

# PDI - PI

Profa. Flávia Magalhães

PUC Minas

Unidade II - Parte 8 - Operações com imagens

# Agenda

- 1 Operações com arranjos matriciais x Operações com matrizes
- 2 Operações Lógicas sobre imagens binárias
- 3 Operações Aritméticas
- 4 Operações Pontuais
- 5 Operações Espaciais (ou por Vizinhança)
- 6 Limites da Imagem

# Operações com arranjos matriciais x Operações com matrizes

- ❖ Operações de arranjos matriciais são realizadas pixel-a-pixel.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \quad e \quad \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

- ❖ O produto do arranjo matricial dessas duas matrizes é:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

- ❖ Ao passo que o produto matricial é:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

# Operações Lógicas sobre imagens binárias

- As principais operações lógicas utilizadas em processamento de imagens são:

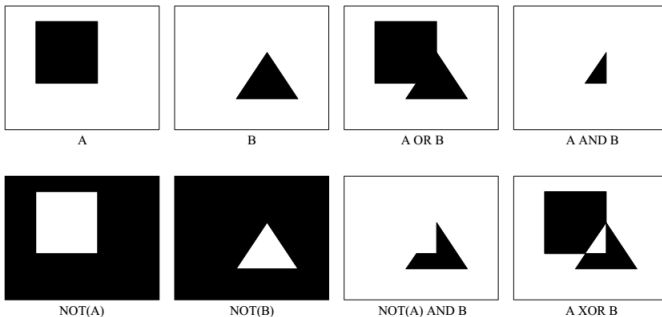
AND	$f_1(x, y) \text{ AND } f_2(x, y)$
OR	$f_1(x, y) \text{ OR } f_2(x, y)$
XOR	$f_1(x, y) \text{ XOR } f_2(x, y)$
NOT	$f_1(x, y) \text{ NOT } f_2(x, y)$

- Essas operações podem ser combinadas para formar expressões lógicas mais complexas.
- Operações lógicas podem ser aplicadas **apenas em imagens binárias**, enquanto operações aritméticas podem ser usadas em *pixels* com valores diversos.
- A terminologia normalmente adotada é que pixels com valores iguais a 1 (preto) pertencem aos objetos e *pixels* com valores iguais a 0 (branco) correspondem ao fundo.

- A operação **AND** produz o valor 1 na imagem resultante quando os *pixels* correspondentes nas duas imagens de entrada possuem valor igual a 1.
- A operação **XOR** produz 1 quando apenas um dos *pixels* (mas não ambos) possui valor 1, caso contrário, produz 0.
- O resultado da operação **OR** é 1 quando pelo menos um dos *pixels* das imagens é igual a 1.
- A operação **NOT** inverte o valor do *pixel* na imagem.

# Operações Lógicas

- As operações lógicas podem ser utilizadas para combinar informação entre as imagens ou extrair regiões de interesse.
- Alguns exemplos de aplicação de operadores lógicos são mostrados na figura a seguir.



- Dadas duas imagens quaisquer,  $f_1$  e  $f_2$ , as operações aritméticas mais comuns entre dois *pixels*  $f_1(x, y)$  e  $f_2(x, y)$  são a adição, subtração, multiplicação e divisão.

Adição	$f_1(x, y) + f_2(x, y)$
Subtração	$f_1(x, y) - f_2(x, y)$
Multiplicação	$f_1(x, y) * f_2(x, y)$
Divisão	$f_1(x, y) / f_2(x, y)$

- Como as operações aritméticas podem produzir imagens com valores fora do intervalo de níveis de cinza das imagens originais, alguns cuidados devem ser tomados para contornar essa situação.

- A adição de duas imagens com 256 níveis de cinza, por exemplo, pode resultar em número maior que o valor 255 para determinados *pixels*. Por outro lado, a subtração de duas imagens pode resultar em valores negativos para alguns *pixels*.

Uma maneira de resolver esse problema é, após a aplicação do operador aritmético, realizar uma transformação da escala de cinza na imagem resultante para manter seus valores dentro do intervalo adequado.

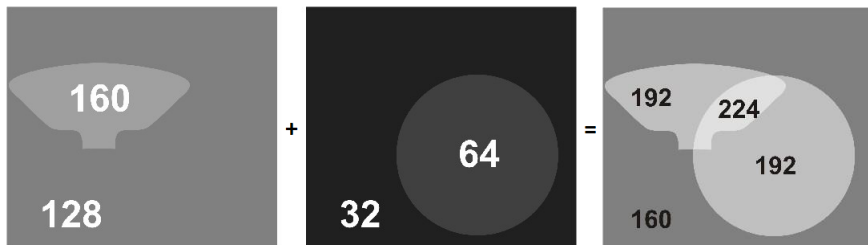
- A divisão de imagens pode produzir valores fracionários, os quais devem ser convertidos para valores inteiros. Além disso, divisão por zero deve ser evitada.

Uma maneira simples de evitar esse problema é adicionar o valor 1 a todos os valores de intensidade dos *pixels*, tal que o intervalo de níveis de cinza passa a ser interpretado de 1 a 256, ao invés de 0 a 255.

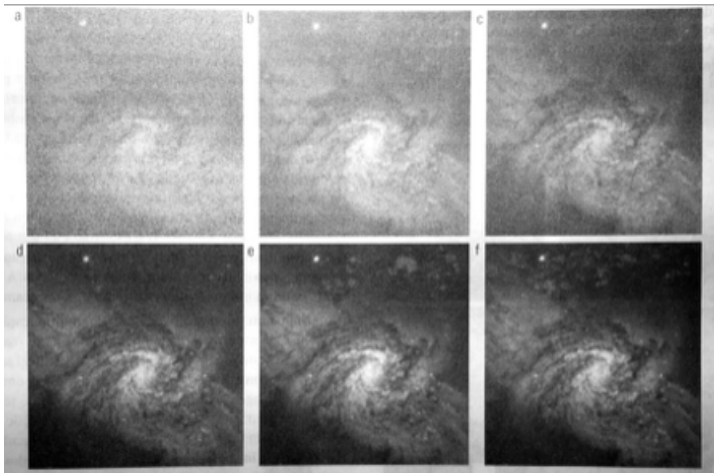


- Adição:

- Obter a média de múltiplas imagens de uma mesma cena
- Útil para **reduzir os efeitos de ruídos aleatórios aditivos**
- Pode ser utilizado para **colocar conteúdo de uma imagem sobrepondo outra**



# Operações Aritméticas - Exemplo: Adição de quadros sucessivos de uma imagem estática, para redução de ruído

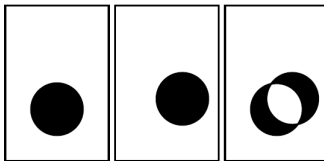


(a) Quadro ruidoso; (b)-(f): imagens médias com 5, 10, 20, 50 e 100 quadros ruidosos.

# Operações Aritméticas - Subtração

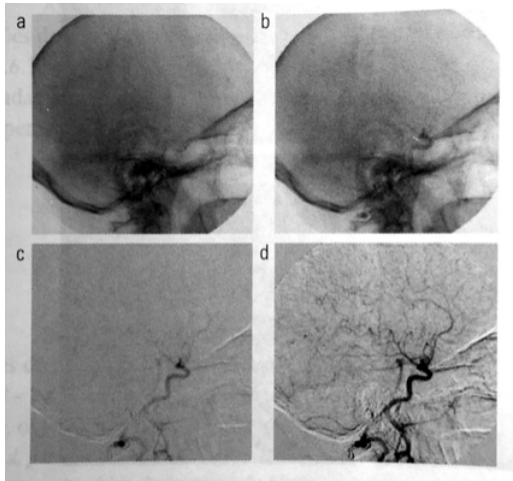
- A subtração de imagens possui vários usos interessantes, sendo uma maneira de **identificar diferenças entre imagens**.
- As **regiões dos objetos que permanecem inalteradas nas imagens são eliminadas**.
- Os objetos que se moveram são claramente mostrados.
- O movimento de objetos pode ser medido utilizando-se subtração de imagens, caso as imagens sejam adquiridas em taxas suficientemente rápidas. O comprimento da região que sofreu alteração, dividido pelo tempo, resulta na velocidade; a direção pode ser determinada pela orientação da região.

Duas imagens e o resultado do módulo da subtração entre elas.



- Subtração:
  - Utilizada para **remover algum padrão indesejável** (ex: remoção de ruído térmico, quando se subtrai o dark frame do quadro de imagem ruidoso).
  - **Detectar mudanças entre duas imagens da mesma cena.**
  - Pode ser utilizada para **calcular o gradiente (detecção de bordas)**.

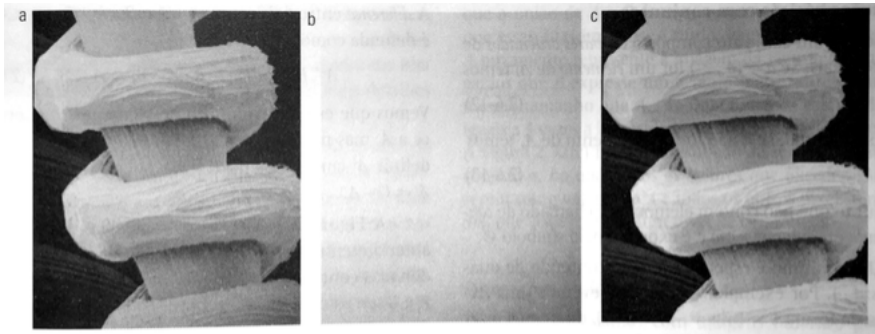
# Operações Aritméticas - Subtração



(a) Imagem máscara; (b) Imagem ativa; (c) Diferença entre (a) e (b); (d) Imagem da diferença realçada.

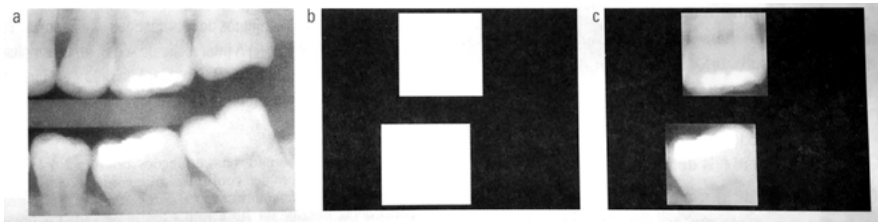
- Uma das principais aplicações da multiplicação ou divisão de imagens é no **ajuste de brilho**, eventualmente necessário para corrigir problemas que possam surgir durante o processo de aquisição de imagens.
- Outras utilizações desses operadores incluem a **filtragem de imagens no domínio de frequência**.
- Outras:
  - Corrigir possíveis defeitos de um digitalizador
  - Multiplicar uma imagem por uma "máscara" pode esconder certas regiões, deixando exposto apenas objetos de interesse (ROI - Region Of Interest).

# Operações Aritméticas - Multiplicação



Correção de sombreamento. (a) Imagem sombreada de um filamento de tungstênio e suporte, gerada por microscópio eletrônico, ampliada 130x. (b) O padrão de sombreamento. (c) Produto de (a) pelo inverso de (b).

$$c(x, y) = a(x, y) \times b(x, y)$$

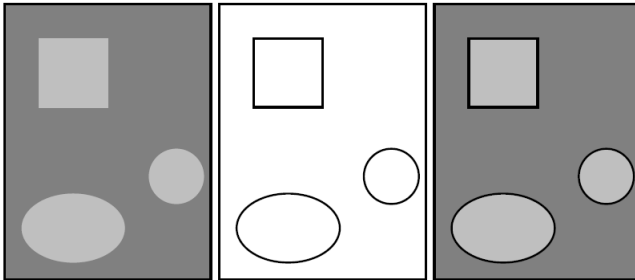


- (a) Imagem de radiografia dentária. (b) Máscara com regiões de interesse para isolar dentes com obturações (branco corresponde a 1 e preto corresponde a 0). (c) Produto de (a) por (b).



# Combinação de uma imagem com seu mapa de bordas

Exercício: Como podemos, computacionalmente, gerar a imagem resultante da sobreposição do mapa de bordas à imagem?

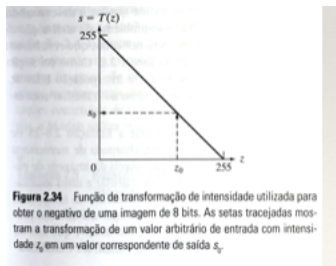


- Consistem em alterar os valores dos pixels com base, única e exclusivamente, em sua intensidade.



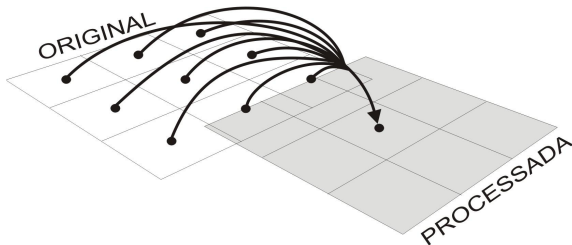
# Operação Pontual: Negativo digital

Exemplo:  $s = L - z$ , com  $L = 255$



# Operações Espaciais (ou por Vizinhança)

- Além de processamentos pixel a pixel, as operações lógicas e aritméticas podem ser utilizadas em processamentos orientados à vizinhança.
- Tipicamente, esse tipo de processamento utiliza as operações com máscaras, em que os termos "janela" e "filtros" são frequentemente utilizados como sinônimos de máscara.



# Operações Espaciais (ou por Vizinhaça)

Um *pixel* da imagem de saída depende de uma **vizinhaça** do mesmo *pixel* na imagem original

- Utilizam informação dos **valores dos pontos vizinhos** para modificar o **valor de um ponto**, ou para **verificar a existência** de alguma propriedade neste ponto.
- São utilizadas para filtragem espacial e alteração da própria estrutura da imagem.

# Operações Espaciais (ou por Vizinhança)

- Seja  $S_{xy}$  o conjunto de coordenadas de uma vizinhança centrada em um ponto arbitrário  $(x,y)$  em uma imagem  $f$ . O processamento por vizinhança gera um pixel correspondente nas mesmas coordenadas na imagem processada  $g$ , de forma que o valor desse pixel seja determinado por uma operação específica envolvendo os pixels da imagem de entrada com coordenadas em  $S_{xy}$ .
- Como exemplo, se a região  $S_{xy}$  corresponde a  $mn$  coordenadas, temos como resultado de um filtro passa-baixas tipo caixa::

$$g(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{r,c \in S_{xy}} f(r, c)$$

# Operações Espaciais (ou por Vizinhança)

Exemplo: A substituição do valor de  $f(x, y)$  pela média aritmética dos valores dos *pixels* adjacentes em uma vizinhança de  $3 \times 3$  *pixels*, gerando a imagem processada  $g$ , pode ser realizada pela equação:

$$g(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{m=-1}^1 \sum_{n=-1}^1 f(x + m, y + n)$$

## alto custo computacional

A aplicação de uma máscara de dimensões  $3 \times 3$  em uma imagem de  $256 \times 256$  *pixels* requer nove multiplicações (caso os pesos sejam diferentes entre si, e não constantes) e oito adições para cada pixel, resultando em um total de 589.824 multiplicações e 524.288 adições (desconsiderando efeitos de borda da imagem).

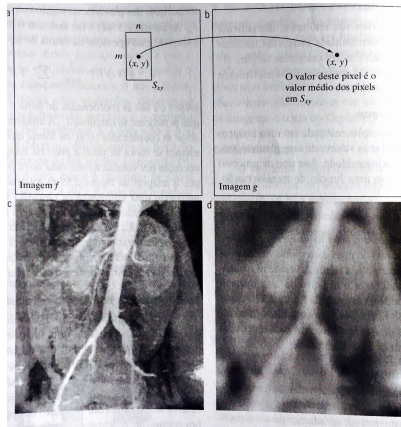
# Operações Espaciais (ou por Vizinhança)

- Através das operações espaciais podemos:
  - **"aguçar" a imagem**, acentuando as mudanças de intensidades (através de filtros passa-altas)
  - **"suavizar" a imagem**, tornando as mudanças de intensidades menos abruptas (através de filtros passa-baixas)
  - **Procurar formas na imagem através de "padrões de busca"** (match)
  - **Remover ruído**



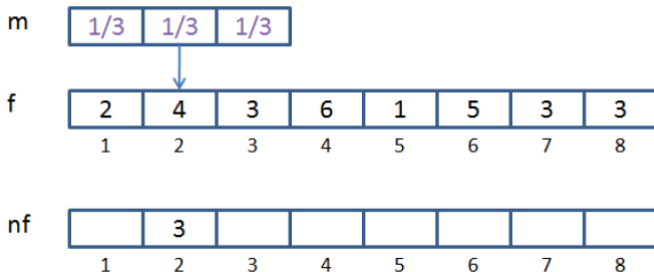
# Operação Espacial: Filtro de Média para Suavização da Imagem

- Exemplo: Cálculo da imagem-média dos pixels em uma vizinhança retangular de tamanho  $m \times n$  centrada em  $(x,y)$ .



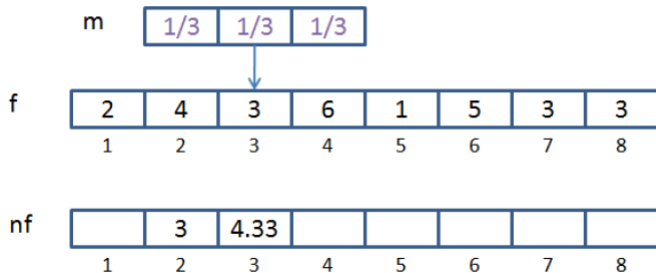
# Operação Espacial: Filtro de Média (convolução com máscara de tamanho 3)

$$nf(2) = \frac{1}{3} * 2 + \frac{1}{3} * 4 + \frac{1}{3} * 3 = 3$$



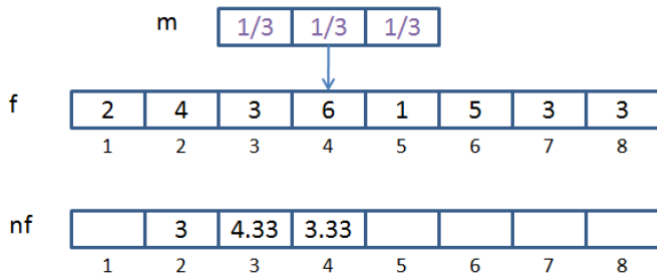
# Operação Espacial: Filtro de Média (convolução com máscara de tamanho 3)

$$nf(3) = \frac{1}{3} * 4 + \frac{1}{3} * 3 + \frac{1}{3} * 6 = 4.33$$



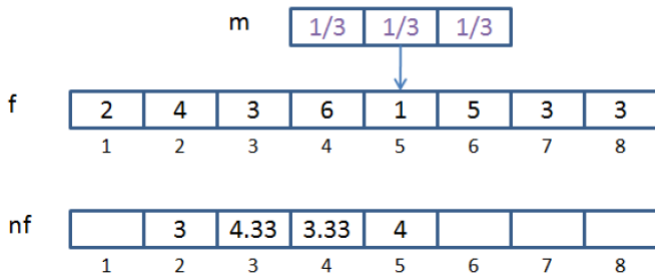
# Operação Espacial: Filtro de Média (convolução com máscara de tamanho 3)

$$nf(4) = 1/3 * 3 + 1/3 * 6 + 1/3 * 1 = 3.33$$



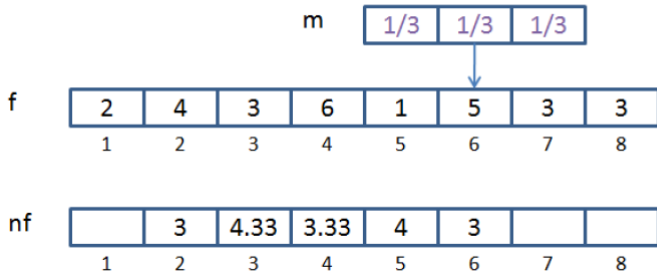
# Operação Espacial: Filtro de Média (convolução com máscara de tamanho 3)

$$nf(4) = 1/3 * 6 + 1/3 * 1 + 1/3 * 5 = 4$$



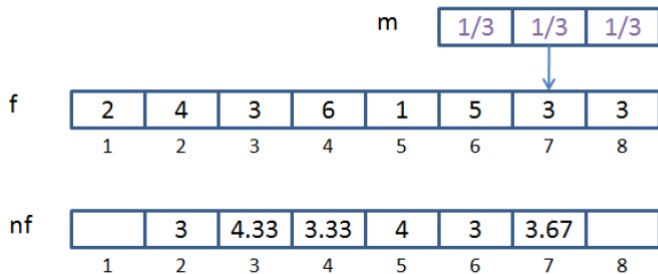
# Operação Espacial: Filtro de Média (convolução com máscara de tamanho 3)

$$nf(4) = 1/3 * 1 + 1/3 * 5 + 1/3 * 3 = 3$$



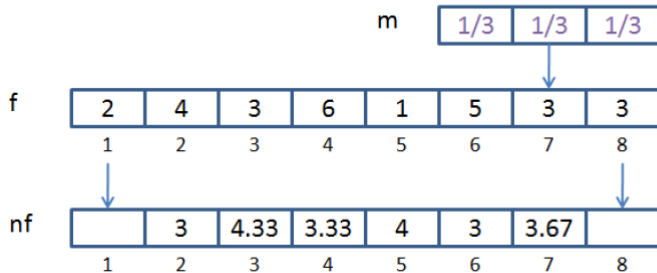
# Operação Espacial: Filtro de Média (convolução com máscara de tamanho 3)

$$nf(4) = 1/3 * 5 + 1/3 * 3 + 1/3 * 3 = 3.67$$



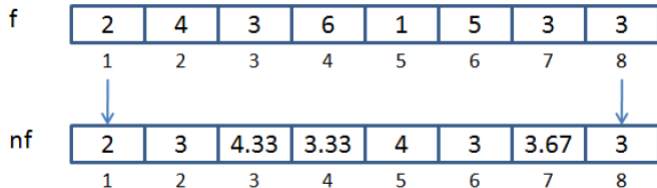
# Operação Espacial: Filtro de Média (convolução com máscara de tamanho 3)

$$nf(4) = 1/3 * 5 + 1/3 * 3 + 1/3 * 3 = 3.67$$





# Operação Espacial: Filtro de Média (convolução com máscara de tamanho 3)



# Utilização do Filtro de Média para redução de ruído

Imagem Original

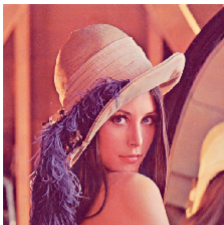


Imagem Escala de Cinza



Imagem com ruído

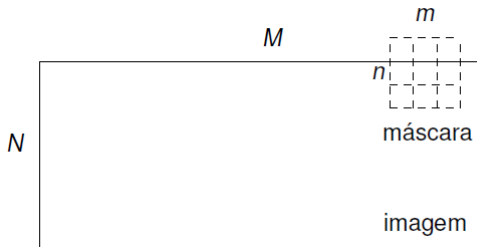


Convolução 3x3 - Média



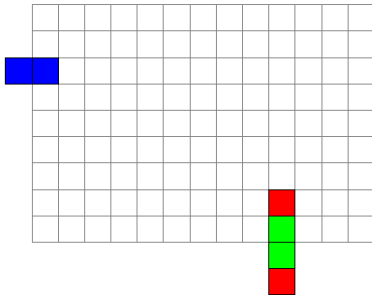
# Limites da Imagem

- Durante algumas operações parte da máscara pode se localizar fora das dimensões  $M \times N$  da imagem.

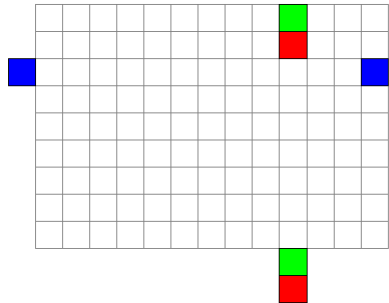


- Há várias estratégias diferentes para tratar esse problema:
  - Ignorar as linhas e colunas nas bordas da imagem, em quantidade necessária, de acordo com o tamanho da máscara.
  - Copiar o valor do pixel correspondente da imagem original
  - Utilizar uma máscara modificada para realizar a operação, aumentando a complexidade da operação.
  - Considerar coordenadas refletidas na imagem original ou repetidas de forma circular.

# Limites da Imagem



Reflexão



Circular