



Fundamentos de Processamento Gráfico

Aula 8

Processamento de Imagens

Nível médio

Profa. Fátima Nunes

- **Segmentação**

- Processo que divide a imagem em suas partes ou objetos constituintes
- Objetos são extraídos da imagem para processamento posterior.
- Algoritmos baseados em duas propriedades dos níveis de cinza: **descontinuidade** e **similaridade**.

- **Segmentação**

- **Descontinuidade** - particionar uma imagem com base em mudanças abruptas de cores.
 - Áreas de interesse: detecção de pontos isolados, linhas e bordas.
 - Aproximações: máscaras - “templates”.

- **Segmentação**

- **Similaridade** - particionar uma imagem com base na semelhança de pixels vizinhos.

- Áreas de interesse: detecção de regiões relacionadas a estruturas de interesse.
- Aproximações: thresholding, crescimento de região e “split e merge”.

Detecção de pontos

- Aplicada à remoção de ruídos e análise de partículas.

- Máscara:

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

- Áreas com níveis de cinza constantes ▶ resultado = zero.
- Se máscara está centralizada em ponto isolado ▶ resultado > zero.

Detecção de pontos

- **Segmentação**

- Um ponto isolado cuja intensidade é significativamente diferente do fundo é detectado se:

$$|R| > T$$

onde:

- *R* é o resultado da máscara
- *T* é um valor de limiar não negativo.

Detecção de linhas

- Procedimento direto com máscaras:

-1	-1	-1
2	2	2
-1	-1	-1

Horizontal

-1	2	-1
-1	2	-1
-1	2	-1

Vertical

-1	-1	2
-1	2	-1
2	-1	-1

45°

2	-1	-1
-1	2	-1
-1	-1	2

-45°

- Para saber a máscara que “mais casa” com uma região: verificar o resultado.
- Se $R_i > R_j$, a máscara i está mais próxima da região.

Detecção de bordas

- Formulação a partir do gradiente da imagem.
- Várias formas de definir máscaras.
- Máscaras 2X2:

-1	-1
1	1

-1	1
-1	1

Detecção de bordas

- Várias formas de definir máscaras.
- Máscaras 3X3: operadores de Sobel
 - menos sensível a ruídos

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

Detecção de bordas

– Operador Laplaciano:

- Derivada de segunda ordem
- Responde às transições de intensidade.
- Não é tão útil para detecção de bordas, mas para indicar se um pixel pertence à parte clara ou escura da imagem.

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Detecção de bordas

- **Técnicas vistas raramente caracterizam uma borda completa devido a:**
 - ruídos
 - quebras na borda devidas à iluminação não uniforme
- **O que se faz?**
 - Algoritmos para ligar pixels de borda a um conjunto de pixels pertencentes a um objeto com significado.

Ligação de bordas

– Análise Local

- Uma das aproximações mais simples
- Ligar pontos similares
- Critérios: magnitude e direção do gradiente

Ligação de bordas

- *Gradiente de uma função?*

Ligação de bordas

– *Gradiente de uma função?*

- **Cálculo vetorial: vetor gradiente é um vetor que indica a direção e o sentido de maior alteração (de uma função).**

Ligação de bordas

- **Relembrando Conceitos**

- **Gradiente**

Exemplo: gradiente de $f(x,y)$

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Ligação de bordas

- **Relembrando Conceitos**

- **Gradiente**

Exemplo: gradiente de $f(x,y) = x^2 + y^2 + xy$

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} 2x + y \\ 2y + x \end{bmatrix}$$

Ligação de bordas

- Maioria dos métodos usados de diferenciação em processamento de imagens é baseada na aplicação de gradientes.
- Dada uma função $f(x,y)$, o gradiente de f nas coordenadas (x,y) é definido pelo vetor:

$$G[f(x,y)] = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Ligação de bordas

- Duas propriedades importantes do gradiente são:
 - o vetor $G[f(x,y)]$ aponta na direção do máximo da função $f(x,y)$;
 - a magnitude de $G[f(x,y)]$ é dada por:

$$\text{mag}[G] = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2\right]}$$

Ligação de bordas

- Para uma imagem digital, a magnitude é aproximada pelas diferenças.
- Uma aproximação comumente utilizada é:

$$G[f(x, y)] \cong \sqrt{\left\{ [f(x, y) - f(x+1, y)]^2 + [f(x, y) - f(x, y+1)]^2 \right\}}$$

Ligação de bordas

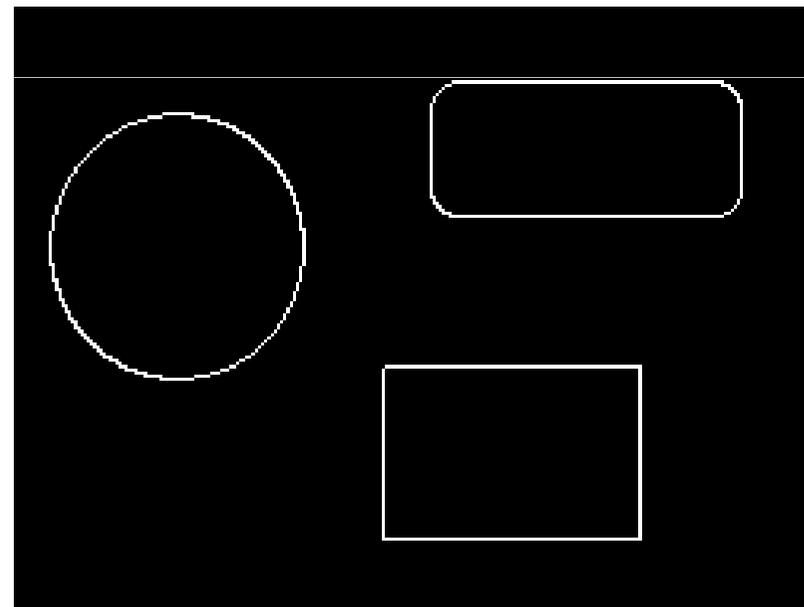
- A utilização de valores absolutos produz resultados similares:

$$G[f(x, y)] \equiv |f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)|$$

- Portanto, subtraindo-se ponto a ponto a imagem resultante da diferenciação da imagem original, pode-se obter uma imagem final com detalhes realçados.

Ligação de bordas

Gradiente - Exemplo

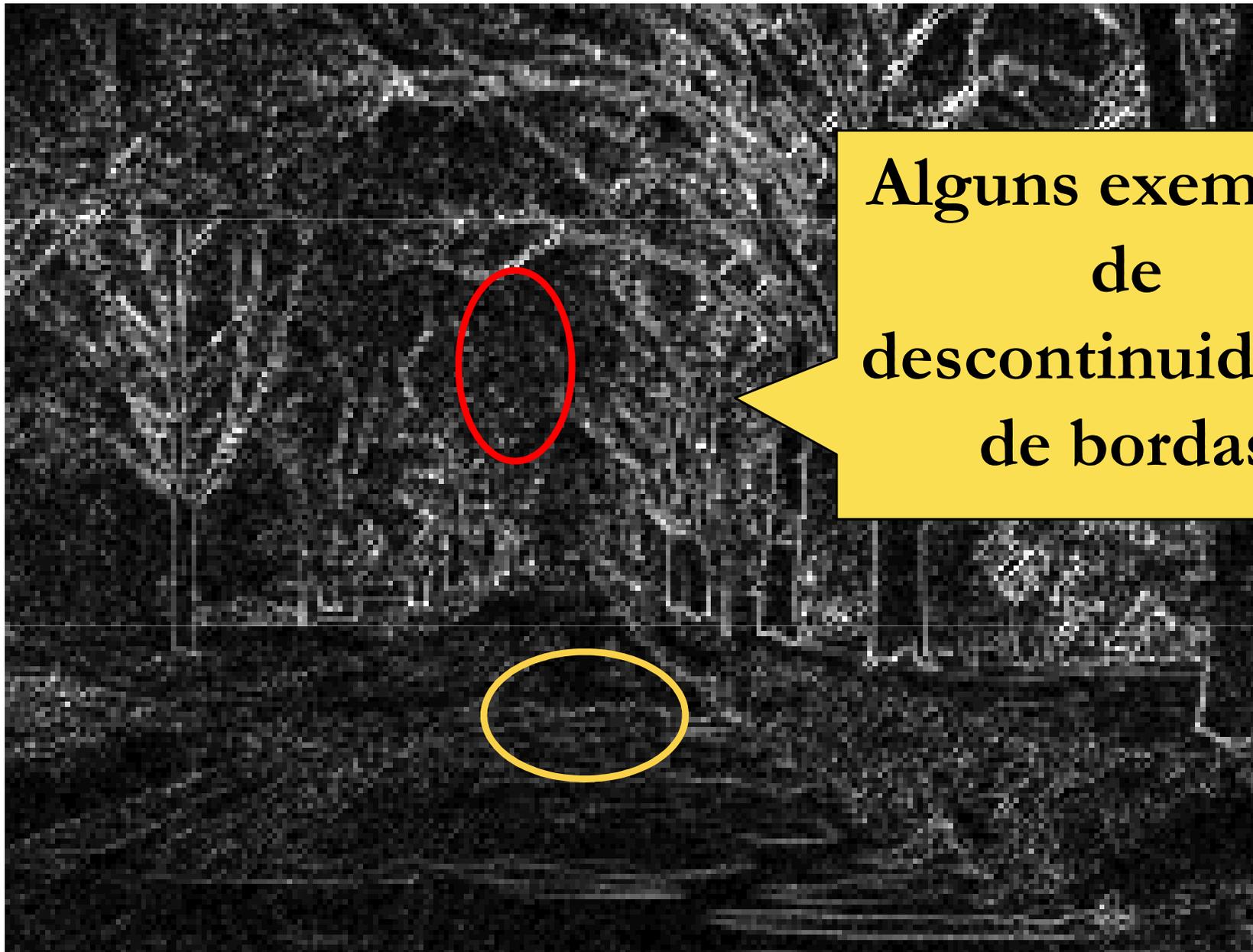


Ligação de bordas

Gradiente - Exemplo



Ligação de bordas



Alguns exemplos
de
descontinuidades
de bordas

Ligação de bordas

– Análise Local

– magnitude do gradiente:

$$|G[f(x_1, y_1)]| - |G[f(x_2, y_2)]| \leq T$$

onde:

» *T é um valor de limiar*

» *|G[f(x,y)]| pode ser aproximado pela diferenciação entre pixels.*

Ligação de bordas

– Análise Local

–Diferenciação entre pixels:

$$G[f(x, y)] \cong \sqrt{\{[f(x, y) - f(x+1, y)]^2 + [f(x, y) - f(x, y+1)]^2\}}$$

ou

$$G[f(x, y)] \cong |f(x, y) - f(x+1, y)| + |f(x, y) - f(x, y+1)|$$

Ligação de bordas

– Análise Local

– direção do gradiente:

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right)$$

onde:

» $\alpha(x, y)$ é o ângulo de direção do gradiente no ponto (x, y)

Ligação de bordas

– Análise Local

- para ligar dois pontos usando direção do gradiente:

$$|\alpha(x_1, y_1) - \alpha(x_2, y_2)| < A$$

onde:

» *A é um ângulo de limiar*

Ligação de bordas

– Análise Local

- pontos são ligados se os critérios de magnitude e direção são satisfeitos.

Crescimento de região

- Agregação de conjuntos de pixels em regiões maiores.
- Aproximação de processamento mais simples:
 - escolhe-se um pixel ou um conjunto de pixels denominados “sementes”
 - faz-se o crescimento da região através da agregação de pixels vizinhos às sementes que possuem propriedades similares (intensidade, cor, textura etc).
 - Processo continua até se atingir uma condição de parada pré-estabelecida.

Crescimento de região

– Vantagens:

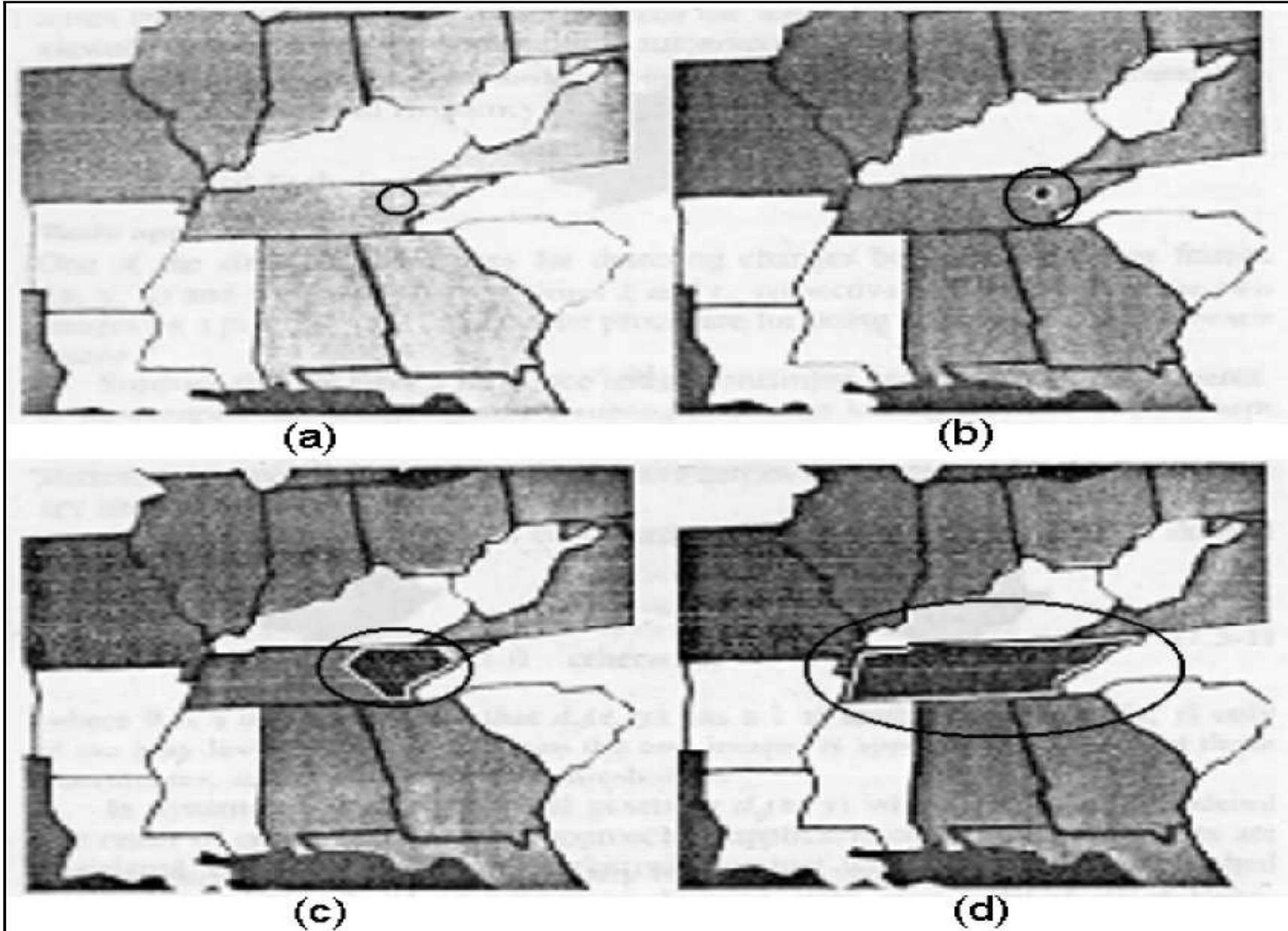
- imagem não precisa ser homogênea;
- características são previamente analisadas e incluídas nos descritores de semelhança.
- relativamente rápida para executar

Crescimento de região

– Desvantagens:

- Dificuldade na seleção dos pixels sementes (a aplicação deve ser conhecida);
- Dificuldade no estabelecimento das propriedades de semelhança (a aplicação e os tipos de dados da imagem devem ser conhecidos);
- Dificuldade na determinação de condições de parada (depende da análise da imagem).
- Estrutura de interesse deve ser conectada.

Crescimento de região



Limiarização

- Usa uma ou mais cores como limiares para identificar partes constituintes da imagem
- Implementação mais simples: um nível de cinza e imagem final em branco de preto.

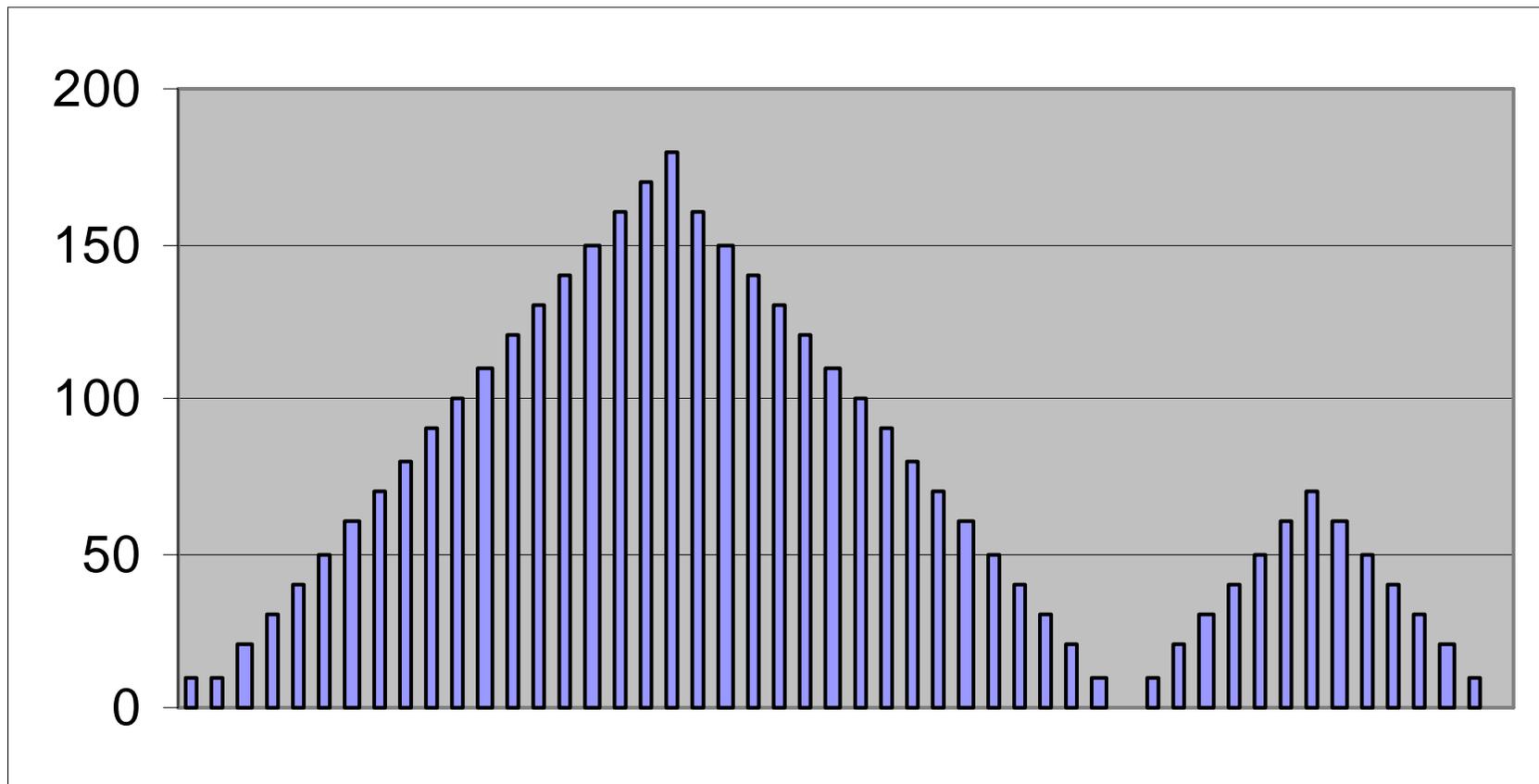
Limiarização

- Usa uma ou mais cores como limiares para identificar partes constituintes da imagem
- Implementação mais simples: um nível de cinza e imagem final em branco de preto.

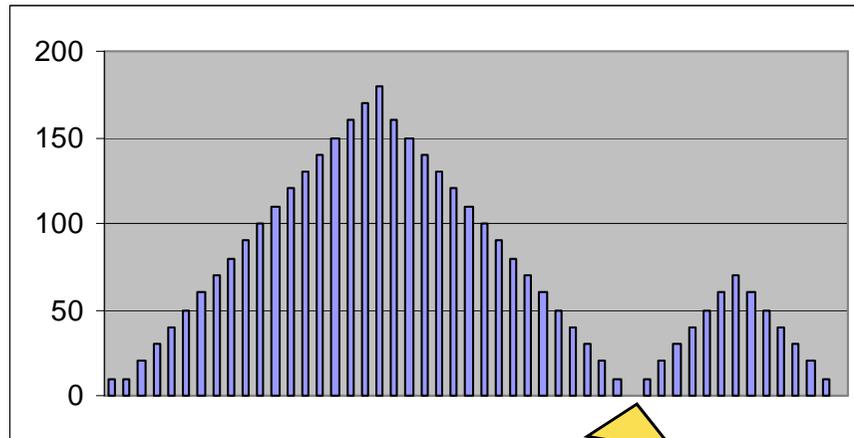


Limiarização

- Histograma Bimodal:



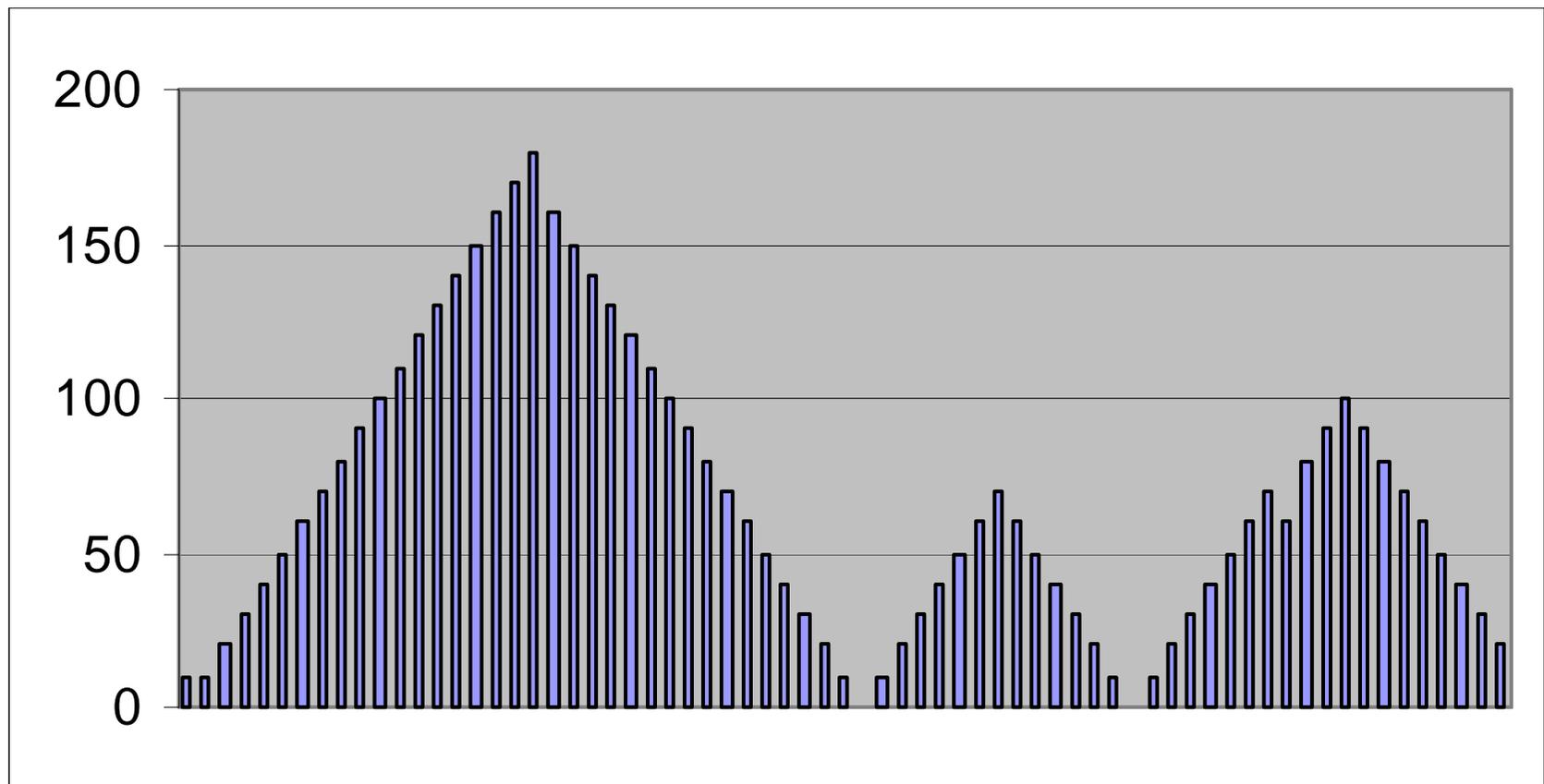
Limiarização



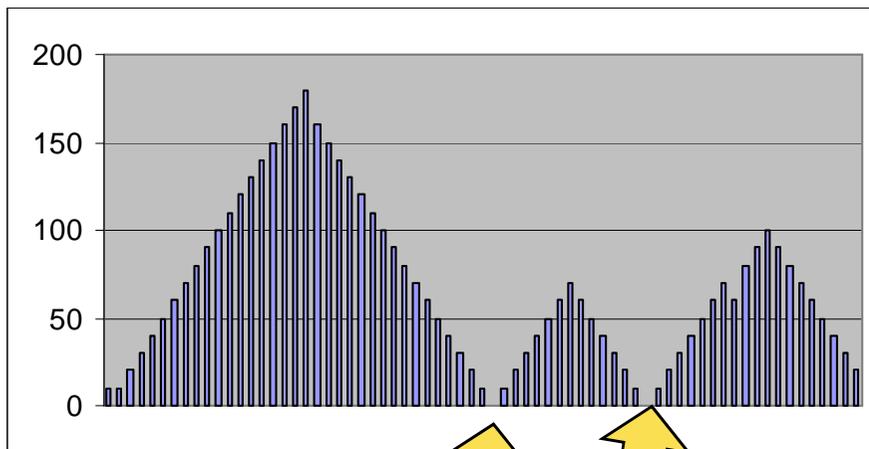
- Imagem $f(x,y)$ composta de objetos brilhantes sobre fundo escuro
- Um ponto (x,y) é parte dos objetos se $f(x,y) > T$

Limiarização

- Histograma Multinível:



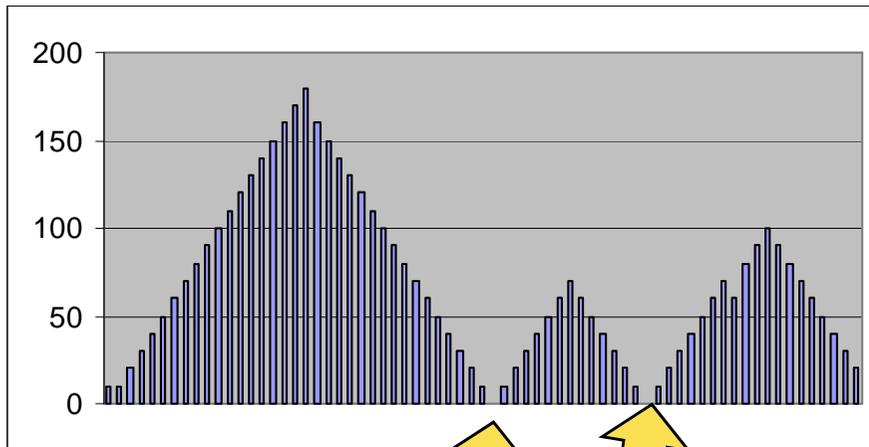
Limiarização



T_1 T_2

- Imagem $f(x,y)$ composta de objetos pertencentes a classes diferentes.
- Se $T_1 < f(x,y) \leq T_2$ ▶ ponto (x,y) pertence a uma classe de objetos.
- Se $f(x,y) > T_2$ ▶ ponto (x,y) pertence a outra classe de objetos.
- Se $f(x,y) < T_1$ ▶ ponto (x,y) pertence ao fundo.

Limiarização



- **Problema:**

- **Definir múltiplos valores de limiar (T) que isolem regiões de interesse.**

Limiarização

- Se T depende apenas de $f(x,y)$: limiarização global.
- Se T depende de $f(x,y)$ e $p(x,y)$: limiarização local
 - $p(x,y)$ é uma propriedade local do pixel (x,y) .
Exemplo: média de cores da vizinhança.
- Se T depende também das coordenadas x e y dos pixels: limiarização dinâmica.

Limiarização

- Segmentação – Limiarização para imagem P&B



- O que acontece com os valores de limiar: 50, 128 e 200?

Limiarização

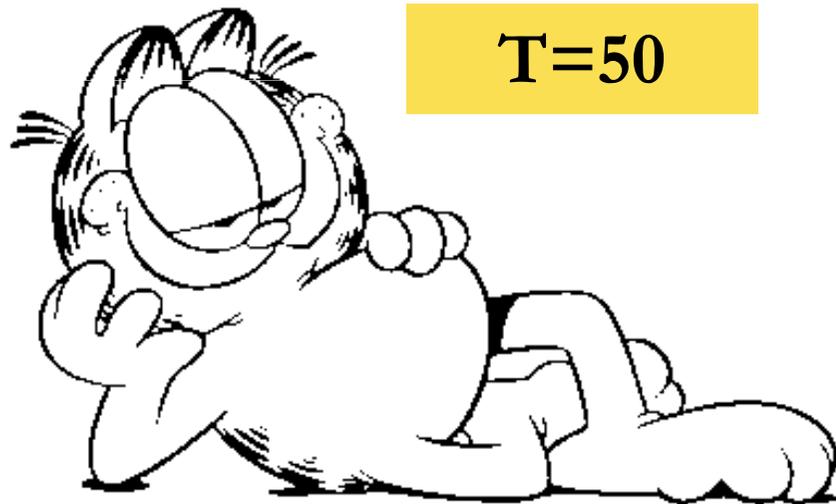
- Segmentação - Limiarização



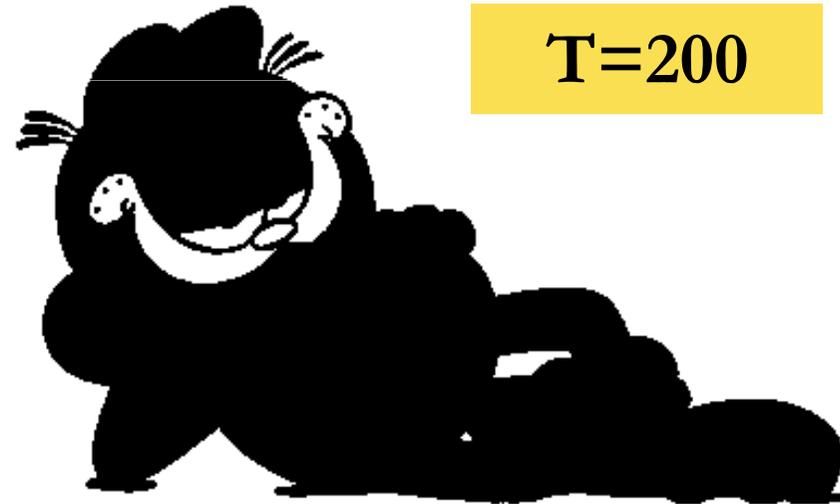
Original



T=128



T=50



T=200

Split e Merge

– Seja R uma imagem e P uma característica de similaridade definida.

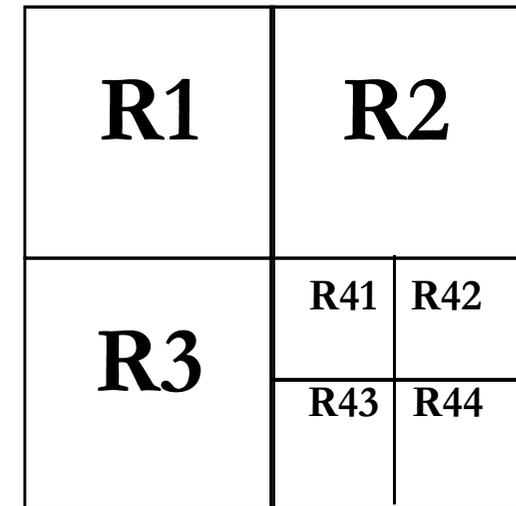
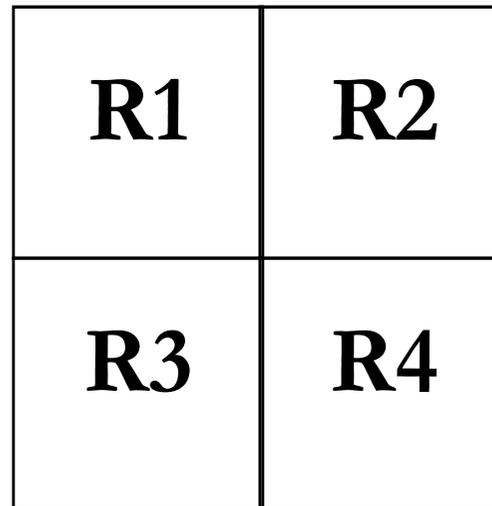
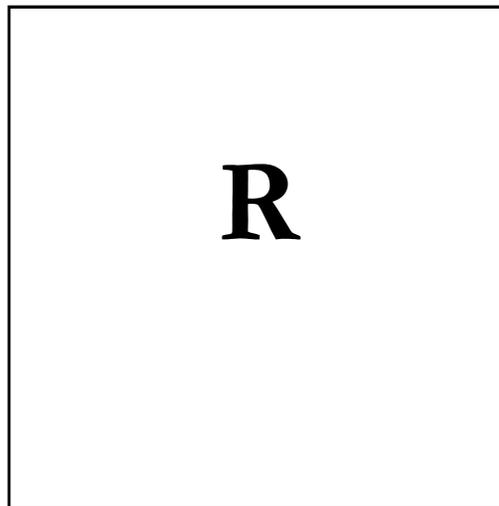
- Subdividir R em 4 regiões (quadrantes):

$$R_i \mid P(R_i) = \text{verdadeiro}$$

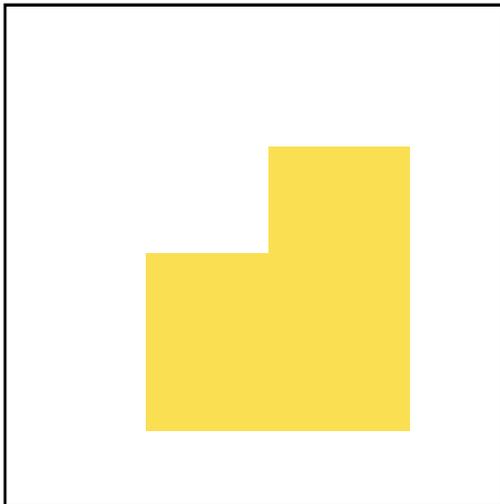
- Se $P(R_i) = \text{falso}$, subdividir a região em subquadrantes.
- Fundir as regiões adjacentes onde

$$P(R_i \cup R_k) = \text{verdadeiro}$$

Split e Merge



Split e Merge



R1	R2
R3	R4

$P(R_1) = \text{verdadeiro}$

$P(R_2) = \text{falso}$

$P(R_3) = \text{falso}$

$P(R_4) = \text{falso}$

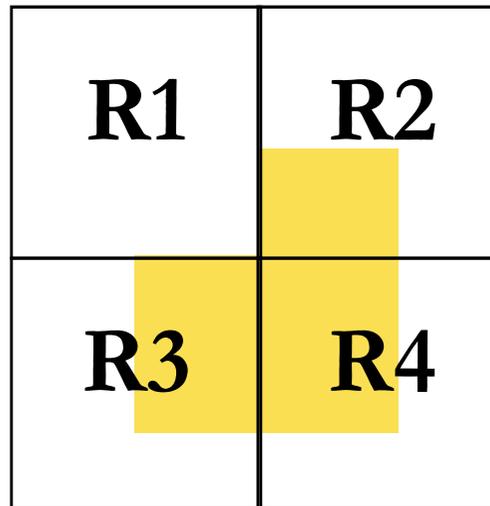
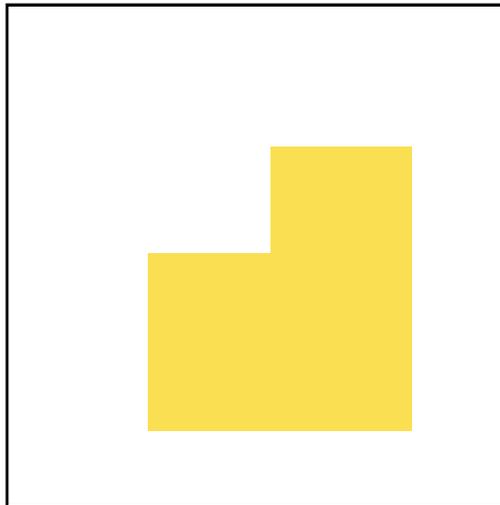
R1	R21	R22	
	R23	R24	
R31	R32	R41	R42
R33	R34	R43	R44

$P(R_{34}) = \text{falso}$

$P(R_{43}) = \text{falso}$

demais verdadeiros

Split e Merge



R1	R21	R22	
	R23	R24	
R31	R32	R41	R42
R33	R34	R43	R44

Merge:

$P(R_1 \cup R_{21} \cup R_{22} \cup R_{24} \cup R_{42} \cup R_{44} \cup R_{33} \cup R_{31}) = \text{verdadeiro}$

$P(R_{23} \cup R_{41} \cup R_{32}) = \text{verdadeiro}$

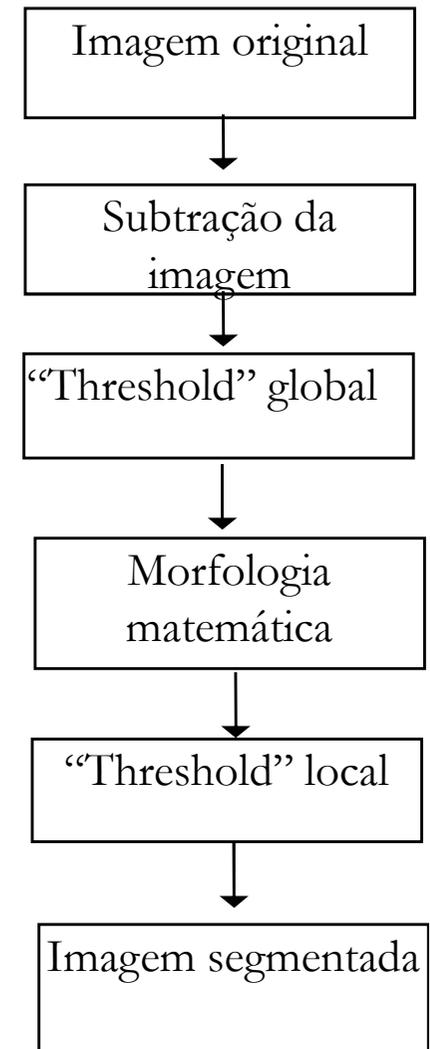
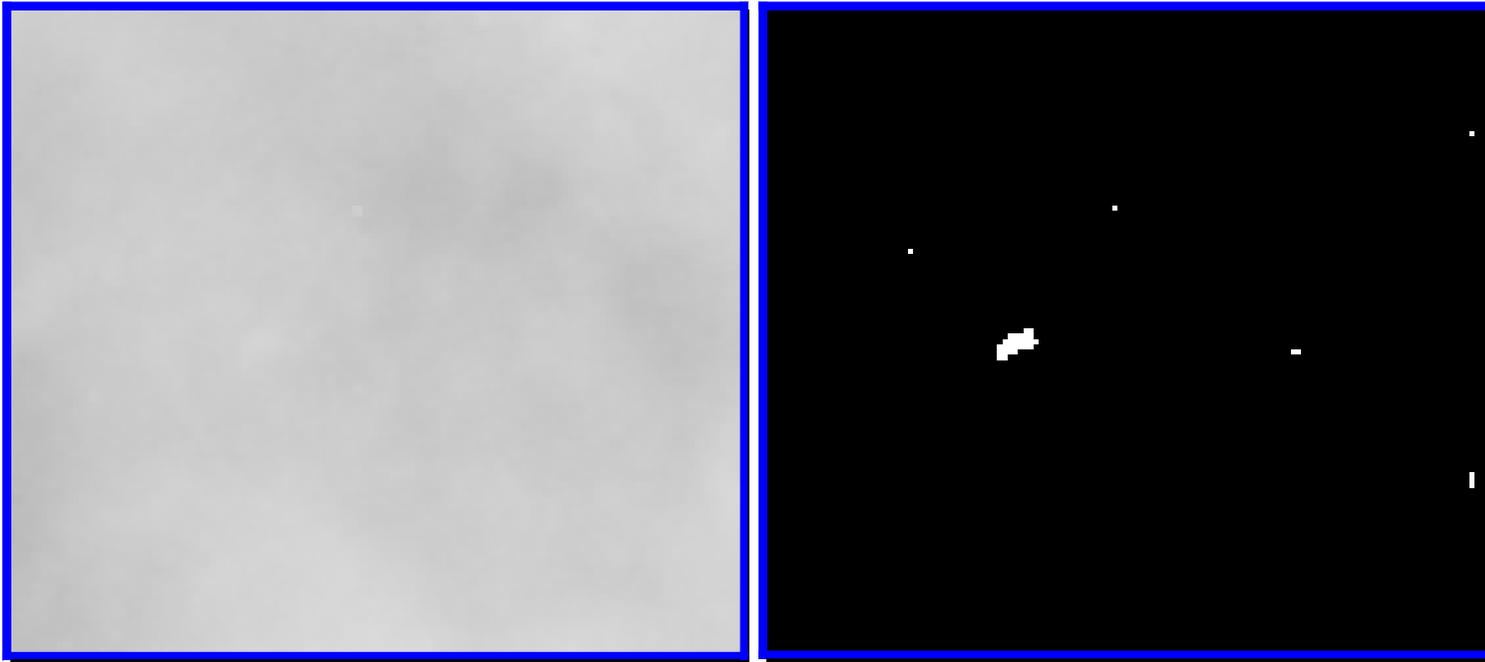
$P(R_{34}) = \text{falso}$

$P(R_{43}) = \text{falso}$

- **Segmentação:**

- técnicas apresentadas são básicas
- problemas reais não são resolvidos com técnicas básicas, mas com combinação de técnicas

- Segmentação - Um exemplo real

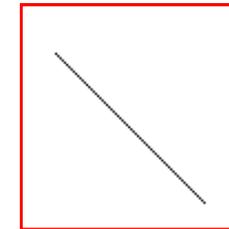
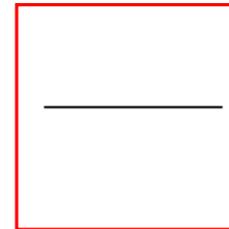
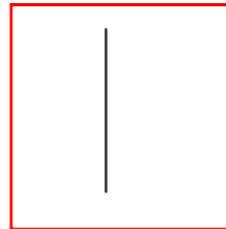


Exercícios (para entregar)

Para os exercícios a seguir, gere um único arquivo no formato PDF, com a solução dos exercícios na sequência solicitada.

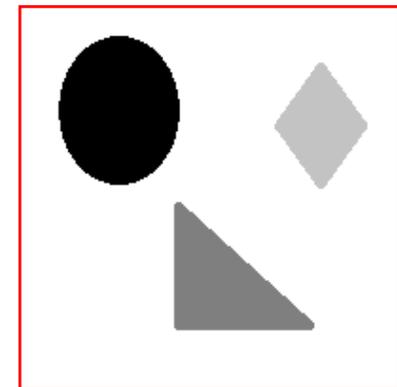
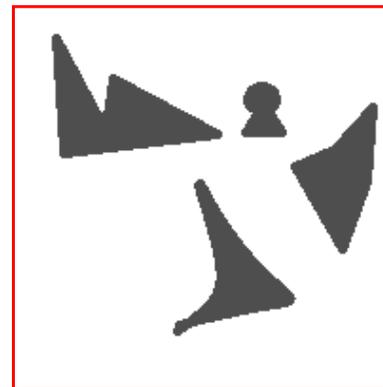
- 1) Faça um programa que leia uma imagem contendo uma reta e imprima as palavras “vertical”, “horizontal” ou “inclinada”, dependendo do posicionamento da reta. O fundo da imagem sempre é branco e as retas sempre estarão desenhadas na cor preta. A interface de entrada é livre.

Exemplos de imagens de entrada:



- 2) Faça um programa que leia uma imagem e imprima a quantidade de objetos distintos presentes na imagem. Os objetos têm formas variadas, mas todos seus pixels têm a mesma cor. O programa não pode ter intervenção humana, isto é, o reconhecimento deve ser automático. O fundo da imagem sempre é branco.

Exemplos de imagens de entrada:



Exercícios (para entregar)

- 3) Faça um programa que identifique as bordas em uma imagem e faça “emendas” usando o conceito de gradiente visto em aula. O programa deve:
 - a) fazer pré-processamentos usando técnicas de realce e/ou suavização vistos na aula de PI anterior.
 - b) utilizar qualquer uma das técnicas de detecção de bordas vistas em aula. O resultado deste passo deve ser uma imagem binária.
 - c) emendar as bordas usando o conceito de gradienteAlém do programa, você deve entregar dois exemplos de processamento de imagens reais, mostrando a imagem original e a imagem resultante após cada fase de processamento.

- 4) Encontre um artigo (que tenha sido publicado obrigatoriamente em periódico internacional) que use um dos assuntos estudados nesta aula para uma aplicação específica. Apresente uma resenha deste artigo (no máximo 20 linhas) explicando: a assunto abordado, eventual alteração feita para atender às necessidades da aplicação e os resultados obtidos.



Fundamentos de Processamento Gráfico

Aula 8

Processamento de Imagens

Nível médio

Profa. Fátima Nunes