

Imagens Digitais

Prof. Jefferson T. Oliva
jeffersonoliva@utfpr.edu.br

Processamento de Imagens
Engenharia de Computação
Departamento Acadêmico de Informática (Dainf)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Campus Pato Branco

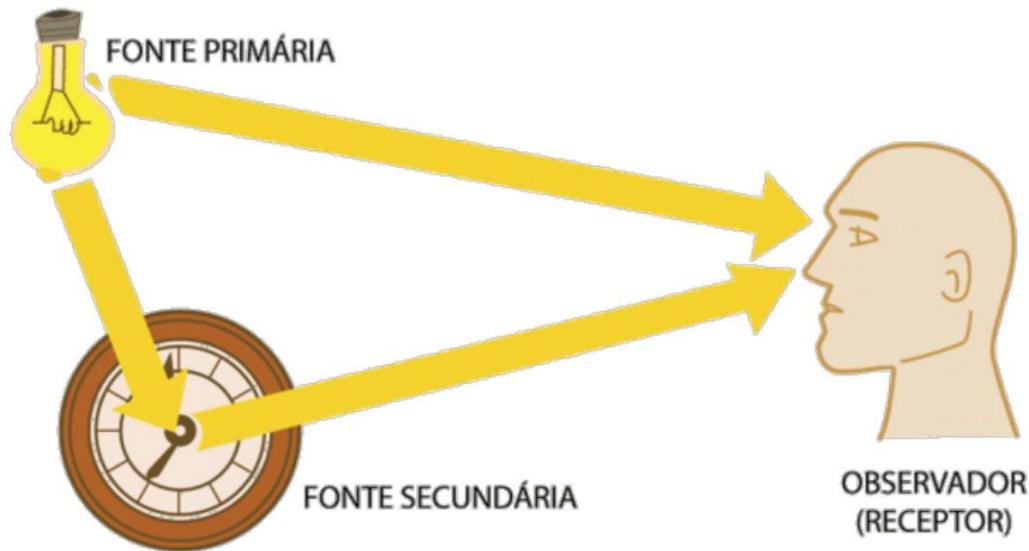


This work is licensed under a Creative Commons "Attribution-ShareAlike 4.0 International" license.



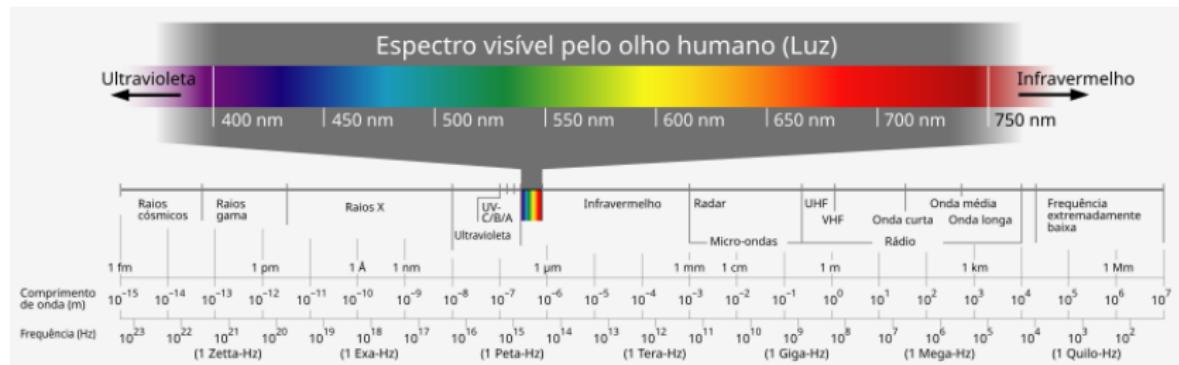
- Sistema de Visão Humana
- Imagem Digital
- Aquisição de Imagens
- Imagem Colorida
- Biblioteca OpenCV
- Visualizado Imagens com Python

- Visão Humana



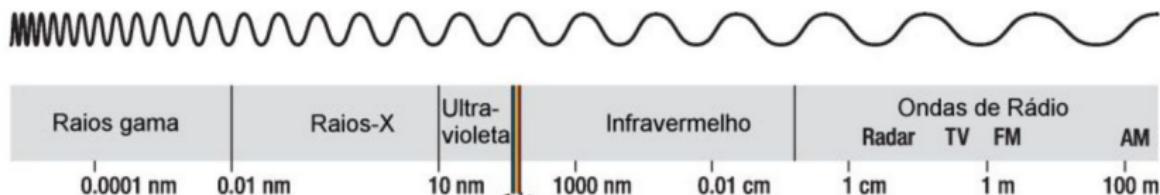
Introdução

- Espectro
 - Dividido em bandas
 - Varia raios gama (alta frequência / maior energia) até ondas de rádio (baixa frequência / baixa energia)



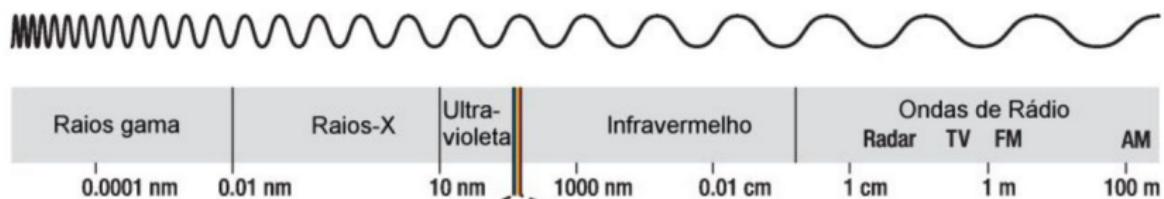
• Espectro

- Humanos são limitados à banda visual do espectro eletromagnético
- Nenhuma cor termina abruptamente, cada faixa se mistura gradativamente à próxima
- Os aparelhos/dispositivos de processamento de imagens não, já que consideram fontes que os humanos não estão acostumados a associar com imagens



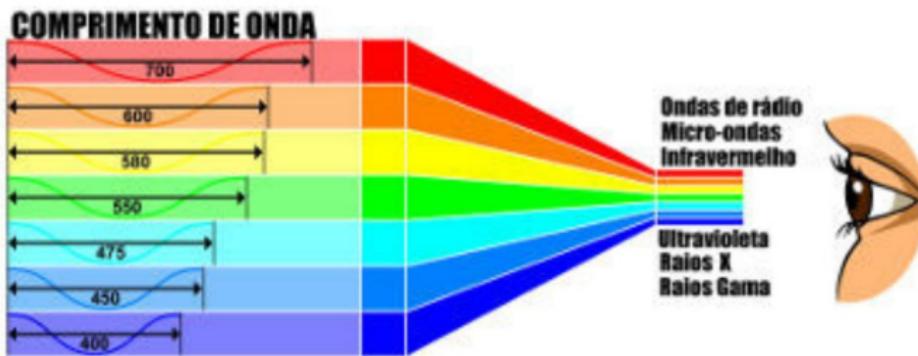
• Espectro

- Uma fonte que emite radiação com ondas de comprimentos diferentes contém diversas tonalidades de cores
- Uma fonte que emite radiação com um comprimento de onda único é chamada de monocromática



- Espectro

- O olho humano percebe comprimentos de onda diferentes de luz como cores distintas
- A faixa visível de cores varia de pessoa para pessoa e se estende, aproximadamente, de 370 nm (violeta) a 750 nm (vermelho)
- Nenhuma radiação eletromagnética com o comprimento fora da faixa visível é perceptível pelo olho humano



Introdução

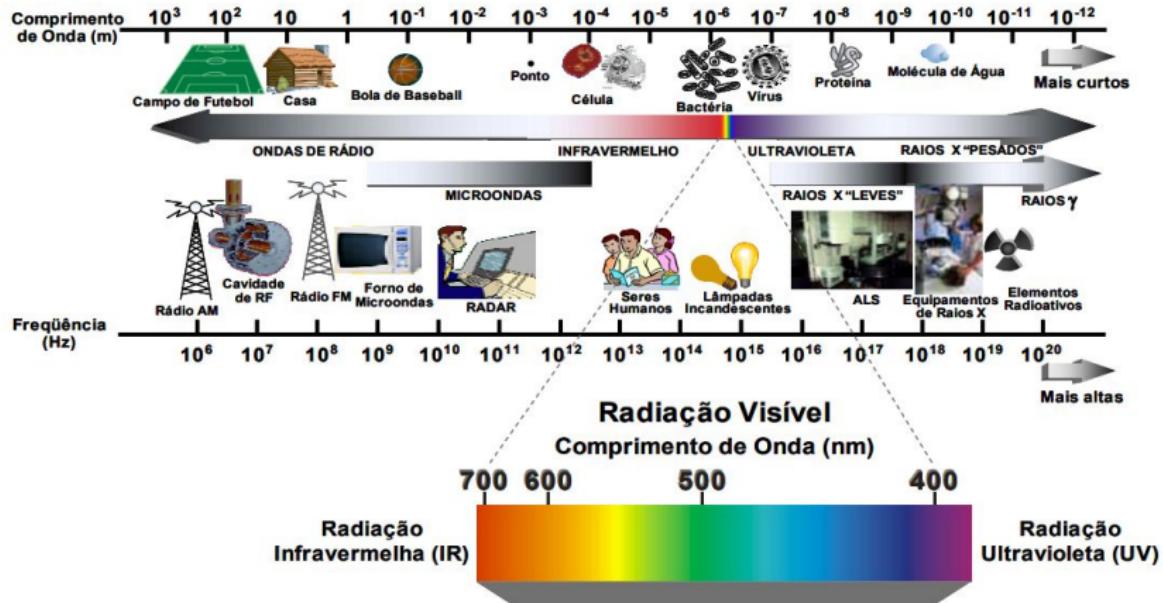
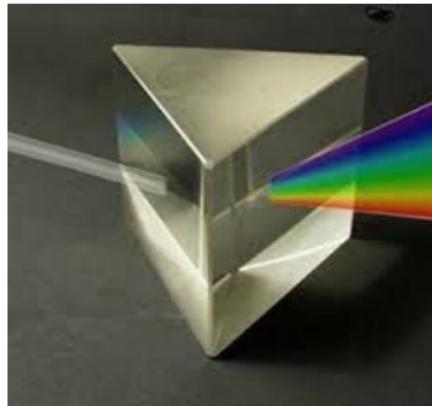


Fig. 2 - Espectro eletromagnético.

- O espectro de luz visível, consiste de um espectro contínuo de cores variando do violeta ao vermelho
- Caso cada ponto de uma imagem tiver apenas 1 amostra: preto e branco; escala/níveis de cinza
- Caso cada ponto de uma imagem tiver 3 amostras: RGB (*red* – vermelho; *green* – verde; *blue* – azul)

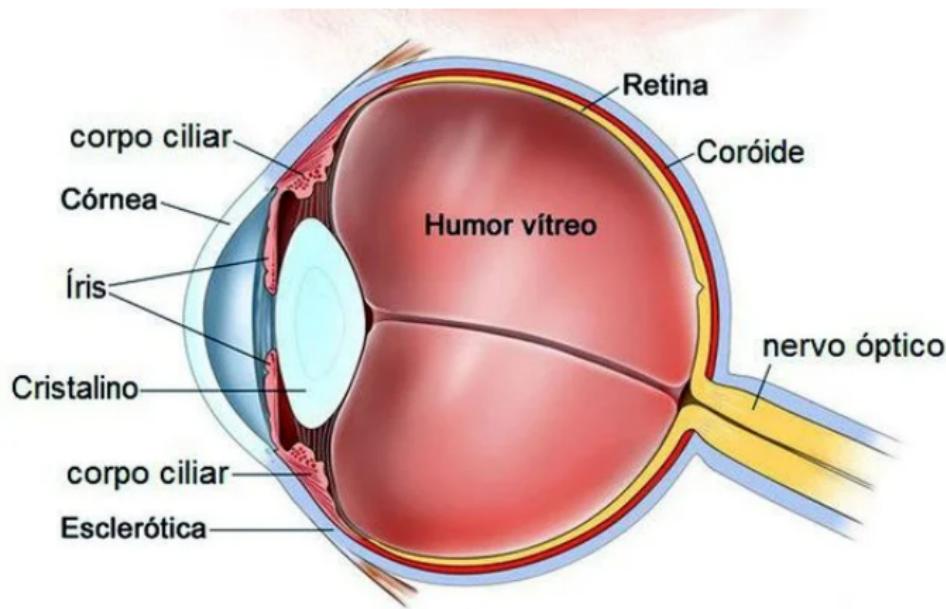
Se cada ponto tiver 4 amostras: RGBA, onde A é o canal alfa (opacidade)

- Em 1666, Isaac Newton descobriu que o feixe de luz solar é decomposta ao passar no prisma



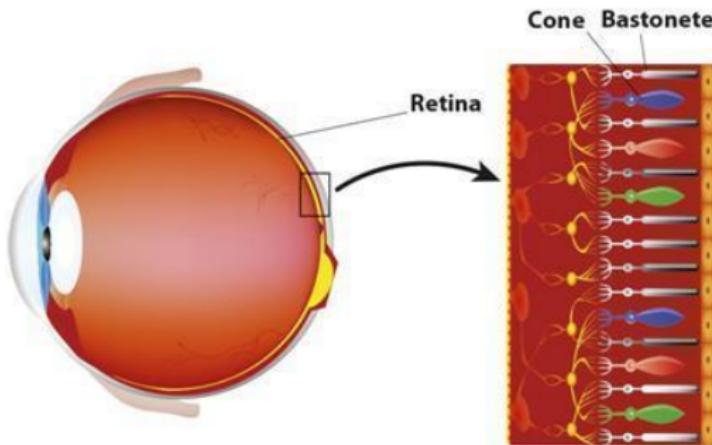
Sistema de Visão Humana

- Estrutura do olho humano



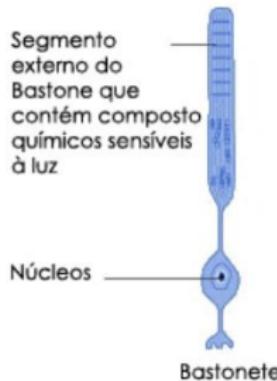
Sistema de Visão Humana

- Visão: resposta ao estímulo luminoso que atravessa camadas transparentes da retina, chegando aos cones e bastonetes, gerando reações fotoquímicas



- Bastonetes

- Cada olho possui de 75 a 150 milhões bem distribuídos na superfície da retina
- Altamente sensíveis à luz, mas não diferenciam as cores
- Baixa resolução para detalhes
- Objetos coloridos à luz do dia parecem acinzentados sob o luar

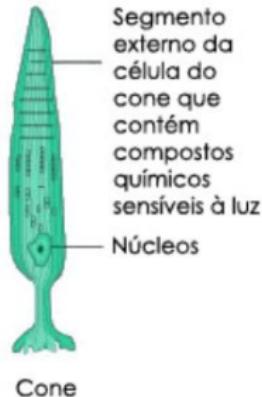


- Cones

- Cada olho possui de 6 a 8 milhões de cones na região central da retina
- Sensíveis a cores e possuem boa resolução para detalhes
- Funcionam sob boas condições de iluminação
- Existem 3 tipos de cones de acordo com a sensibilidade de faixas do espectro de luz: azul (ondas curtas), verde (ondas médias) e vermelho (ondas longas)

- Cones

- Radiações luminosas de cores diversas podem ser obtidas por combinações das três cores primárias: vermelho, verde e azul



- Daltonismo

- Dificuldade em diferenciar cores
- Forma mais frequente do daltonismo: incapacidade para distinguir ou perceber o vermelho e o verde
- Forma menos frequente do daltonismo: incapacidade para distinguir ou perceber o azul e o amarelo
- Apenas um número muito pequeno de pessoas sofre de verdadeira incapacidade para ver todas as cores
- Os cones dos daltônicos não existem em número suficiente ou apresentam alguma alteração, impedindo o indivíduo de diferenciar as cores nas diversas tonalidades

- Daltonismo

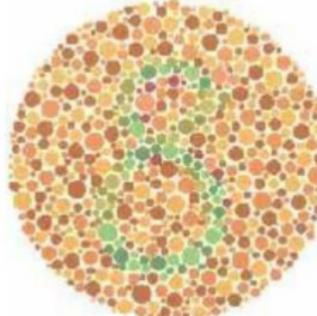
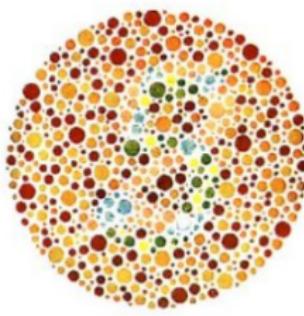
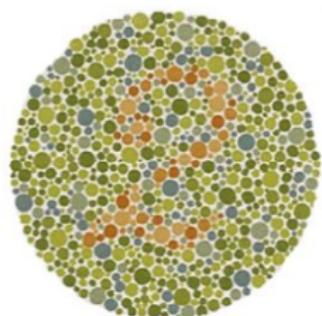
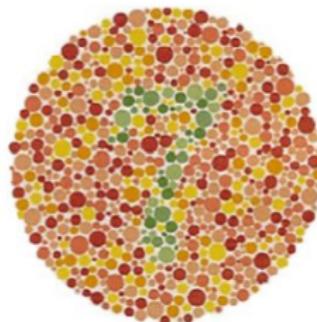
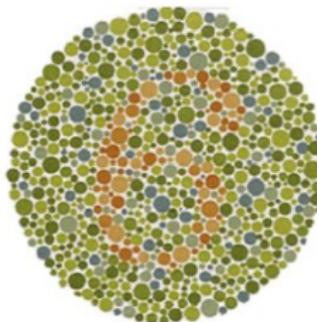
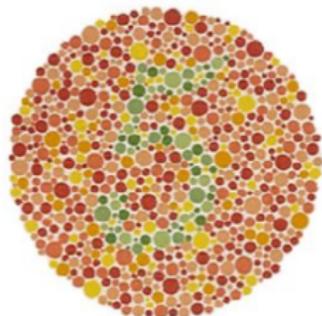
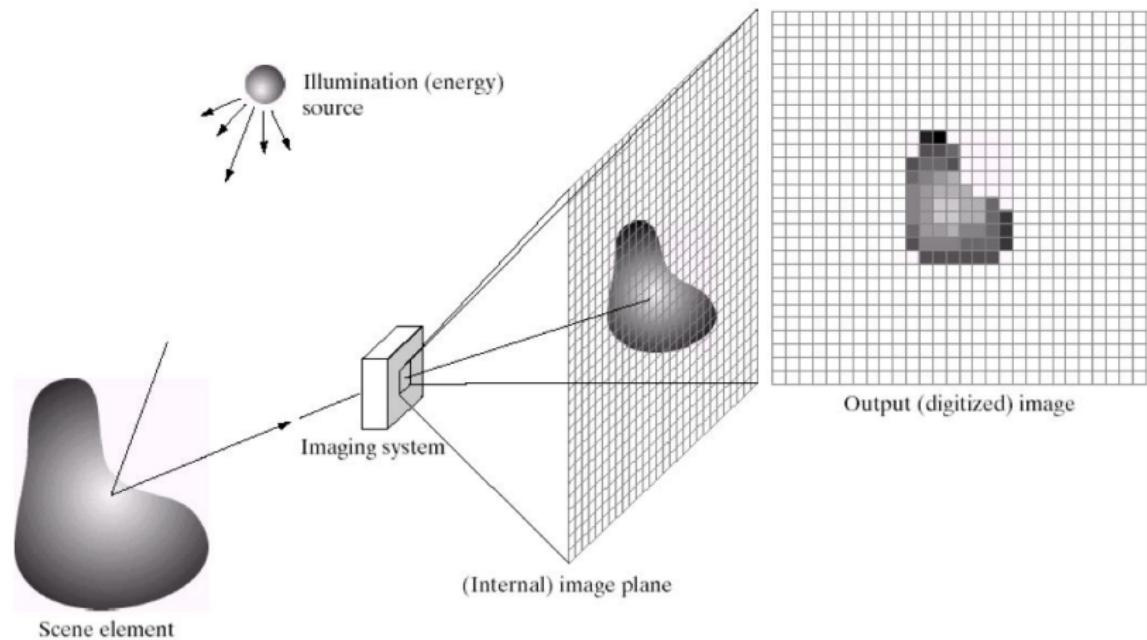


Imagen Digital

- Imagem digital é a representação de uma figura/foto armazenada em um dispositivo de armazenamento
- Uma imagem digital podem ser:
 - Matricial: representada por meio de matriz de pixels, onde cada elemento caracteriza um ponto da imagem
 - Pixel é denominado como o menor elemento (ponto) de uma imagem
 - Em uma imagem digital colorida, cada pixel pode ser resultado de uma combinação de cores, por exemplo, na codificação RGB (do inglês *red*, *green*, *blue*), cada ponto é determinado pela mistura das cores vermelha, verde e azul
 - Vetorial: armazena apenas parâmetros de suas formas geométricas, como coordenada de pontos, linhas, curvas, etc

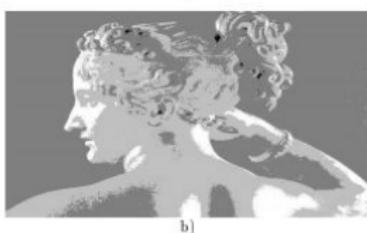
- Imagem digital (matricial)
 - Pode ser denominada como uma função bidimensional de intensidade da luz $f(x, y)$, onde x e y são coordenadas espaciais (posição) na matriz e o valor de f representa uma intensidade luminosa
 - Caso a imagem seja monocromática, cada elemento da matriz é representado por escala de cinza, cujo valor varia de 0 (preto) a 255 (branco)
 - É composta por um número finito de pixels, cada um em uma posição (i, j) e possuindo valor específico
 - Principal vantagem: representação simples
 - Principal desvantagem: ocupa muito espaço



- Cada imagem pode ser representada uma matriz $n \times m$ com r níveis de cinza



256 níveis
de cinza



16 níveis
de cinza



2 níveis
de cinza

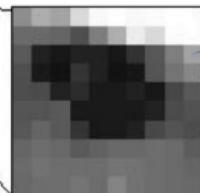
- Cada imagem pode ser representada uma matriz $n \times m$ com r níveis de cinza
 - Um pixel de uma imagem em escala de cinza pode ter valores entre 0 (preto) e r (branco)



Imagen Digital

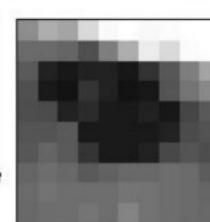


Imagen Digital



Pixel

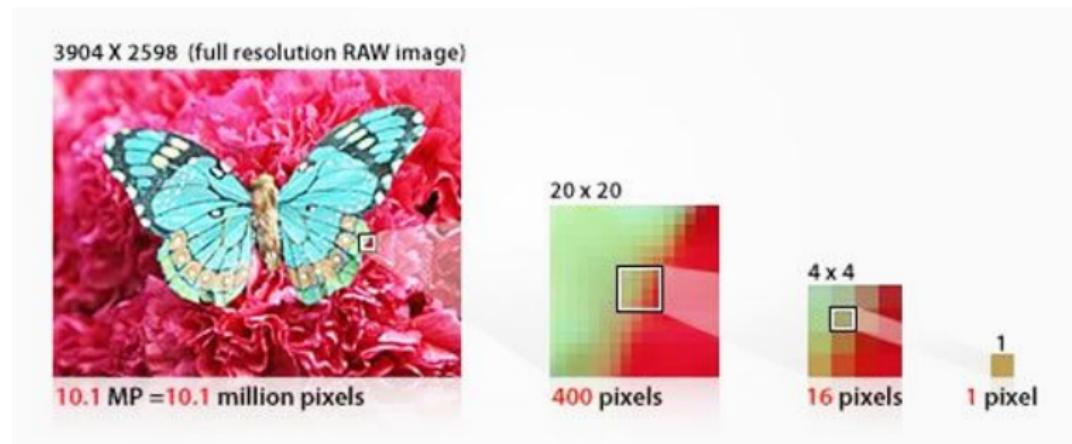
Níveis de cinza
(intensidade luminosa)



A imagem é uma matriz bidimensional

142	174	164	218	250	255	260	252	256	256
107	107	102	80	127	174	237	218	252	256
90	34	24	34	34	24	51	88	127	164
80	26	19	53	34	19	24	85	117	137
78	76	34	44	26	26	34	24	71	90
88	88	90	26	26	26	34	76	83	83
88	102	90	53	26	26	34	73	85	78
102	110	105	90	98	105	106	110	107	93
107	115	110	110	110	117	115	110	107	102
105	110	110	117	110	132	115	110	107	105

- Quando é mencionado a resolução em pixels (para TV, monitores, smartphones, tablets), significa a quantidade de pontos (quadradinhos) que um dispositivo pode reproduzir por vez
 - Quanto maior, melhor a qualidade da imagem
 - Uma tela Full HD possui 1.920 (largura) × 1.080 (altura) pixels, ou seja, 2.073.600 pixels no total
 - Tela 4k (3.840×2.160 pixels) reproduz 8.294.400 pixels
 - Tela 8k (7.680×4.320 pixels) reproduz 33.177.600 pixels
- Em câmeras fotográficas digitais, o termo megapixel (MP, milhão de pixels) refere-se à capacidade do sensor para captura de pixels em uma fotografia
 - Por exemplo, uma câmera de 48 MP é capaz de captar imagens de até 8.000×6.000 pixels



- Imagens podem ser armazenadas em diversos formatos
 - bmp (*bitmap*)
 - gif (*graphics interchange format*)
 - jpg (*joint photographic group*)
 - png (*portable network graphics*)
 - Entre outros

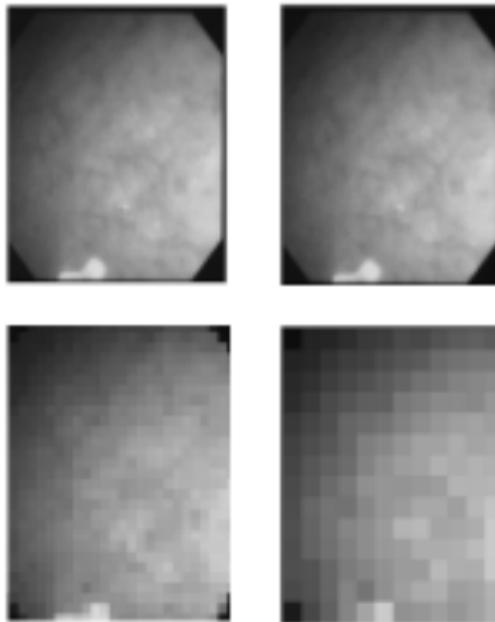
Aquisição de Imagens

- Uma imagem pode ser processada em um computador se a mesma estiver no formato digital
- Uma imagem pode ser criar por meio de
 - Software
 - Dispositivo
- Um dispositivo (e.g. câmera digital) convertem a radiação incidente em informação
 - Essa radiação é detectada por um sensor
 - A energia incidente resultante da radiação é transformada em um sinal digital

- Para uma cena ou imagem, o processo de amostragem possibilita a geração uma matriz bidimensional de $N \times M$ pixels
- Taxa de amostragem em imagens: descreve a quantidade pixels utilizados em uma faixa da imagem (por exemplo, quantidade de pixels no espaço de um centímetro ou uma polegada)
 - Quanto maior a taxa de amostragem, maior é a resolução da imagem
 - A resolução de imagens geralmente é mensurada pela unidade de medida dpi (*dots per inch*, ou pontos por polegadas)

Aquisição de Imagens

- Exemplo de imagem em diferentes resoluções



Fonte: adaptado de Martins (2015).

- Cada pixel é representado por uma sequência de bits
 - Quantização
 - Quanto maior a quantidade de bits, maior é o número de tonalidades de cor
 - Por exemplo, 8 bits possibilita 256 cores diferentes, com valores entre 0 e 255
 - Geralmente, cada pixel é uma combinação de tonalidades de três cores
 - Exemplo: na codificação RGB (*red, green, blue*), cada pixel é uma combinada de tonalidades de vermelho, verde e azul

- Ao adquirir a imagem, a função contínua é amostrada e a sua amplitude quantizada
- Como resultado, a imagem digital é a representação da imagem contínua por um array 2D de amostras discretas
- Valores de pixel geralmente representam níveis de cinza, cores, opacidade, etc
- Digitalização implica que uma imagem digital é uma aproximação de uma cena real

Imagen Colorida

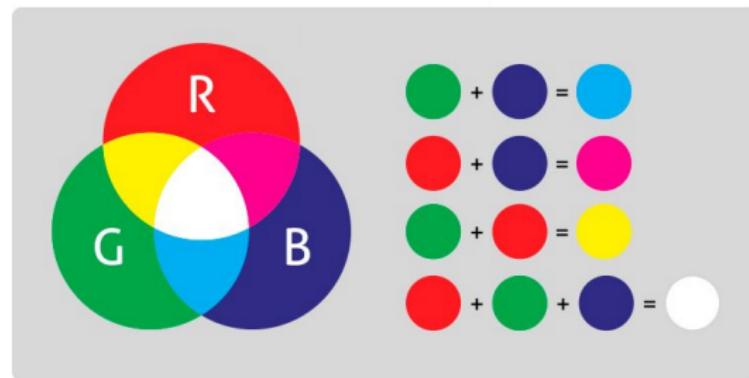


- A luz pode ser:
 - Acromática (sem cores), que tem apenas um atributo, que é a intensidade (escalar do preto ao branco)
 - Cromática (com cores), que possui três atributos:
 - Luminância: também chamado de intensidade luminosa, determina o quanto brilhante é uma luz (se mede com base em uma escala de preto para branco)
 - Matiz (Hue): comprimento de onda dominante da cor, ou seja, determina a cor
 - Saturação: mede a pureza relativa da cor ou quantidade de luz branca misturada com um matiz
 - Para a padronização das especificações, foram criados os formatos de cores

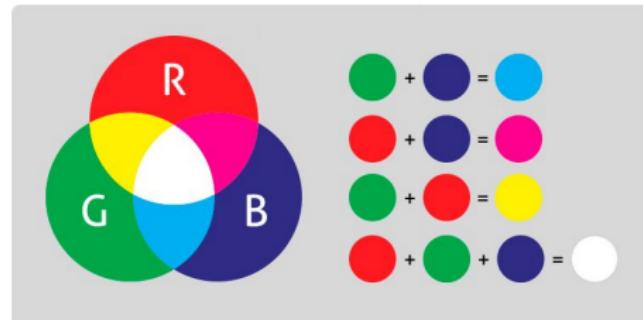
- O formato de cor é o modo com que as imagens são armazenadas e organizadas
 - Inclui as cores e toda a estrutura que permite a associação das cores
- Uma amostra (ou um único canal) por ponto: preto e branco ou níveis de cinza
 - Essas cores possuem saturação uniforme para todos os comprimentos de onda, sendo diferenciadas apenas pelo brilho

15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255
15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225	240	255

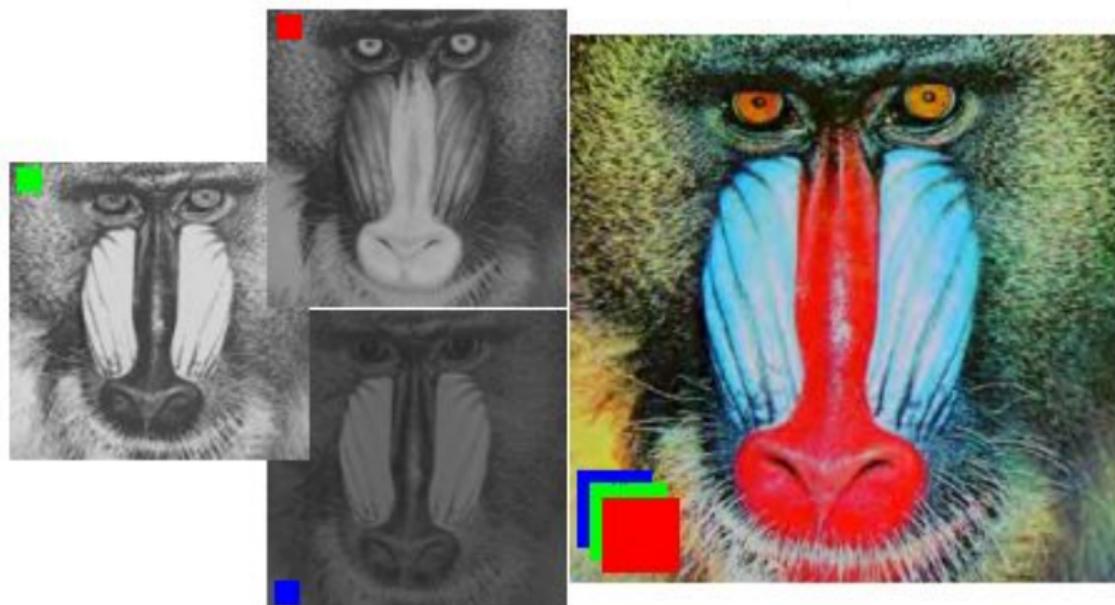
- Três amostras (ou canais) por ponto:
 - As cores primárias são as 3 cores que um sistema utiliza para produzir outras cores
 - As cores podem ser produzidas a partir de uma combinação das primárias
 - O universo de cores que podem ser reproduzidas por um sistema é chamado de espaço de cores



- Três amostras (ou canais) por ponto:
 - A formação da cor é definida na seguinte forma:
$$C = xR + yG + zB$$
 - Se $x = y = z$, a cor é preta ($x = 0$) ou branca ($x = 1$)
 - Se $x = y$ e $z = 0$, a cor é amarela
 - Se $y = z$ e $x = 0$, a cor é ciana
 - Se $x = z$ e $y = 0$, a cor é magenta



- Três amostras (ou canais) por ponto:



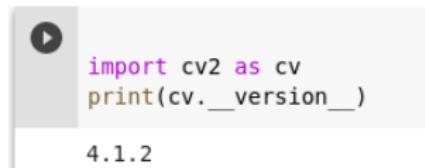
Biblioteca OpenCV

- *Open source computer vision library*
- Biblioteca de código aberto
- Implementada na linguagem C++
- Inicialmente desenvolvida pela Intel
- Possui módulos para processamento de imagens e vídeos, como detecção de objetos, reconhecimento facial, edição de fotos e vídeos, entre outras funcionalidades
- Pode ser utilizada em diversas linguagens de programação, como C++, Java, Python, Ruby, entre outras

- É compatível com várias plataformas, por exemplo, Android, IOS, Linux, Windows
- Utilizada em diversas aplicações
 - Detecção e identificação de movimentos
 - Gravação e edição de imagens e de vídeos
 - Realidade virtual
 - Robótica
 - Sistemas de detecção de objetos e de reconhecimento facial
 - entre outras

- Alguns dos principais módulos do OpenCV
 - *core*: estruturas de dados e funções básicas para o uso em outros módulos
 - *imgproc*: métodos para processamento de imagens
 - *video*: ferramentas para leitura e escrita de vídeos
 - *calib3d*: recursos para trabalhar com imagens em 3D
 - *features2d*: algoritmos para detecção/descritores de características
 - *objdetect*: métodos para a detecção de objetos

- Página oficial da OpenCV: <https://opencv.org/>
- Instruções para a instalação do OpenCV-Python:
https://docs.opencv.org/4.x/da/df6/tutorial_py_table_of_contents_setup.html
- Verificar, em código Python, se o OpenCV foi instalado:



```
import cv2 as cv
print(cv.__version__)
```

4.1.2

A screenshot of a Jupyter Notebook cell. The cell contains the following Python code:

```
import cv2 as cv
print(cv.__version__)
```

The output of the cell is "4.1.2", displayed below the code. A play button icon is visible at the top left of the cell.

- No Colab, o OpenCV já vem instalado

Visualizando Imagens com Python

- No código disponibilizado para essa aula são apresentadas quatro formas para a visualização de imagens, cada uma utilizando uma biblioteca diferente:
 - PIL
 - IPython
 - Matplotlib
 - cv2

Visualizando Imagens com Python

- PIL (Python Image Library)

```
from PIL import Image
```

Abrir imagem

```
img = Image.open('exemplo_imagem.jpg')
```

Visualizar imagem

```
img.show()
```

Visualizando Imagens com Python

- IPython

```
from IPython import display
```

```
display.Image('exemplo_imagem.jpg')
```

- Matplotlib

```
import matplotlib.pyplot as plt  
from matplotlib import image
```

```
img2 = image.imread('exemplo_imagem.jpg')
```

Visualizando Imagens com Python

- cv2 (OpenCV)

```
import cv2

img3 = cv2.imread('exemplo_imagem.jpg', 0)
imR = cv2.resize(img3, (960, 540))

cv2.imshow('arquivo', imR)
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()
```

- OpenCV é escrito em C++
- As outras abordagens apresentadas anteriormente são escritas em Python
 - PIL, por exemplo, tem parte do código escrito em C
- OpenCV pode ser mais rápida e foi desenvolvida para ser eficiente computacionalmente
- Por fim, OpenCV tem uma vasta gama de bibliotecas para visão computacional

Referências I

-  Borges, L. E.
Python para desenvolvedores.
Novatec, 2017.
-  Bradski, G.
The openCV library.
Dr. Dobb's Journal: Software Tools for the Professional Programmer, v. 25, n. 11, p. 120-123, 2000.
-  Gonzalez, R. C., e Woods, R. E.
Processamento de imagens digitais.
Editora Blucher, 2000.

Referências II



Martins, A. C. G.

Notas de aula – Fundamentos de Processamento de Imagens.
Sorocaba, 2015.

Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/antonio/imagens.pdf>.
Acesso em: 10/12/2021.



Oliveira, M. M.

Notas de aula – Fundamentos de Processamento de Imagens.
Porto Alegre, 2010.

Disponível em: http://www.inf.ufrgs.br/~oliveira/Cursos/INF01046/INF01046_descricao_2010_2.html.
Acesso em: 10/12/2021.



Prateek, J., Millan, E. D., e Vinivius, G.

OpenCV by Example.
Packt Publishing, 2016.



Villán, A. F.
Mastering OpenCV 4 with Python.
Packt Publishing, 2019.