OPERAÇÕES COM IMAGENS

PROF. VALMIR MACÁRIO

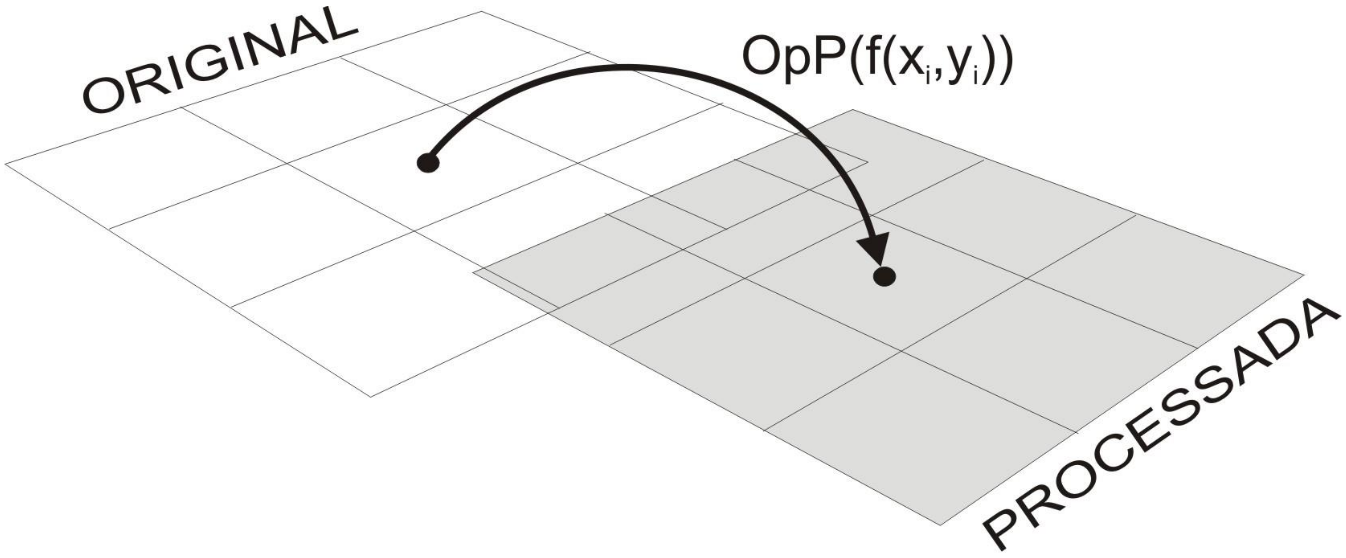
OPERAÇÕES PONTUAIS

Operações Aritméticas

Operações Lógicas

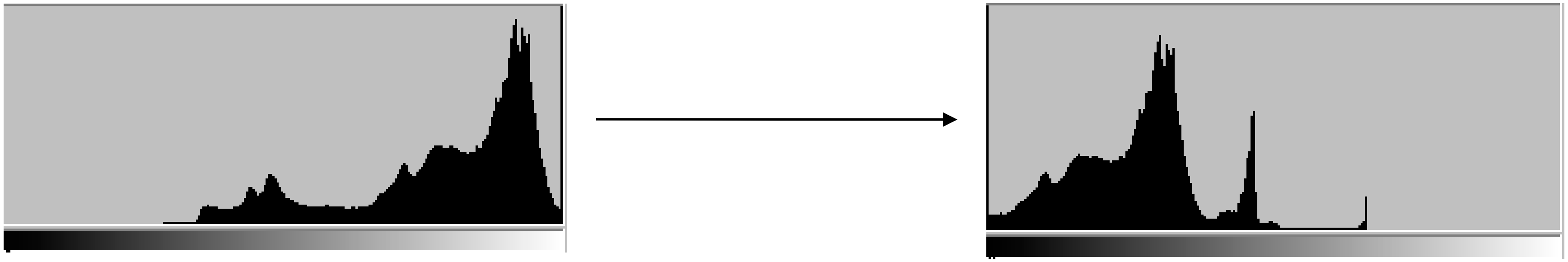
OPERAÇÕES PONTUAIS

O *pixel*, na posição *(x_i,y_i)*, da imagem resultante depende apenas do *pixel* na imagem original.



Esquema de operações pontuais em imagens

O processamento pode levar em consideração dados globais da imagem, como por exemplo, o histograma.



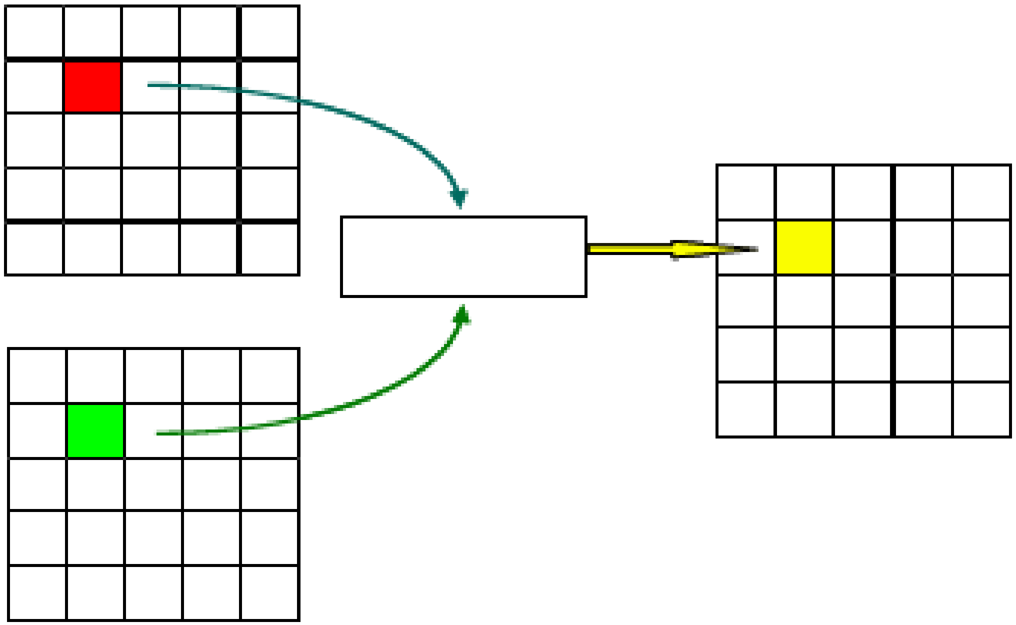
As operações locais *pixel*-a-*pixel* de duas imagens podem ser descritas pela expressão:

$$Z = (X \; OpP \; Y)$$

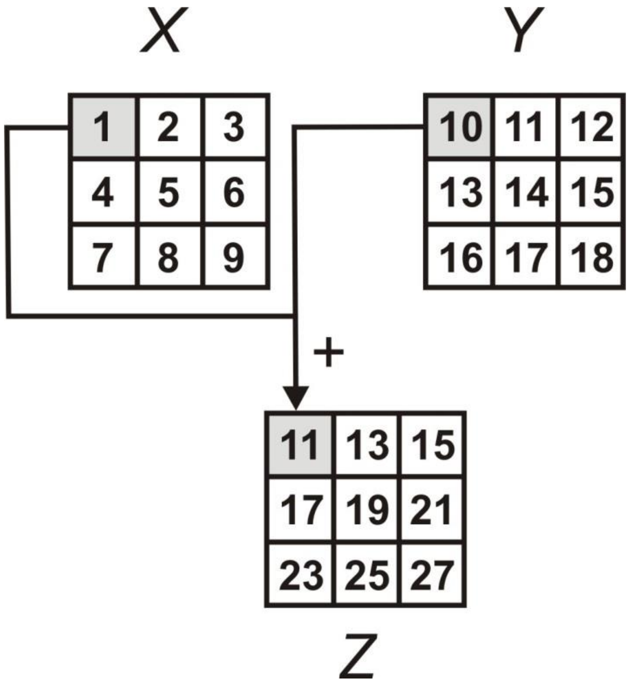
OpP é um operador qualquer aritmético ou lógico.

OPERAÇÕES PONTUAIS

- **O resultado dessas operações é sempre uma nova imagem digital**

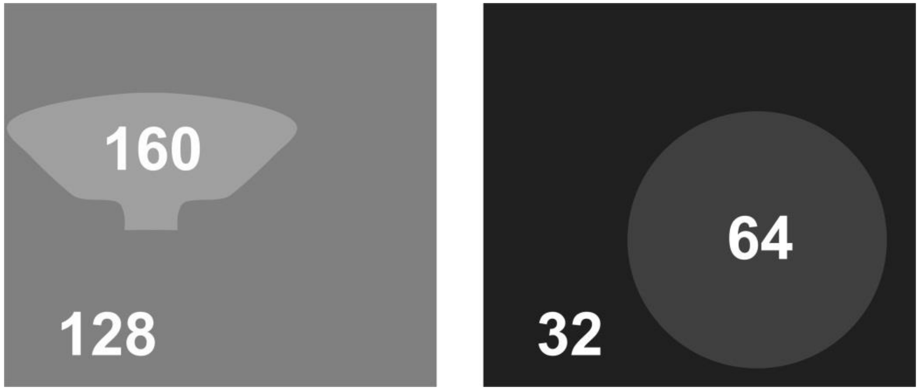


OPERAÇÕES ARITMÉTICAS



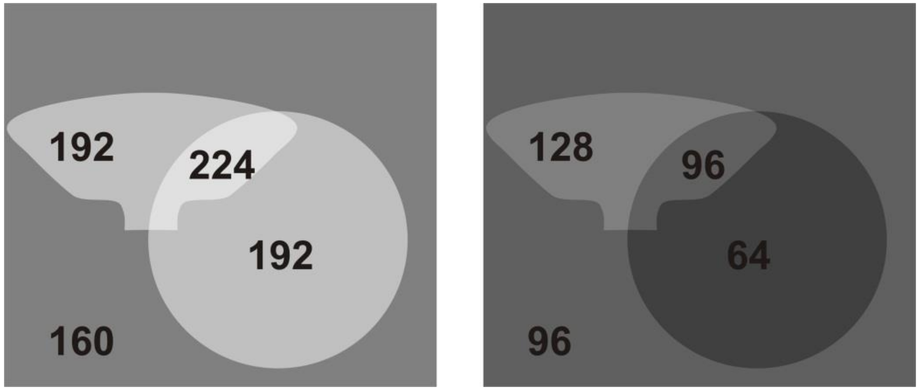
Exemplo de operação aritmética de soma

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS



(a) imagem *X* (b) imagem *Y*

Imagens *X* e *Y* utilizadas como exemplos



(a) Z = *X*+*Y* (b) Z=*X*-*Y*

Exemplos de operações aritméticas com as imagens acima *X* e *Y*

OPERAÇÕES COM IMAGENS

Operação

OPERAÇÕES COM IMAGENS
ADIÇÃO

OPERAÇÕES COM IMAGENS
SUBTRAÇÃO

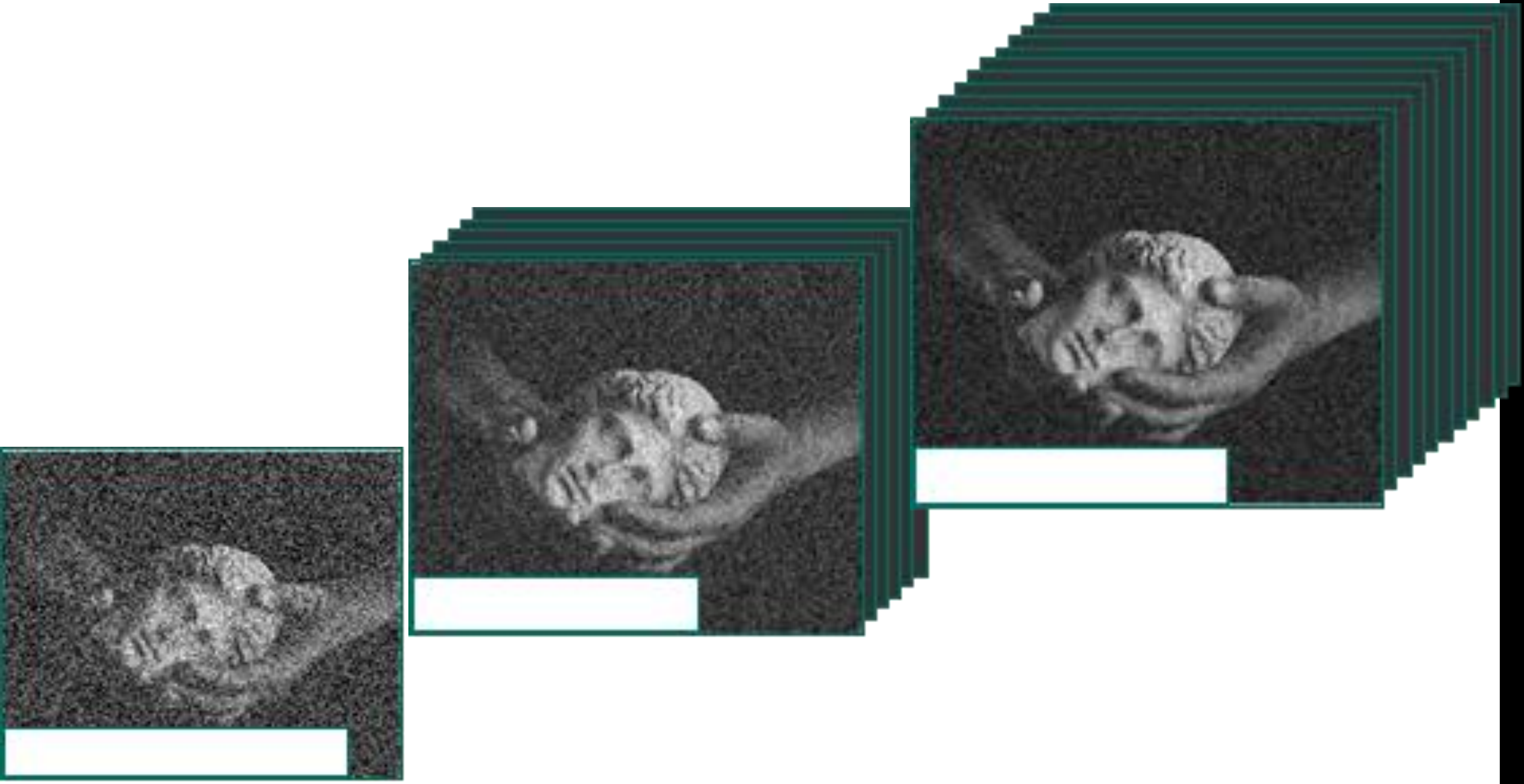
OPERAÇÕES COM IMAGENS
MULTIPLICAÇÃO

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

- **Adição para redução de ruído**
  - Adição de imagens estáticas com ruído aleatório. Por ser aleatório (não ter correlação entre quadros), a contribuição do ruído não se soma, levando a um aumento na razão sinal/ruído (signal to noise ratio - SNR).
  - O aumento da SNR é proporcional a raiz de N, onde N é o número de imagens somadas.
  - Divide-se o resultado da soma por N, sendo essa operação a média dessas imagens.
  - Aplicações comuns: Imagens de vídeo e de microscopia eletrônica e astronomia.

- **Adição para normalização de brilho de imagens**
  - Adequar a faixa total de níveis de cinza a um intervalo pré-definido

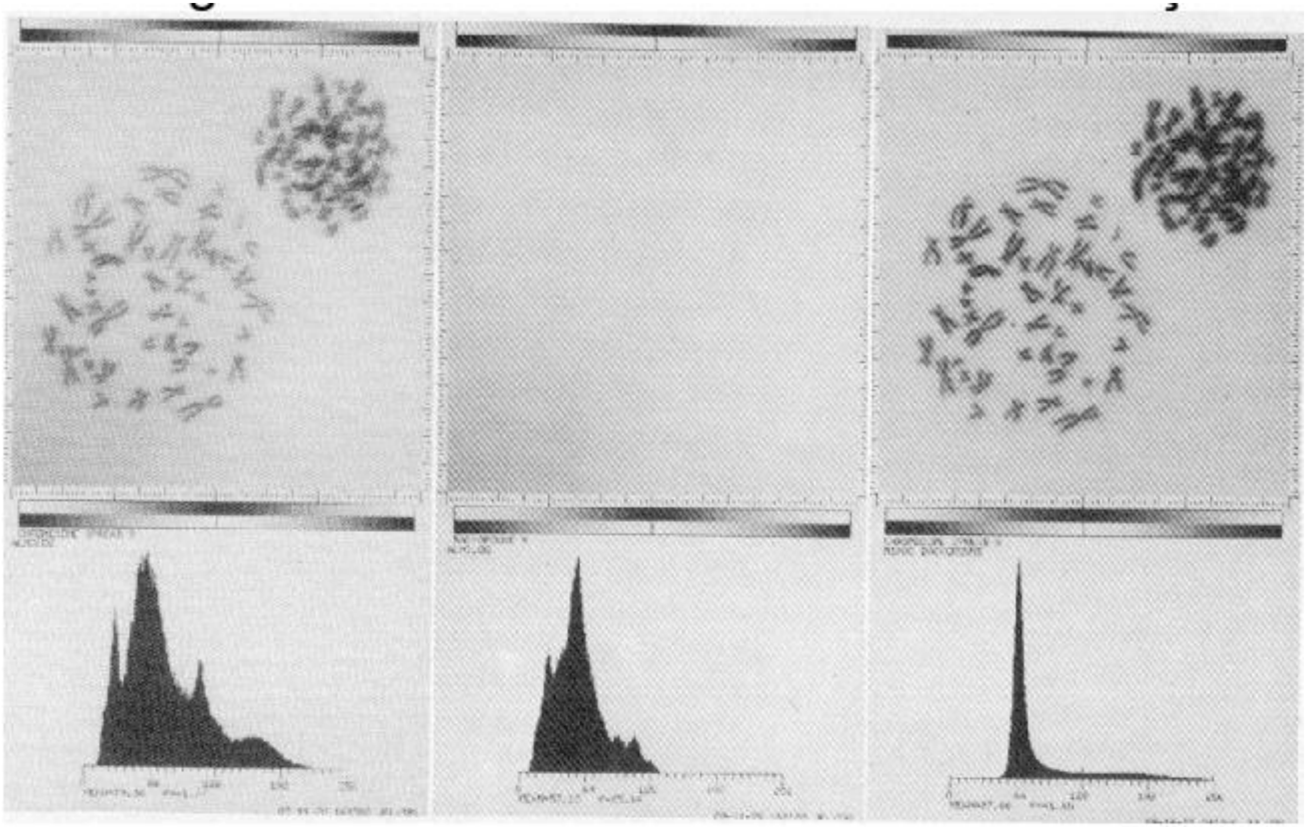
OPERAÇÕES ARITMÉTICAS



OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

- **Subtração ou divisão para eliminação de fundo**
  - Obtenção de uma imagem do fundo irregular, experimentalmente ou gerada por software, e subtração da imagem original, gerando uma imagem corrigida.
  - Na prática é recomendável testar as duas possibilidades e escolher o melhor resultado.
  - Aplicações comuns: Imagens de microscopia óptica e eletrônica.

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS



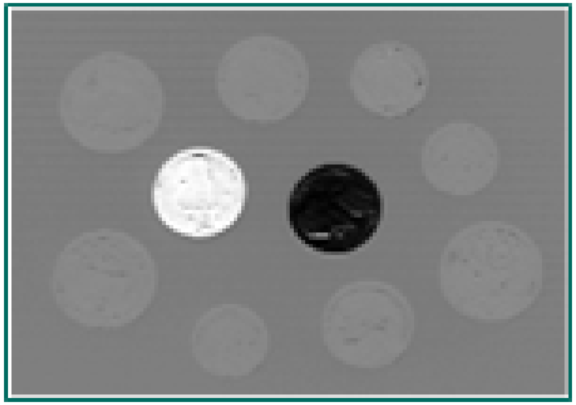
OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

- **Subtração na detecção de movimento**
  - Subtração de imagens em que parte da imagem esteja em movimento ou tenha se modificado.
  - A subtração irá gerar uma clara fronteira entre as regiões que se movem e as regiões estáticas.

A

B

A-B



OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

- **Multiplicação na aplicação de máscaras**
  - Multiplicar uma imagem que se deseja modificar, por uma imagem de geometria e intensidade conhecida, normalmente na faixa [0,1]

- **Calibração de brilho**
  - Adequação à diferentes valores de luminância sobre uma mesma cena

- **Região de Interesse**
  - Deixa apenas uma região da imagem de interesse (ROI)

a b c

FIGURE 2.30 (a) Digital dental X-ray image. (b) ROI mask for isolating teeth with fillings (white corresponds to 1 and black corresponds to 0). (c) Product of (a) and (b).

(a) Imagem de raios-X digital. (b) máscaras de ROI (Region Of Interest) para isolar os dentes. (c) produto entre (a) e (b).

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

- **Divisão para eliminação de fundo**
  - Testar a subtração também

- **Divisão na normalização do brilho**

- **Divisão no aumento do contraste**
  - Permite o realce das diferenças de imagens com níveis de intensidade diferentes
  - Salienta uma imagem em detrimento da outra

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

A B A/B

As áreas escuras representam índice de vegetação baixo enquanto que as áreas claras representam índice de vegetação alto

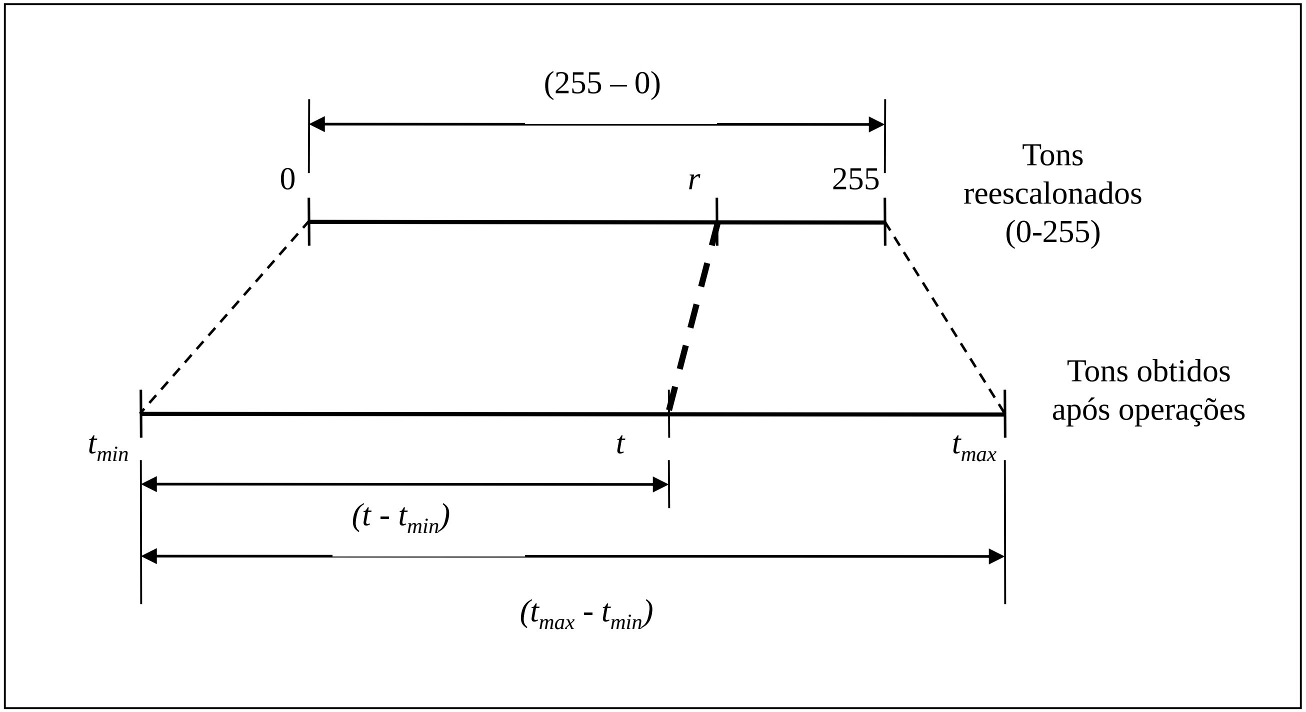
OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

- **O resultado das operações aritméticas entre imagens, ou bandas de uma imagem multiespectral, pode ser menor que o valor mínimo (underflow) ou exceder o valor máximo (overflow) permitido na codificação de seus níveis digitais.**

- **Por exemplo, numa imagem com radiometria codificada com 8 bits podemos ter valores resultantes negativos, menores que 0, e maiores que 255**
- **Ainda que o resultado final da operação entre essas imagens, ou bandas de uma imagem, esteja entre os valores mínimo e máximo da codificação, a imagem resultante pode estar pouco realçada.**

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

- **Limites inferior e superior nas operações**



Re-escolanamento em casos de *underflow* e de *overflow.*

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

- **Solução:**
  - Mapeamento do resultado para os valores digitais do domínio de codificação das imagens
  - Transformação linear da imagem de saída para os valores mínimos e máximos da codificação

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

Sejam duas imagens X e Y, codificadas com 8 bits, definidas como abaixo. A imagem Z é o resultado da subtração de X por Y.

132	120	138		152	92	107		-20	28	31
84	110	200	-	80	124	210	=	4	-14	-10
255	92	177		230	100	164		25	-8	13
X			-	**Y**			=	**Z**		

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

Valores com Tons de Cinza podendo varia de 0 a 255

Zmin = -20 e **Z**max = 31

a = $(2^8-1)/(Zmax - Zmin) = 255/51 = 5$
b = $-a*Zmin = -5*(-20) = 100$

- **Numa transformação linear, o valor de *a*, multiplicativo, é também chamado ganho (Contraste) e o valor de *b*, aditivo, é chamado de offset (Brilho)**
- **Transformação Linear**
  - ***S = a*Z + b***
  - *S = 5*Z + 100*

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

- **Aplica-se os valores de a e b, calculados com a fórmula do slide anterior em cada elemento da imagem Z resultante**
- **Assim, obtém-se a imagem S, que foi realçada com valores mínimo e máximo iguais a 0 e 255, respectivamente.**

0	240	255
120	30	50
225	60	165
S		

OPERAÇÕES LÓGICAS

- **Da mesma forma que aplicamos operações aritméticas, também podemos aplicar operações lógicas, ou booleanas, entre diferentes imagens ou bandas de uma imagem multiespectral**

- **Operações pontuais que envolvem mais do que uma imagem de entrada, para gerar uma imagem de saída**

- **Operadores: E (AND), OU (OR), OU Exclusivo (XOR) e NEGAÇÃO (NOT)**

OPERAÇÕES LÓGICAS

Tabela com operadores lógicos

Entradas		*Operador Lógico*			
A	**B**	**AND**	**OR**	**XOR**	**NOT A**
0	0	0	0	0	1
0	1	0	1	1	1
1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0

OPERAÇÕES LÓGICAS

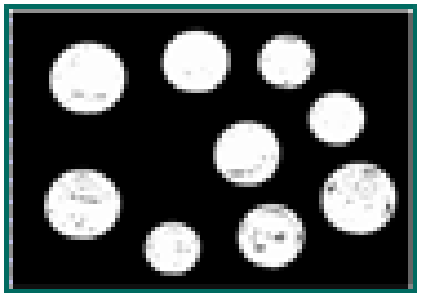
Imagem em tom de cinza

X				Y				Z		
132	120	138	AND	152	92	107	=	128	88	10
84	110	200		80	124	210		80	108	192
255	92	177		230	100	164		25	68	160

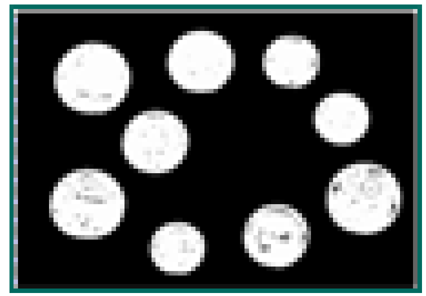
X				Y				Z		
10000100	01111000	10001010	AND	10011000	01011100	01101011	=	10000000	01011000	00001010
01010100	01101110	11001000		01010000	01111100	11010010		01010000	01101100	11000000
11111111	01011100	10110001		11100110	01100100	10100100		11100110	01000100	10100000

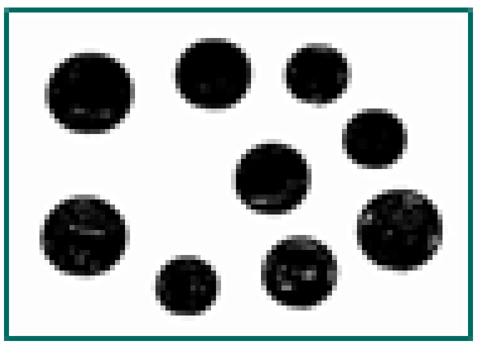
OPERAÇÕES LÓGICAS

A

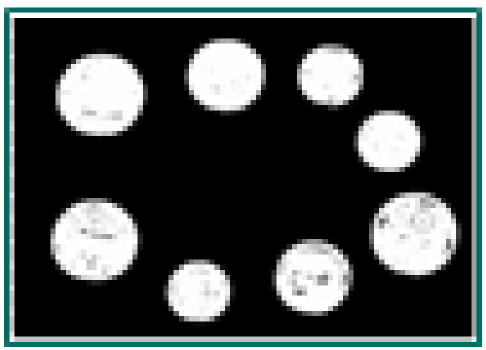


B

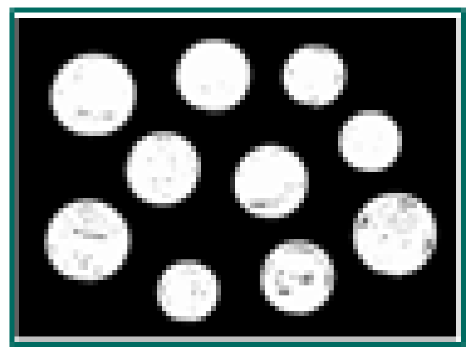




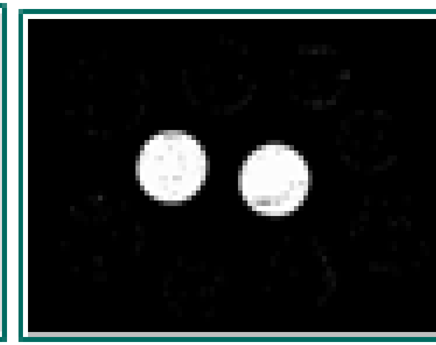
Not A



A AND B

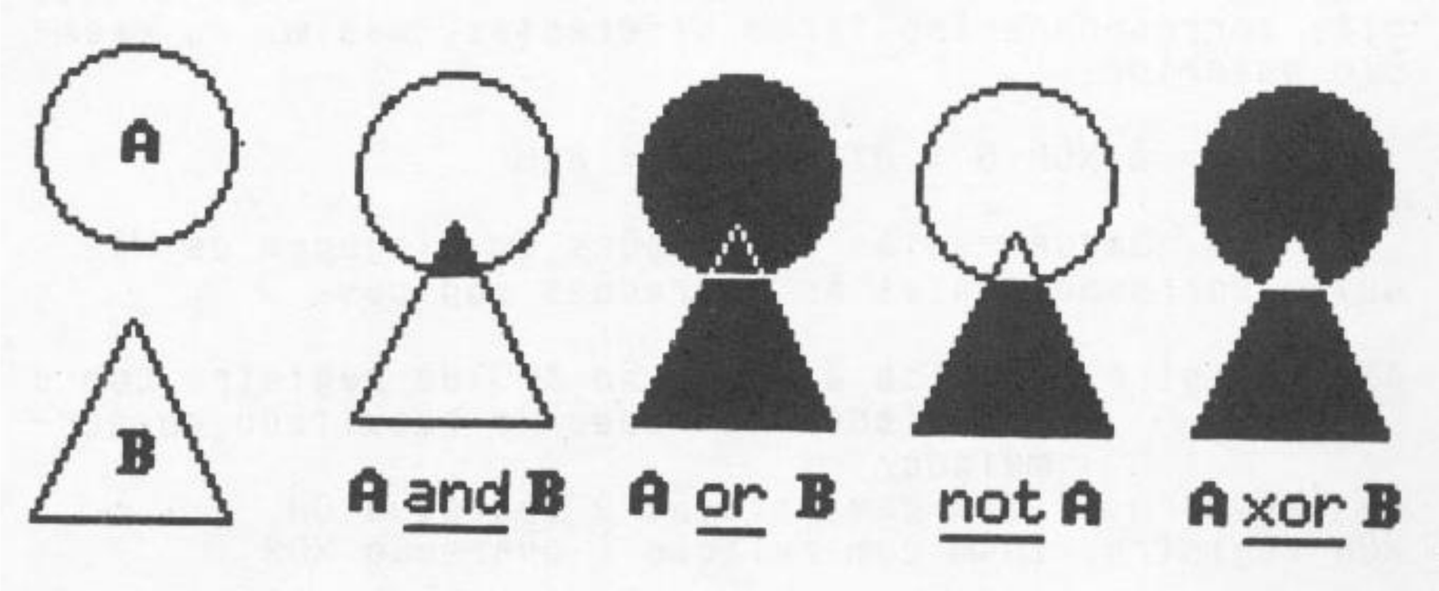


A OR B



A XOR B

OPERAÇÕES LÓGICAS



Equivalentes as operações de
União, Interseção e Subtração
de conjuntos

TRANSFORMAÇÕES LINEARES

Operações em imagens podem ser realizadas:

- **Pontualmente nos *pixels***
  - Regiões da imagem
    - Fixa
    - Dependente de algum contexto
  - Global
    - Toda a imagem

TRANSFORMAÇÕES GEOMÉTRICAS 2D

TRANSFORMAÇÕES GEOMÉTRICAS

São (alterações) operações matemáticas que permitem alterar uniformemente o aspecto de um desenho já armazenado no computador.

Não há comprometimento da estrutura do desenho mas do aspecto que o mesmo assumirá. (mudança de orientação / escala).

TRANSFORMAÇÕES

Transformação é uma função que mapeia pontos de um espaço Euclidiano em outros (ou possivelmente os mesmos) pontos do mesmo espaço.

Se uma transformação é <u>linear</u>, então:

- Se um conjunto de pontos está contido em uma reta, depois de transformados eles também estarão contidos sobre uma reta.
- Se um ponto P guarda uma relação de distância com dois outros pontos Q e R, então essa relação de distância é mantida pela transformação.

Transformação mapeia origem na origem?

- Sim: Transformação *Linear*
- Não: Transformação *Linear Afim*: Translações são permitidas

TRANSFORMAÇÕES GEOMÉTRICAS

Geometria euclidiana:

- Translação
- Rotação
- Reflexão

Geometria Afim:

- Variação de tamanho (*scaling*)
- Cisalhamento (*shearing*)

FORMA MATRICIAL

Mais conveniente para uso em um computador. Sejam

$$P = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} P' = \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} A = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} D = \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$$

Então uma transformação linear afim pode ser escrita

***T*(*P*) = *P'*, onde**

$$P' = A \times P + D$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$$

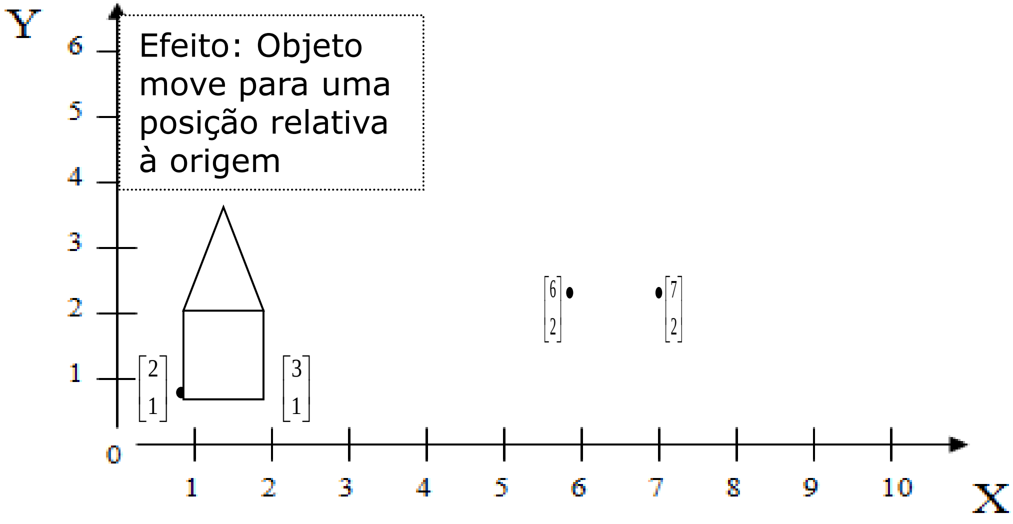
TRANSLAÇÃO 2D

Translador um ponto (x, y) significa deslocá-lo de uma quantidade de movimento linear (Δx,Δy):

- $x' = x + \Delta x$
- $y' = y + \Delta y$

Δy =1

Δx =4



TRANSLAÇÃO 2D

Forma Matricial:

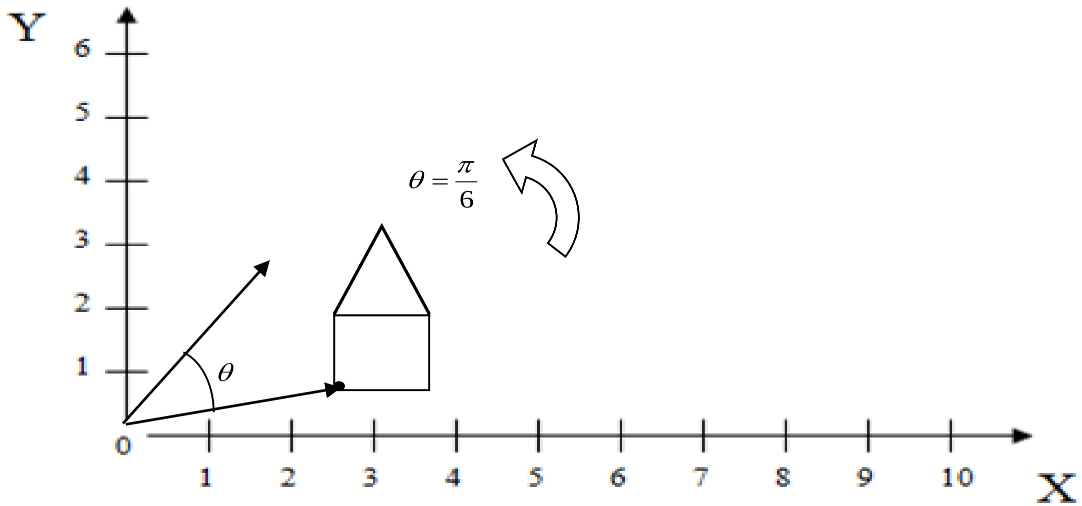
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}$$

ROTAÇÃO 2D

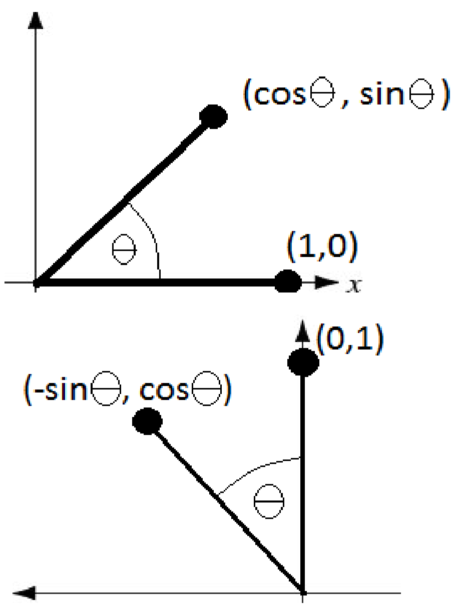
Equação:

$x' = x\cos\theta - y\sin\theta$

$y' = x\sin\theta + y\cos\theta$

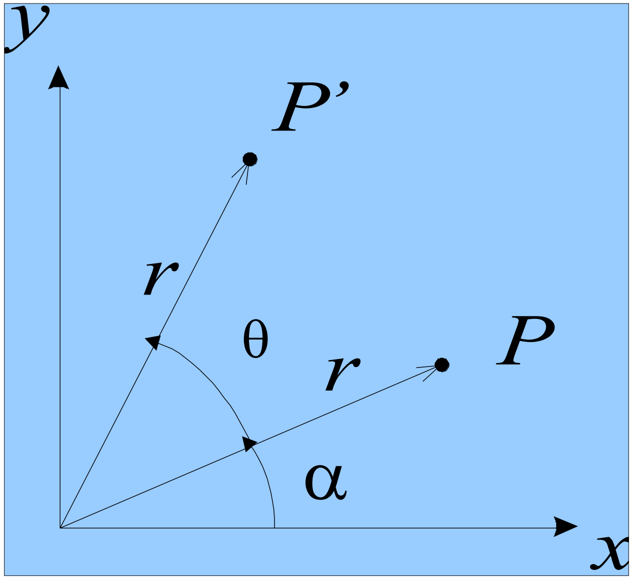


Rodar um ponto P=(x,y) de um ângulo θ relativamente à origem significa encontrar outro ponto Q=(x´,y´) sobre uma circunferência centrada na origem que passa pelos dois pontos, com θ=∠POQ.



ROTAÇÃO EM TORNO DO EIXO *Z*

Outra maneira de ver:



- Sabemos que

$$x = r\cos\alpha \qquad x' = r\cos(\alpha + \theta)$$
$$y = r\sin\alpha \qquad y' = r\sin(\alpha + \theta)$$

- Então

$$x' = r\cos\alpha\cos\theta - r\sin\alpha\sin\theta$$
$$y' = r\cos\alpha\sin\theta + r\sin\alpha\cos\theta$$

- Ou, finalmente,

$$x' = x\cos\theta - y\sin\theta$$
$$y' = x\sin\theta + y\cos\theta$$

ROTAÇÃO

Exemplo de rotação:

ESPELHAMENTO OU REFLEXÃO

$$\begin{bmatrix} x_d \\ y_d \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_o \\ y_o \\ 1 \end{bmatrix} \qquad \begin{bmatrix} x_d \\ y_d \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_o \\ y_o \\ 1 \end{bmatrix}$$

(a) (b) (c)

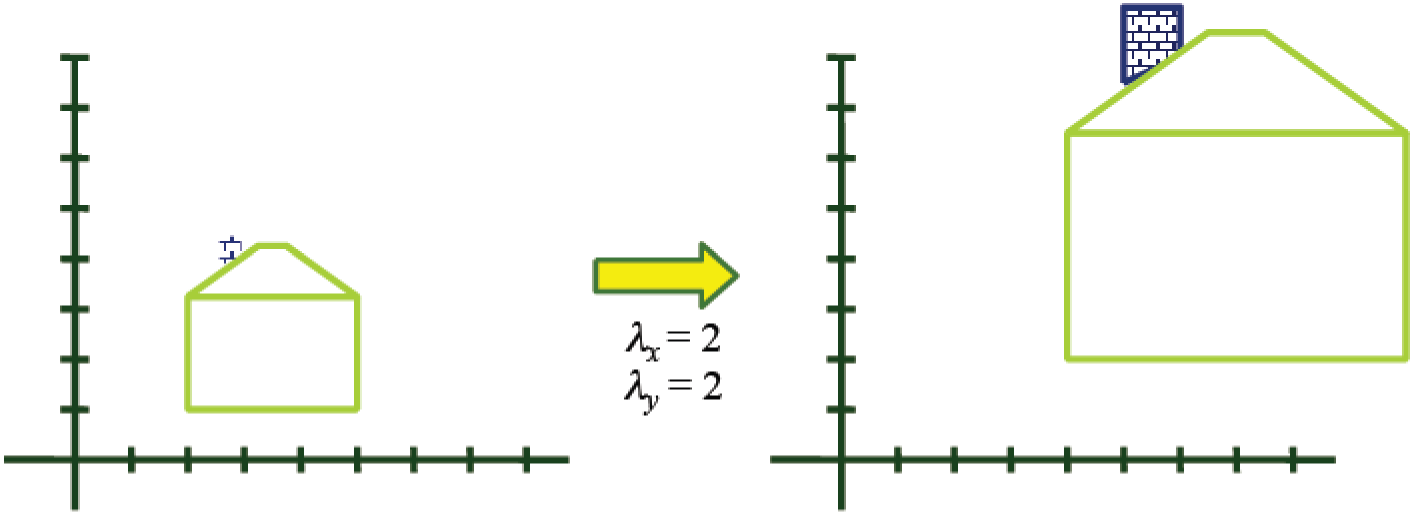
Figura 4.17 – Exemplo de espelhamento. (a) Imagem Original. (b) Flip Horizontal. (c) Flip Vertical.

VARIAÇÃO DE TAMANHO 2D

$x' = \lambda_x\, x$

$y' = \lambda_y\, y$

Variar o tamanho dum objeto é multiplicar cada componente de cada um dos seus pontos (x,y) por um escalar.

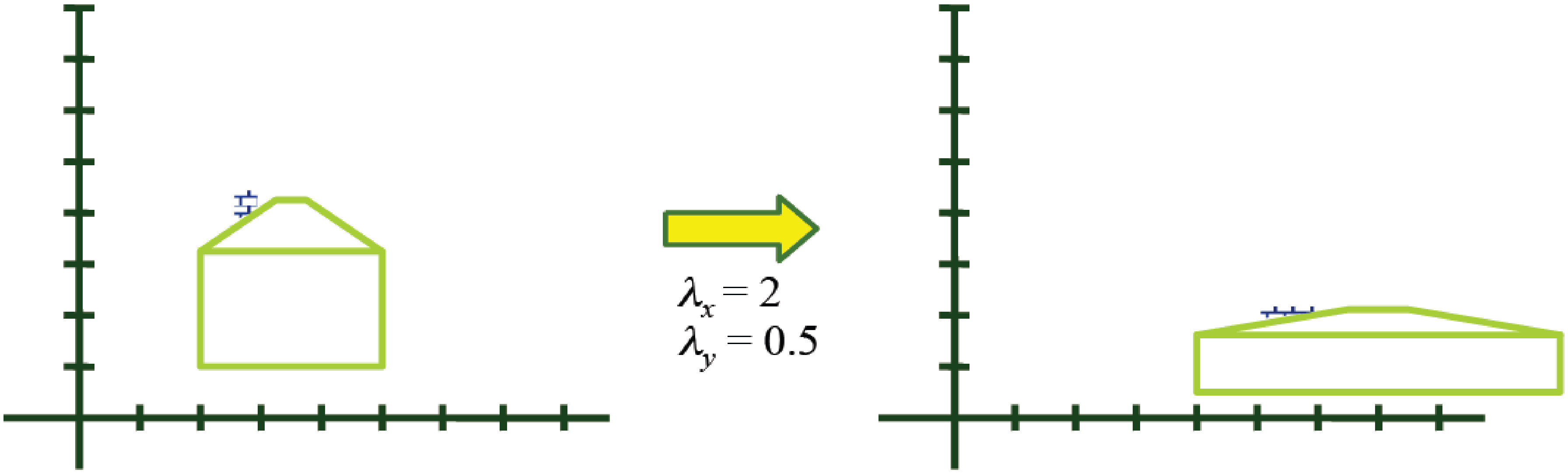


VARIAÇÃO DE TAMANHO NÃO-UNIFORME

$x' = \lambda x\, x$ com $\lambda x \neq \lambda y$

$y' = \lambda y\, y$

Variar o tamanho dum objeto é multiplicar cada componente de cada um dos seus pontos (x,y) por um escalar.

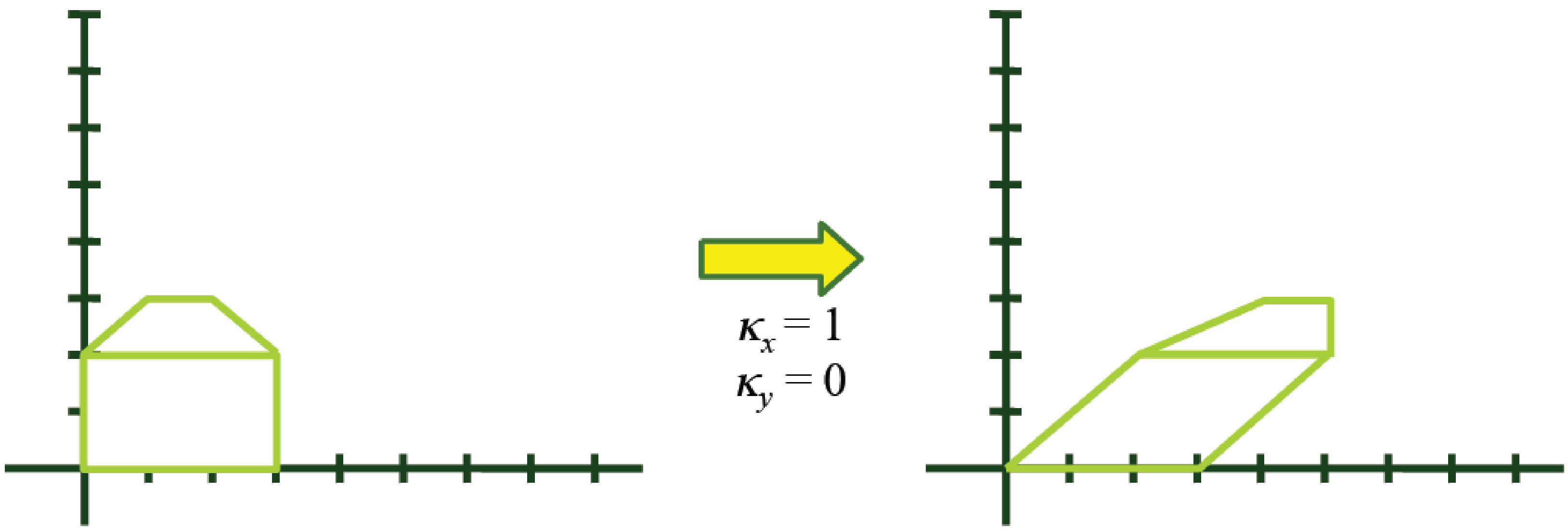


CISALHAMENTO

$x' = x + \kappa_x\, y$

$y' = y + \kappa_y\, x$

Cisalhar um objeto é deformá-lo linearmente ao longo do eixo x ou do eixo y ou de ambos.



INTERPOLAÇÃO DE IMAGENS

INTERPOLAÇÃO DE IMAGEM

Interpolação – processo em que valores conhecidos são usados para estimar valores desconhecidos

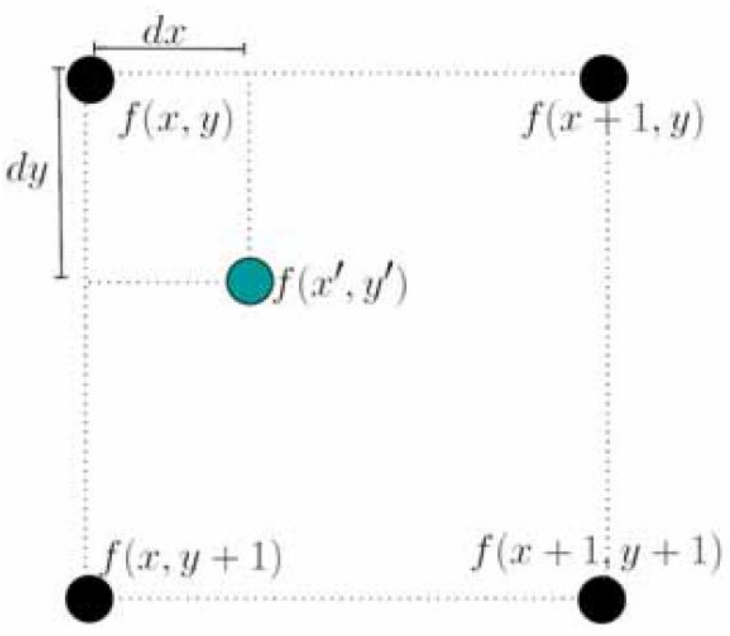
INTERPOLAÇÃO DE IMAGEM

- **A interpolação ou reamostragem de imagens é amplamente utilizada em processamento de imagens e vídeos.**

- **Utilizações:**
  - Ampliar, reduzir, e rotacionar imagens.
  - Criar efeitos como “morphing/warping”,
  - Corrigir distorção da lente
  - Fazer interpolação de cores nos dispositivos para aquisição de imagens (câmeras, scanners,etc)
  - Registro de imagens (criar uma única imagem “grudando” duas ou mais imagens), estabilizar tremor da câmera de vídeo,
  - Corrigir a movimentação de objetos em imagens

INTERPOLAÇÃO BASEADA NO MÉTODO DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO

- Interpolação mais simples de ser implementada
- interpolado o valor do nível de cinza do pixel mais próximo da imagem original
- Apresenta desvantagens por causar distorções em detalhes finos



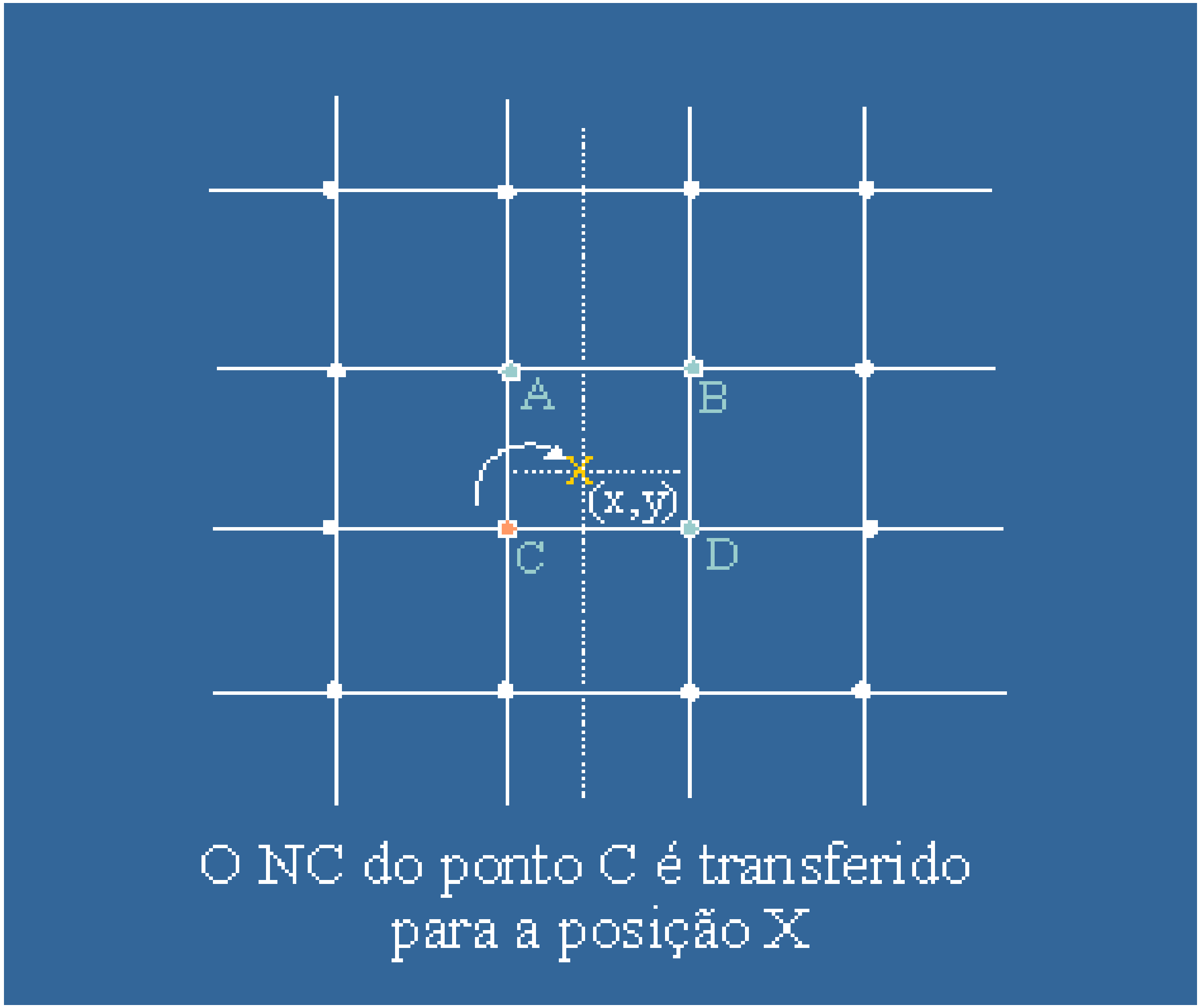
INTERPOLAÇÃO BASEADA NO MÉTODO DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO

- **Supomos que uma imagem de 500x500 pixels deve ser ampliado 1,5 vezes para 750x750 pixels.**

- **Uma forma de visualizar essa ampliação é criar uma grade imaginária 750x750 com o mesmo espaçamento da imagem original e então encolher essa grade até que ela se enquadre sobre a imagem original.**

- **Obviamente, o espaçamento na grade encolhida de 750x750 pixels é menor que na imagem original.**

INTERPOLAÇÃO VMP



- Efeito de blocos
- Processamento rápido
- Não cria novos valores (mantém estatísticas da imagem)

INTERPOLAÇÃO BASEADA NO MÉTODO DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO

- **Para realizar a atribuição de nível de intensidade para qualquer ponto na grade de 750x750, olha-se o pixel mais próximo na imagem original e atribui a sua intensidade para o novo pixel.**

- **Quando tivermos realizada a atribuição de todos os 750x750 pixels expande-se a grade para o tamanho original obtendo a imagem ampliada.**

INTERPOLAÇÃO BILINEAR

- **Usa os quatro vizinhos mais próximos para estimar a intensidade numa dada posição.**
- **Seja (x,y) as coordenadas da posição considerada, e seja v(x,y) o valor da intensidade.**
- **O resultado é melhor que a interpolação de vizinho mais próximo, com um pequeno incremento no custo computacional.**

$$f(x', y') = (1 - \mathrm{x}) \cdot (1 - y) \cdot f(0,0) + x \cdot (1 - y) \cdot f(1, 0)$$
$$+(1 - x) \cdot y \cdot f(0, 1) + x \cdot y \cdot f(1,1)$$

f(0,0)	f(1,0)
f(0,1)	f(1,1)

INTERPOLAÇÃO BILINEAR

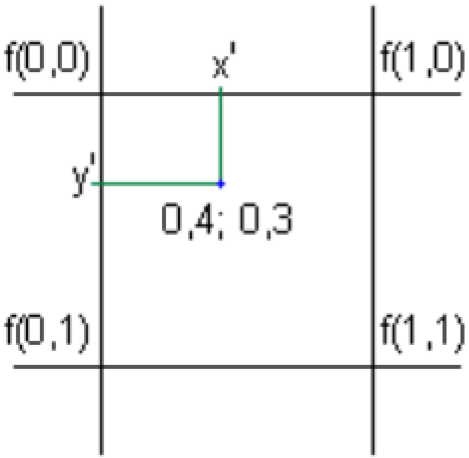
- **Considere o novo pixel da coordenada f(150.4;200.3)**
- **Os vizinhos mais próximos são:**

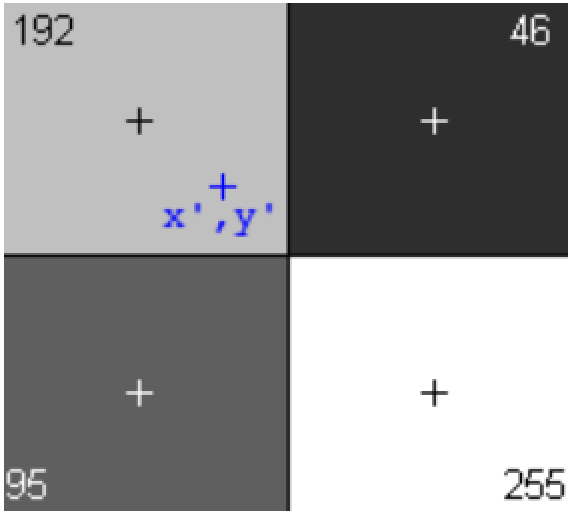
$P_1(150,200)$
$P_2(151,200)$
$P_3(150,201)$
$P_4(151,201)$

- **Tratando P_1 como origem:**

$P_1(0, 0)$
$P_2(1, 0)$
$P_3(0, 1)$
$P_4(1, 1)$
$P(0,4;\ 0,3)$

INTERPOLAÇÃO BILINEAR





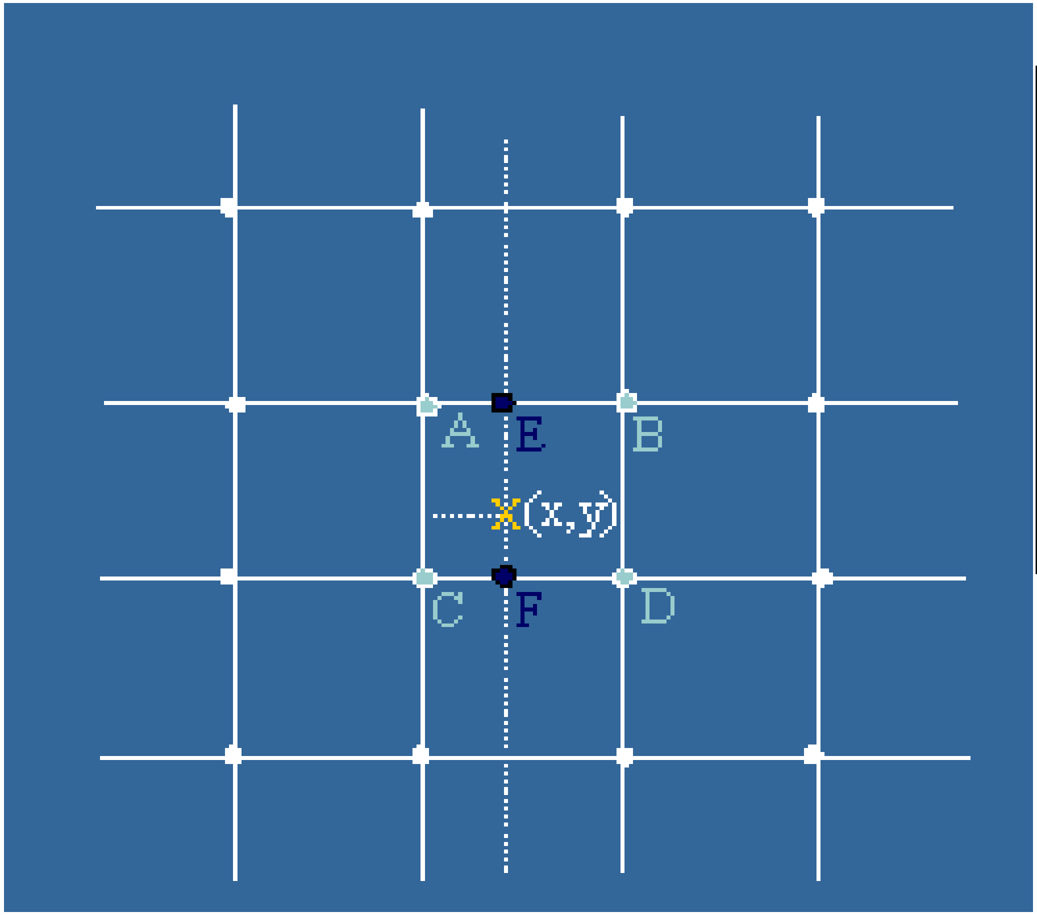
$$f(x,y)=192\times(1-0{,}4)\times(1-0{,}3)+46\times0{,}4\times(1-0{,}3)+95\times(1-0{,}4)\times0{,}3+255\times0{,}4\times0{,}3$$

$f(x,y) = 141.2200$

$f(x,y) = round(141.2200)$

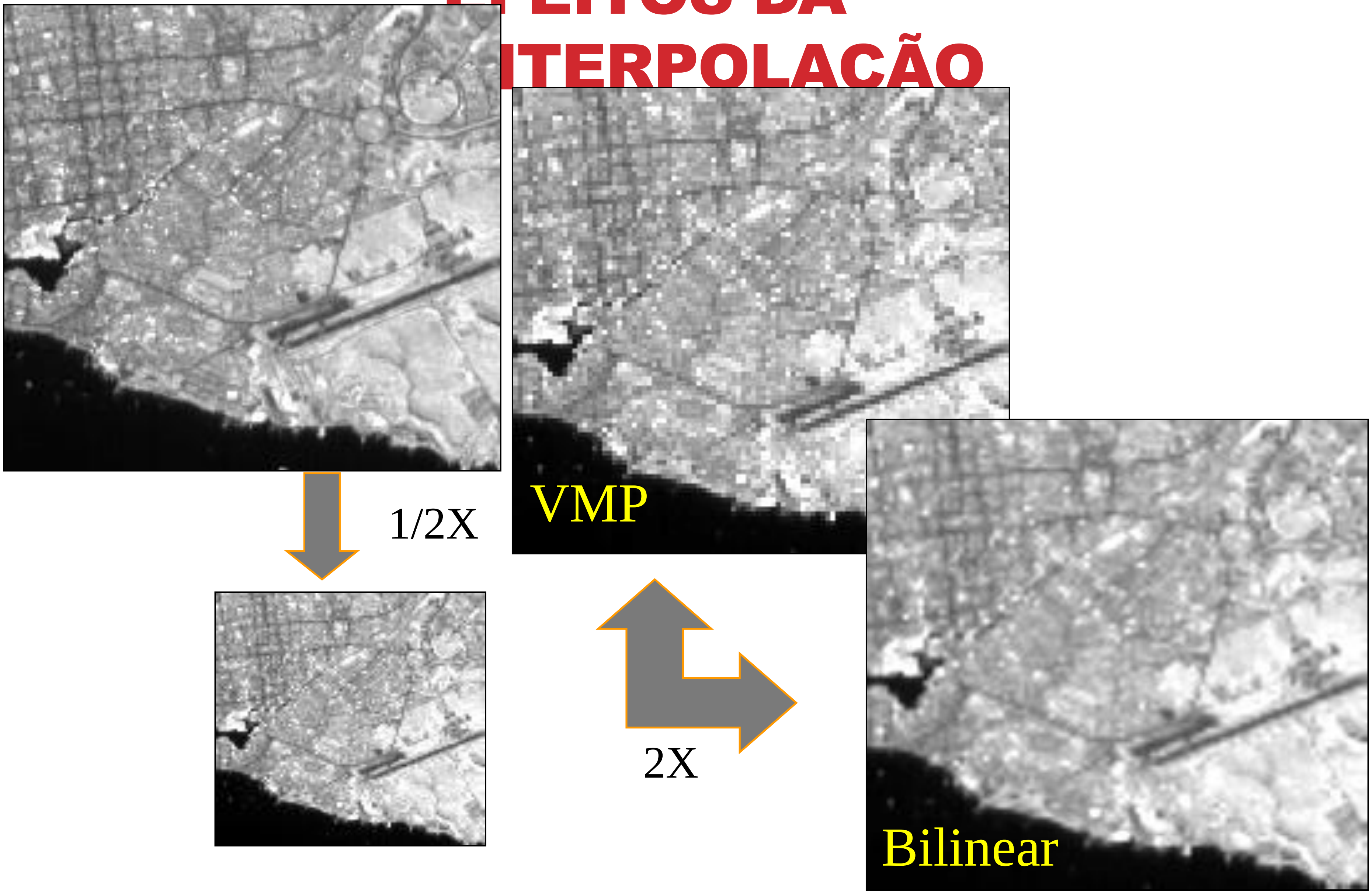
$f(x,y) = 141$

INTERPOLAÇÃO BILINEAR



- O valor obtido pela média ponderada dos NCs dos pontos E e F é transferido para a posição X
- Efeito de suavização devido a operação de média

EFEITOS DA INTERPOLAÇÃO



A INTERPOLAÇÃO BICÚBICA

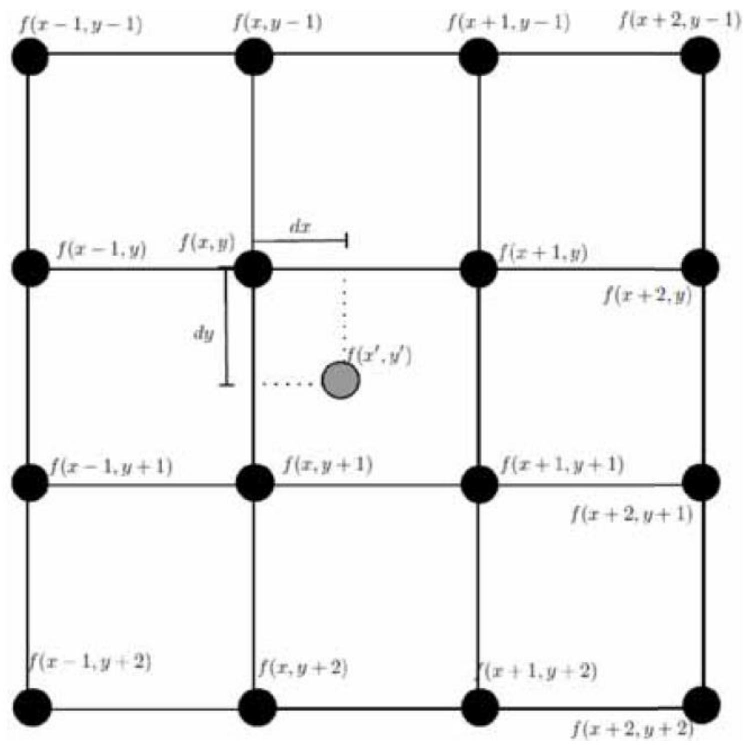
- Envolve dezesseis vizinhos mais próximos de um ponto.
- O valor da intensidade atribuído ao ponto (x,y) é obtido usando a equação

$$v(x,y) = \sum_{i=0}^{3}\sum_{j=0}^{3} d_{ij} x^i y^j$$

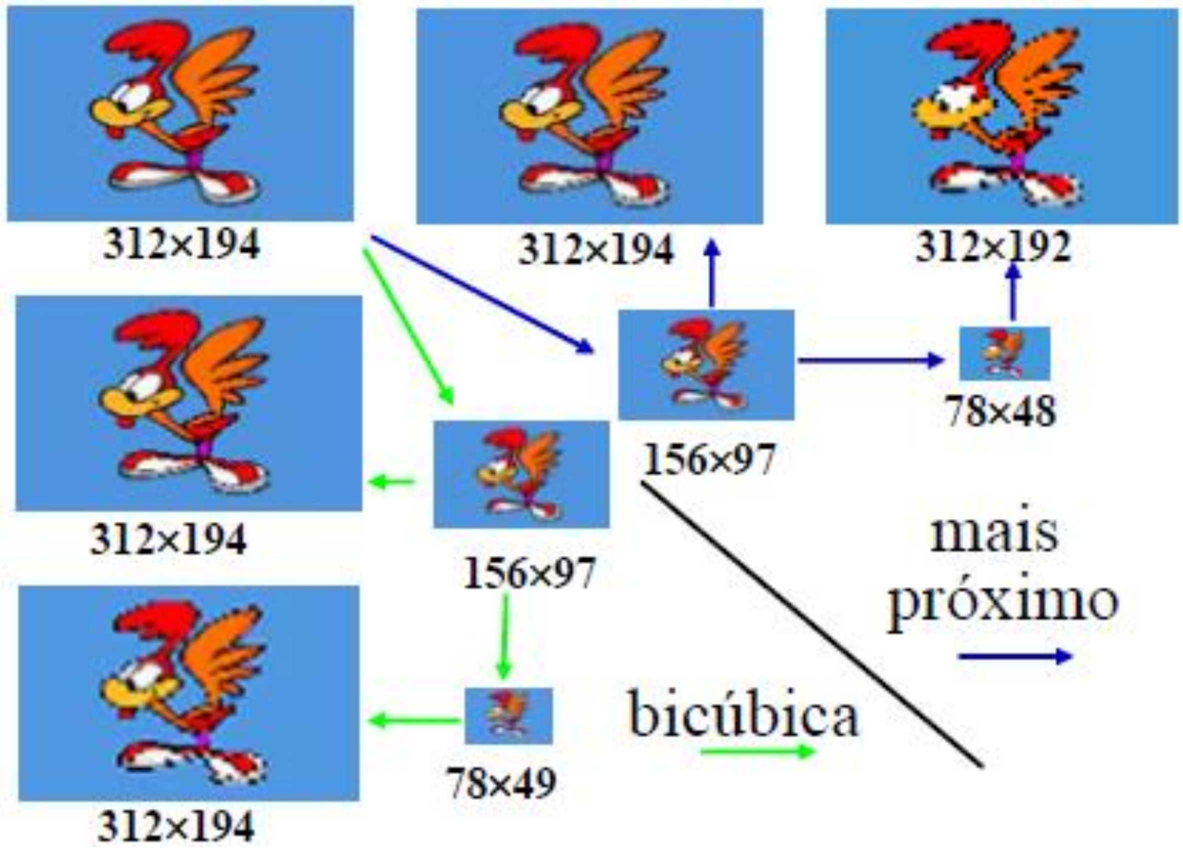
onde os dezesseis coeficientes são determinados de dezesseis equações em dezesseis incógnitas que podem ser escritas usando os dezesseis vizinhos mais próximos do ponto (x,y).

A INTERPOLAÇÃO BICÚBICA

- **Geralmente a interpolação bicúbica realiza um papel melhor de preservar detalhes que a interpolação bilinear.**
- **Interpolação bicúbica é o padrão usado em programas comerciais como Adobe Photoshop e Corel Photopaint.**



INTERPOLAÇÃO DE IMAGENS



EXERCÍCIO

1. Suponha que você tenha as imagens X e Y abaixo codificadas com 3 bits. Calcule a imagem de saída Z aplicando sobre X e Y as operações: (a) soma; (b) subtração; (c) divisão; (d) OU e (e) AND.

$$X = \begin{matrix} 1 & 5 & 3 & 6 \\ 3 & 7 & 0 & 2 \\ 6 & 5 & 5 & 1 \end{matrix} \qquad Y = \begin{matrix} 6 & 3 & 2 & 4 \\ 4 & 5 & 7 & 0 \\ 7 & 1 & 3 & 2 \end{matrix}$$

EXERCÍCIO

2. A imagem resultante de operação booleana AND entre duas imagens de entrada deverá conter média menor ou igual à menor média das imagens de entrada. Você concorda com essa afirmativa? Explique.

3. A imagem resultante de operação booleana OR entre duas imagens de entrada deverá conter média menor ou igual à menor média das imagens de entrada. Você concorda com essa afirmativa? Explique.

EXERCÍCIO

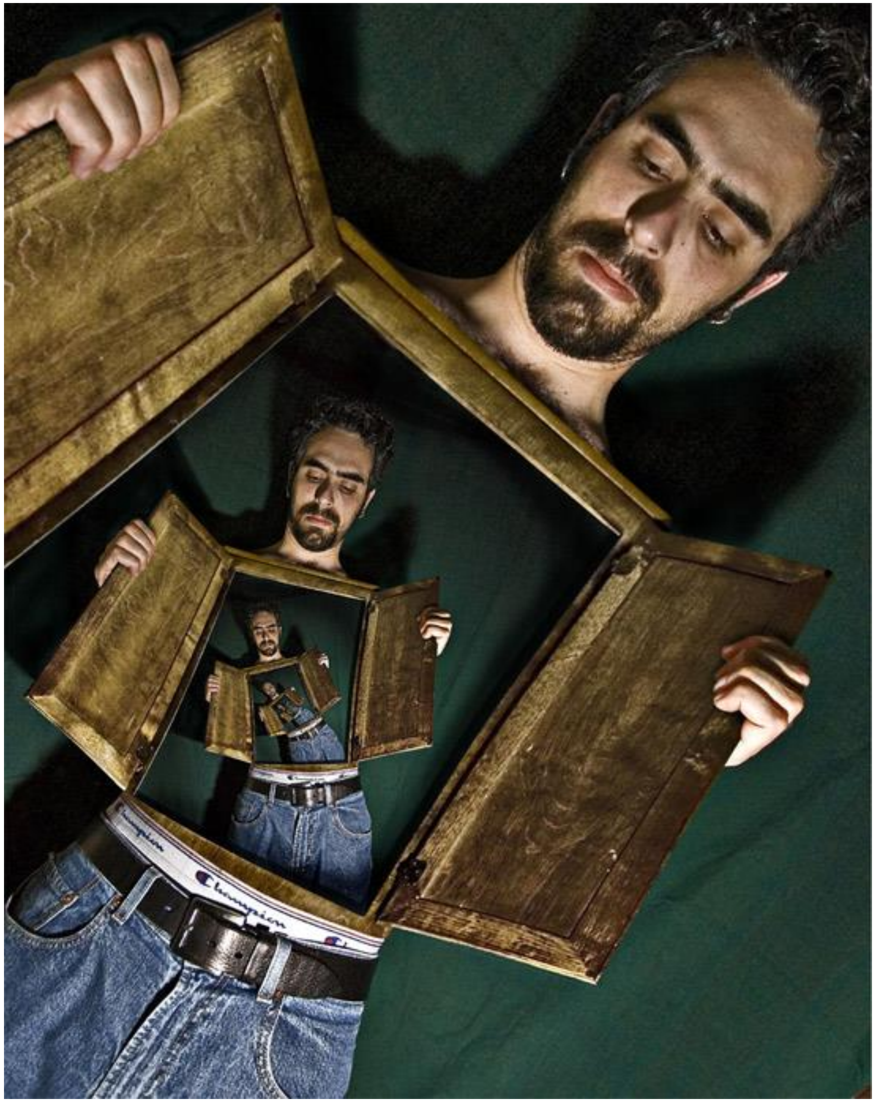
4. Considere uma imagem que será ampliada num fator de 3 vezes. O novo ponto P' possui a coordenada (100.6;50.2). Utilizando interpolação Bilinear, qual será o valor do novo ponto P' se os valores dos vizinhos são:

190	132
128	100

EXEMPLOS DE OPERAÇÕES COM IMAGENS

A multiplicação das imagens de Josh Sommers

EXEMPLOS DE OPERAÇÕES COM IMAGENS



EXEMPLOS DE OPERAÇÕES COM IMAGENS

FONTES

http://computacaografica.ic.uff.br/

http://www.dpi.inpe.br/~carlos/Academicos/Cursos/Pdi/pdi_operacoes.htm#s1_1