

Computação Gráfica I

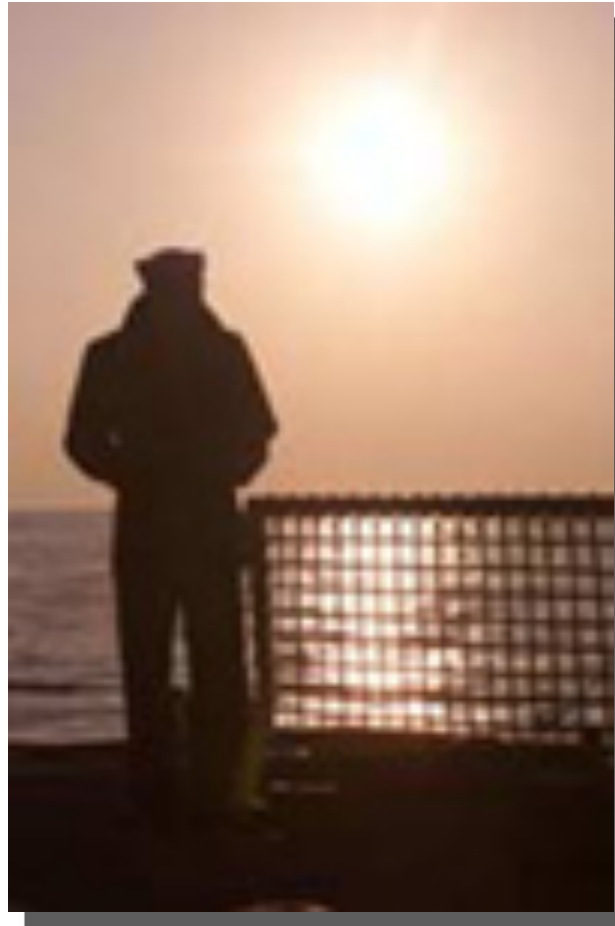
Professor:

Anselmo Montenegro
www.ic.uff.br/~anselmo

Conteúdo:

- Cores e imagens

Cores: intuição

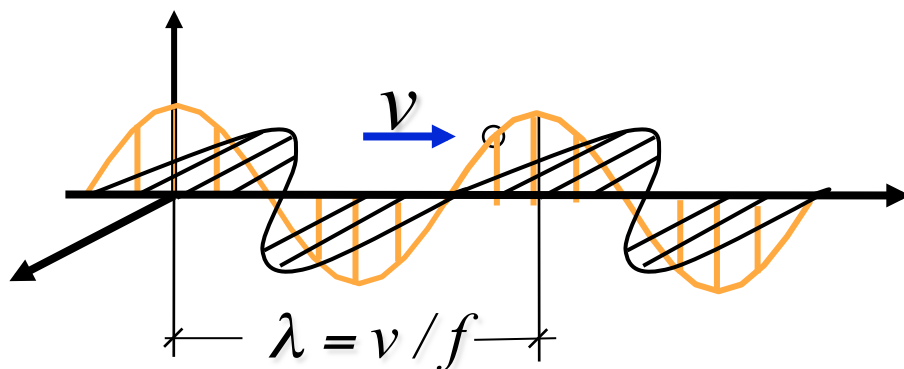


Luz
+
Sistema
Visual

Cores: noção física de cor

Natureza dual da luz

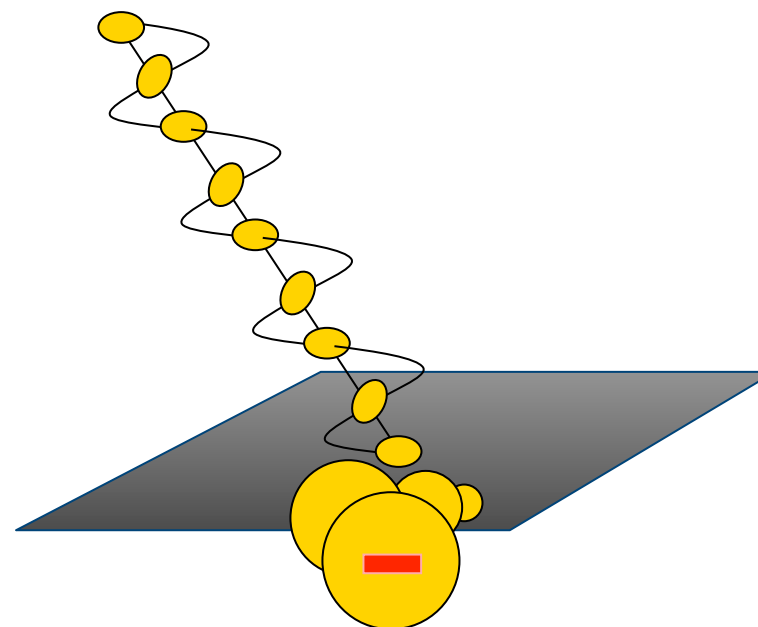
ONDA



$$c = \lambda f$$

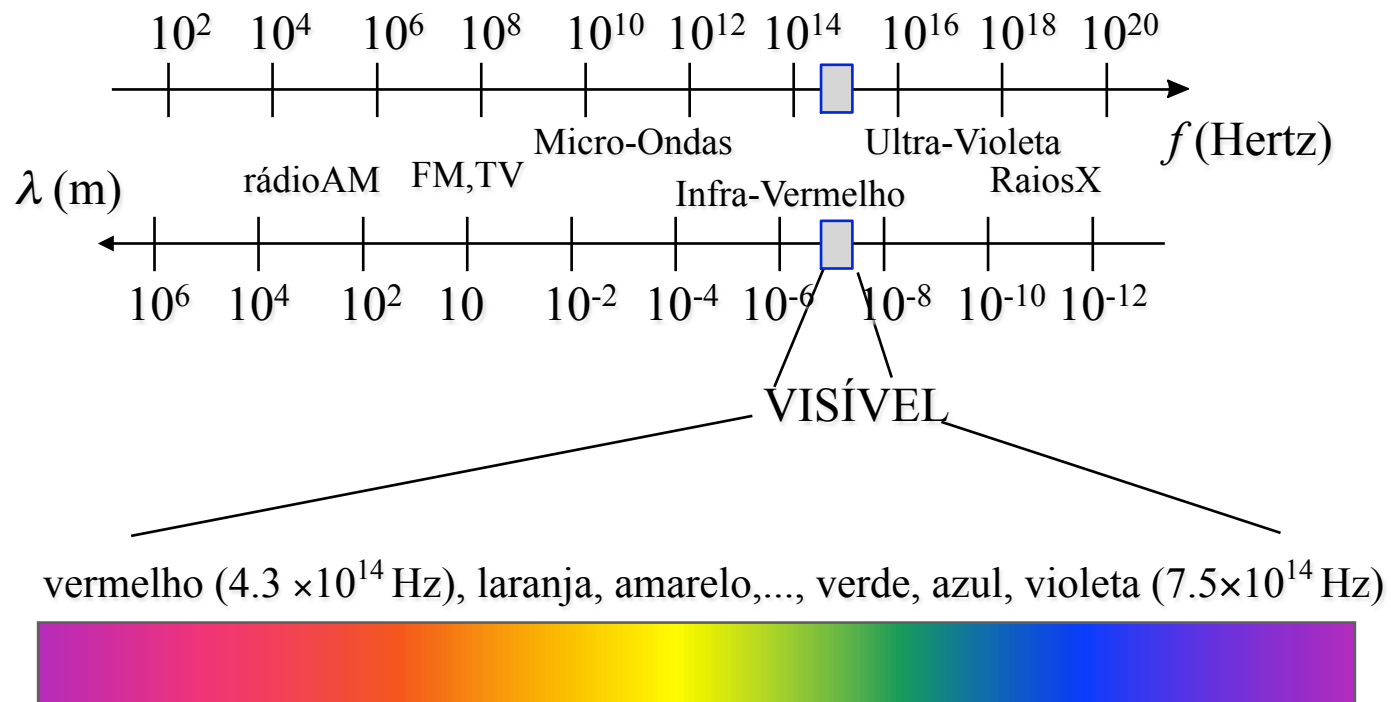
c = Velocidade da Luz $\cong 3.0 \times 10^8$ m/s

PARTÍCULA

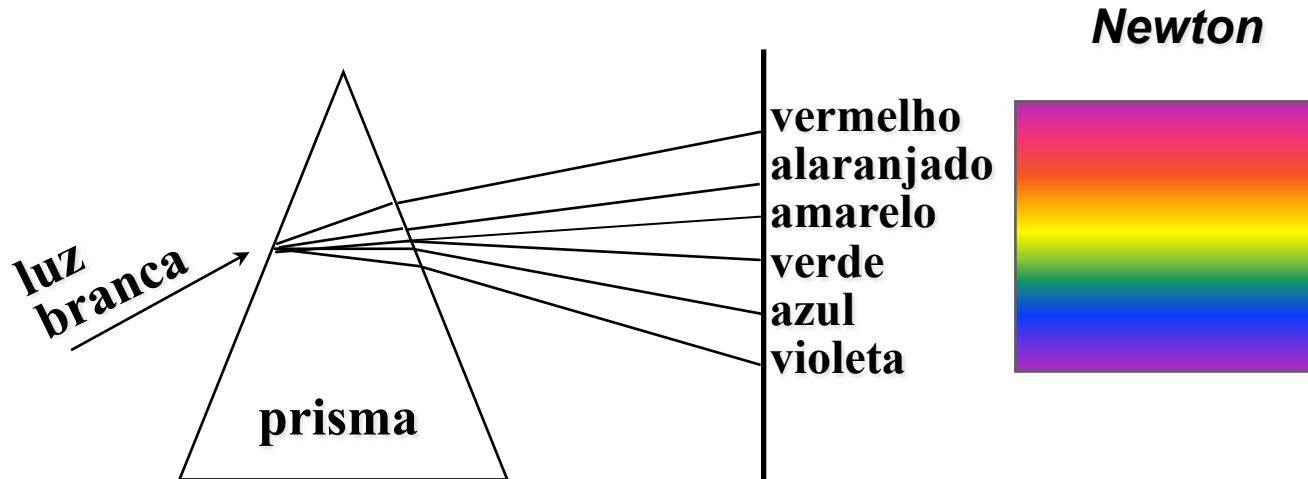


Cores: cor como onda eletro-magnética

Onda eletro-magnética



Cores: cor como onda eletro-magnética



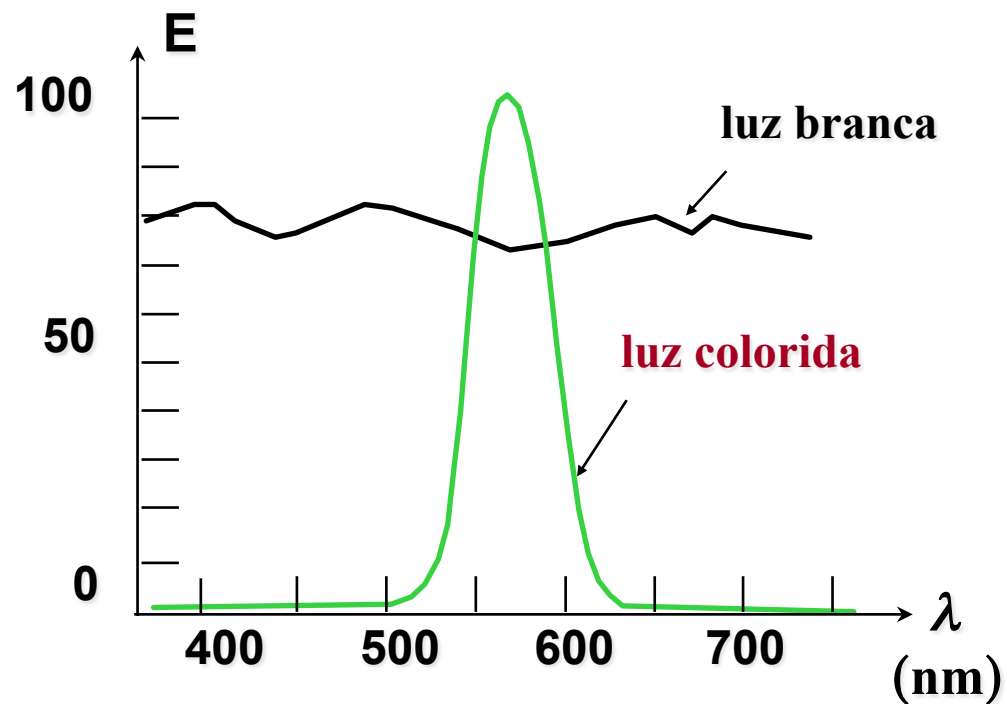
luz branca (acromática) tem todos os comprimentos de onda

Cor	λ
Violeta	380-440 nm
Azul	440-490 nm
Verde	490-565 nm
Amarelo	565-590 nm
Laranja	590-630 nm
Vermelho	630-780 nm

1 nm = 10^{-9} m

Cores: distribuição espectral da luz

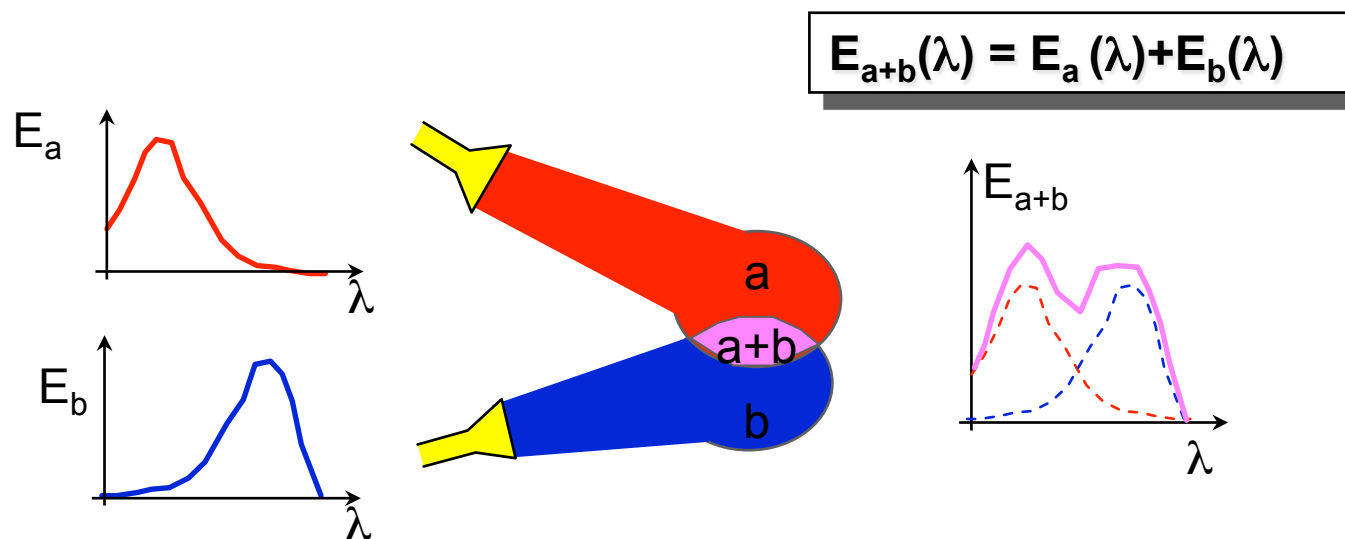
Distribuição espectral da luz



Cores: processo de formação

- As cores que percebemos surgem da *iteração entre fontes de luz e diversos tipos de materiais* encontrados no mundo físico.
- Tipos de processos de formação:
 - Aditivo.
 - Subtrativo.
 - Por pigmentação.

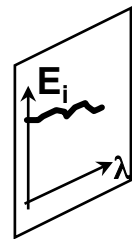
Cores: processo de formação aditivo



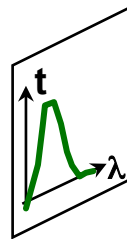
*O olho não vê
componentes!*

Cores: processo de formação subtrativo

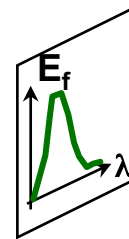
filtros



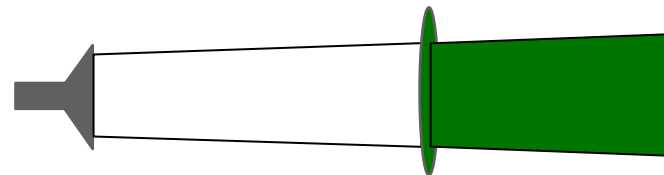
Luz
branca



Filtro
verde



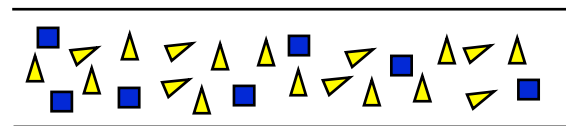
Luz
verde



transparência

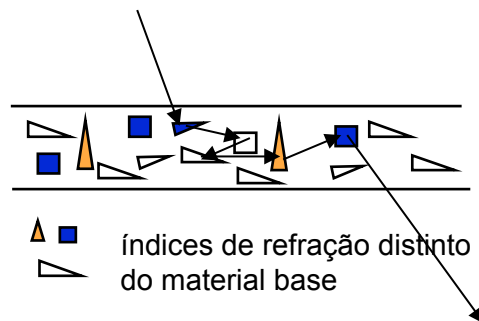
$$E_f(\lambda) = t(\lambda) \cdot E_i(\lambda)$$

corantes

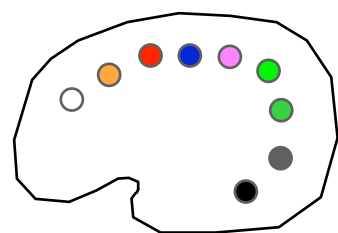


■ azul
▲ amarelo

Cores: processo de formação por pigmentação



A sucessão de reflexão e refração determinam a natureza da luz refletida



PALHETA DO PINTOR

tinta branca

tons mais claros
(*tints*)

tinta colorida (saturada)

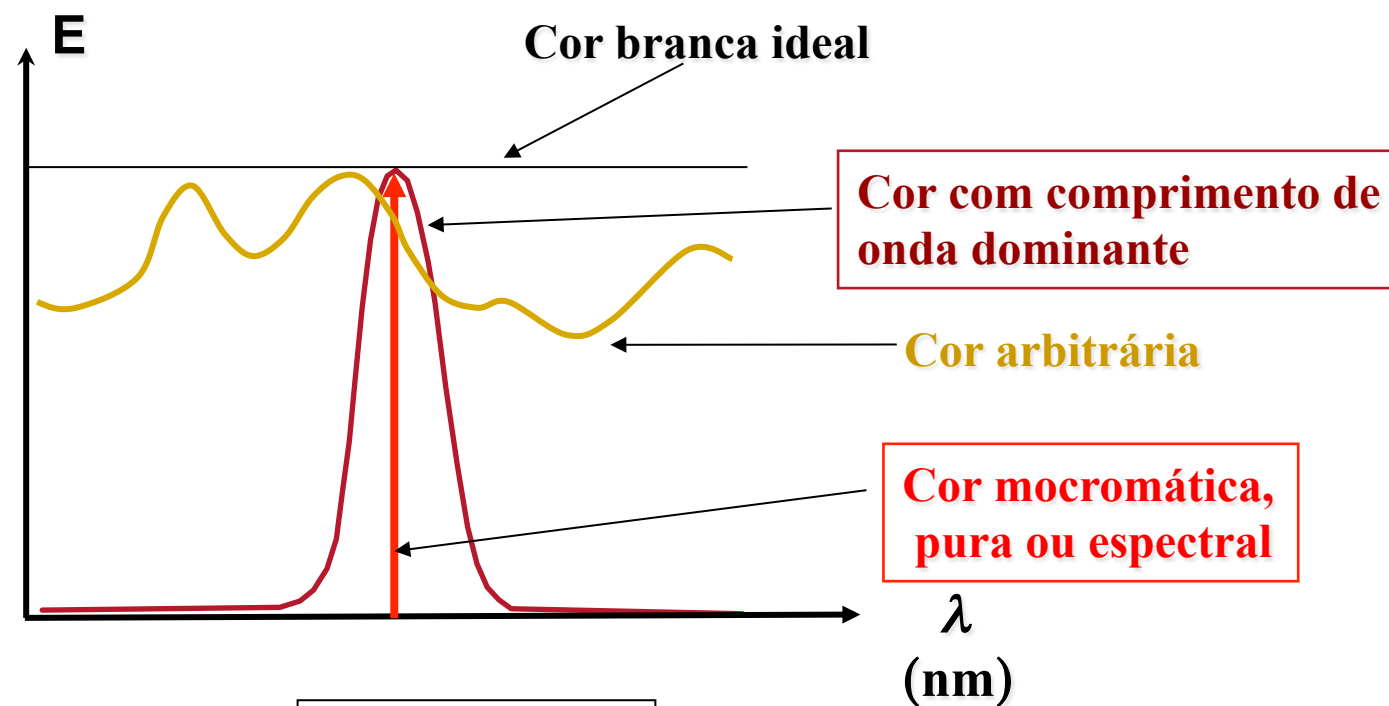
Cinzas
(*greys*)

tons

tons mais escuros
(*shade*)

tinta preta

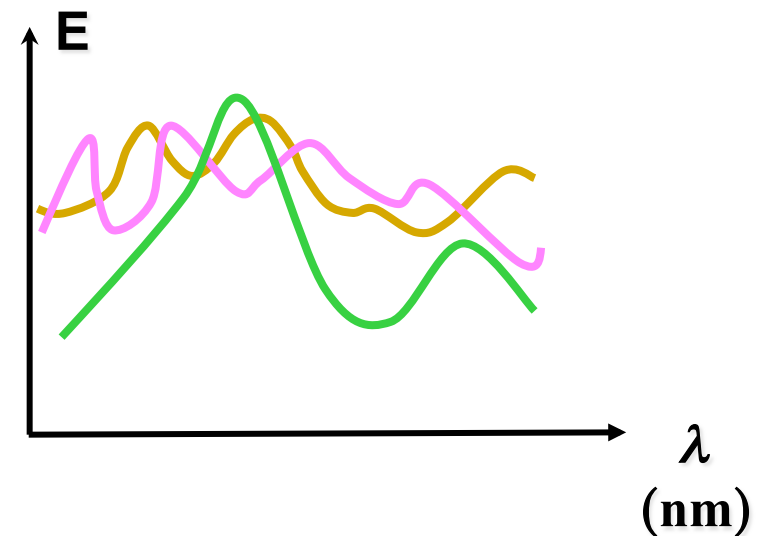
Cores: modelo matemático



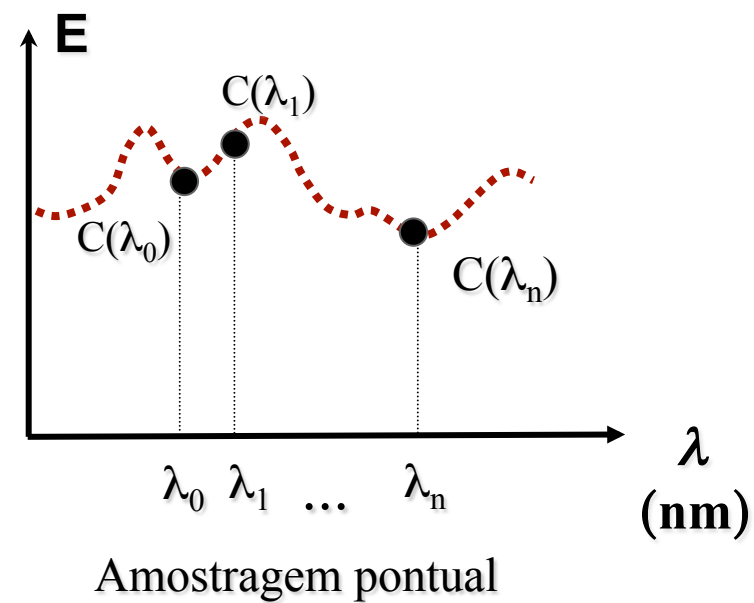
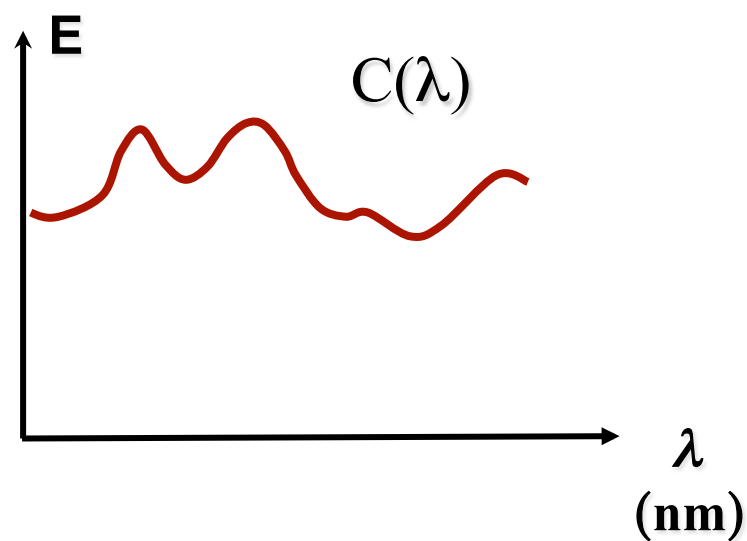
$$f : R \rightarrow R$$

Cores: espaço de cores E

- Espaço de funções correspondentes às distribuições espectrais.
- Possui dimensão infinita.
- Para manipulá-lo computacionalmente é necessário representá-lo.



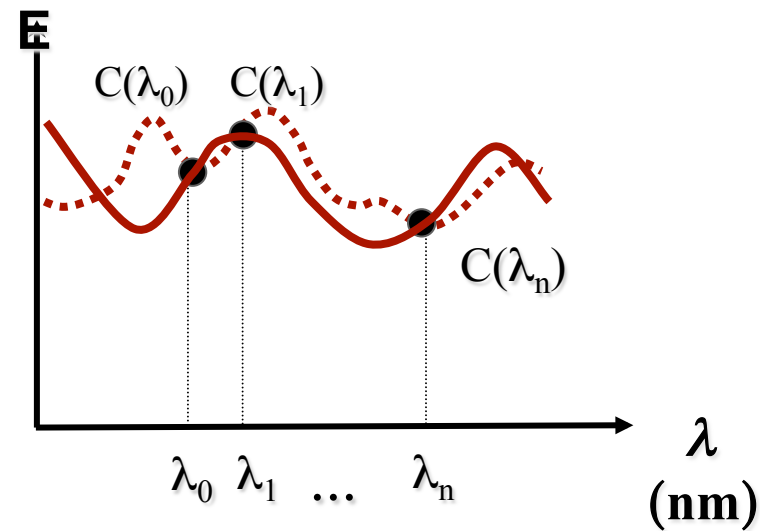
Cores: representação



$$R : E \rightarrow R^n,$$
$$R(C(\lambda)) = (C(\lambda_0), \dots, C(\lambda_n))$$

Cores: reconstrução

- Depende de dois fatores:
 - Número de amostras utilizadas.
 - Método de interpolação.



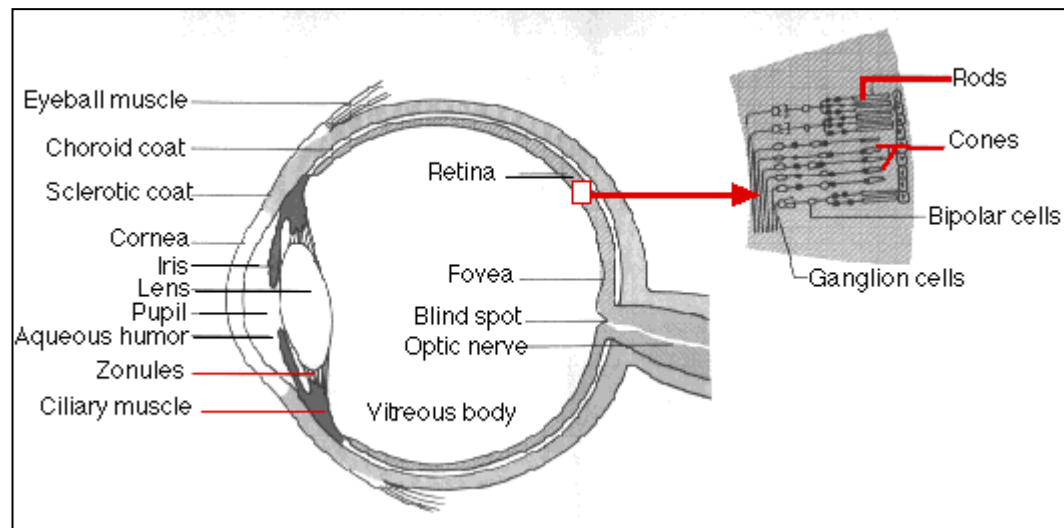
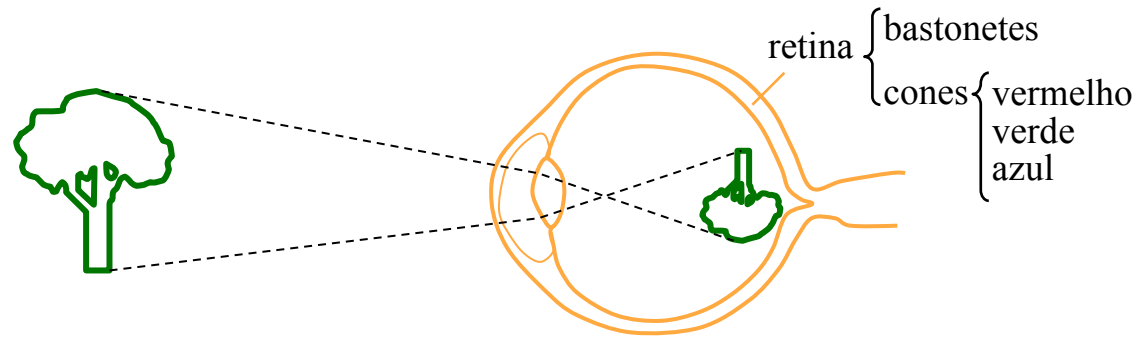
Cores: o problema de representação e reconstrução de cores

- Questões fundamentais:
 - O que é uma “boa” reconstrução de cores?
 - Quantas cores devem ser usadas como base da representação?
 - Que cores (primárias) devem compor esta base?

Cores: uma solução par o problema de representação-reconstrução

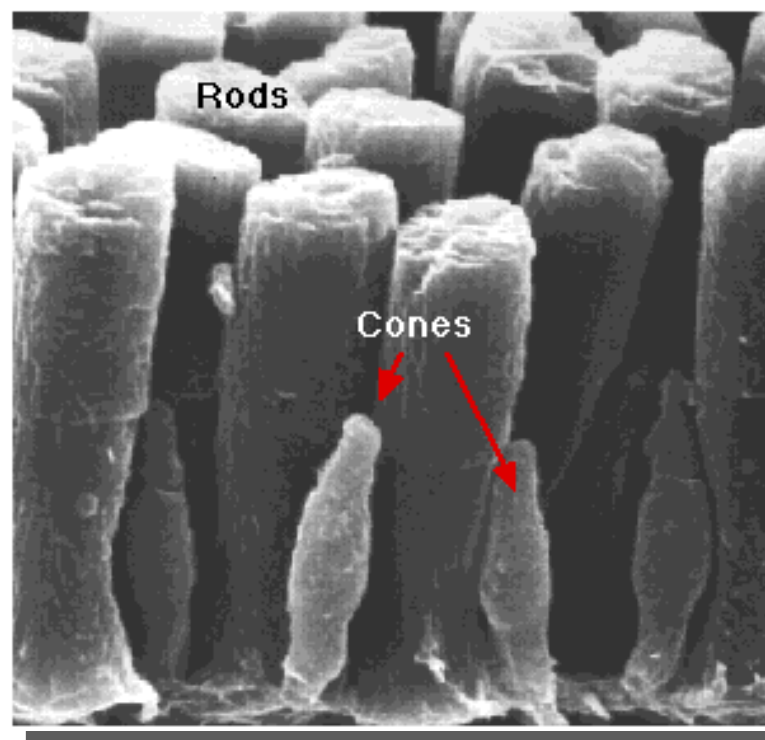
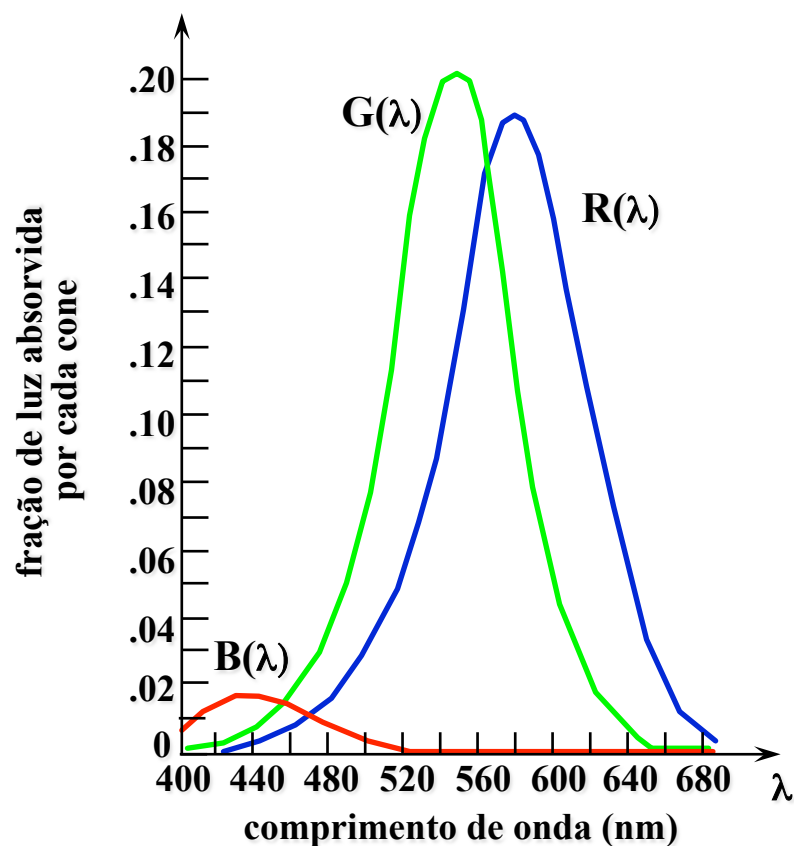
- Boa = perceptualmente adequada (reconstrução metamérica)
- Número de cores = 3
- Cores: vermelho, verde e azul
- Inspiração: sistema visual humano

Cores: representação no sistema visual humano



Cores: representação no sistema visual humano

Olho humano: Cones (RGB) e Bastonetes (cegos para cor)



Cores: representação no espaço tricromático

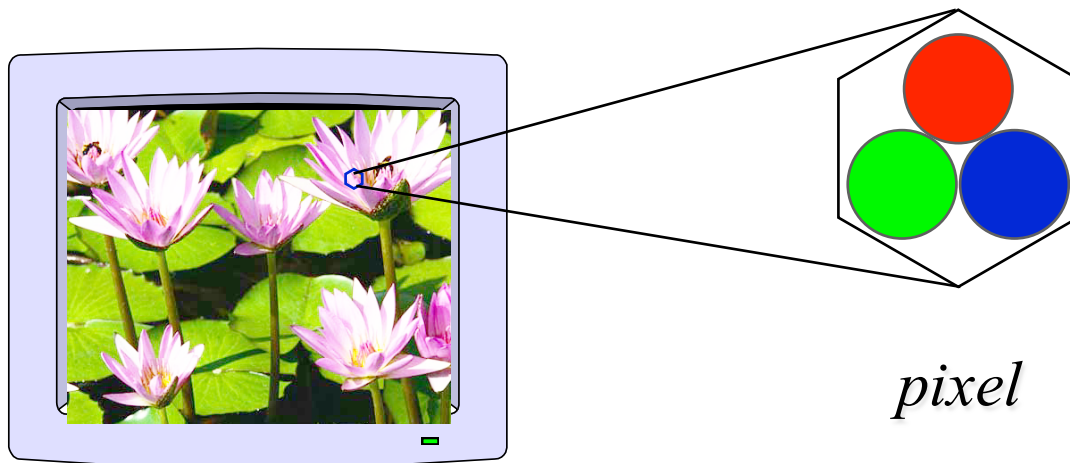
- O sistema visual humano representa as cores do espaço espectral E em um espaço tricromático.
- Isto significa que três amostras (nas faixas correspondentes ao **vermelho**, **verde** e **azul**) é suficiente para os propósitos de reconstrução perceptual.

Cores: sistemas de cor da Computação Gráfica

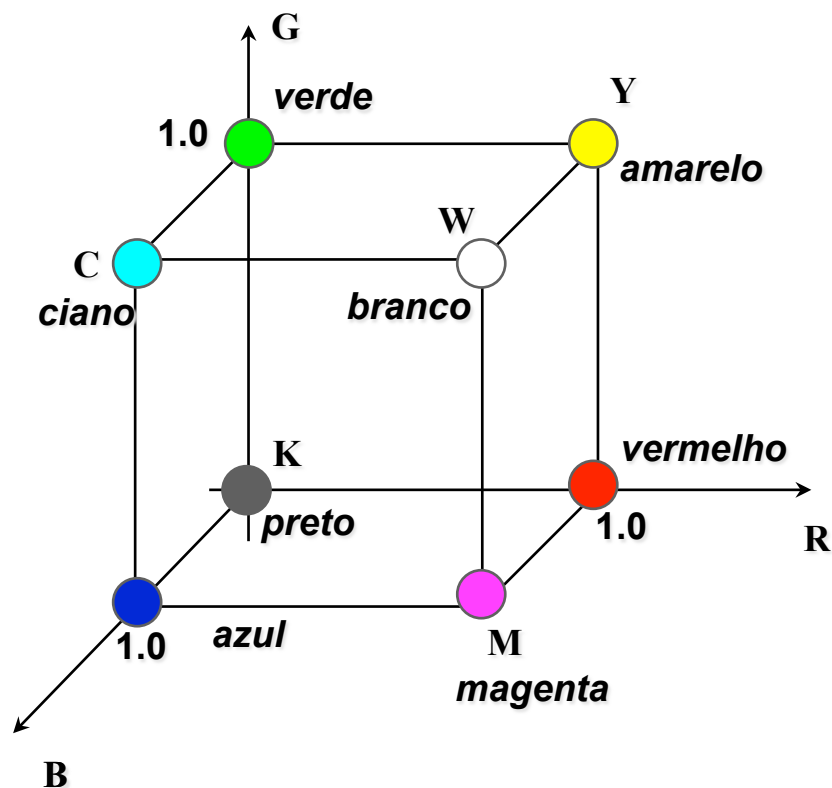
- Sistemas dos Dispositivos.
- Sistemas Computacionais.
- Sistemas de Interface.

Cores: sistemas dos monitores

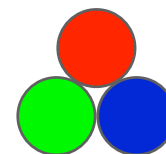
**Processo
Aditivo**



Cores: sistemas dos monitores - mRGB



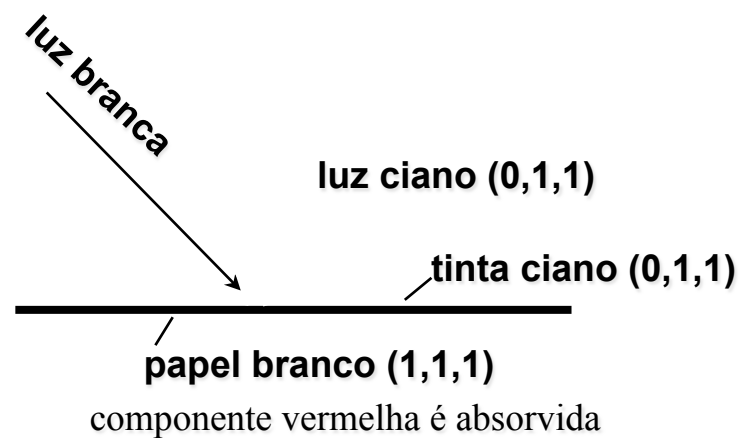
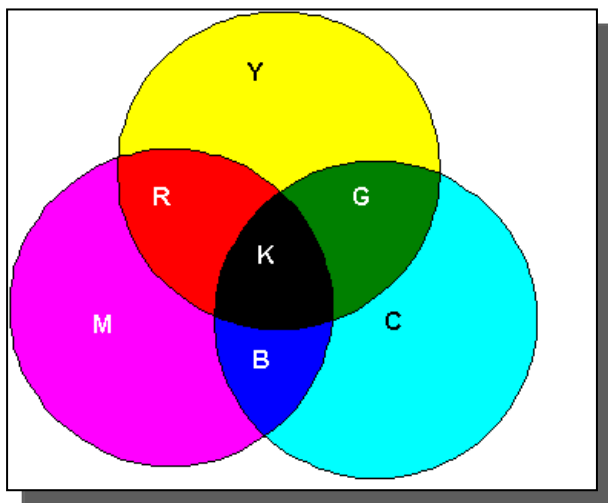
processo aditivo



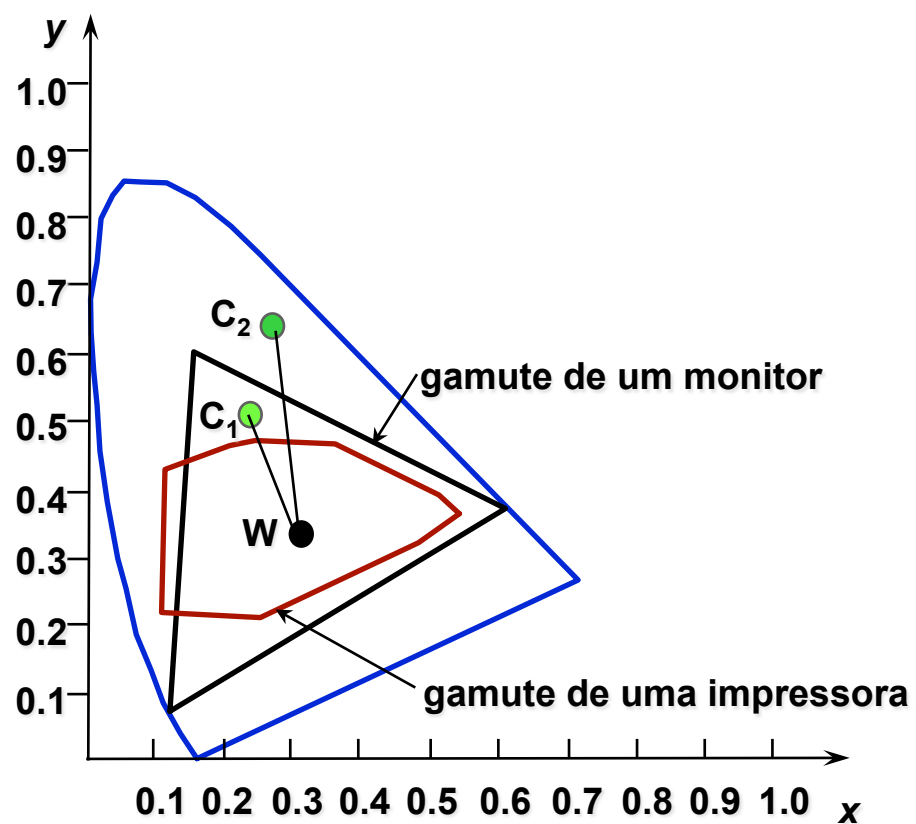
Normalmente temos 1 byte para cada componente mapeando [0, 255] em [0,1]

Cores: sistemas as impressoras -CMY(K)

processo subtrativo



Cores: gamute no diagrama de cromaticidade dos dispositivos



Cores: sistemas de interface

- Permitem uma especificação intuitiva de cores.
- São baseados em uma decomposição crominância-luminância.
- Utilizam o seguinte esquema:
 1. Escolha da crominância.
 2. Escolha da luminância(brilho).

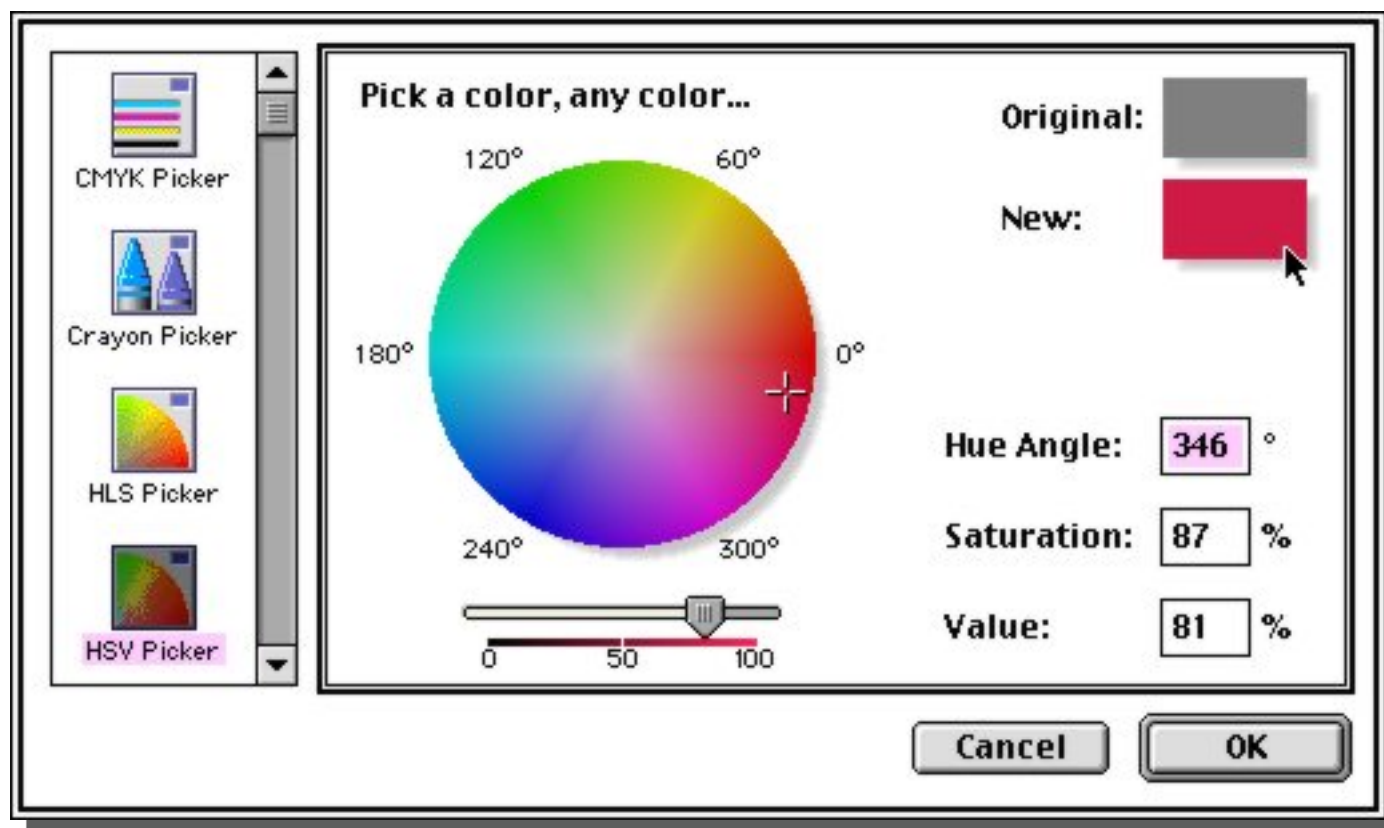
Cores: sistemas de interface

- Escolha da cromaticidade:
 - Escolha de um ponto no espaço de cor (bidimensional).
 - Primeiro o usuário escolhe a matiz (a cor pura).
 - Depois o usuário escolhe a saturação (nível de mistura da cor pura com o branco).

Cores: sistema HSV

- Sistema criado para a especificação de cores em monitores.
- Introduz um sistema de coordenadas segundo o esquema luminância-crominância no sistema mRGB.
- Descreve uma cor através de 3 parâmetros:
 - Hue(matiz)
 - Saturation(saturação)
 - Value(valor), uma mediada de brilho igual a $\max\{r,g,b\}$.

Cores: sistema HSV



Imagens: *intuição*



Imagens: *intuição*

- Uma imagem é um sinal que representa a *variação de uma certa grandeza* em um espaço bidimensional.
- Pode ser uma fotografia, a cena formada na nossa retina, um mapa de elevações, etc.

Imagens: definição

- Imagem como função:

$$f : U \subset R^2 \rightarrow R^n$$

- Quando o contra-domínio é um espaço de cor (normalmente o R ou R^3) temos o seguinte:

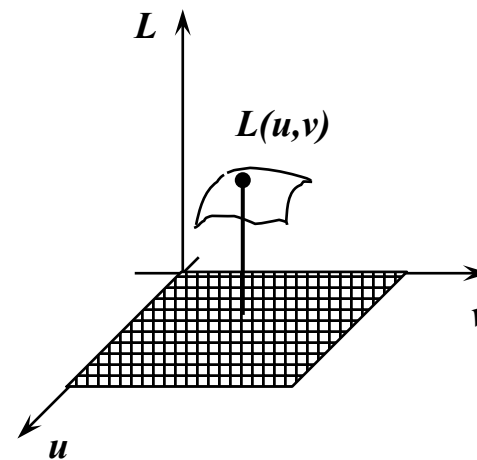
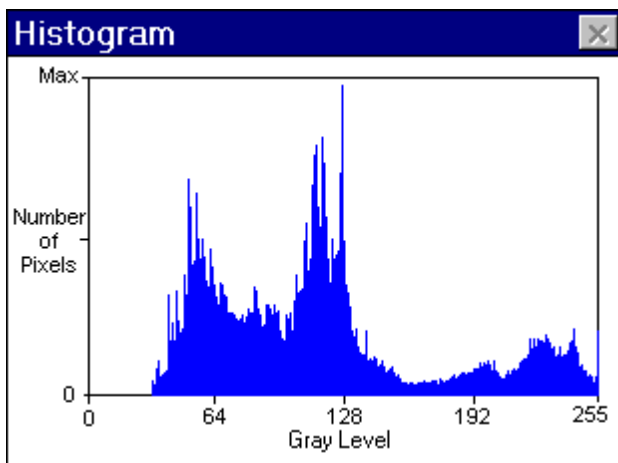
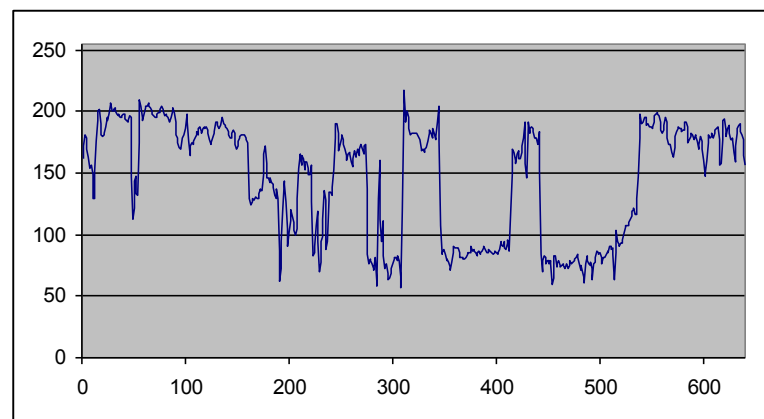
$$f : U \subset R^2 \rightarrow R$$

Imagem monocromática

$$f : U \subset R^2 \rightarrow R^3$$

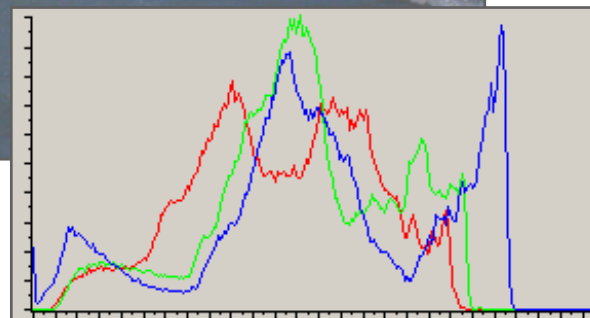
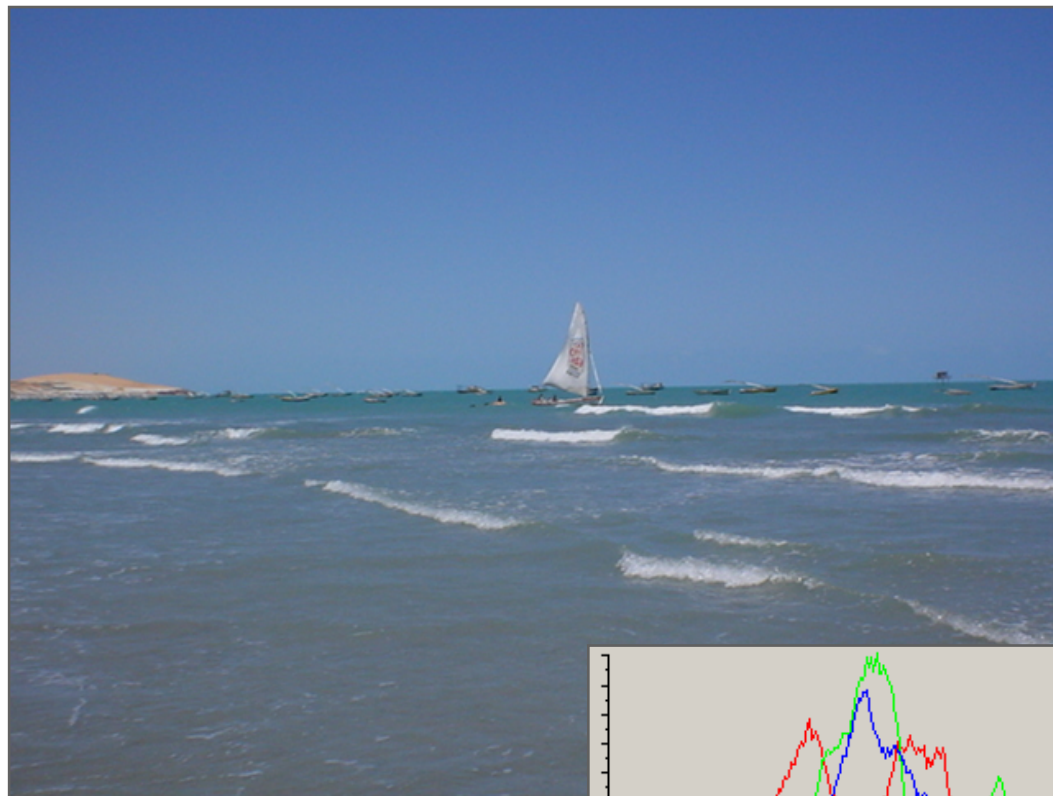
Imagem colorida

Imagens: *imagem monocromática*

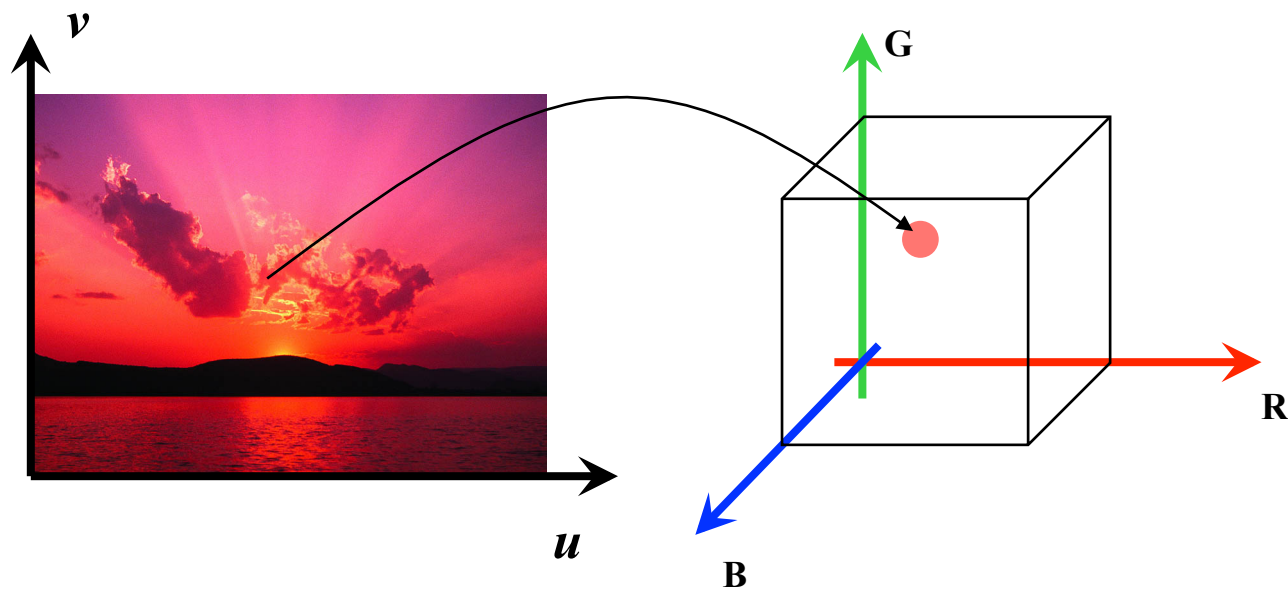


Função

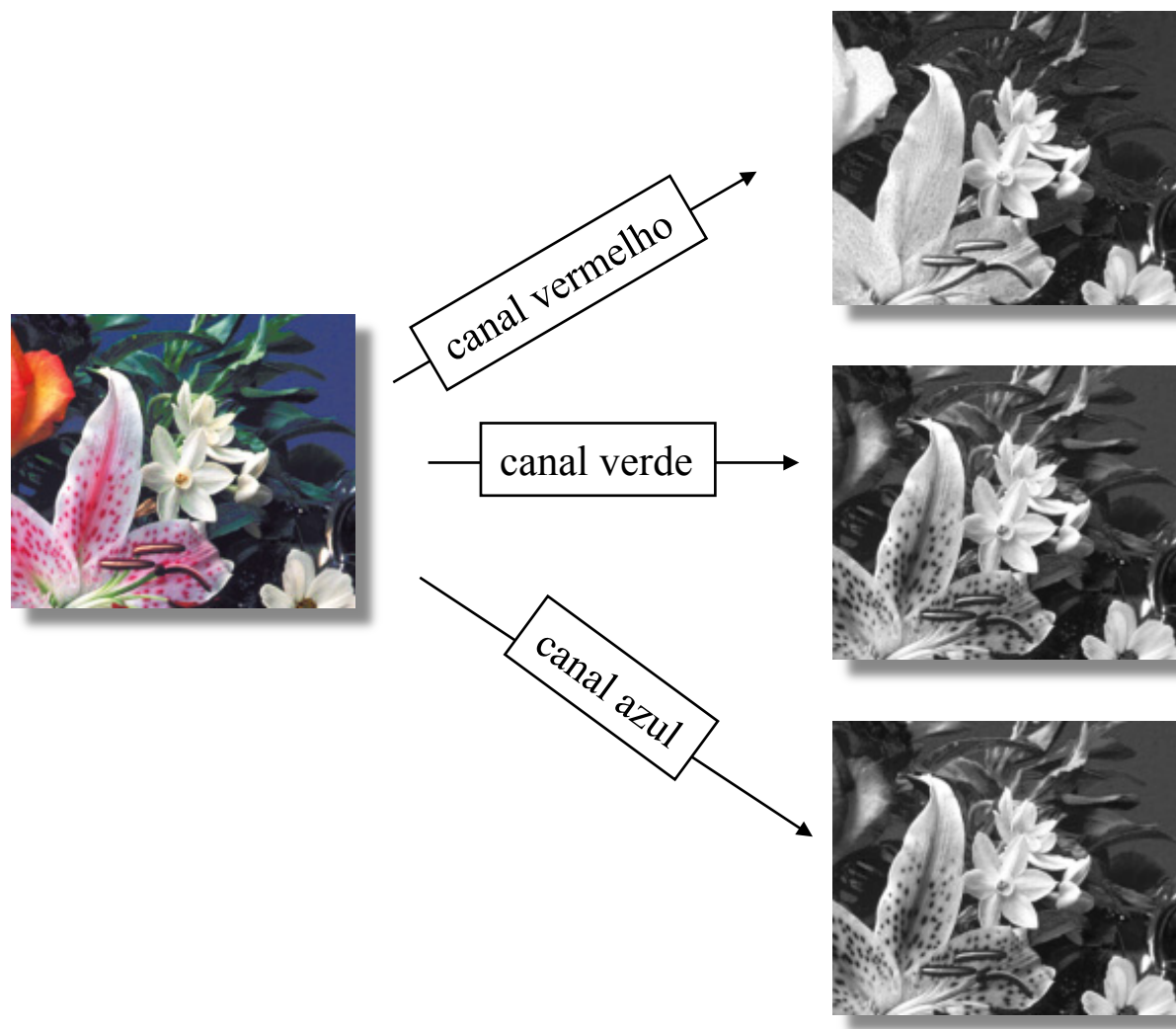
Imagens: *imagem colorida*



Imagens: *imagem colorida*



Imagens: canais de cor



Imagens: representação

- Uma imagem precisa ser *representada* em sistemas digitais.
- É necessário considerar os seguintes aspectos:
 - *Representação espacial (discretização)*
 - representação do suporte geométrico U.
 - *Representação de cor (quantização)*
 - discretização do espaço de cor.

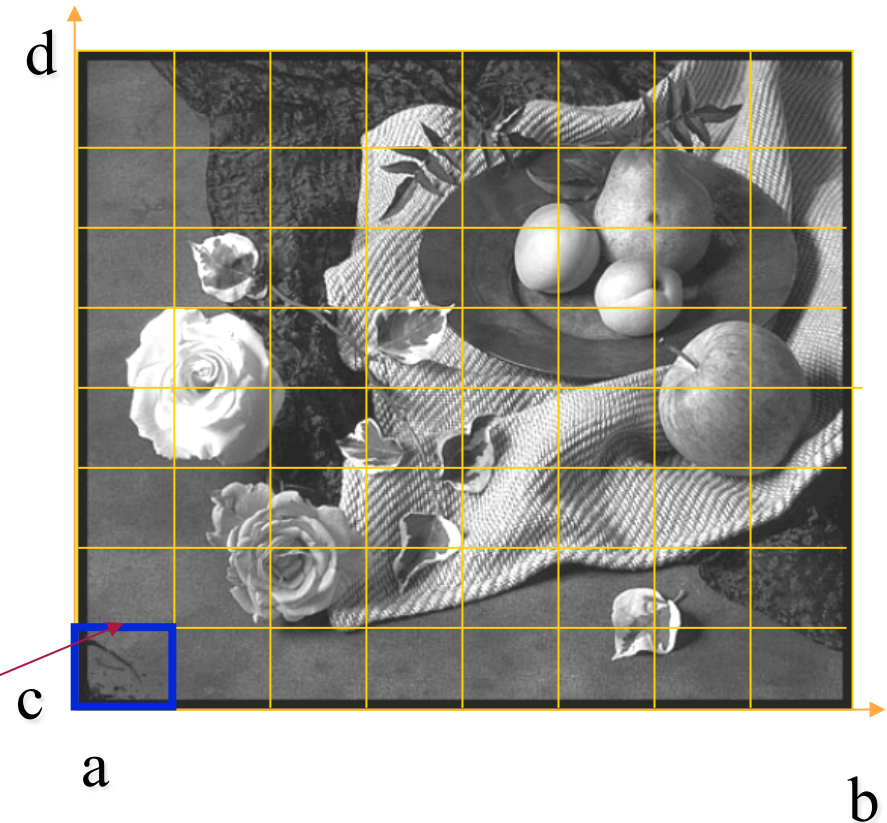
Imagens: representação

$$U = [a, b] \times [c, d] = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2; a \leq x \leq b \text{ e } c \leq y \leq d\}$$

Sem perda de generalidade podemos toma $a=c=0$ e então:

$$P_{\Delta} = \{(x_j, y_k) \in \mathbb{R}^2\}$$
$$x_j = j \cdot \Delta x, j = 0, \dots, m-1, \Delta x = b / m,$$
$$y_k = k \cdot \Delta y, k = 0, \dots, n-1, \Delta y = d / n,$$

$$c_{jk} = [j\Delta x, (j+1)\Delta x] \times [k\Delta y, (k+1)\Delta y],$$
$$j = 0, \dots, m-1 \text{ e } k = 0, \dots, n-1$$



Imagens: amostragem

- Amostragem: determinação do valor a ser assumido pela versão discreta de f para cada célula c_{jk} .
- Tipos de amostragem
 - *Amostragem pontual.*
 - *Amostragem por média.*

Imagens: amostragem

- Na *amostragem pontual* escolhemos um ponto (x_j, y_k) na célula c_{jk} e representamos f pelo seu valor $f(x_j, y_k)$ nesse ponto.
- Na *amostragem por média* representamos a função na célula c_{jk} por uma média dos valores de f , de acordo com uma função de ponderação (**núcleo de amostragem**).

$$f_{jk} = \int h(x, y) f(x, y) dx dy, \text{ onde } \int h(x, y) dx dy = 1$$

Imagens: métodos de amostragem

- Amostragem por área:

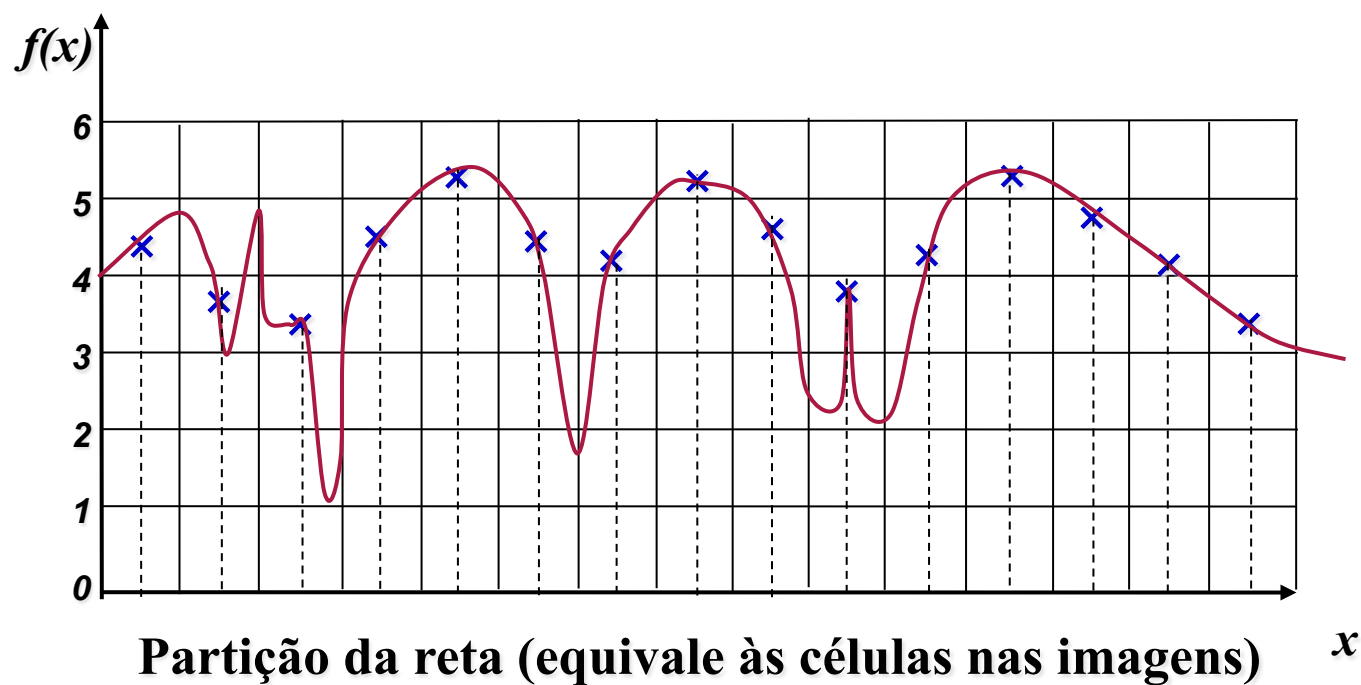
$$f_{jk} = \frac{1}{\text{Área } c_{jk}} \int_{c_{jk}} f(x, y) dx dy$$

- (h é constante na célula e 0 fora dela)

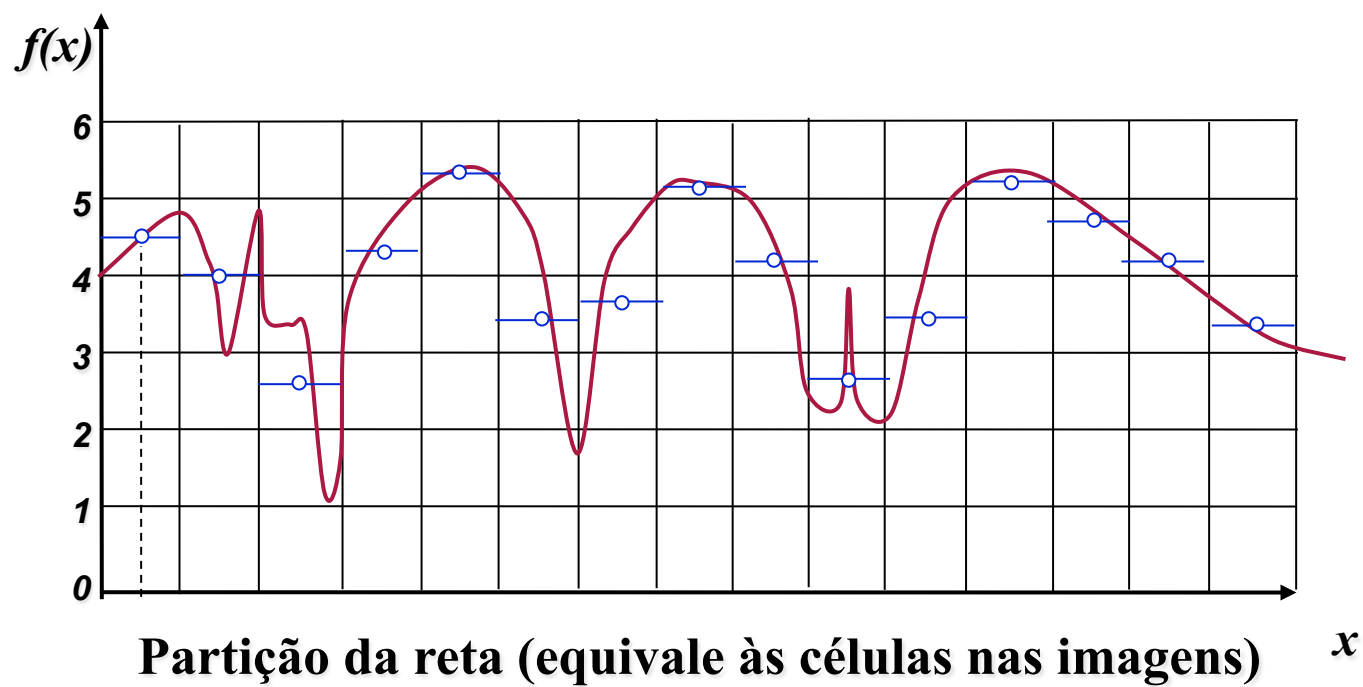
Imagens: métodos de amostragem

- A escolha de um ou outro tipo de amostragem *depende das características da função* a ser representada.
- Intuitivamente, podemos dizer que a amostragem por média é *mais adequada quando f possui grandes variações* na região da célula.

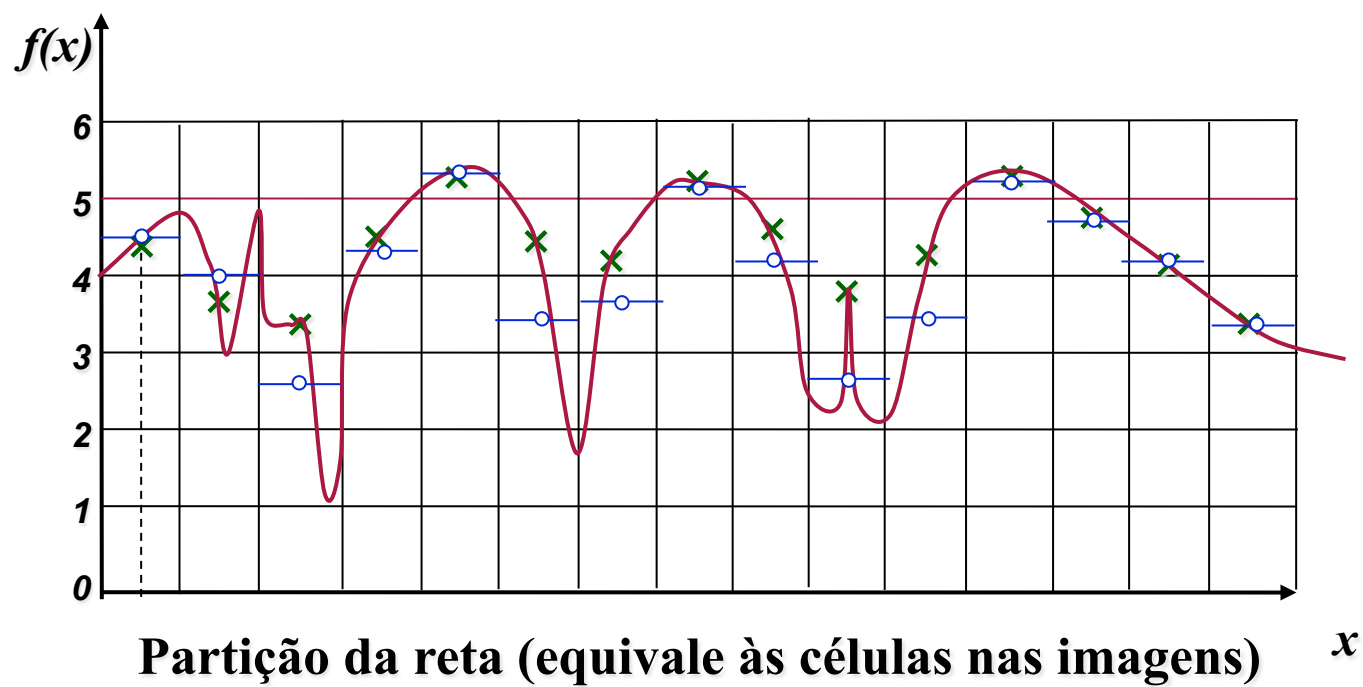
Imagens: amostragem pontual



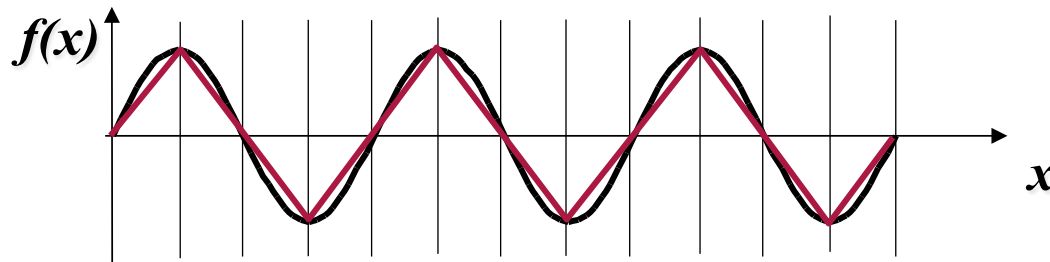
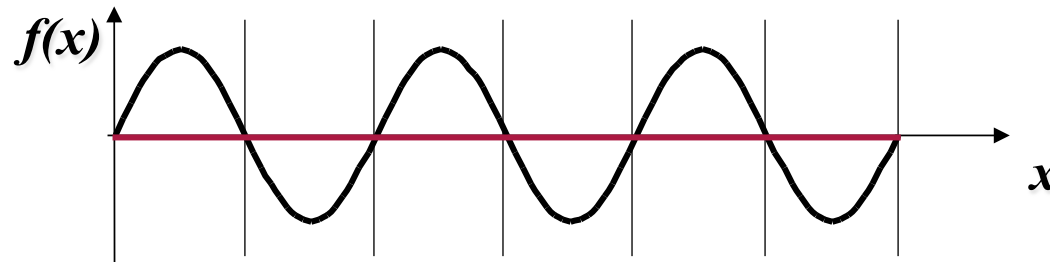
Imagens: amostragem por área



Imagens: comparação

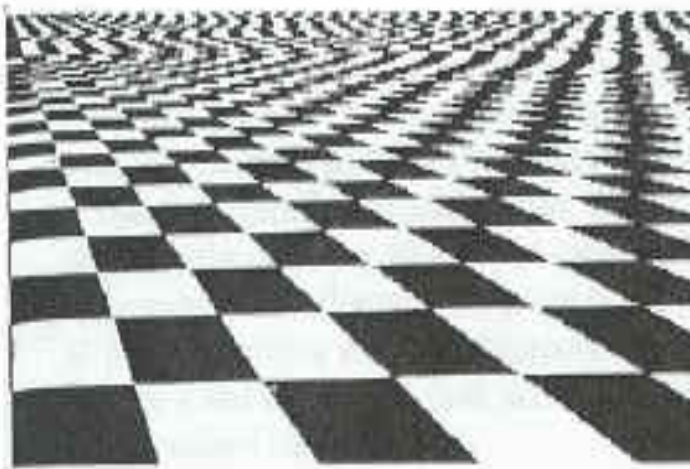


Imagens: Aliasing e limite de Nyquist

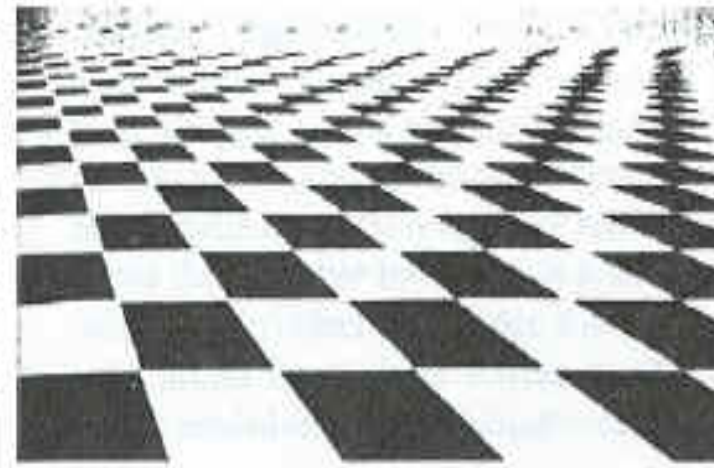


$$\Delta t < \frac{1}{2\Omega}$$

Imagens: *Aliasing e limite de Nyquist*



Point sampling



Area filtering

Imagens: representação matricial

- A representação final da imagem é uma matriz A de ordem $n \times m$.
- Cada elemento a_{jk} da matriz A *representa o valor da função* em cada célula c_{jk} (*pixel*).

Imagens: representação de cor

- Os espaços de cor monocromáticos e tricromáticos tomam valores em R e R^3 respectivamente.
- Logo, o problema de representação de cor é um *problema de representação de números reais*.
- Normalmente se utiliza aritmética em ponto flutuante (32 ou 64 bits) para representar os valores de uma cor.
- O número de bits utilizados para representar uma cor é denominado *resolução de cor*.