá compreender a importância da Matemática para o funcionamento tecnológico.

## Referências

- [1] ROCHA, João Carlos. Cor luz, cor pigmento e os sistemas RGB e CMY. Revista Belas Artes, v. 3, n. 2, 2010.
- [2] BARRIGIO, Leandro Mendes. Representação matemática do espectro de luz visível. 179f. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- [3] INSTITUTO SIDARTA. A matemática por trás das cores do computador. Mentalidades matemáticas. Disponível em: <https://mentalidadesmatematicas.org.br/a-matematica-por-tras-das-cores-do-computador/>
- [4] YASEEN, Rashed; MAHMOOD, Riyadh; HASAN, Mohamed. Color Spaces Representation and Its Role in the Architectural Design. International Review of Civil Engineering (I.R.E.C.E.), Vol. 9, N. 5, 2018.

Cleyton Picoli  
Universidade Federal do Espírito Santo  
<[cleyton.sales@edu.ufes.br](mailto:cleyton.sales@edu.ufes.br)>

Mariana Ferrari de Oliveira  
Universidade Federal do Espírito Santo  
<[mari\\_fo@hotmail.com](mailto:mari_fo@hotmail.com)>

Gilberto Ramos  
Universidade Federal do Espírito Santo  
<[ramoschagas@gmail.com](mailto:ramoschagas@gmail.com)>

Alcebiades Dal Col  
Universidade Federal do Espírito Santo  
<[alcebiades.col@ufes.br](mailto:alcebiades.col@ufes.br)>

Recebido: 09/05/2024

Publicado: 12/12/2024