

COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Processamento Digital de Imagens

Prof. Moisés Henrique Ramos Pereira

Parte I



O que é uma Imagem?

- Definida por uma função bidimensional $f(x,y)$ em que x e y são coordenadas espaciais e a amplitude de f em qualquer par de coordenadas (x,y) é chamada de intensidade ou nível de cinza da imagem naquele ponto.
- Quando os valores de x , y e intensidade são quantidades finitas e discretas, a imagem é digital.
- O Processamento Digital de Imagens se refere ao processamento de imagens digitais por meio de um computador.
- *Pixel (picture element)*: cada elemento de uma imagem digital, com uma localização e um ou mais valores associados.

O que é uma Imagem?

- Uma imagem é um arranjo retangular 2D de *pixels*.



Imagem continua

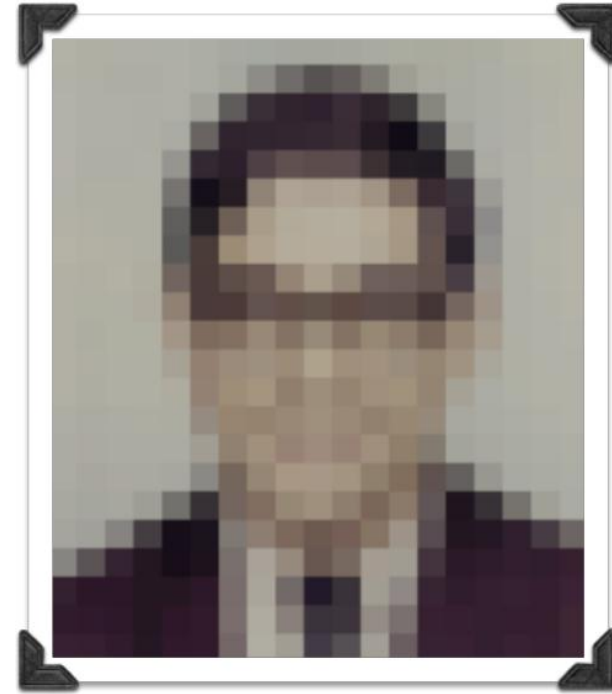


Imagem digital

O que é uma Imagem?

- Um pixel é uma amostra, e não um pequeno quadrado!



Imagem continua

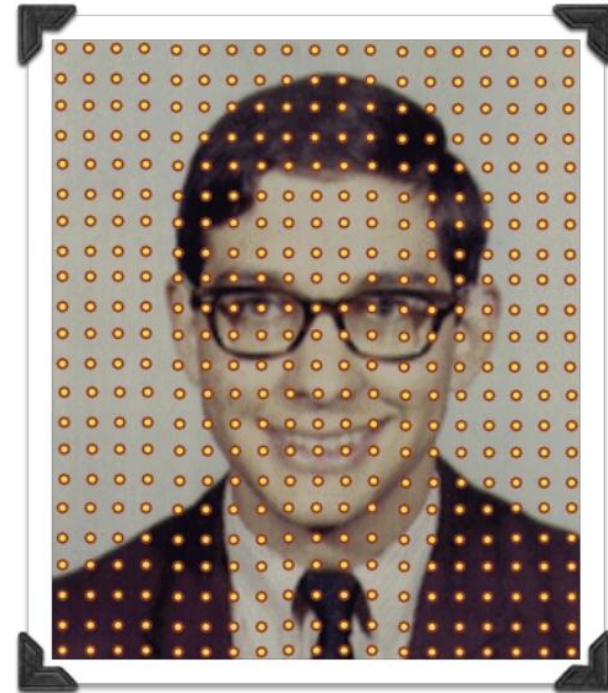
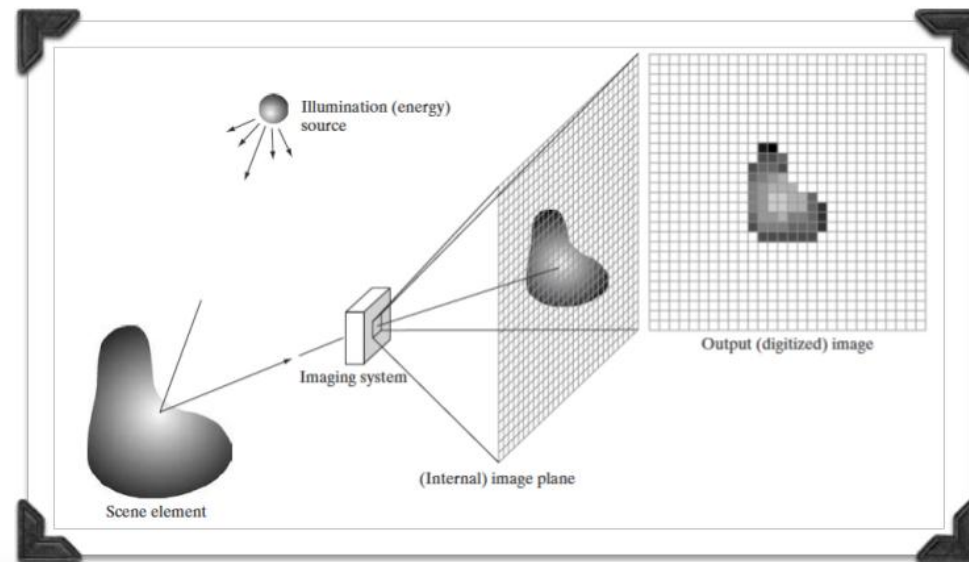


Imagem digital

Aquisição de Imagens

- *Pixels* são amostras de uma função contínua, $f(x, y)$.
 - Células fotorreceptoras nos olhos;
 - Células do CCD em uma câmera digital;
 - Raios em uma câmera virtual.



Apresentação de Imagens

- Dispositivos de vídeo:
 - Tubo de raios catódicos (CRT)
 - *Liquid crystal display* (LCD)
 - Painéis de plasma
 - *Light-emitting diodes* (LED)
- Dispositivos *hard-copy*:
 - Impressoras jato de tinta
 - Impressoras laser
 - Gravador de filme
 - *Plotter*

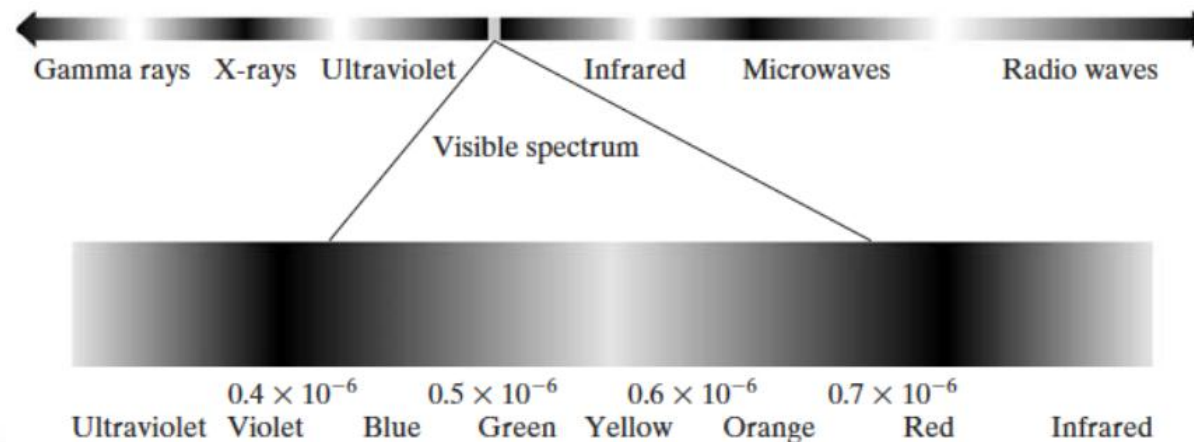
Resolução de Imagens

- Resolução da intensidade
 - Um pixel possui bits de “profundidade” para cores e intensidade.
- Resolução espacial: uma imagem possui “largura” x “altura” pixels.
- Resolução temporal (domínio da frequência)
 - Um monitor atualiza (*refresh*) imagens a “taxa” Hz.

	Width x Height	Depth	Rate
NTSC	640 x 480	8	30
Workstation	1280 x 1024	24	75
Film	3000 x 2000	12	24
Laser Printer	6600 x 5100	1	-

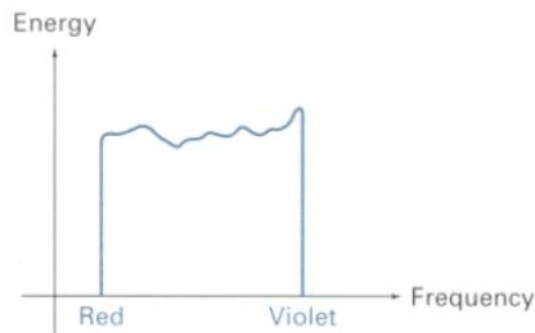
Percepção de Cores

- Como percebemos cores?
 - Espectro eletromagnético da luz visível varia entre
 - vermelho = 4.3×10^{14} hertz (700 nm)
 - violeta = 7.5×10^{14} hertz (400 nm)

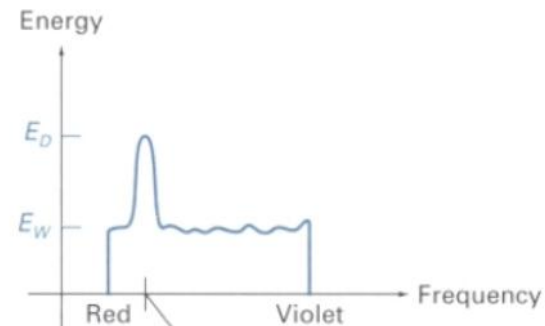


Percepção de Cores

- A cor da luz é caracterizada por
 - Tonalidade (*hue*) = a frequência dominante
 - Saturação (*saturation*) = razão entre o topo e o vale da curva
 - Luminância (*luminance*) = área sob a curva



Luz Branca

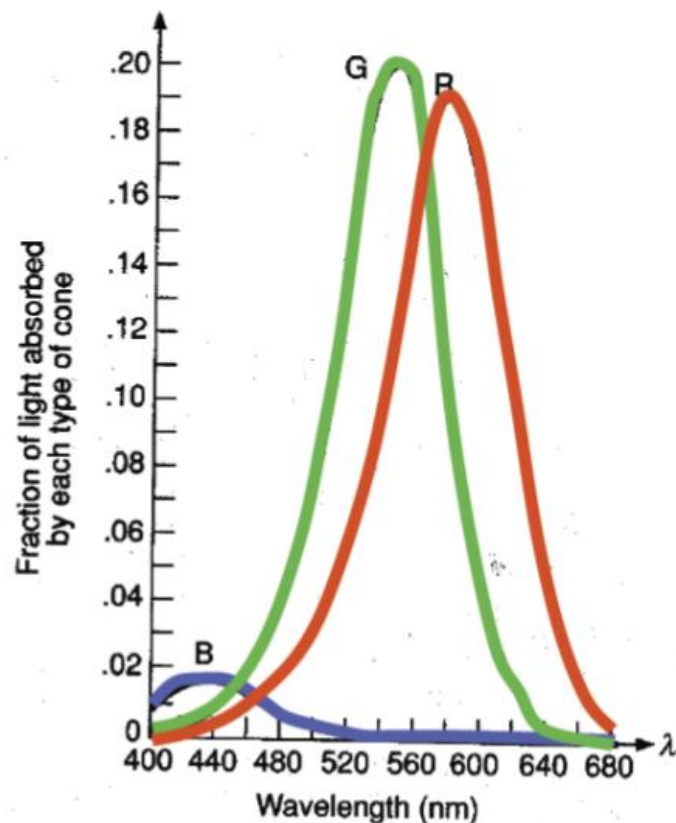


Dominant Frequency

Luz Laranja

Percepção de Cores

Funções de resposta espectral de cada um dos três tipos de cones presentes na retina humana.



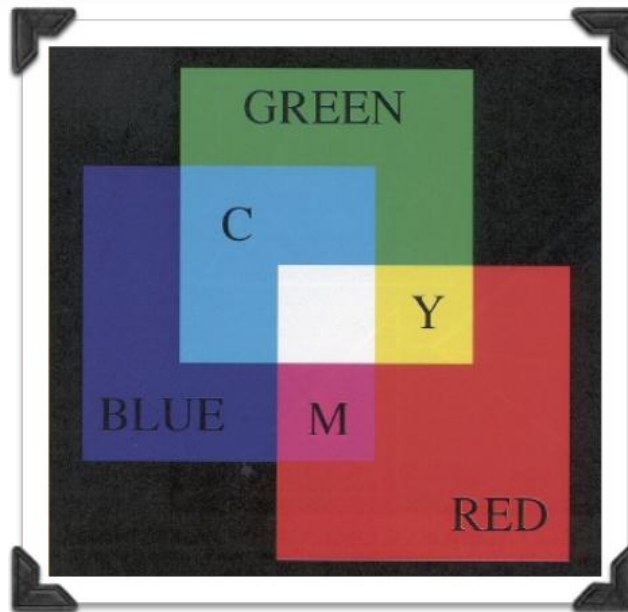
Teoria das cores de Tristimulus.

Modelos de Cores

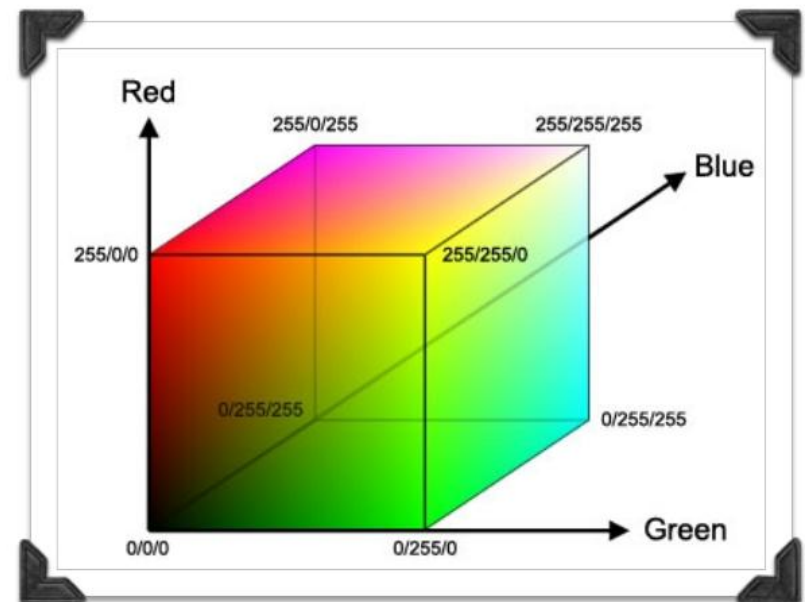
- RGB
- CIE XYZ
- CMYK
- HSV

Modelos de Cores

- RGB



Cores são aditivas



Cubo RGB

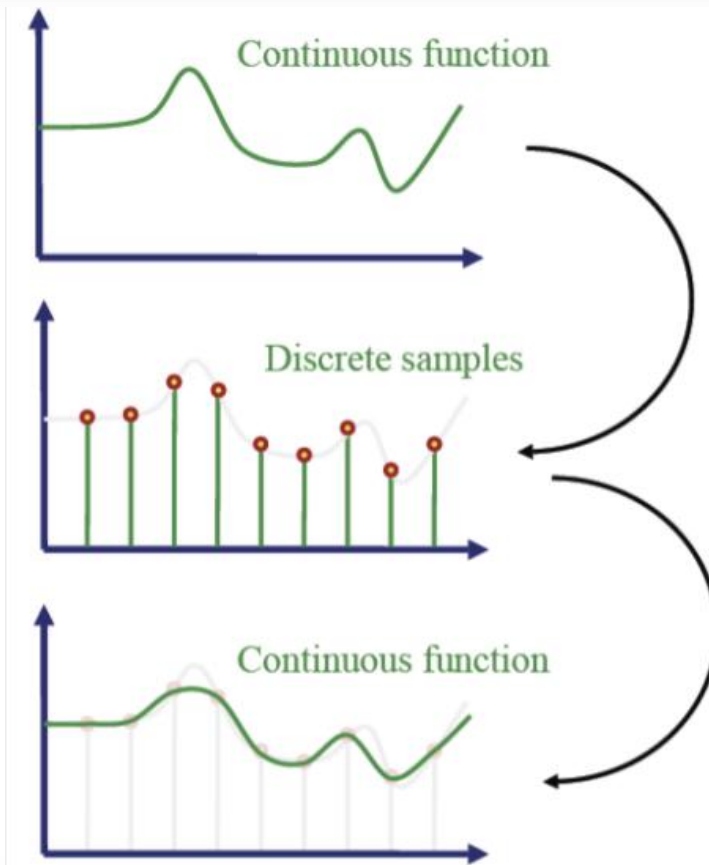
Modelos de Cores

- CYMK



Cores são subtrativas

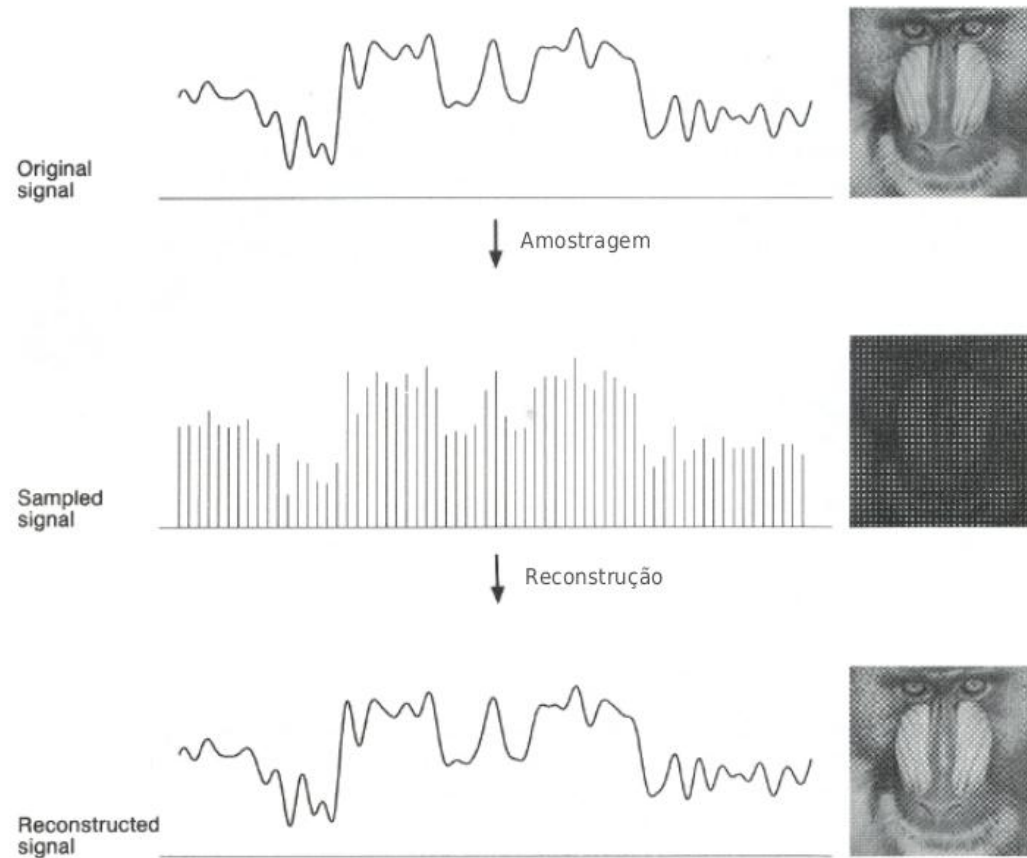
Amostragem e Reconstrução



Amostragem

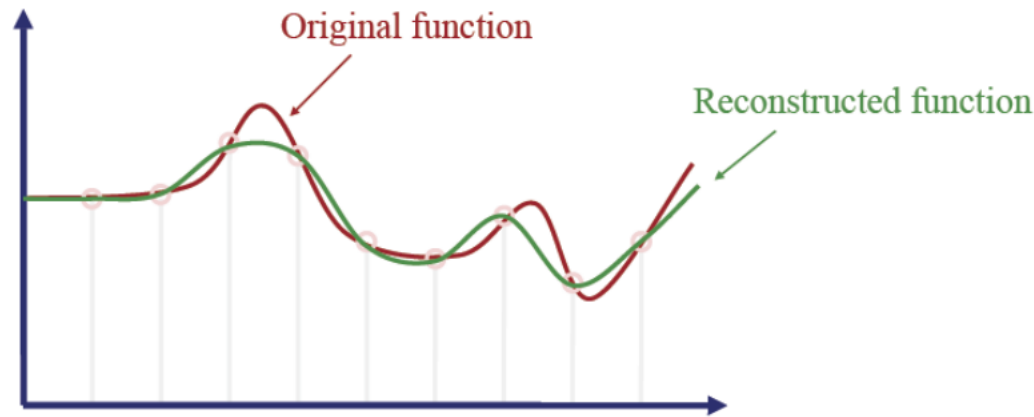
Reconstrução

Amostragem e Reconstrução



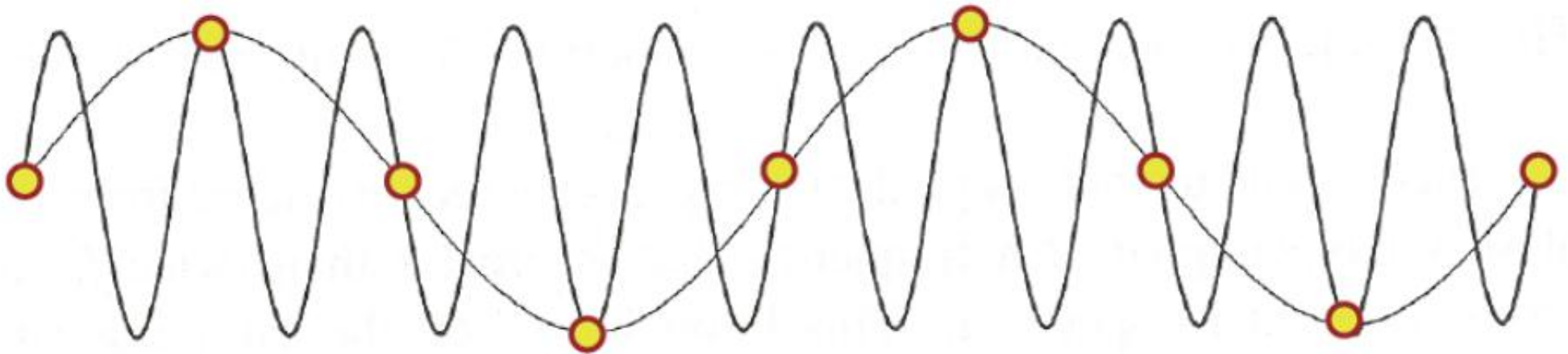
Amostragem

- Quantas amostras são necessárias para representar um dado sinal sem perda de informação?
 - Teorema de amostragem de Nyquist–Shannon: um sinal pode ser reconstruído a partir de suas amostras se o sinal original não possuir frequências acima de $1/2$ da frequência de amostragem.



Amostragem

- O que acontece se usarmos poucas amostras (*under-sampling*)?
 - *Aliasing*.

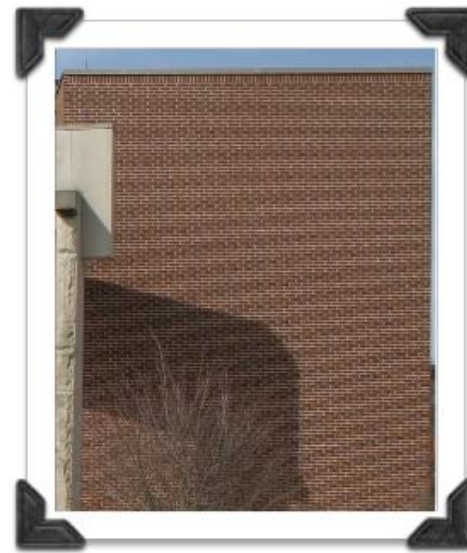


Amostragem

- O que acontece se usarmos poucas amostras (*under-sampling*)?
 - *Aliasing*.



Under-sampling



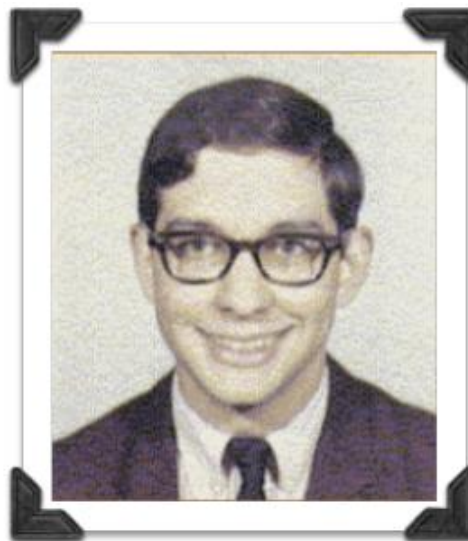
Sampling OK

Operações com *Pixel*

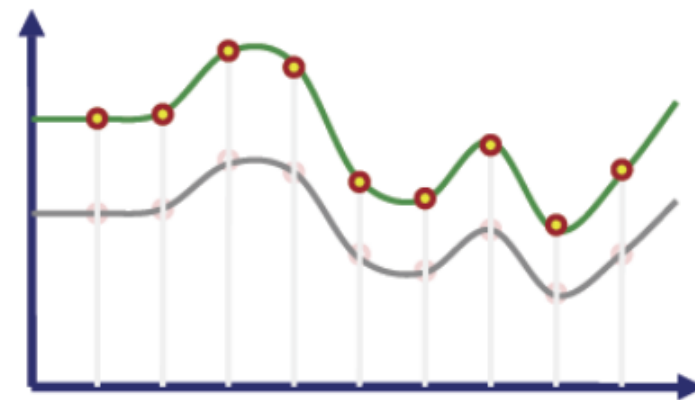
- Ajuste de brilho
 - Basta escalar os valores de cada pixel



Original

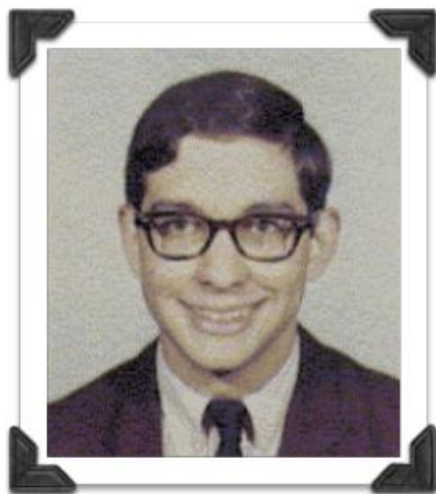


Mais Brilho

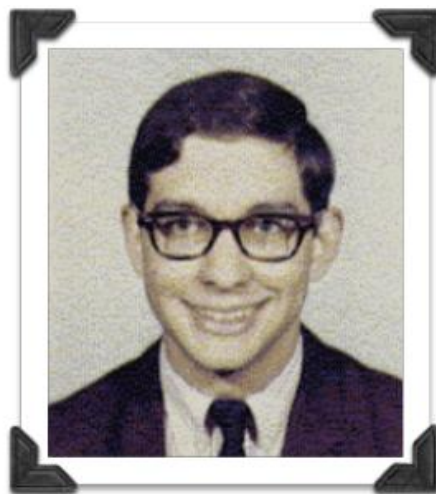


Operações com *Pixel*

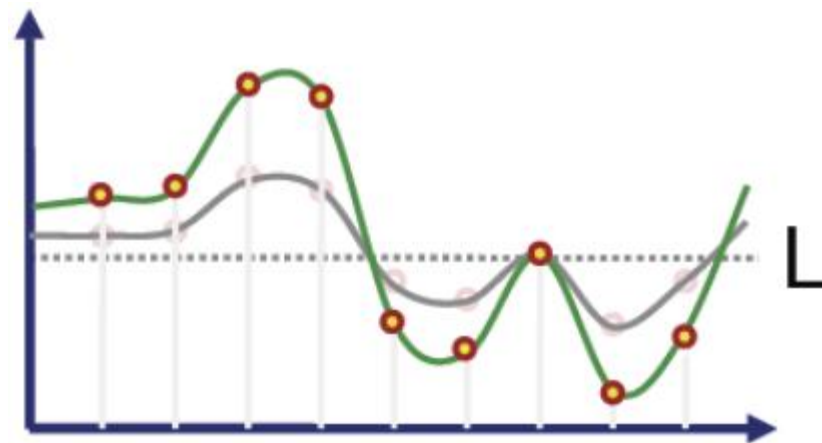
- Ajuste de Contraste
 - Calcule a luminância média L de todos os *pixels* da imagem
 - Luminância = $0,30*r + 0,59*g + 0,11*b$



Original



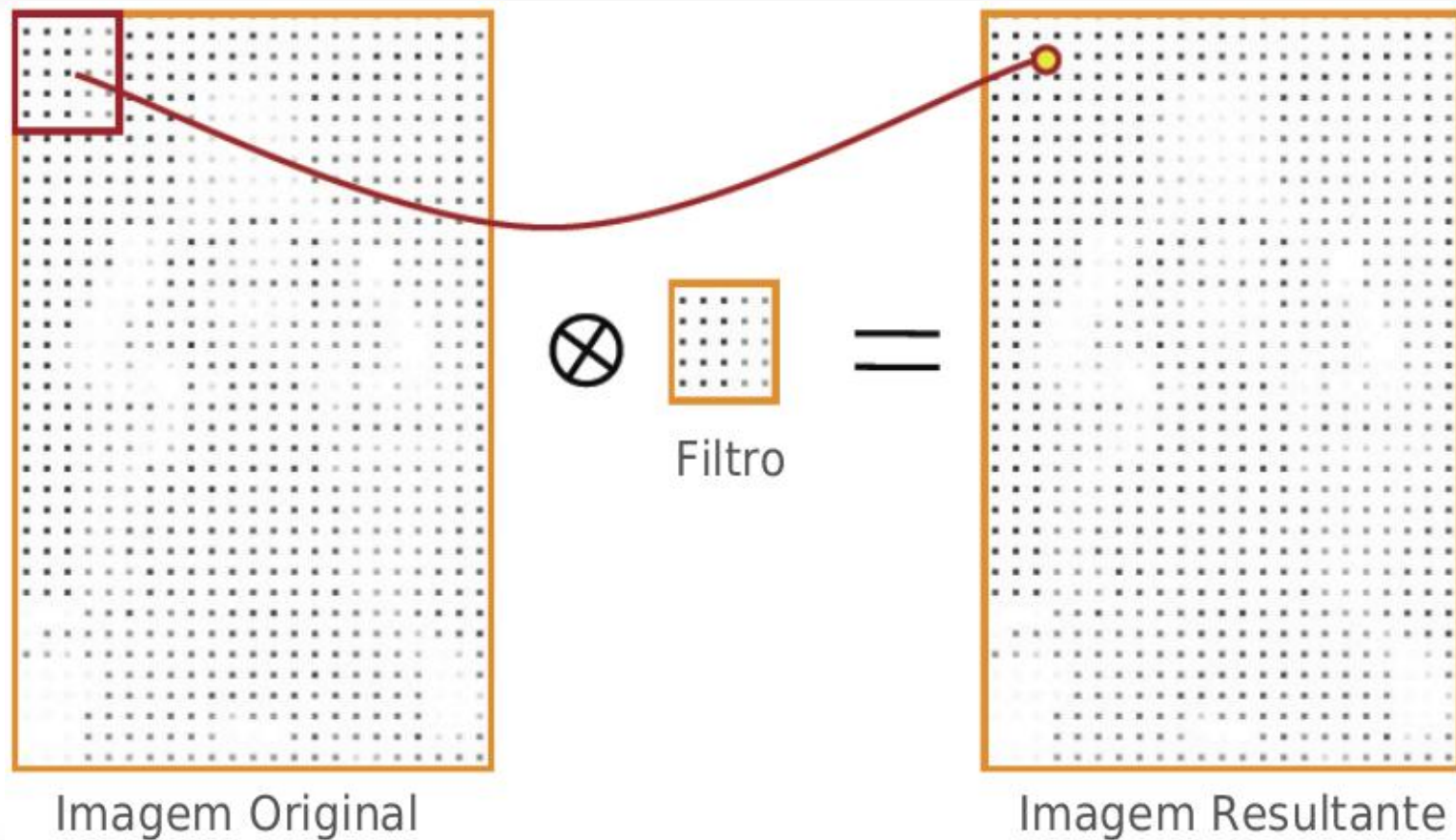
Mais Contraste



Filtragem - Convolução

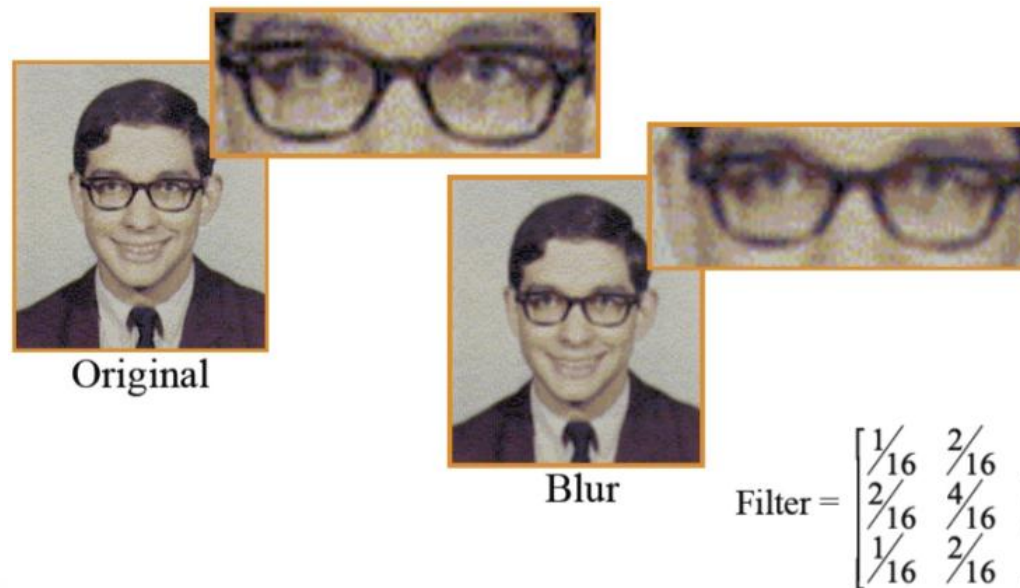
- Convolução
 - Fundamento matemático: operações entre matrizes menores.
 - Cada pixel resultante é uma combinação linear dos pixels da vizinhança ponderados por pesos prescritos pelo filtro.

Filtragem - Convolução



Filtragem

- Ajuste de *Blur*
- Aplicar convolução com filtro cujas entradas tenham soma igual a 1
- Cada pixel se torna a média ponderada de todos os seus vizinhos



Filtragem

- Detecção de bordas
- Aplicar convolução com um filtro que encontra as diferenças entre pixels vizinhos.



Original



Detect edges

$$\text{Filter} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & +8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Filtragem

- Aguçar (*sharpen*)
- Aplicar convolução com um filtro que soma as bordas detectadas à imagem original.



Original



Sharpened

$$\text{Filter} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & +9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Filtragem

- Realce (*emboss*)
 - Aplicar convolução com um filtro que destaca gradientes em uma direção particular.
 - Gradiente: alteração no valor de uma quantidade por unidade de espaço.

Filtragem

- Realce (*emboss*)



Original



Embossed

$$\text{Filter} = \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Filtragem

- Filtros não-lineares
- Cada pixel de saída é resultado da aplicação de uma função não-linear nos pixels da vizinhança (filtro depende da entrada).



Original



Oil



Stain Glass