



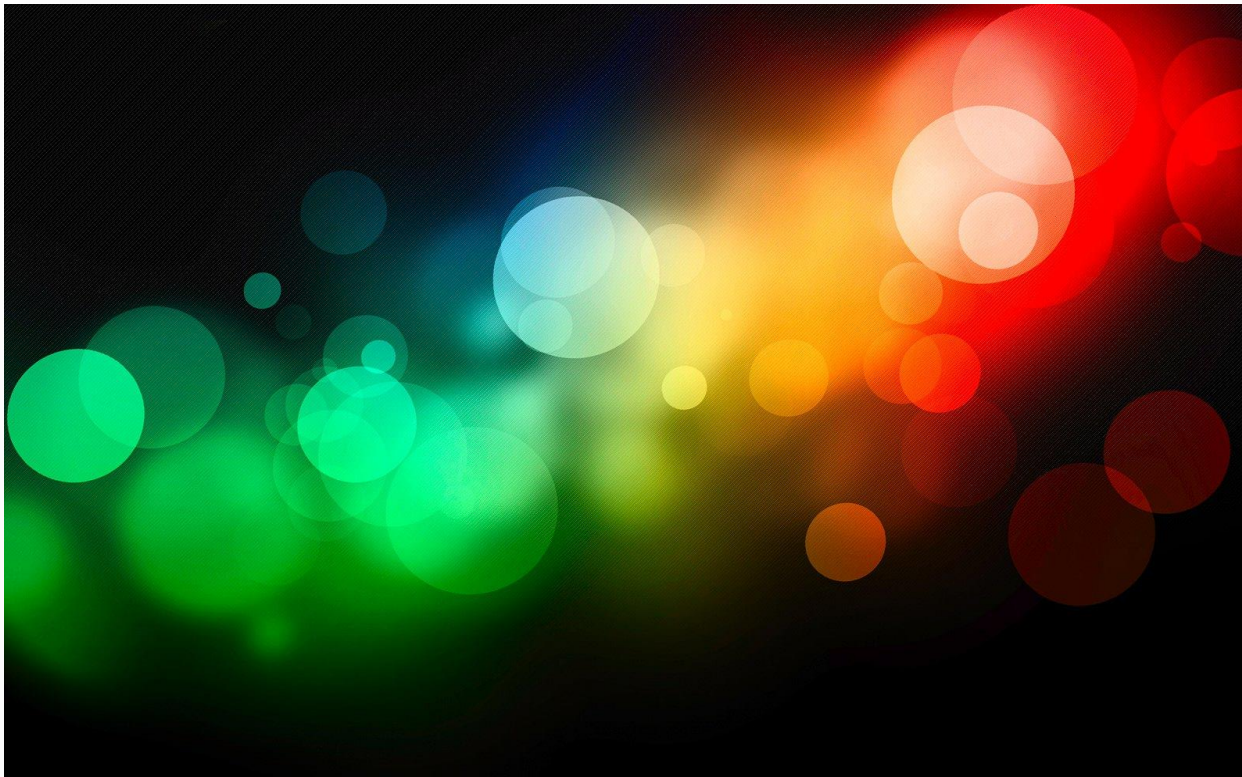
Conceitos de Visão por Computador

2

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

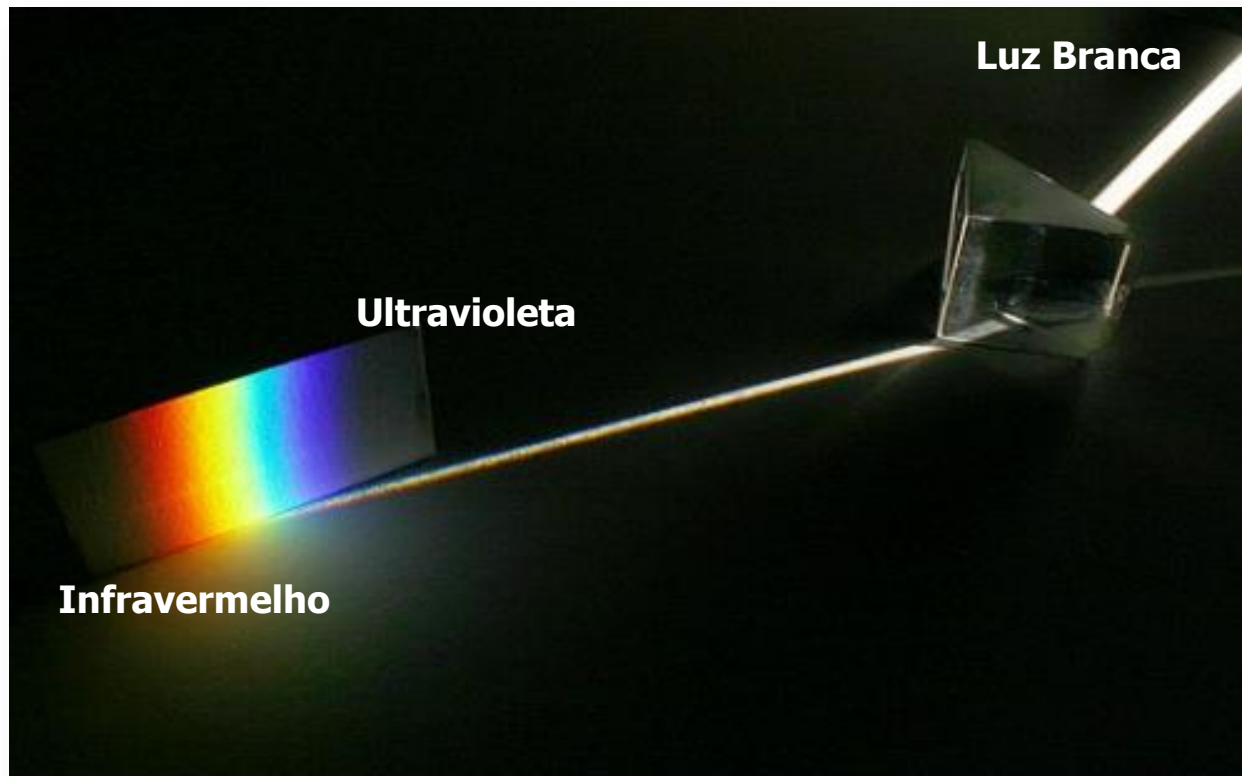
- **Luz e Cor**



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

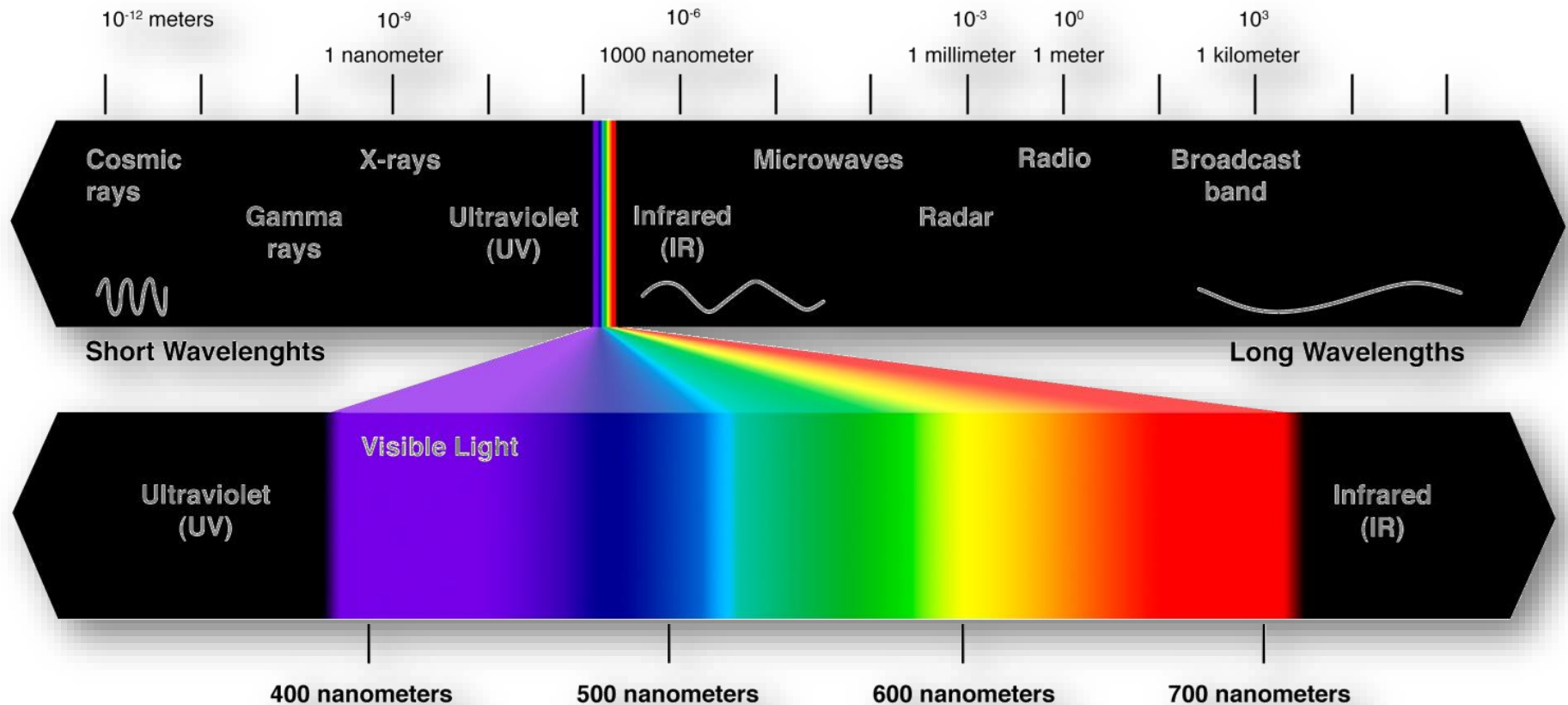
- **Espectro Electromagnético**



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

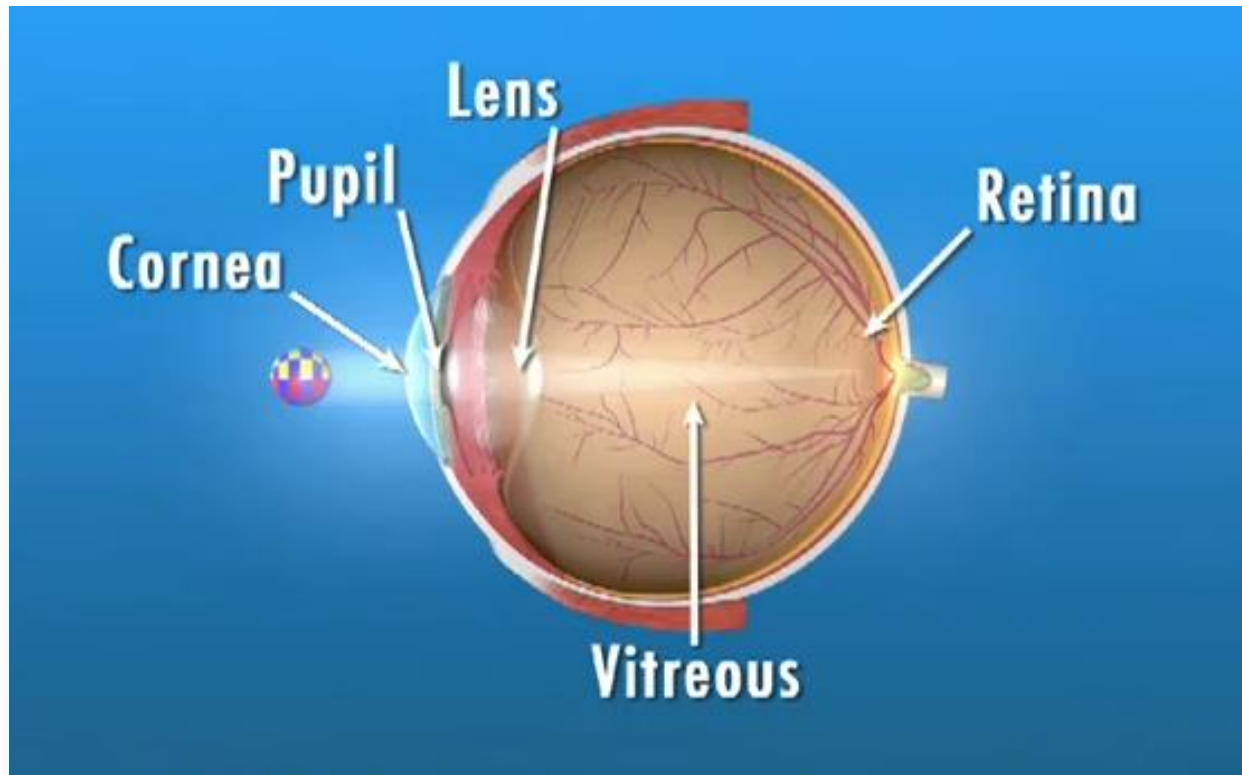
- **Espectro Electromagnético**



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Humana**



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Humana – Células Fotorreceptoras**

A **retina** contém **células fotorreceptoras** (bastonetes e cones) que convertem raios de luz (fotões) em correspondentes sinais eléctricos.

Após algum processamento (realizado no próprio olho), **estes sinais são enviados**, através do nervo óptico, **para a região do córtex visual do cérebro**.

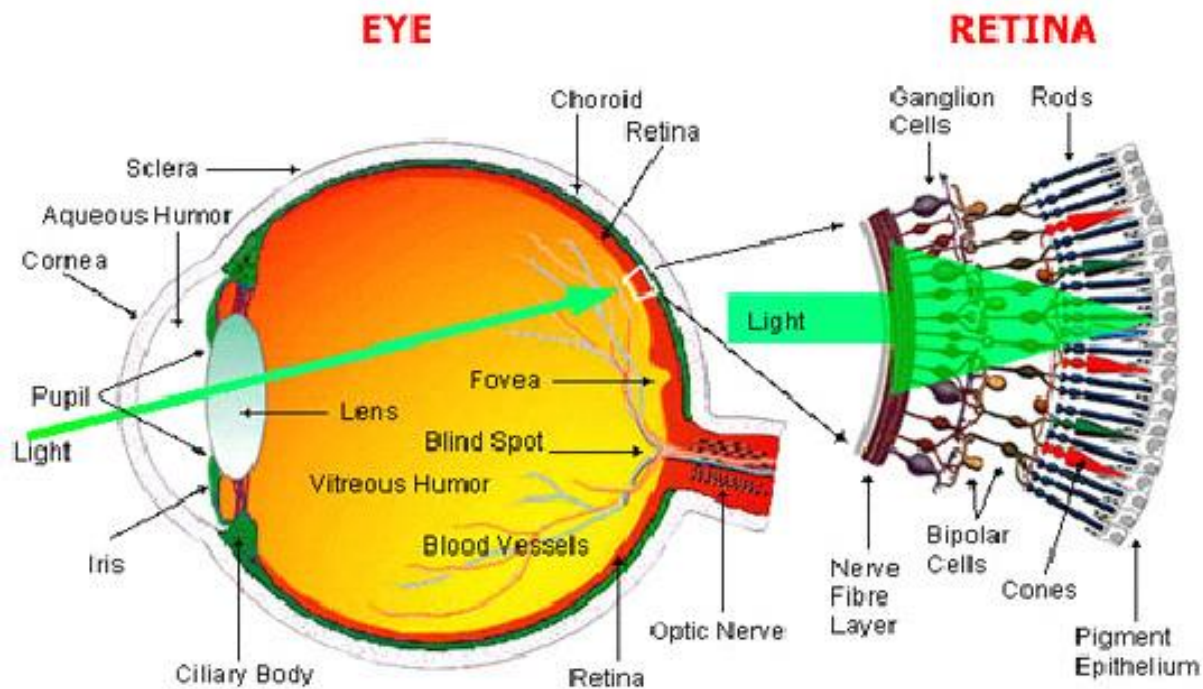
Mas... de que forma é captada, pelo olho humano, a radiação da luz visível?



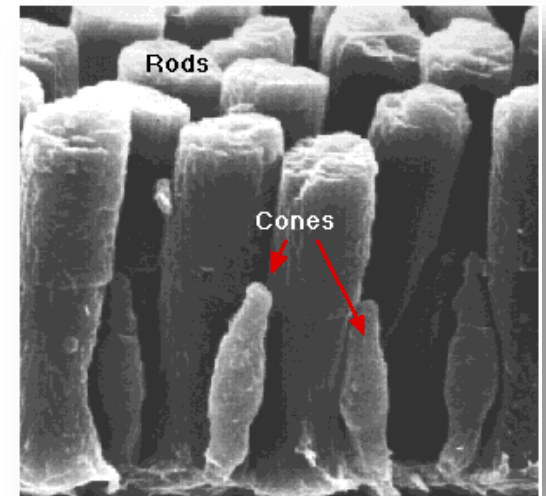
VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- Visão Humana – Células Fotorreceptoras



Adapted from WEBVISION <http://webvision.med.utah.edu/>



Rods : Bastonetes em inglês.

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Humana – Cor**

De modo a possibilitar a **percepção da cor**, o **olho humano** faz uso de foto-receptores (designados de **cones**) que combinam **3 cores primárias** (utilizando 3 diferentes tipos de cones) para distinguir todas as cores possíveis.

As cores representam apenas a percepção da luz em diferentes frequências:

- Vermelho = 700nm
- Verde = 546.1nm
- Azul = 435.8nm

Nota:

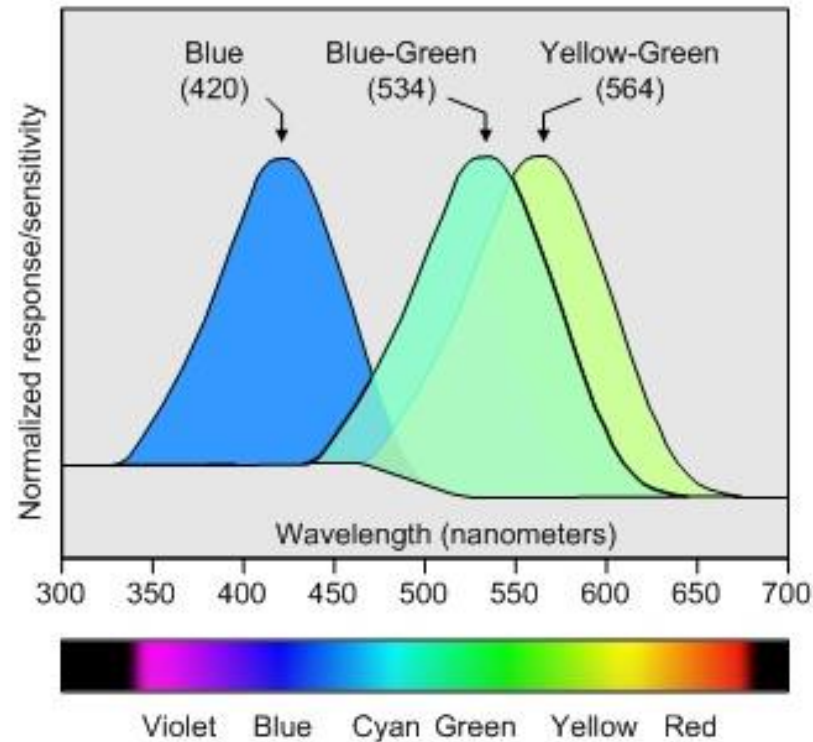
- Maiores frequências = Cores mais frias (ex: azul)
- Menores frequências = Cores mais quentes (ex: vermelho)



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Humana – Cor**



Typical humans are trichromats
(three color cone/pigment types – blue, blue-green, and yellow-green)

VISÃO POR COMPUTADOR

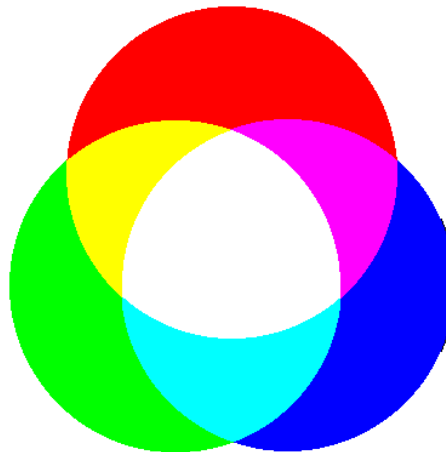
Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Humana – Percepção da Cor**

Cores Primárias:

- As **cores primárias** de luz são **aditivas**.
- As cores primárias são: **vermelho**, **verde** e **azul**.
- A combinação das 3 cores primárias dá origem ao branco:

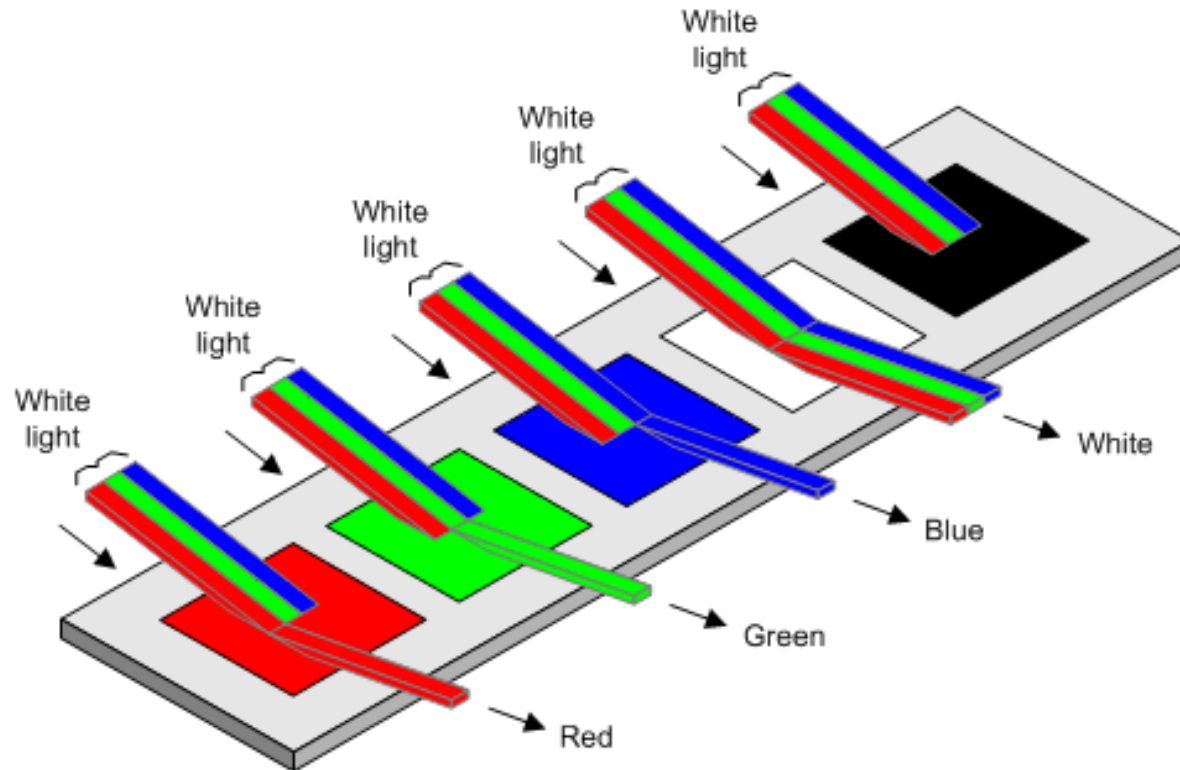
Vermelho + **Verde** + **Azul** = Branco



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- Visão Humana – Percepção da Cor



Shining white light on different colored paints

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Humana – Monocromática**

Para a percepção da **luminosidade**, o **olho humano** faz uso de um tipo de foto-receptores especiais, denominados por **bastonetes**.

Estas células **têm maior sensibilidade** que as células cone.

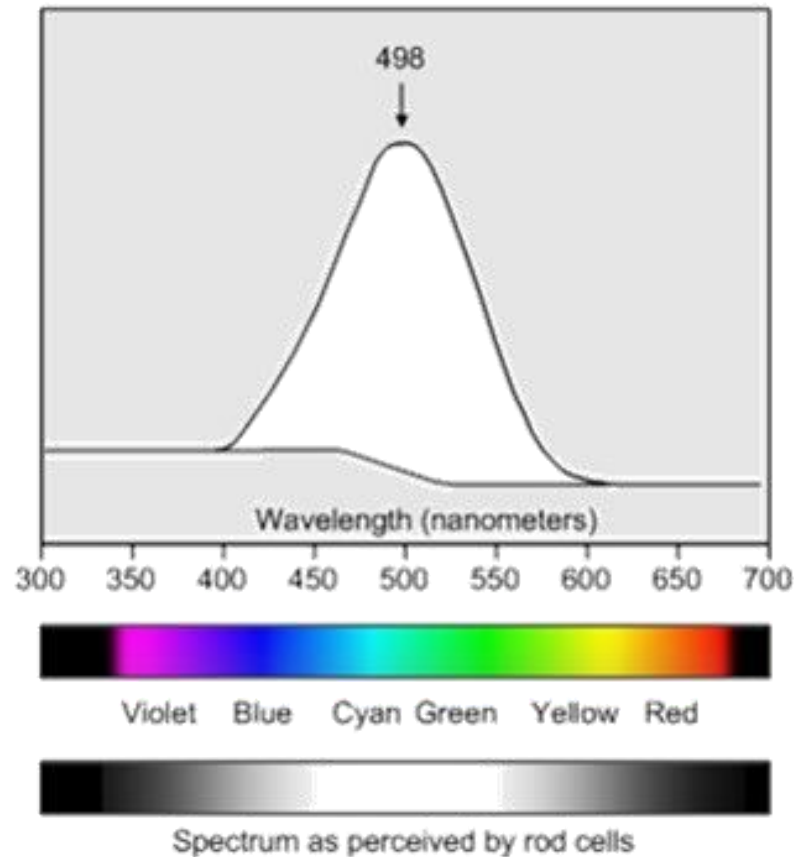
Os **bastonetes** existem em maior número que as células **cone**, à razão de **20-para-1**.

O pico de sensibilidade dos bastonetes ocorre nos **498nm**.

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Humana – Monocromática**

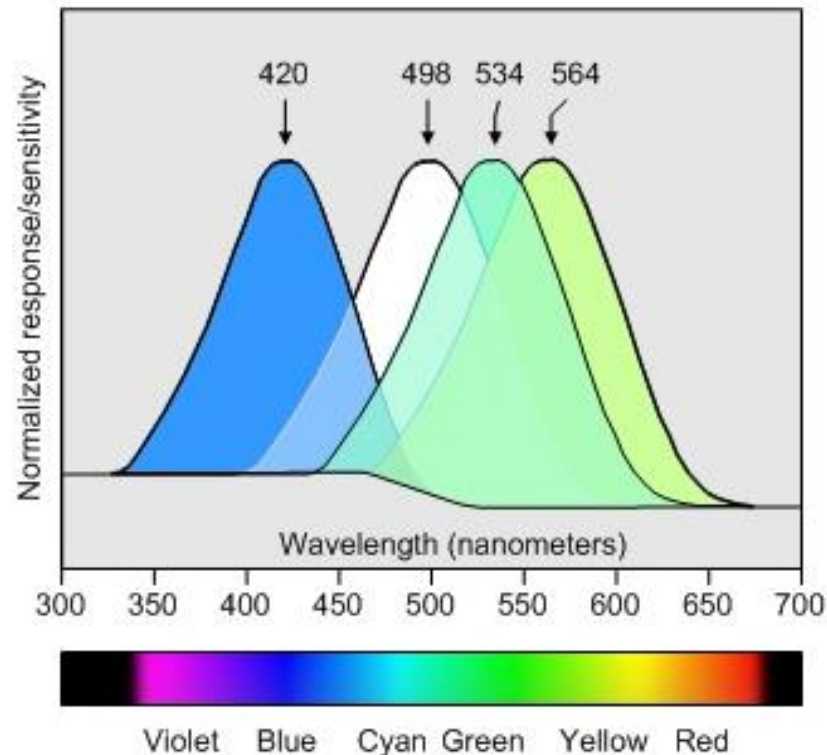


Humans also have rod cells (black, white, shades of gray)

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Humana**

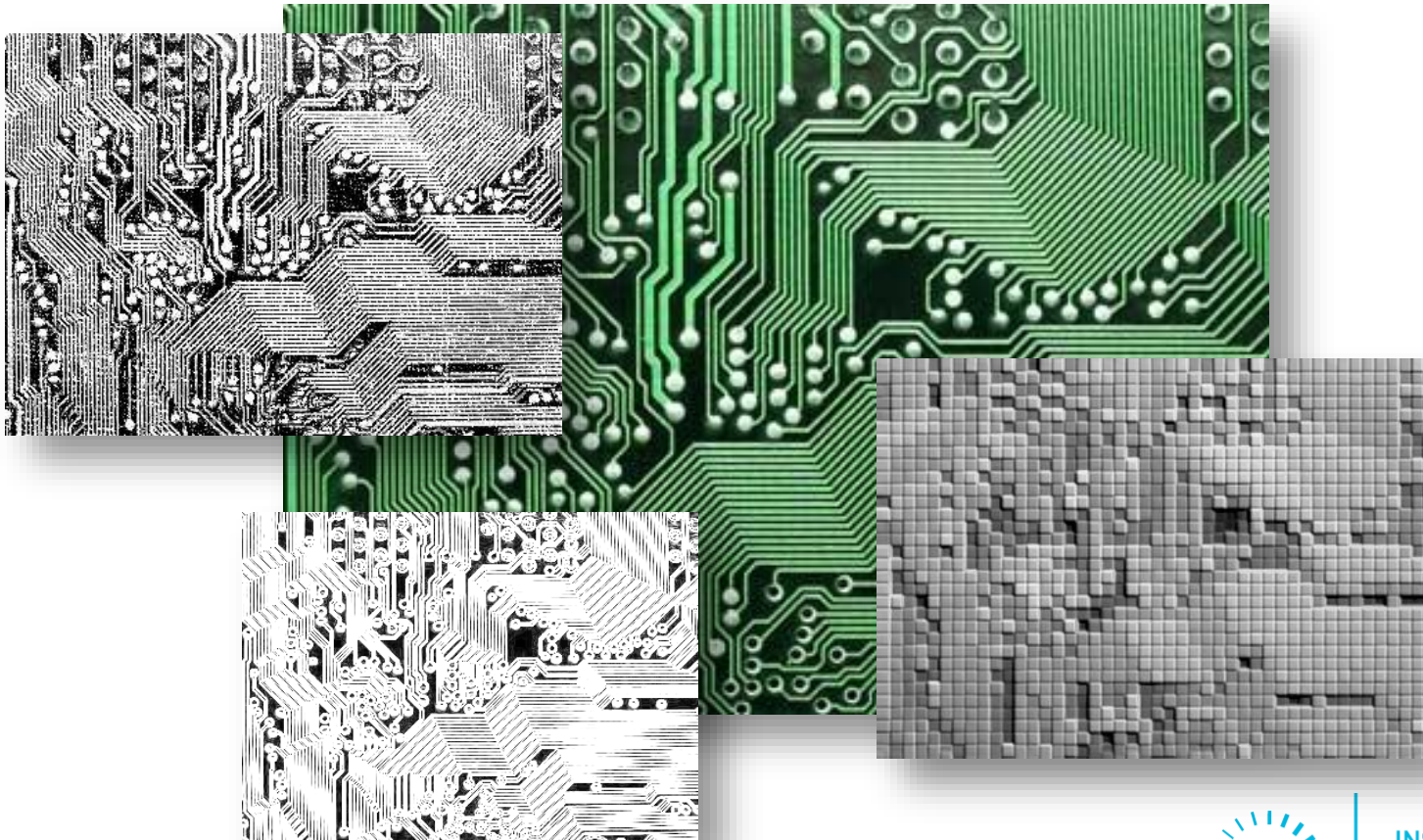


Typical humans (three color cone/pigment types plus rod cells)

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Por Computador**



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Visão Por Computador**

Um **sistema de visão por computador** é constituído por:

- componentes de **hardware**;
- componentes de **software**.

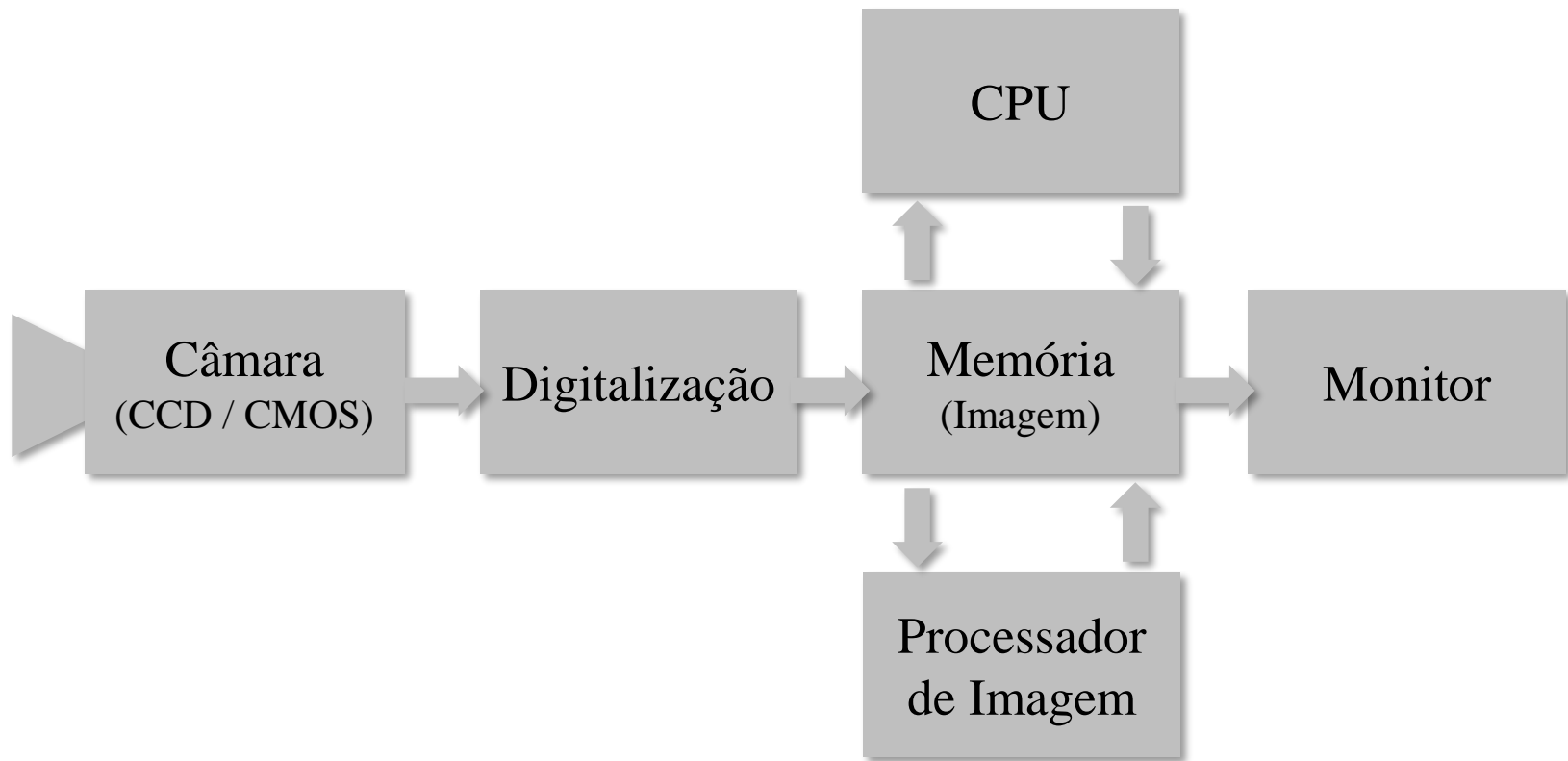
No seu conjunto, estes componentes efectuam operações de:

- Aquisição;
- Armazenamento;
- Processamento de imagem;
- Visualização.

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- Visão Por Computador



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Sensores de Aquisição de Imagem**

Um **sensor de aquisição de imagem** é um sensor formado por um **circuito integrado** capaz de **converter luz em electrões**.

Existem dois **tipos de sensores**:

- **CCD** (Charge-Coupled Device)
- **CMOS** (Complementary Metal-oxide Semiconductor)

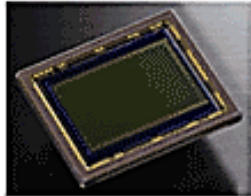
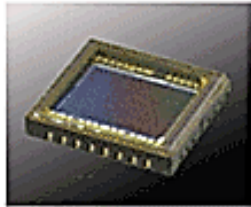
VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Sensores de Aquisição de Imagem**

Image Sensor Technology

It is called, alias "Eyes of the electron", and is a semiconductor that changes the light (image) collected with the lens into an electric signal. CMOS image sensor was developed and mass-produced in advance of the world.

	Name	Examples of products to be installed
	Cmos image sensor	<ul style="list-style-type: none">• Digital SLR camera• Digital video camera
	CCD image sensor	<ul style="list-style-type: none">• Digital still camera• Digital video camera

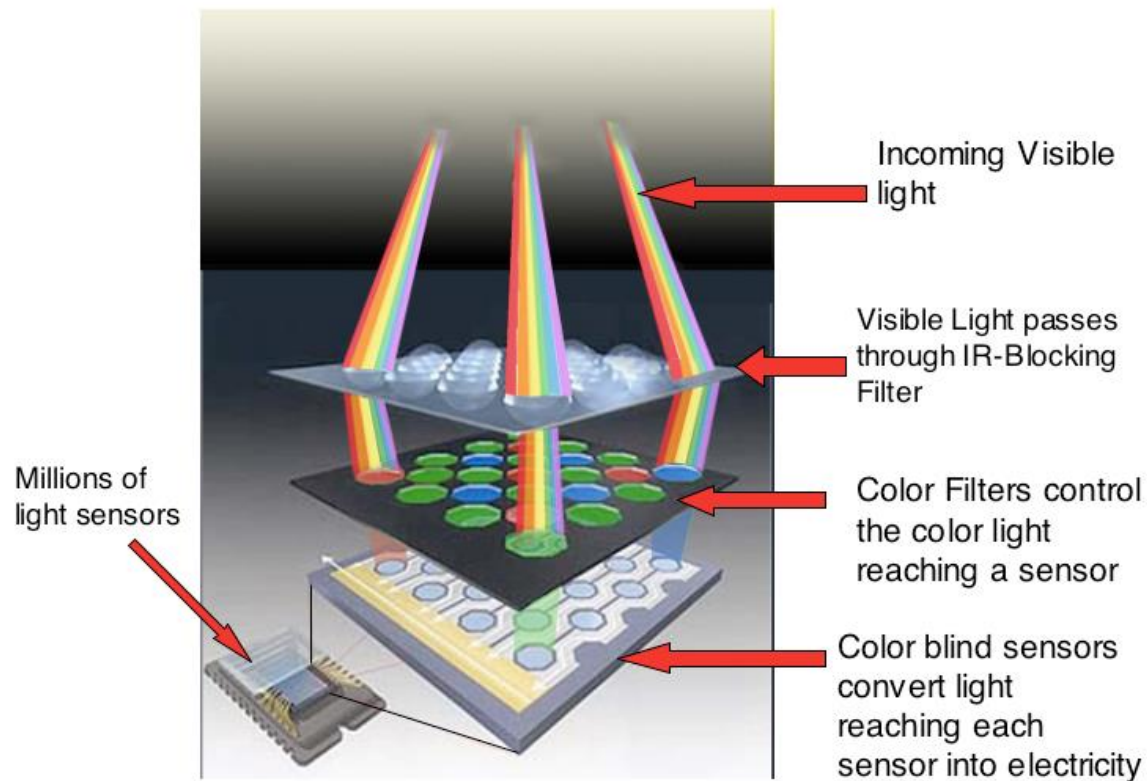
Fonte: Sony

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- Sensores de Aquisição de Imagem

RGB Inside the Camera



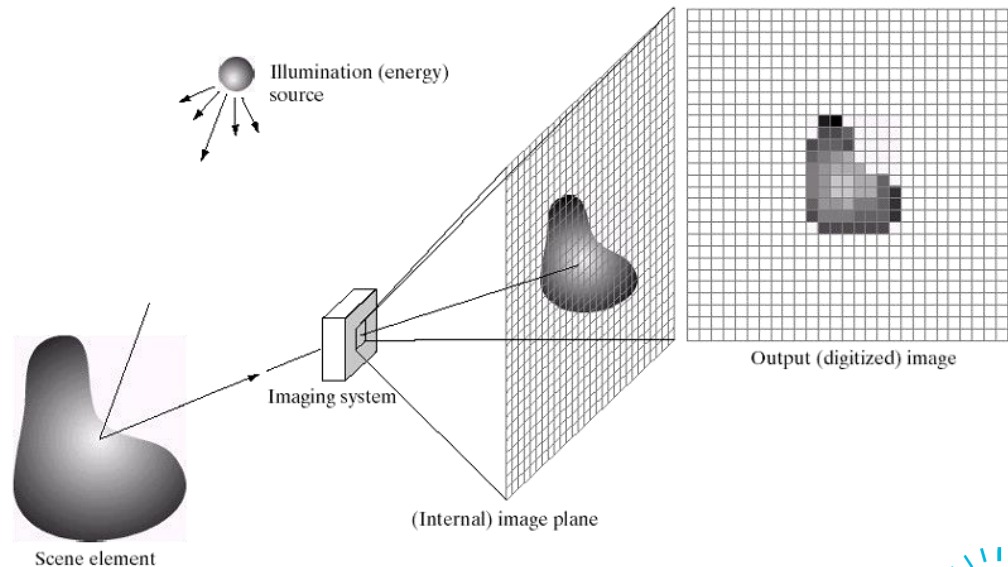
VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Digitalização**

Na natureza, as **imagens são analógicas**.

Como tal, é necessário realizar a **digitalização** das imagens para que seja possível aplicar técnicas de **processamento de sinal** sobre essas imagens.



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Digitalização**

O processo de **digitalização** de uma imagem envolve a adopção de **escalas para as coordenadas x e y** de uma imagem, bem como uma **escala para quantificar a intensidade da luz** recebida pelo sensor.

Assim, a **digitalização** de uma imagem analógica envolve duas operações:

- **Amostragem:** espaçamentos horizontal e vertical da matriz de pixéis;
- **Quantização:** níveis de representação da intensidade da luz.

Ambas as operações fazem uso da **discretização** de uma quantidade, mas em diferentes domínios.

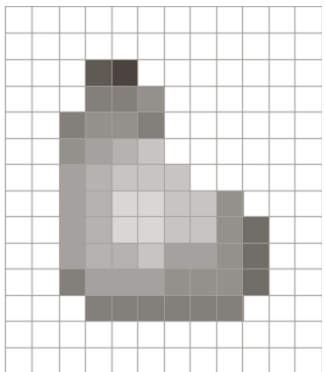
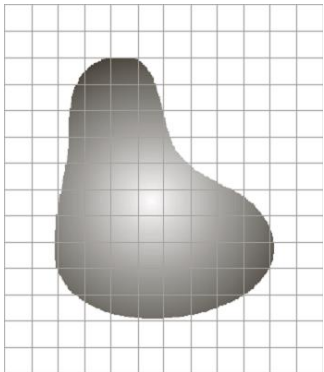
Discretização: transformar espaço contínuo em discreto.



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Digitalização: Amostragem**



A **amostragem** consiste em efectuar a discretização da imagem no espaço.

$$f : [1, \dots, N] \times [1, \dots, M] \longrightarrow \mathbb{R}^m$$

Como resultado, obtém-se uma **matriz** com **NxM amostras da imagem**, onde **cada elemento** dessa matriz é chamado de **pixel**.

$$f = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \cdots & f(1,M) \\ f(2,1) & f(2,2) & \cdots & f(2,M) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(N,1) & f(N,2) & \cdots & f(N,M) \end{bmatrix}$$

A dimensão de um pixel ao longo dos eixos (x ou y), está relacionada com o espaço físico (horizontal e vertical) entre as amostras.

(**Pixel** tem origem em **P**icture **E**lement.)



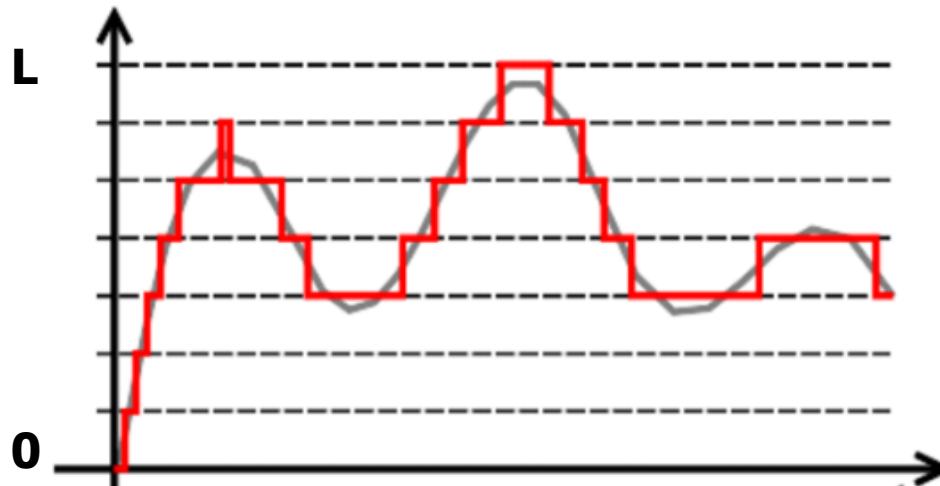
VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Digitalização: Quantização**

A **quantização** consiste em efectuar, para cada pixel, a **discretização dos valores da intensidade luminosa**.

$$f : [1, \dots, N] \times [1, \dots, M] \longrightarrow [0, \dots, L]$$



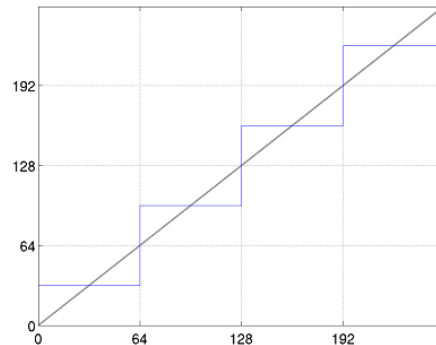
VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

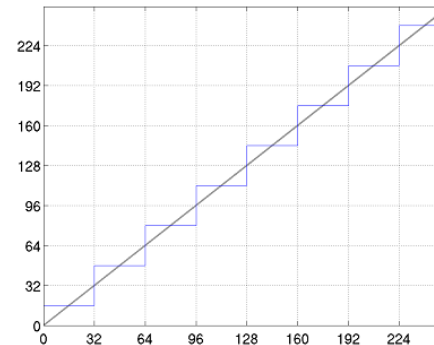
- **Digitalização: Quantização**

A **quantização** consiste assim em aproximar o valor medido de intensidade de luz, para o **nível** (valor discreto) **de escala mais próximo**.

4 levels



8 levels



Tipicamente, 256 níveis (*levels* em inglês) são suficientes para representar a intensidade. Para imagens a cores, utilizam-se habitualmente 256 níveis para cada cor.

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Digitalização: Quantização (Exemplos)**

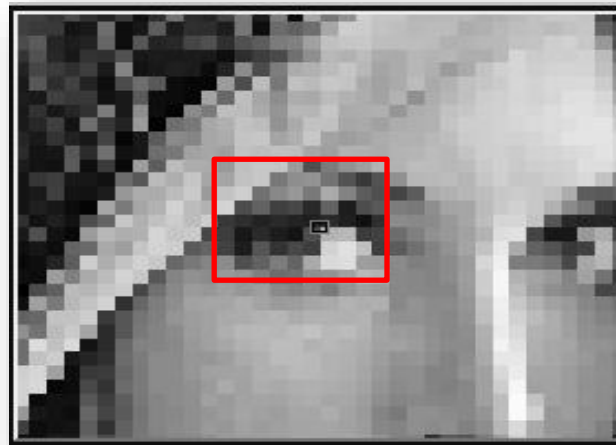


47	52	64	132	153
51	58	121	149	142
49	99	143	144	164
94	135	161	170	199
138	165	180	212	213

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Digitalização: Quantização (Exemplos)**



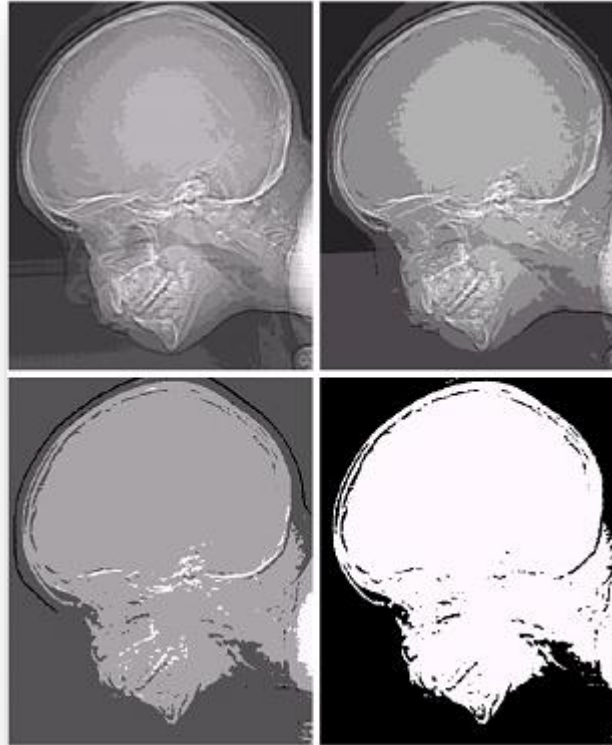
168	163	187	184	186	185	168	162	175	174
171	159	186	191	190	160	103	138	153	152
167	166	187	191	133	149	153	130	107	87
159	188	196	128	145	155	124	170	141	114
176	200	102	118	92	98	76	118	67	102
196	87	79	71	77	71	63	77	69	58
98	91	63	77	68	61	102	177	190	90
120	94	68	108	84	99	91	200	210	136
144	148	104	117	130	119	169	205	208	151
148	157	153	139	126	129	150	153	164	131

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Digitalização: Quantização**

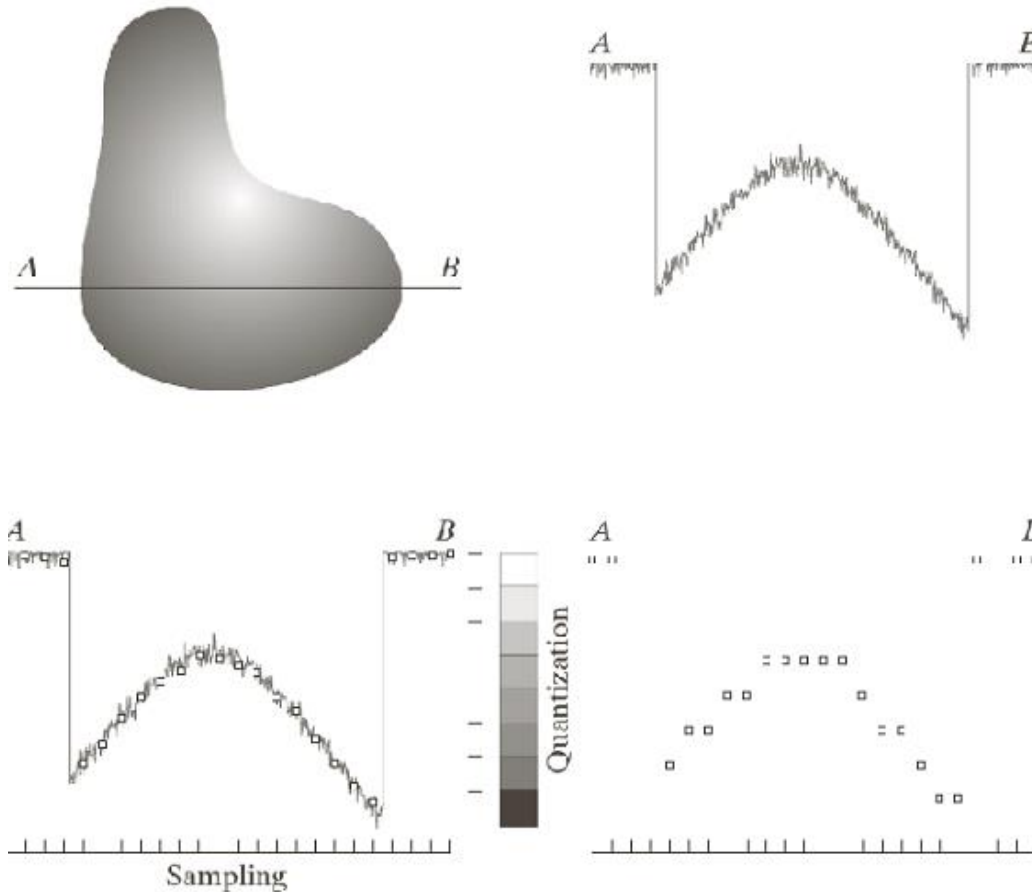
Imagens digitalizadas com 16, 8, 4 e 2 níveis de cinzentos:



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- Digitalização

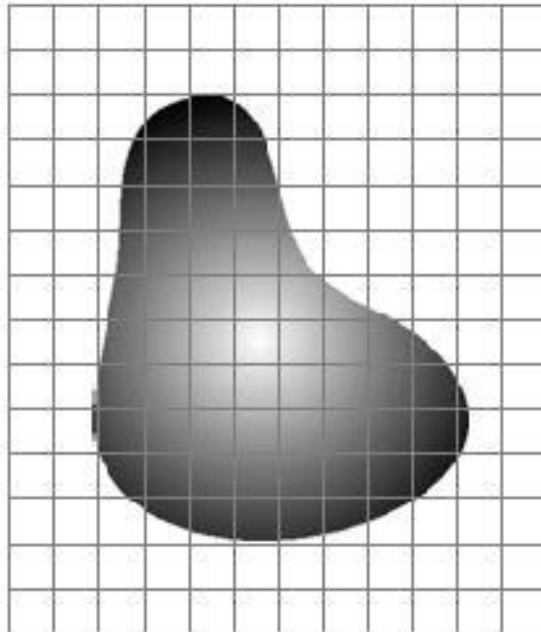


VISÃO POR COMPUTADOR

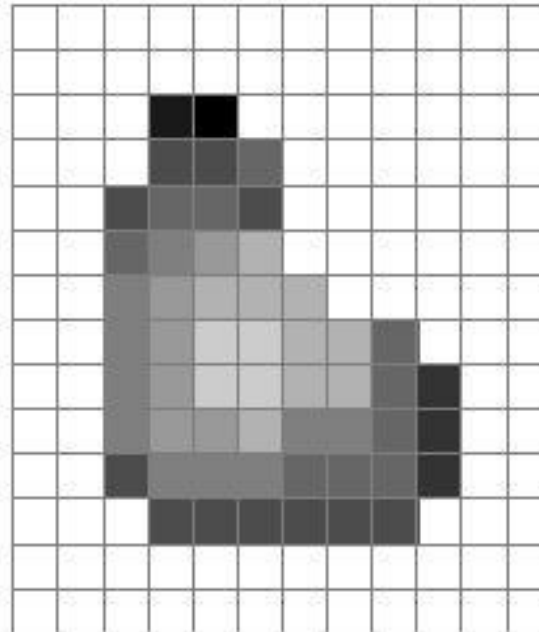
Conceitos de Visão por Computador

- Digitalização

ANALÓGICO



DIGITAL



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

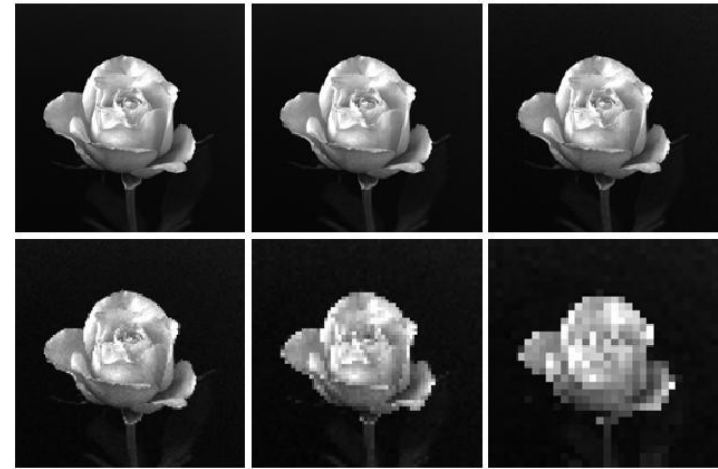
- **Resolução**

A **resolução** de uma imagem é definida pelo **número de pixéis** que definem uma imagem.

Assim, quantos **mais pixéis** uma imagem tiver, ou quanto menor for o tamanho dos pixéis, **maior será a resolução** da imagem e **melhor será a sua qualidade**.



FIGURE 2.19 A 1024×1024 , 8-bit image subsampled down to size 32×32 pixels. The number of allowable gray levels was kept at 256.



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

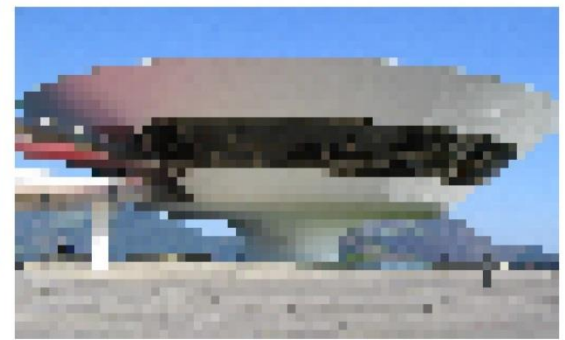
- **Resolução**



256 x 160



128 x 80



64 x 40

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Tipos de Imagem**

Imagem **Binária**:

Possui apenas dois níveis (branco e preto).

Imagem em **Escala de Cinzentos**:

Possui mais de dois níveis, mas um canal de cor.

Imagem a **Cores**:

Possui mais de um canal de cor.

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Imagens Monocromáticas**

Imagens **monocromáticas** são imagens digitais onde cada pixel possui apenas um canal de cor.

Imagem Binária

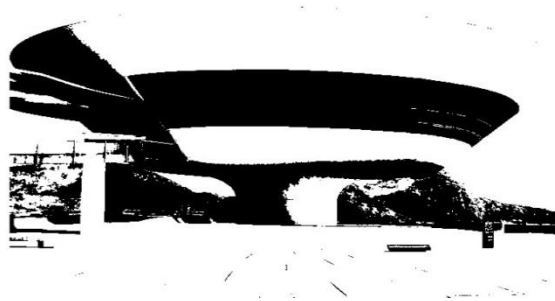


Imagem em Escala de Cinzentos



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Imagens Monocromáticas**

N.º de Níveis	Intervalo de Valores	N.º de Bits
2	[0, 1]	1
8	[0, 7]	3
16	[0, 15]	4
256	[0, 255]	8

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Imagens a Cores**

Imagens **coloridas** são imagens digitais onde cada pixel possui mais que um canal de cor.



(a) Imagem Colorida



(b) Banda Vermelha (Red)



(c) Banda Verde (Green)



(d) Banda Azul (Blue)

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Profundidade de Cor**

A **Profundidade de Cor** (ou Color Depth) de uma imagem, descreve a capacidade de se **reproduzirem as cores com maior ou menor exactidão**.

A Profundidade de Cor é dada pelo “**número de bits que definem um pixel**”, também conhecido por **bpp** (bits por pixel).

Como exemplo:

- Imagem binária: **1 bpp**
- Imagem em escala de cinzentos: **8 bpp**
- Imagem a cores: **24 bpp**



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- Profundidade de Cor



1 bpp



2 bpp



5 bpp



24 bpp

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Imagem Digital**

Define-se \mathbf{f}_t como a imagem digital obtida no instante de tempo \mathbf{t} .

Uma imagem digital é uma representação, em duas dimensões, de uma imagem num conjunto finito de elementos que tomam valores discretos, organizados numa matriz de \mathbf{N} por \mathbf{M} elementos.

Estes elementos, que armazenam o valor da intensidade luminosa da imagem naquela coordenada, são denominados por pixéis (na literatura inglesa **pixel**, é um acrónimo derivado de "*picture element*").

Assim, a intensidade de um pixel nas coordenadas \mathbf{x} e \mathbf{y} da imagem \mathbf{f}_t é definida por $\mathbf{f}_t(\mathbf{x}, \mathbf{y})$, em que $0 \leq \mathbf{x} < \mathbf{N}$, $0 \leq \mathbf{y} < \mathbf{M}$ e $\mathbf{f}_t(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ toma valores do intervalo $[0, 255]$ (para **8 bpp**).

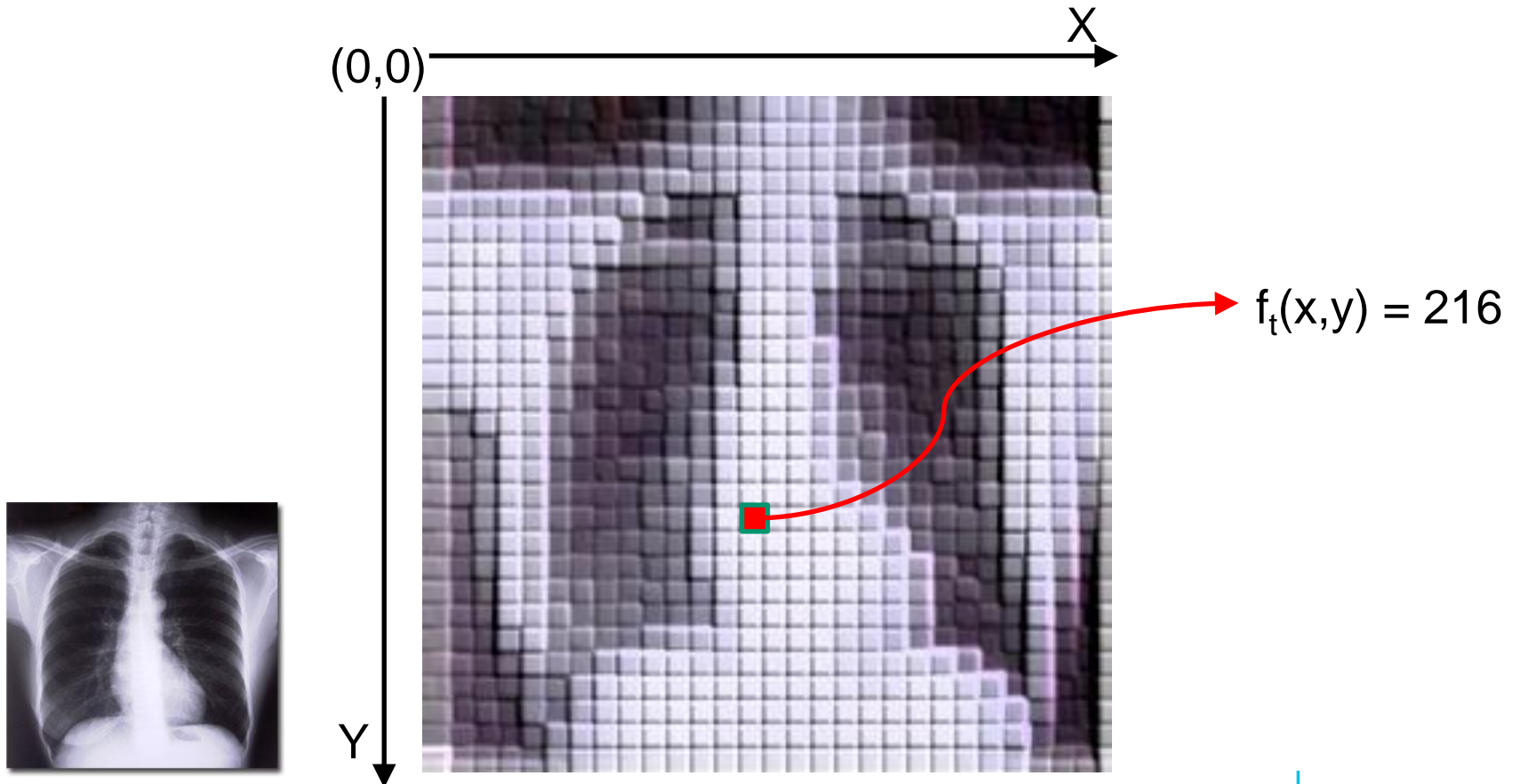
$$2^8 = 256$$



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Imagem Digital**



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Imagem Digital**

No caso de uma imagem colorida, esta é definida pelo conjunto das várias componentes de cor.

Assim, como exemplo, uma imagem do espaço de cor **RGB** é definida por \mathbf{f}_t , em que cada pixel $\mathbf{f}_t(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ é representado pelos respectivos valores da intensidade das componentes **vermelha**, **verde** e **azul**, para o ponto definido pelas coordenadas (\mathbf{x}, \mathbf{y}) , da imagem digital adquirida no instante de tempo \mathbf{t} .

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Imagem Digital**

Escala de Cinzentos



Espaço de Cor RGB



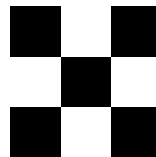
VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Representação de uma Imagem em Linguagem C**

Exemplo de declaração e inicialização de uma imagem em escala de cinzentos, 8bpp, com resolução 3x3:

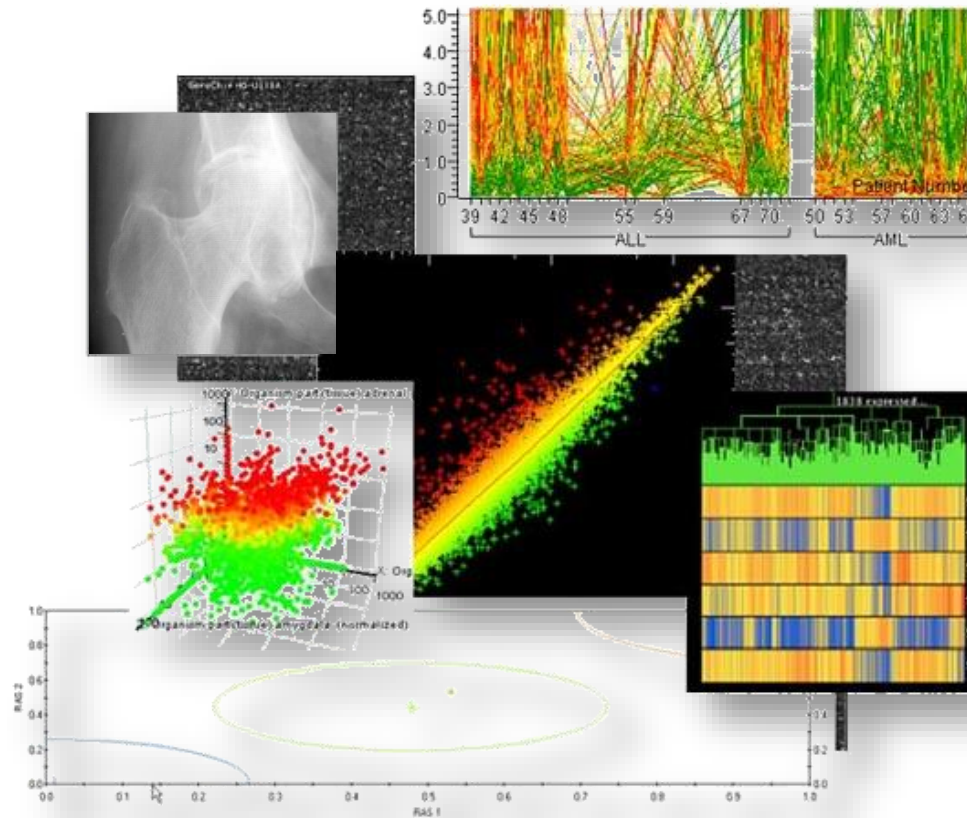
```
unsigned char imagem[9] = {0, 255, 0, 255, 0, 255, 0, 255, 0};
```



VISÃO POR COMPUTADOR

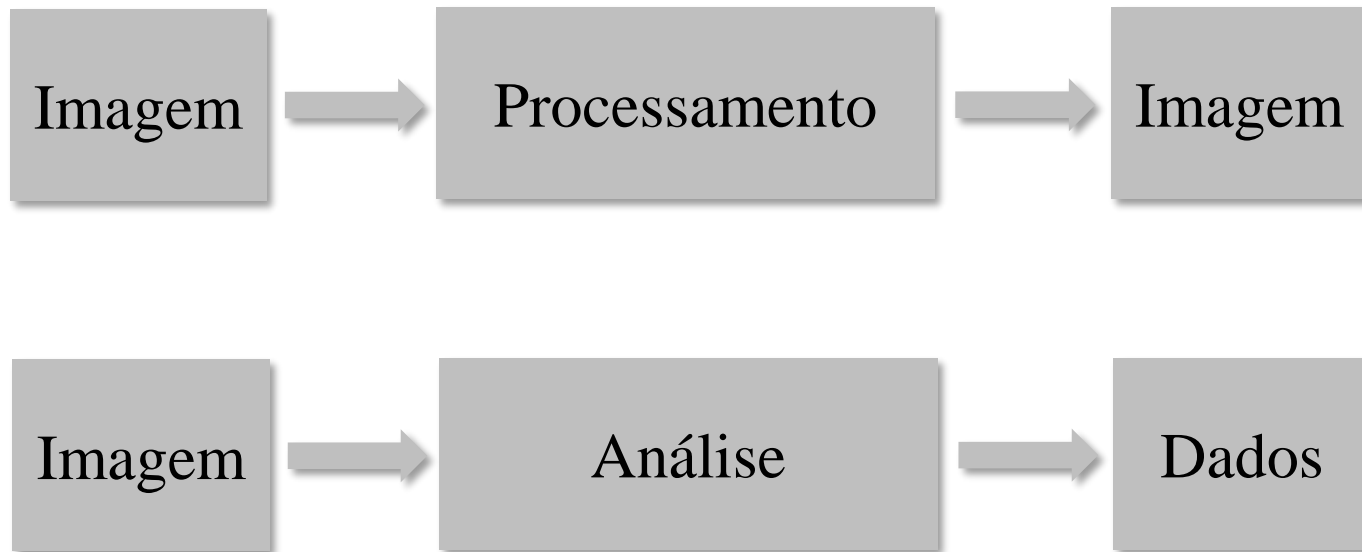
Conceitos de Visão por Computador

- **Processamento e Análise de Imagem**



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Processamento de Imagem**

Processamento de imagem é uma qualquer forma de processamento de sinal que **recebe como entrada uma imagem** (fotografia, *frame* de sequência de vídeo, etc.) e do qual **resulta, à saída, uma outra imagem.**

Sobre a imagem de entrada podem ser aplicadas diversas **operações matemáticas**, com o propósito de gerar uma imagem de **melhor qualidade, realçar características da imagem** de entrada, ou **comprimir os dados** que definem a imagem.

A grande maioria das técnicas de processamento de imagem processam os dados da imagem como sendo um sinal bidimensional.



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Processamento de Imagem**

Imagem de Entrada



Processamento



Imagem de Saída
(Maior contraste)



(Exemplo de uma imagem de Raio-X)

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Análise de Imagem**

Análise de imagem refere-se a técnicas de processamento, aplicadas sobre imagens, que **visam a extracção de informação contida nas imagens.**

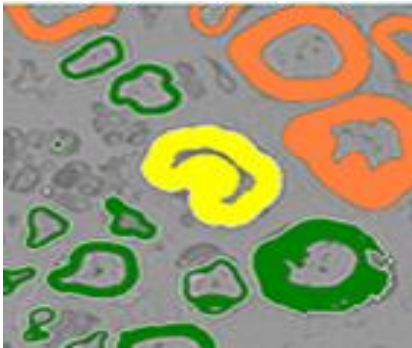
As técnicas de análise de imagem têm como propósito **obter informação** descritiva de texturas, geometrias, entre outras características.

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

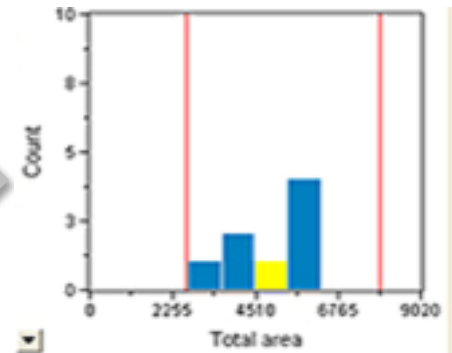
- **Análise de Imagem**

Imagem de Entrada



Análise

Informação de Saída



(Exemplo de uma imagem de células)

VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Exercícios**

1. Quantos bytes ocupará em memória uma imagem em escala de cinzentos, 8bpp, com resolução 320x240?
2. Quantos bytes ocupará em memória uma imagem binária, 1bpp, com resolução 320x240?
3. Quantos bytes ocupará em memória uma imagem binária, 8bpp, com resolução 320x240?
4. Declare, utilizando os tipos de dados da linguagem C, um array capaz de armazenar uma imagem em escala de cinzentos, 8bpp, com resolução 704x576.



VISÃO POR COMPUTADOR

Conceitos de Visão por Computador

- **Exercícios**

1. Utilizando ciclos *for*, atribua o valor 127 a todos os pixéis da imagem anterior.



2. Utilizando ciclos *for*, atribua o valor 0 (zero) aos pixéis de rebordo da imagem.



VISÃO POR COMPUTADOR

Duarte Duque
dduque@ipca.pt

Shukuria
Tashakkur
bolzin
You
Gracias
Thank
Biyang
Grazie
Juspaxar
Danksheen
Arigato
Mehrbani
Ekhnem
gohamshah
Paldies
Komapsunmida
Tingdi
Shukria
Merci
suksama
Shukria
Grazie
Juspaxar



INSTITUTO POLITÉCNICO
DO CÁVADO E DO AVE
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA