

## Processamento de Imagens e Computação Gráfica

# Operações Pontuais

Profa. Beatriz Trinchão Andrade

Departamento de Computação · UFS  
[beatriz@dcomp.ufs.br](mailto:beatriz@dcomp.ufs.br)

## Sumário

Introdução

Operações Pontuais

Negativo

Compressão da escala dinâmica

Transformações com potência

Funções de transformação linear por partes

Alargamento de contraste

Fatiamento de níveis de cinza

Fatiamento de planos de bits

Operações Lógicas e Aritméticas

Subtração de Imagens

Média de Imagens

Prática

# Sumário

## Introdução

### Operações Pontuais

Negativo

Compressão da escala dinâmica

Transformações com potência

### Funções de transformação linear por partes

Alargamento de contraste

Fatiamento de níveis de cinza

Fatiamento de planos de bits

### Operações Lógicas e Aritméticas

Subtração de Imagens

Média de Imagens

## Prática

# Introdução

- ▶ Domínio espacial
  - ▶ Agregado de pixels que compõem uma imagem
- ▶ Métodos no domínio espacial
  - ▶ Procedimentos que operam diretamente sobre estes pixels

# Introdução

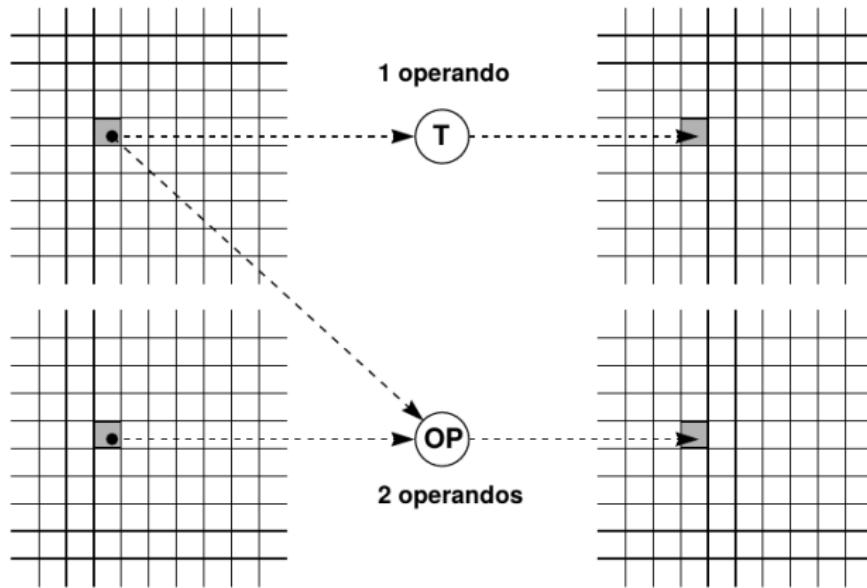
## ► Domínio espacial

- Funções neste domínio são expressas na forma:  
$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$
  - $f(x, y)$  é a imagem de entrada
  - $T$  é o operador aplicado sobre  $f$ , definido em uma vizinhança de  $(x, y)$
  - $g(x, y)$  é a imagem processada
- $T$  também pode ser aplicado em mais de uma imagem de entrada

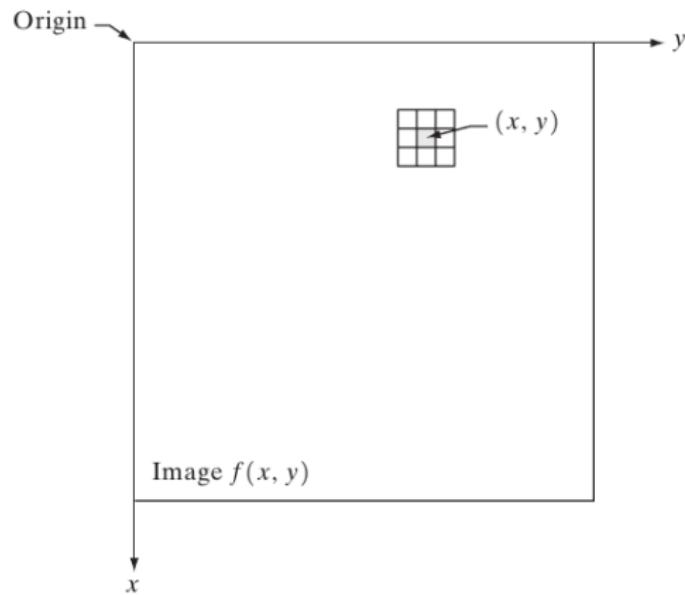
# Introdução

- ▶ Processamento
  - ▶ Ponto-a-ponto (operações pontuais)
  - ▶ Por máscara ou filtragem

## Ponto-a-ponto



## Processamento por máscara ou filtragem



# Sumário

Introdução

Operações Pontuais

Negativo

Compressão da escala dinâmica

Transformações com potência

Funções de transformação linear por partes

Alargamento de contraste

Fatiamento de níveis de cinza

Fatiamento de planos de bits

Operações Lógicas e Aritméticas

Subtração de Imagens

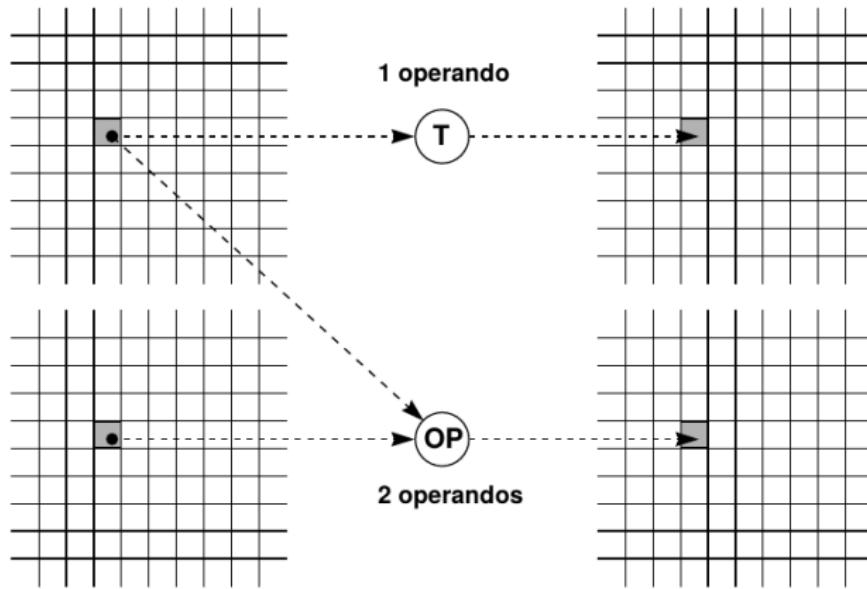
Média de Imagens

Prática

## Operações Pontuais

- ▶ Nas operações pontuais, cada ponto  $g(i,j)$  da imagem resultante é obtido por
  - ▶ Uma transformação  $T$  do ponto  $f(i,j)$  da imagem-operando
  - ▶ Uma operação  $OP$  entre os pontos  $f_1(i,j)$  e  $f_2(i,j)$  de coordenadas correspondentes nas imagens-operando
- ▶ A operação  $OP$  pode ser de qualquer natureza, desde que compatível com os valores dos pontos das imagens

## Operações Pontuais



## Operações Pontuais

- ▶ A transformação T deve ser:
  - ▶ Uma função unívoca
    - ▶ Se  $y = T[f(x)]$  e  $z = T[f(x)]$ , então  $y = z$
  - ▶ Possuir um domínio que é a gama de valores permitidos para a imagem original
- ▶ T pode ser realizada por meio de tabelas de transformação (LUT's - "Look-Up Tables")
- ▶ Interpretada com o auxílio de diagramas

# Operações Pontuais



original



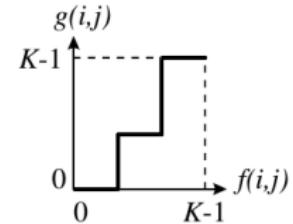
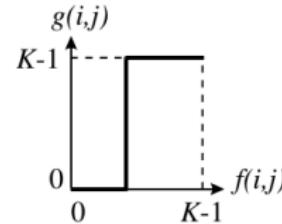
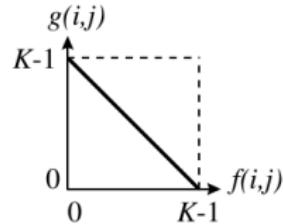
negativo



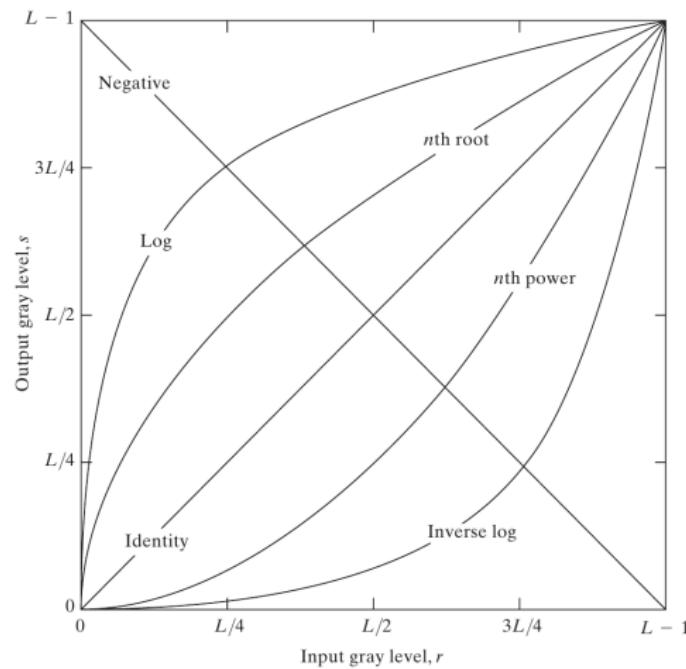
"threshold"



"threshold" binível

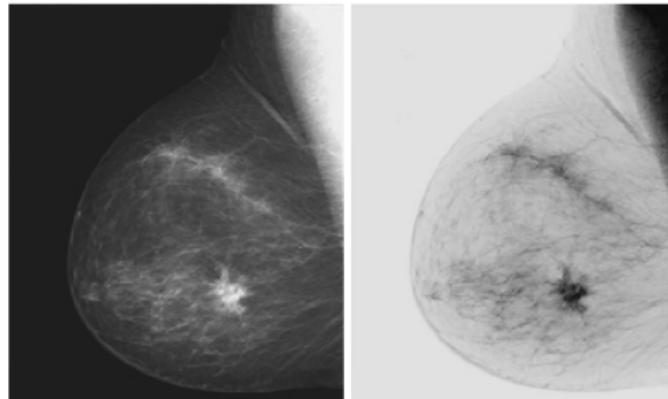


# Operações Pontuais



## Negativo de Imagens

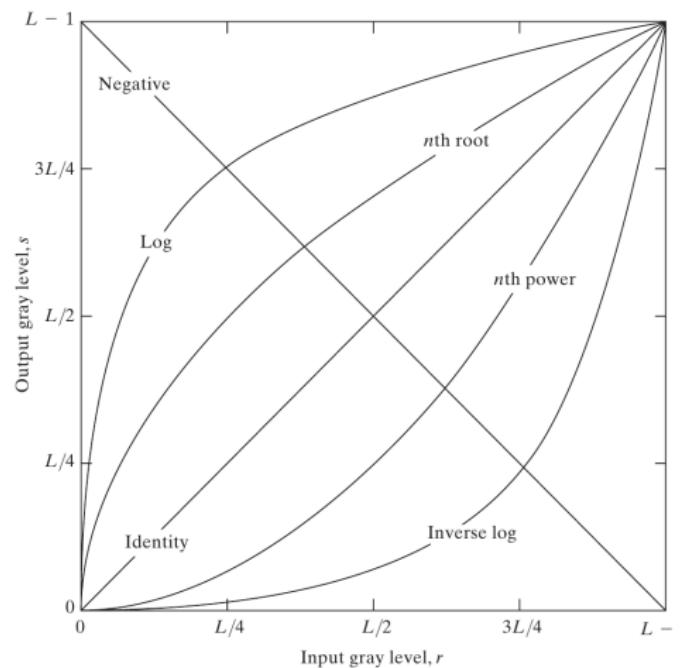
- ▶ Úteis em exibição de imagens médicas
- ▶ Destaque de detalhes com cor branca ou cinza em imagens onde o preto é predominante



## Negativo de Imagens

- ▶ Reverte a ordem do preto para o branco
- ▶ Função de transformação  $s = T(r)$ 
  - ▶  $s = ?$

## Negativo de Imagens



## Negativo de Imagens

- ▶ Reverte a ordem do preto para o branco
- ▶ Função de transformação  $s = T(r)$ 
  - ▶  $s = L - 1 - r$

## Compressão da faixa dinâmica

- ▶ Escala dinâmica de imagem processada pode exceder a capacidade do dispositivo de exibição
  - ▶ Apenas partes mais claras são visíveis
- ▶  $s = c \log(1 + |r|)$ ,  
onde  $c$  é uma constante de escala e  $r$  maior ou igual a zero

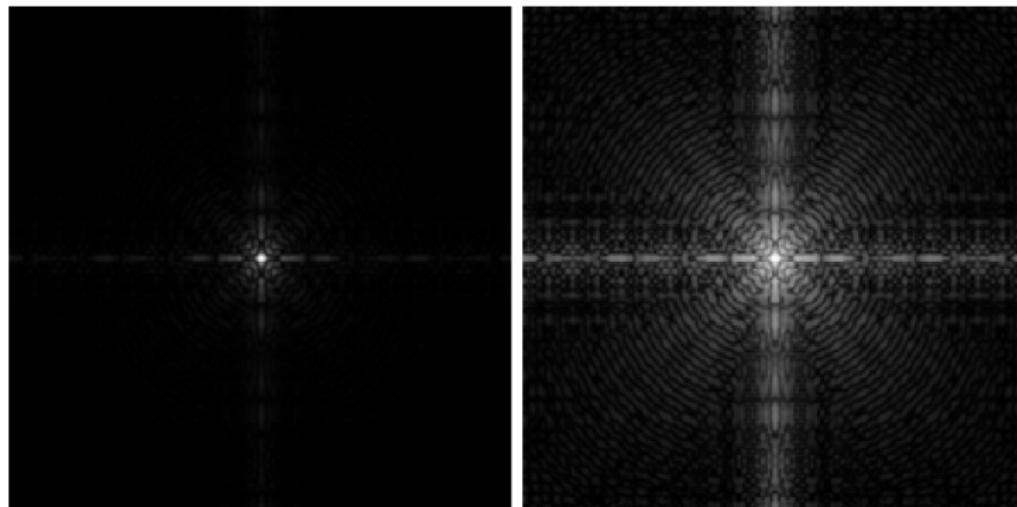
# Compressão da faixa dinâmica

## Compressão

- ▶ Análise da curva
- ▶ Exemplo de uso: exibição do espectro de Fourier
  - ▶  $[0, R] = [0, 2.5 * 10^6]$
  - ▶  $\log(1 + |r|)$  varia de 0 a 6.4
  - ▶  $c = 255/6.4$  para colocar valores na escala  $[0, 255]$

## Compressão da faixa dinâmica

- Com  $[0, R] = [0, 1.5 * 10^6]$  e  $c = 1$

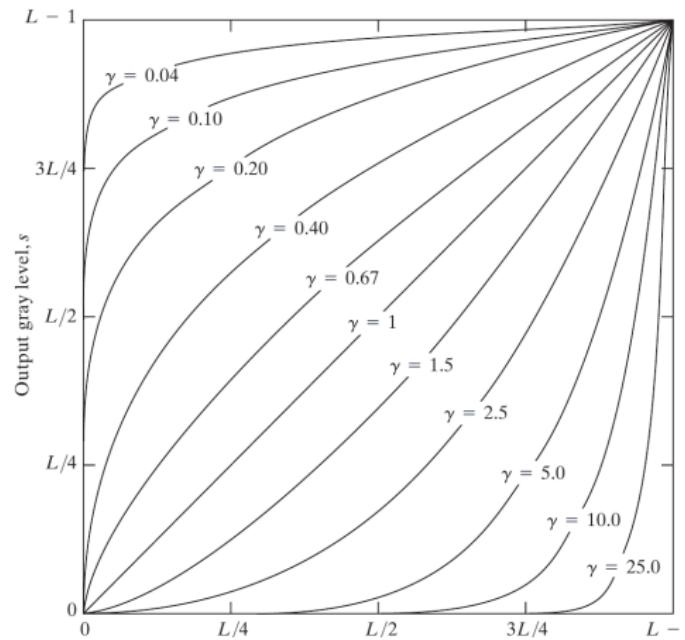


## Transformações com potência

- ▶ Forma básica:  $s = cr^\gamma$   
c e  $\gamma$  são constantes positivas
- ▶ Mapeia uma faixa de valores em uma faixa de tamanho diferente (se  $\gamma \neq 1$ )
- ▶ Uso na correção do gama de monitores e manipulação de contraste

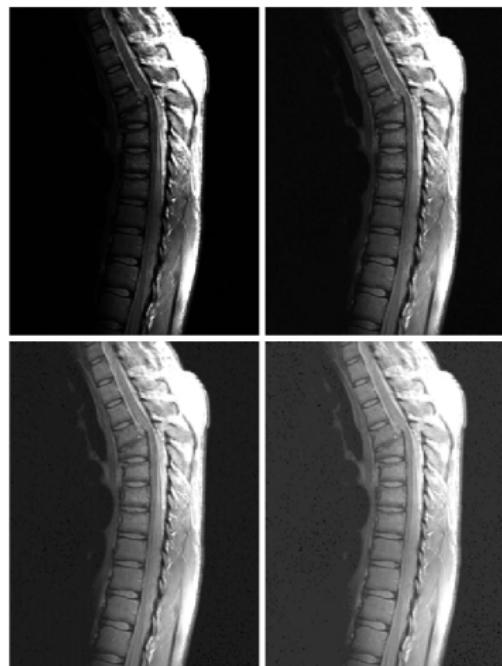
# Transformações com potência

- ▶ Teste de diversos valores de  $\gamma$  com  $c = 1$



## Transformações com potência

- ▶  $\gamma = 0.6, 0.4 \text{ e } 0.3$



## Transformações com potência

- ▶  $\gamma = 3, 4 \text{ e } 5$



## Sumário

Introdução

Operações Pontuais

Negativo

Compressão da escala dinâmica

Transformações com potência

Funções de transformação linear por partes

Alargamento de contraste

Fatiamento de níveis de cinza

Fatiamento de planos de bits

Operações Lógicas e Aritméticas

Subtração de Imagens

Média de Imagens

Prática

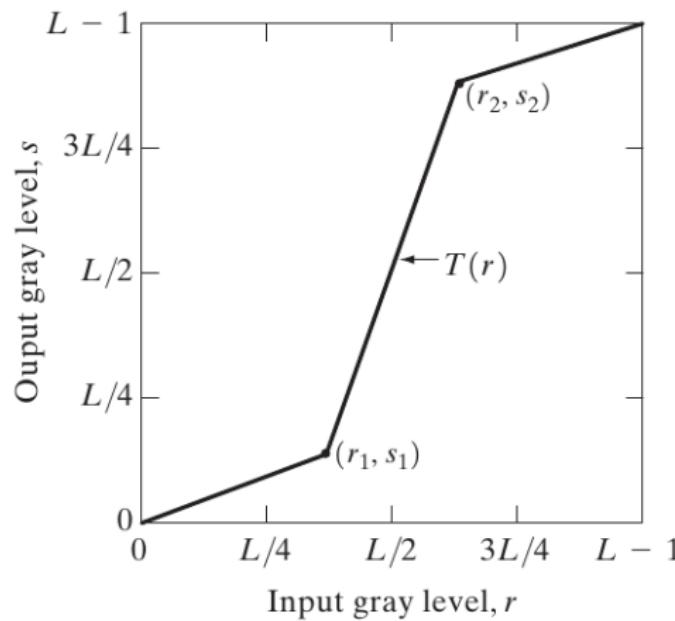
## Funções de transformação linear por partes

- ▶ Formas podem ser mais complexas
- ▶ Requerem mais entradas do usuário

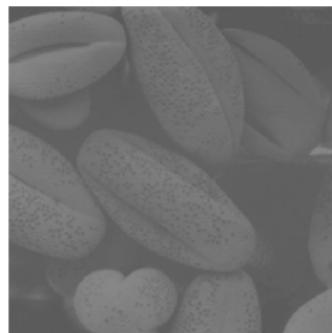
## Alargamento de contraste

- ▶ Aumenta a faixa dinâmica dos níveis de cinza na imagem
- ▶ Localização dos pontos  $(r_1, s_1)$  e  $(r_2, s_2)$  controla a forma da transformação

## Alargamento de contraste



## Alargamento de contraste



## Alargamento de contraste

- ▶  $r_1 = s_1$  e  $r_2 = s_2$ ?

## Alargamento de contraste

- ▶  $r_1 = s_1$  e  $r_2 = s_2$ ?
  - ▶ Identidade
- ▶  $r_1 = r_2$ ,  $s_1 = 0$  e  $s_2 = L - 1$ ?

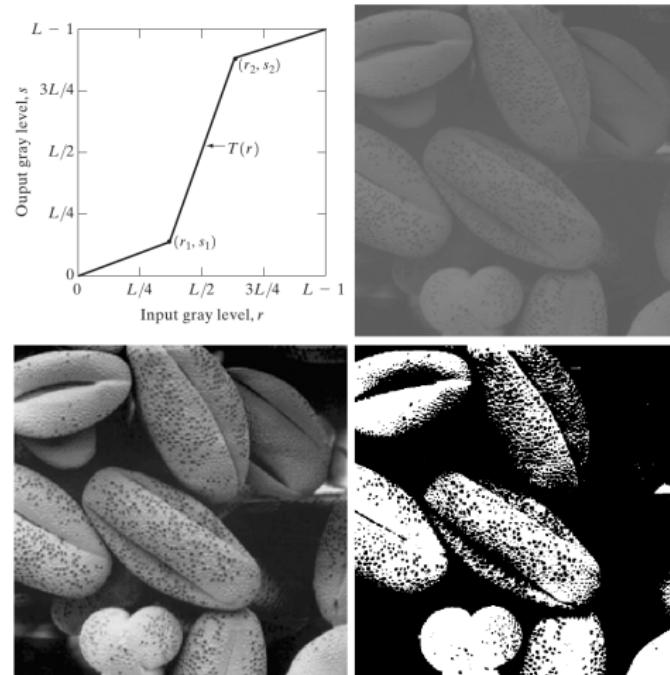
## Alargamento de contraste

- ▶  $r_1 = s_1$  e  $r_2 = s_2$ ?
  - ▶ Identidade
- ▶  $r_1 = r_2$ ,  $s_1 = 0$  e  $s_2 = L - 1$ ?
  - ▶ Função de limiarização (thresholding)

## Alargamento de contraste

- ▶  $r_1 = s_1$  e  $r_2 = s_2$ ?
  - ▶ Identidade
- ▶  $r_1 = r_2$ ,  $s_1 = 0$  e  $s_2 = L - 1$ ?
  - ▶ Função de limiarização (thresholding)
- ▶ Alargamento de contraste usado na figura:  
 $(r_1, s_1) = (r_{min}, 0)$   
 $(r_2, s_2) = (r_{max}, L - 1)$
- ▶ Geralmente assume-se que  $r_1 \leq r_2$  e  $s_1 \leq s_2$ 
  - ▶ Mantém ordenação das cores
  - ▶ Previne a criação de artefatos na imagem

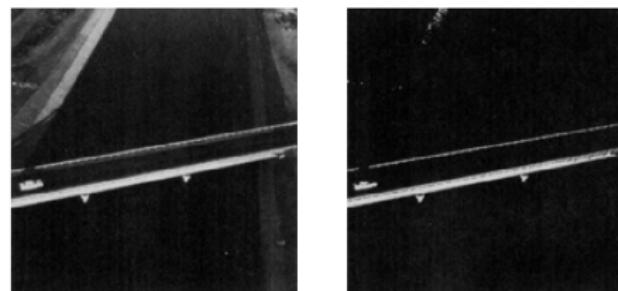
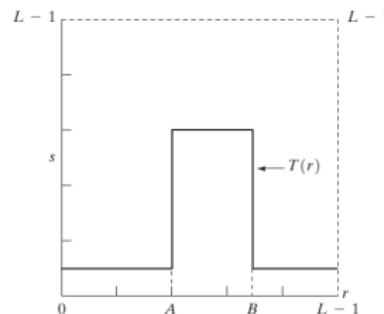
## Alargamento de contraste



## Fatiamento de níveis de cinza

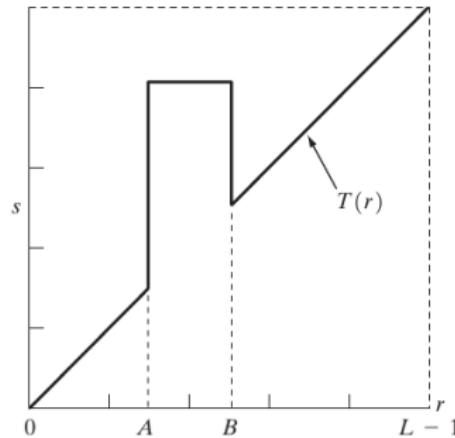
- ▶ Destaque de uma faixa específica de níveis de cinza
  - ▶ Ex. água em imagens de satélite
- ▶ Formas de implementação:
  - ▶ Valor alto para a faixa de interesse, e baixo para o restante
  - ▶ Aumenta a intensidade da faixa de interesse e preserva as restantes inalteradas

## Fatiamento de níveis de cinza



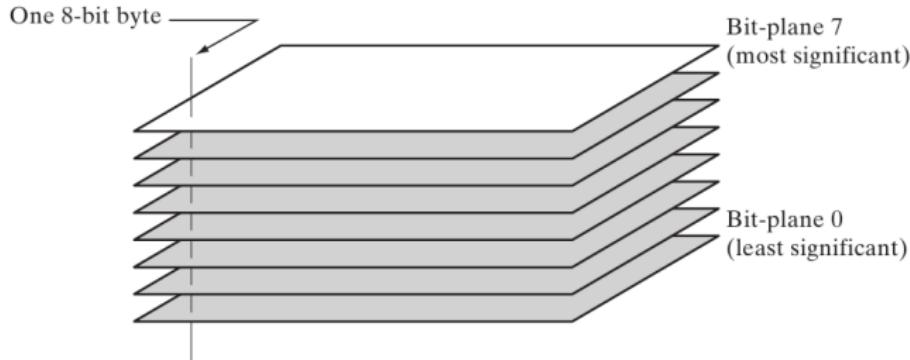
## Fatiamento de níveis de cinza

- ▶ Ressalta faixa de interesse e mantém outras sem alteração



## Fatiamento de planos de bits

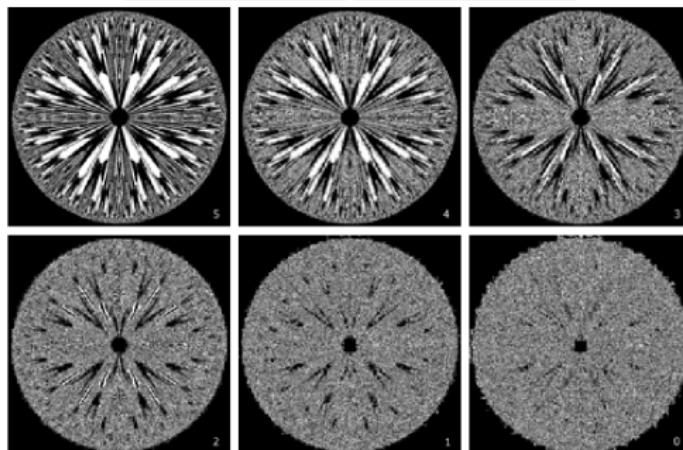
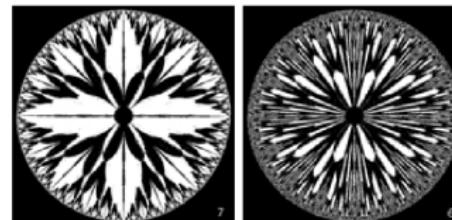
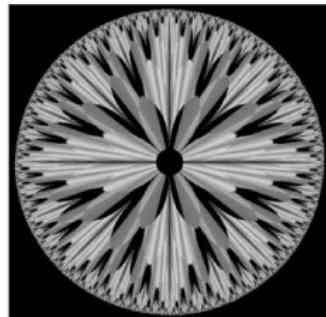
- ▶ Destaca a contribuição de bits específicos na imagem
- ▶ Exemplo: imagem de 8 bits é composta por 8 planos
  - ▶ O plano 0 contém todos os bits de baixa ordem
  - ▶ O plano 7 contém todos os bits de alta ordem



## Fatiamento de planos de bits

- ▶ Bits de alta ordem contém maior parte da informação visualmente significante
- ▶ Outros planos contribuem com detalhes mais sutis
- ▶ Útil pra determinar quantização e na compressão de imagens
- ▶ Similar a uma sequência de limiarizações

## Fatiamento de planos de bits



## Sumário

Introdução

Operações Pontuais

Negativo

Compressão da escala dinâmica

Transformações com potência

Funções de transformação linear por partes

Alargamento de contraste

Fatiamento de níveis de cinza

Fatiamento de planos de bits

Operações Lógicas e Aritméticas

Subtração de Imagens

Média de Imagens

Prática

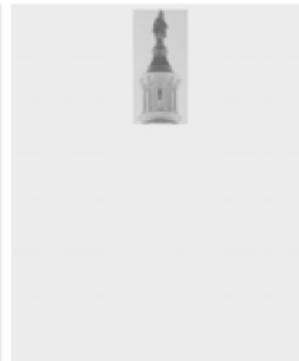
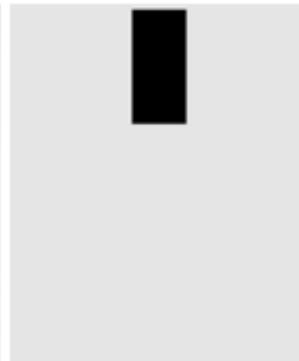
## Operações Lógicas e Aritméticas

- ▶ Feitas pixel a pixel
  - ▶ Com apenas uma imagem (NOT)
  - ▶ Entre duas ou mais imagens
- ▶ A depender do hardware/software, podem ser feitas em sequência ou em paralelo

## Operações Lógicas

- ▶ Operações lógicas são efetuadas sobre os bits
  - ▶ Ex. NOT = negativo
- ▶ AND e OR
  - ▶ Usados como máscaras
  - ▶ Seleção de subimagens em uma imagem
  - ▶ Claro=1, escuro=0
  - ▶ ROI
  - ▶ Isola área de processamento
- ▶ Operações lógicas também são usadas com os operadores morfológicos

## Operações Lógicas



## Operações Aritméticas

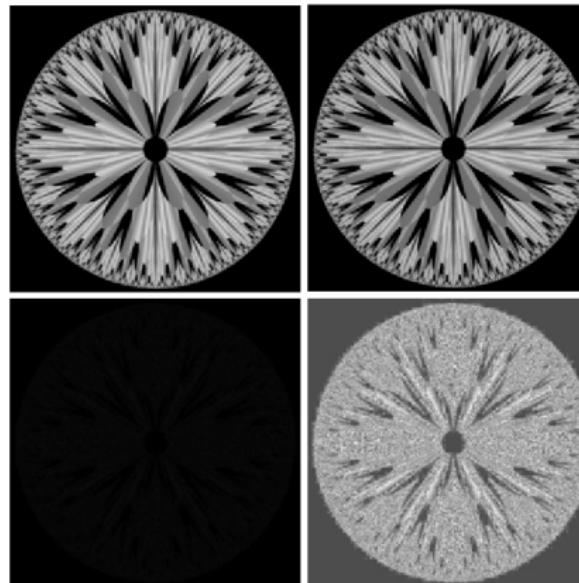
- ▶ Subtração e soma
  - ▶ Operações aritméticas mais usadas
- ▶ Divisão
  - ▶ Multiplicação de uma imagem pela recíproca da outra
- ▶ Multiplicação
  - ▶ Por constante
  - ▶ Uso como máscara - restauração de imagens

## Subtração de Imagens

- ▶ Diferença entre duas imagens  $f(x,y)$  e  $h(x,y)$ 
  - ▶  $g(x,y) = f(x,y) - h(x,y)$
- ▶ Diferença entre todos os pares de pixels correspondentes em  $f$  e  $h$

|   |   |
|---|---|
| a | b |
| c | d |

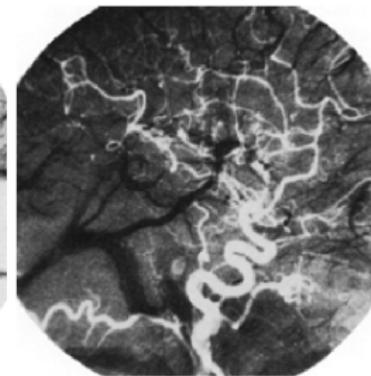
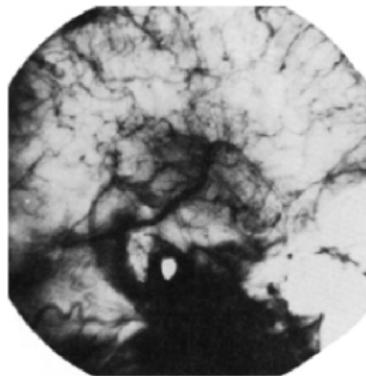
**FIGURE 3.28**  
(a) Original fractal image.  
(b) Result of setting the four lower-order bit planes to zero.  
(c) Difference between (a) and (b).  
(d) Histogram-equalized difference image.  
(Original image courtesy of Ms. Melissa D. Binde, Swarthmore College, Swarthmore, PA).



## Subtração de Imagens

### ► Radiografia em modo máscara

- $h(x, y)$  é uma filmagem de raio X de uma região do corpo do paciente capturado por uma câmera de TV (esq.)
- $f(x, y)$  é uma filmagem similar da mesma região, após injeção de contraste na corrente sanguínea
- $g(x, y)$  mostra a propagação do corante nas artérias (dir.)



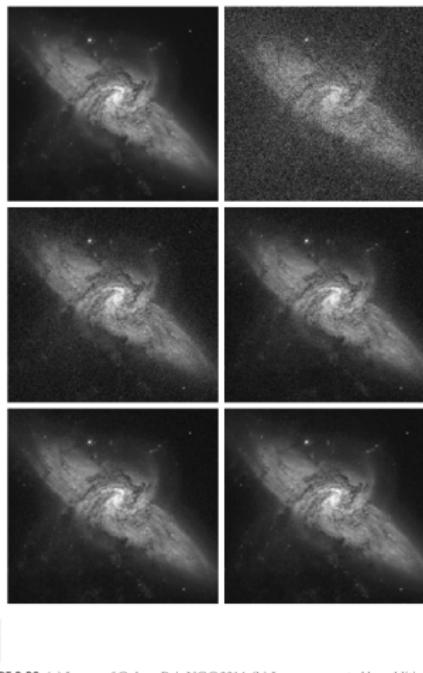
## Subtração de Imagens

- ▶ Uso na área de segmentação e de segurança
- ▶ Valores resultantes podem variar em -255 a 255
- ▶ Escala é necessária para exibir resultados
  - ▶ Adicionar 255 ao pixel e dividir por 2
    - ▶ Problemas: não usa toda a faixa e truncamento por causa da divisão
  - ▶ Deslocamento pra 0 pelo valor mínimo e escala de [0,max] para [0,255]

## Média de Imagens

- ▶ Seja uma imagem ruidosa  $g(x,y)$ :  
$$g(x,y) = f(x,y) + \eta(x,y)$$
- ▶ Ruído não é correlacionado e tem valor médio zero
- ▶ Redução do ruído através da adição de um conjunto de imagens ruidosas  $g_i(x,y)$
- ▶ Se o ruído satisfaz as condições
  - ▶  $\bar{g}(x,y)$  é formada através da média de M diferentes imagens ruidosas
- ▶ Conforme M aumenta, a variação dos valores de pixel em cada local diminui

# Média de Imagens



**FIGURE 3.30** (a) Image of Galaxy Pair NGC 3314. (b) Image corrupted by additive Gaussian noise with zero mean and a standard deviation of 64 gray levels. (c)-(f) Results of averaging  $K = 8, 16, 32$ , and 128 noisy images. (Original image courtesy of NASA.)

# Sumário

Introdução

Operações Pontuais

Negativo

Compressão da escala dinâmica

Transformações com potência

Funções de transformação linear por partes

Alargamento de contraste

Fatiamento de níveis de cinza

Fatiamento de planos de bits

Operações Lógicas e Aritméticas

Subtração de Imagens

Média de Imagens

Prática

# Prática

- ▶ Arquivo guia-op-1.pdf

## Referências:

- ▶ Capítulo 3 do Gonzalez e Woods. Digital Image Processing, 2a edição.
- ▶ Capítulo 4 do Gonzalez e Woods. Processamento Digital de Imagens, 1a edição.
- ▶ A.J. Padilha. Pré-Processamento v.02.98.ac. Material de aula.