

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

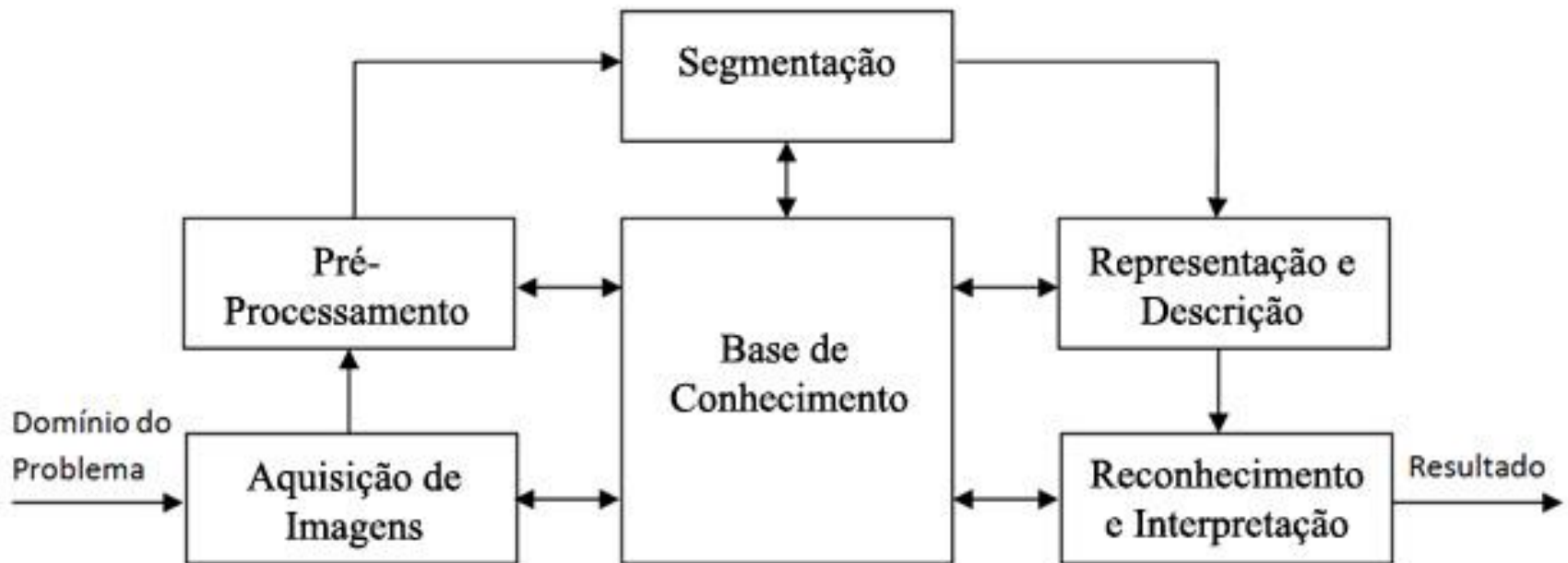
PDI – Aula 11

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias
Escola Agrícola de Jundiaí
Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Profa. Alessandra Mendes

Etapas Fundamentais do PDI

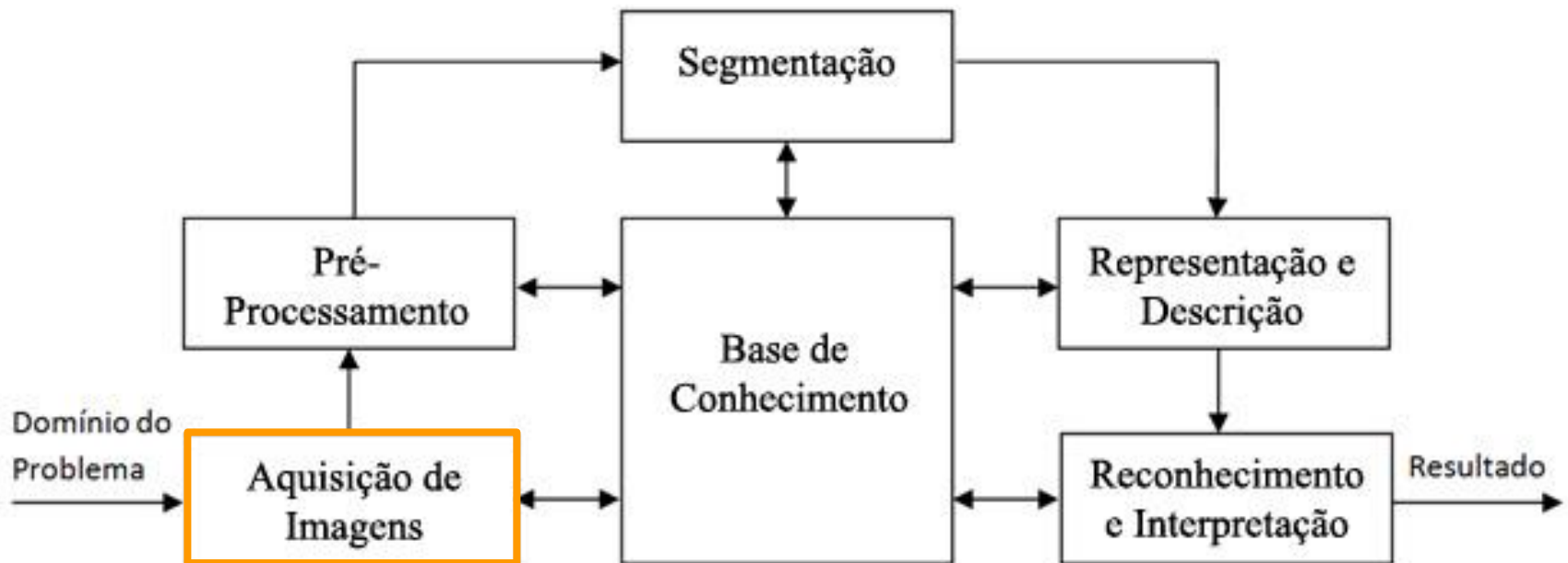
Processamento Digital de Imagens

► Etapas Fundamentais:



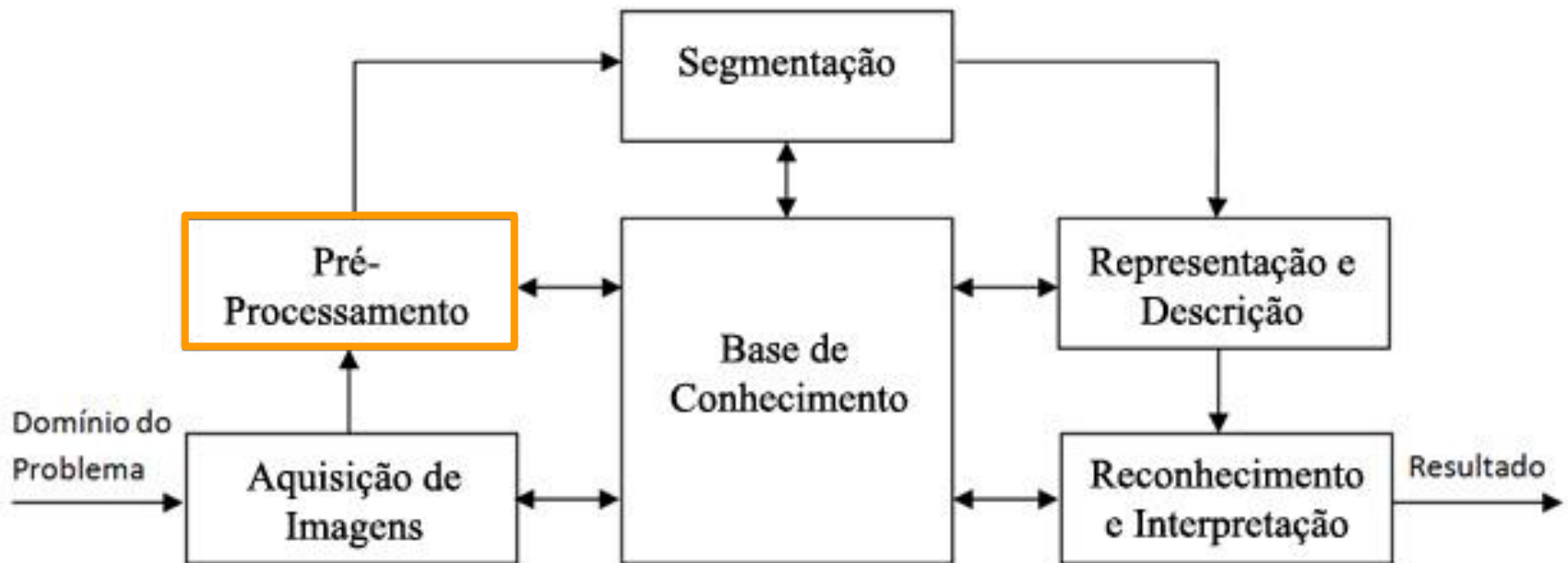
Processamento Digital de Imagens

- **Aquisição:** Objetiva obter uma representação da informação visual a partir de dispositivos físicos sensíveis que convertem o sinal elétrico para um formato digital.



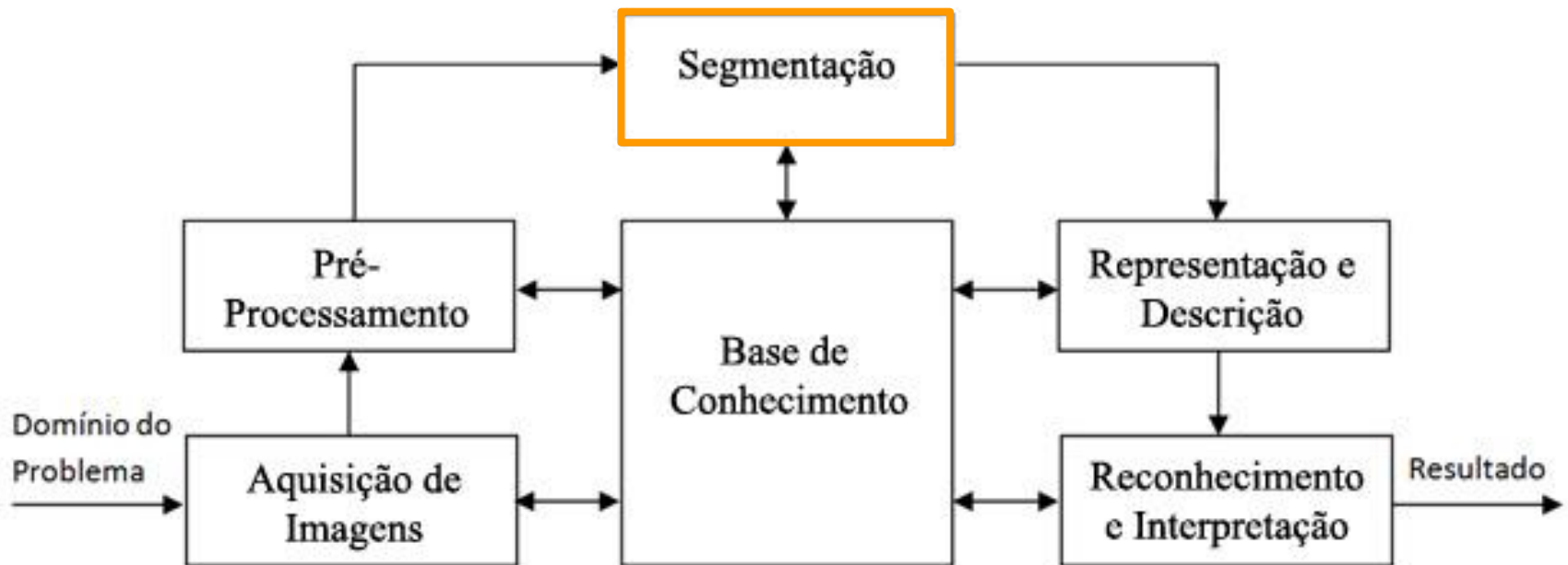
Processamento Digital de Imagens

- ▶ **Pré-processamento:** Consiste no realce da imagem para enfatizar características de interesse ou recuperar imagens que sofreram alguma perda.



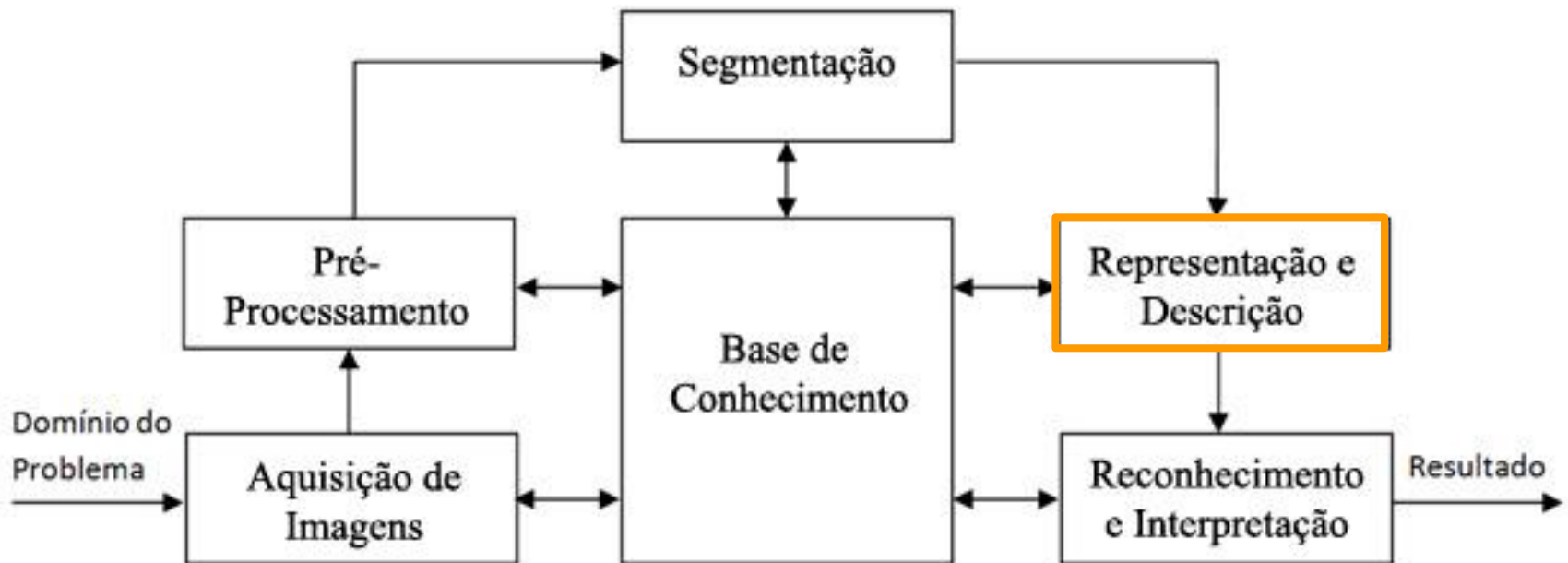
Processamento Digital de Imagens

- **Segmentação:** Consiste na extração ou identificação dos objetos contidos na imagem, separando a imagem em regiões de interesse.



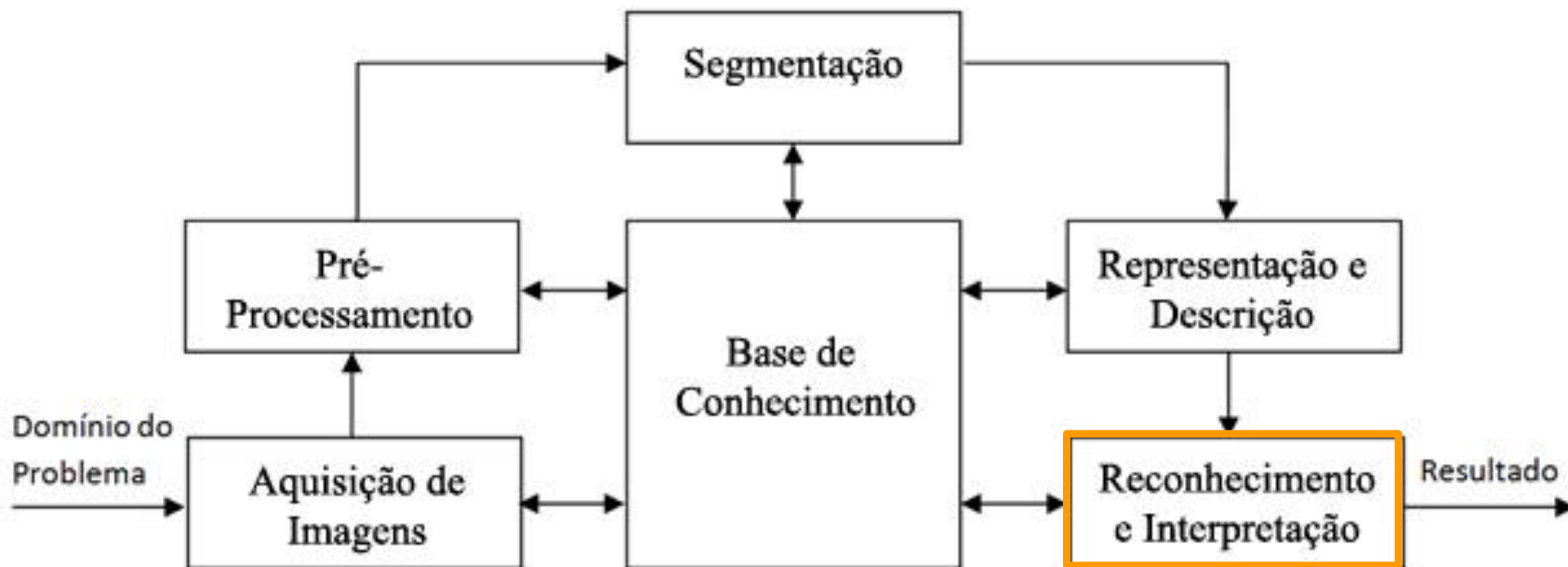
Processamento Digital de Imagens

- **Representação e Descrição:** Consiste na representação a partir da descrição das propriedades das regiões segmentadas (descritores) para o reconhecimento dos objetos.



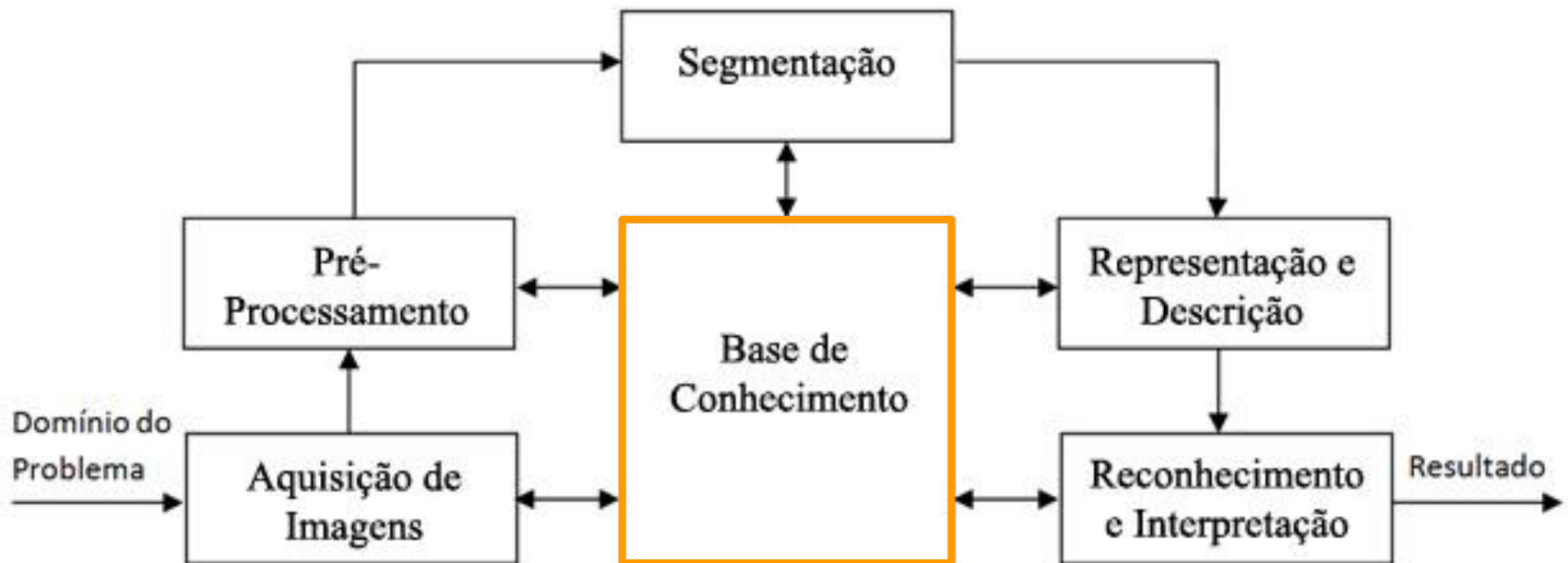
Processamento Digital de Imagens

- **Reconhecimento e Interpretação:** Consiste na atribuição de um rótulo (classe) a um objeto ou região baseada nas informações fornecidas pelo seu conjunto de descritores.



Processamento Digital de Imagens

- **Base de Conhecimento:** Agrega ao modelo um conjunto especializado de conhecimentos a respeito do domínio do problema.





Segmentação

Segmentação

- ▶ A Segmentação é o processo que subdivide uma imagem em suas partes constituintes.
- ▶ Baseado em duas propriedades dos níveis de cinza:
 - ▶ Descontinuidade
 - ▶ Similaridade



Segmentação



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- ▶ Desafio: **escolha do limiar.**
- ▶ Efeitos da escolha do limiar:



Original



Limiarização



Limiar baixo



Limiar alto

- ▶ Modos de escolha do limiar:
 - ▶ Inspeção visual do histograma
 - ▶ Tentativa e erro
 - ▶ Limiar automático

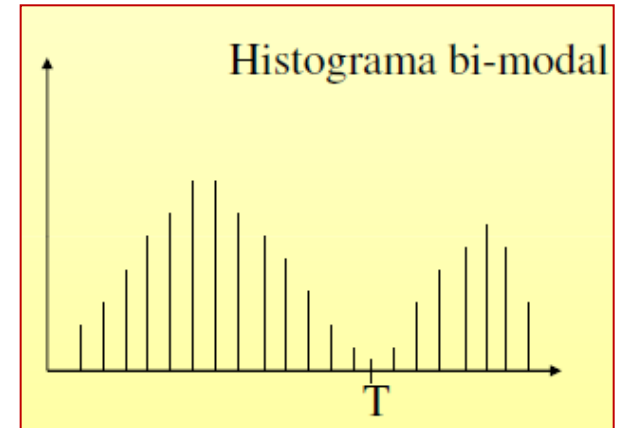
Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- ▶ Modos de escolha do limiar:

- ▶ **Inspeção visual do histograma**

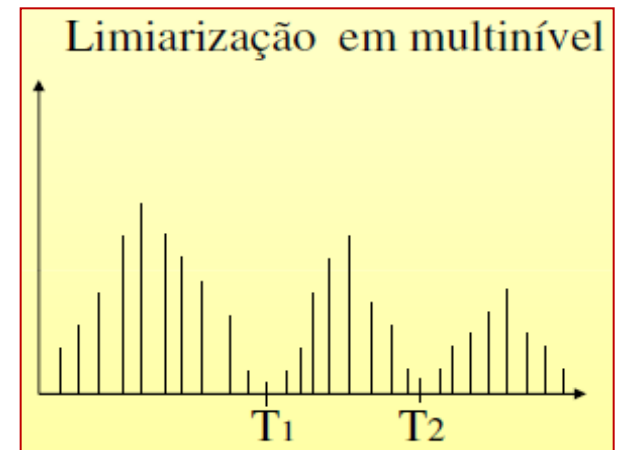
- ▶ Exemplo bi-modal:

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



- ▶ Exemplo multinível:

- ▶ Se $T1 < f(x, y) \leq T2$, (x, y) pertence a uma classe de objetos.
 - ▶ Se $f(x, y) > T2$, (x, y) pertence a outra classe.
 - ▶ Se $f(x, y) \leq T1$, (x, y) pertence ao fundo.



Segmentação por limiarização (*thresholding*)

- ▶ Modos de escolha do limiar:
 - ▶ Tentativa e erro
 - ▶ Aplicado em processos interativos.
 - ▶ O usuário testa diferentes níveis de limiar até produzir um resultado satisfatório de acordo com o observador.

Segmentação por limiarização (*thresholding*)

► Modos de escolha do limiar:

► Limiar automático

► Algoritmo:

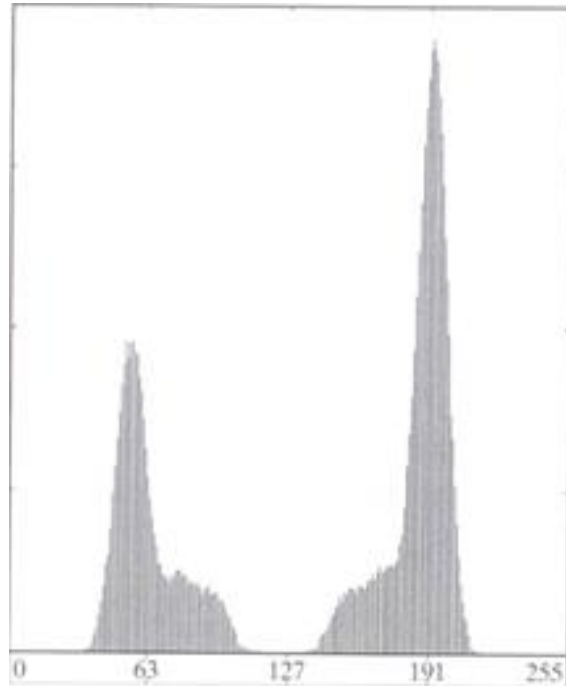
1. Selecionar um valor estimado para T (Ponto intermediário entre os valores mínimos e máximos de intensidade da imagem);
2. Segmentar a imagem usando T . Isso produzirá dois grupos de pixels: $G1 \geq T$ e $G2 < T$;
3. Computar a média das intensidades dos pixels em cada região: $\mu_1(G1)$ e $\mu_2(G2)$;
4. Computar o novo valor de T : $T = \frac{1}{2}(\mu_1 + \mu_2)$
5. Repetir os passo 2 a 4 até que a diferença em T em sucessivas iterações seja menor que um T_0 pré-estabelecido.

Segmentação por limiarização (*thresholding*)

► Exemplo – $T = 125$



Original



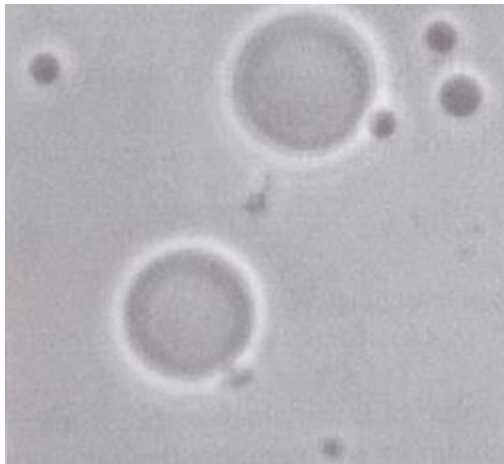
Histograma



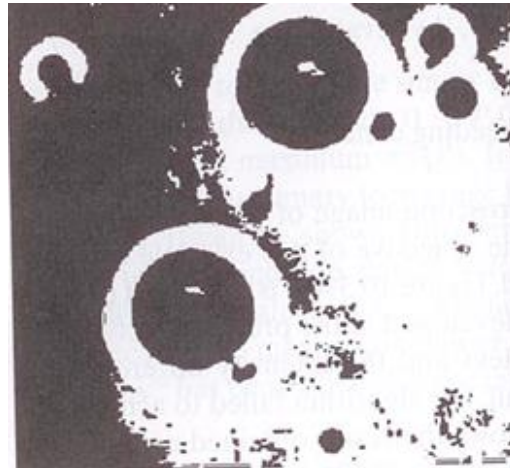
Limiarização

Segmentação por limiarização (*thresholding*)

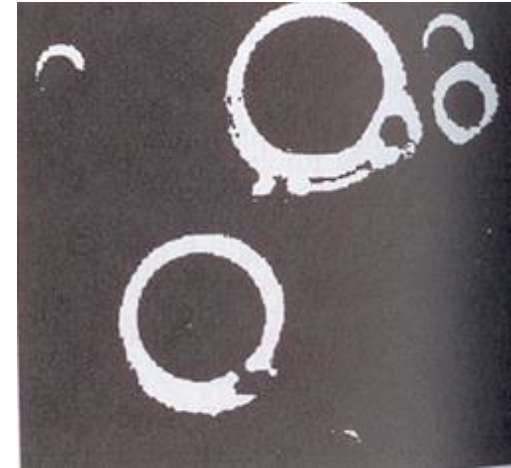
- ▶ Limiarização automática – método de *Otsu*



Original



Automático básico



Método de *Otsu*

Segmentação por limiarização (*thresholding*)

▶ Pontos negativos:

- ▶ Não há garantia que os pixels selecionados serão contíguos (a aplicação de limiar não leva em consideração relações espaciais entre pixels);
- ▶ É insensível a variações no campo da iluminação;
- ▶ Pode ser aplicada somente a casos simples em que toda a imagem é divisível em um primeiro plano, contendo objetos de intensidade similar, e em um segundo plano, contendo intensidades que não são objetos.

▶ Problemas:

- ▶ O ruído pode tornar uma limiarização um problema insolúvel;
- ▶ Sugere-se suavizar a imagem antes de executar a limiarização.

Segmentação orientada a regiões

- ▶ Bordas e Fronteiras: Segmentação baseada em descontinuidades;
- ▶ Regiões: Segmentação baseada em similaridade das propriedades dos pixels.

Segmentação orientada a regiões

- ▶ **Crescimento de regiões – características:**
 - ▶ Agrupamento de pixels em regiões maiores;
 - ▶ Os pixels a serem agrupados devem ter propriedades similares (nível de cinza, textura, cor, etc...);
 - ▶ Inicia-se com um conjunto de “sementes” em torno do qual as regiões crescem.

- Exemplo:

	1	2	3	4	5
1	0	0	5	6	7
2	1	1	5	8	7
3	0	<u>1</u>	6	<u>7</u>	7
4	2	0	7	6	6
5	0	1	5	6	5

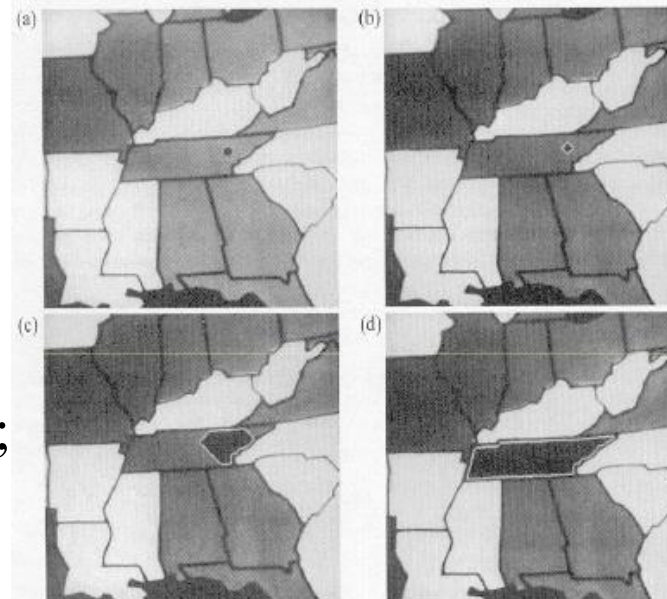
Original
(sementes 1 e 7)

	a	a	b	b	b
	a	a	b	b	b
	a	a	b	b	b
	a	a	b	b	b
	a	a	b	b	b

Regiões

Segmentação orientada a regiões

- ▶ Crescimento de regiões – problemas:
 - ▶ Seleção das sementes;
 - ▶ Seleção das propriedades que estabeleçam os critérios de similaridade;
 - ▶ Utilização de conectividade e adjacência;
 - ▶ Formulação de uma regra de parada.
- ▶ Exemplo:
 - a) Imagem com semente;
 - b) Início do crescimento;
 - c) Estágio intermediário de crescimento;
 - d) Região crescida completa.



Segmentação orientada a regiões

- ▶ Divisão e fusão de regiões – características:
 - ▶ Seja R uma Imagem e P uma característica de similaridade definida.
 - ▶ Subdividir R em 4 Regiões (quadrantes ou decomposição *quadtree*);
 - ▶ Após cada divisão, é utilizado um processo de união que compara regiões adjacentes e as une, se necessário;
 - ▶ Se os pixels da região satisfazem o critério de similaridade, a região é rotulada; senão, a região é subdividida;
 - ▶ Esse procedimento continua até que nenhuma outra divisão ocorra.

Segmentação orientada a regiões

- ▶ Divisão e fusão de regiões:

- ▶ Exemplo

- ▶ $P(R) = \text{FALSO}$

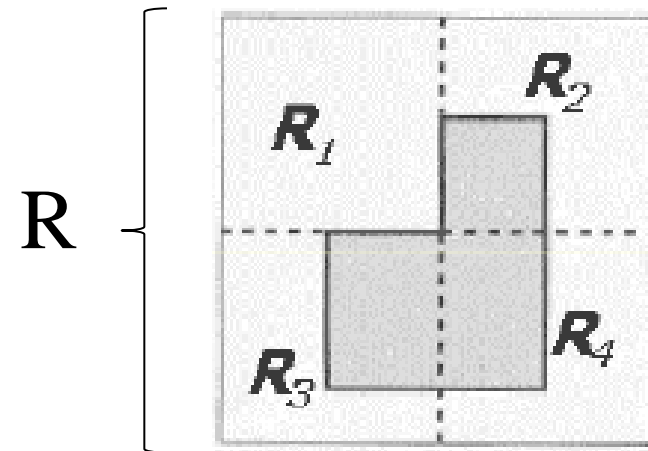
- ▶ Subdivisões (*split*):

- ▶ $P(R_1) = \text{VERDADEIRO}$

- ▶ $P(R_2) = \text{FALSO}$

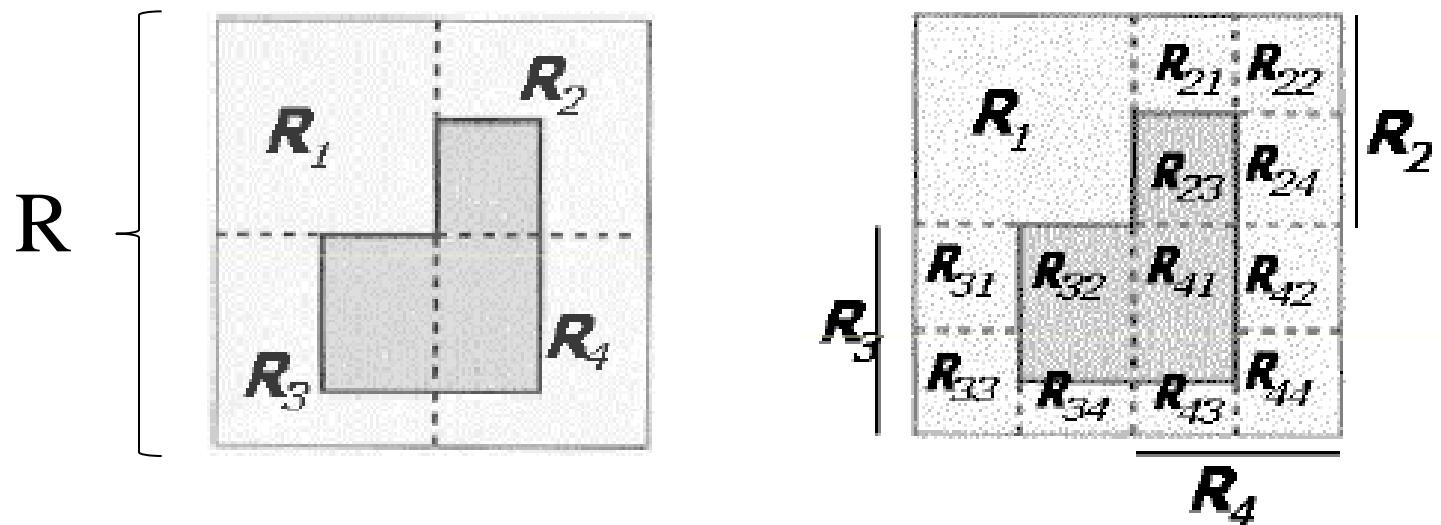
- ▶ $P(R_3) = \text{FALSO}$

- ▶ $P(R_4) = \text{FALSO}$



Segmentação orientada a regiões

- ▶ Divisão e fusão de regiões:
- ▶ Exemplo
 - ▶ **Junções (*merge*):**
 - ▶ $P(R_1 \cup R_{21} \cup R_{22} \cup R_{24} \cup R_{42} \cup R_{44} \cup R_{33} \cup R_{31}) = \text{VERDADEIRO}$
 - ▶ $P(R_{23} \cup R_{41} \cup R_{32}) = \text{VERDADEIRO}$



Segmentação orientada a regiões

- ▶ Divisão e fusão de regiões:

- ▶ Exemplo

- ▶ Subdivisões (*split*):

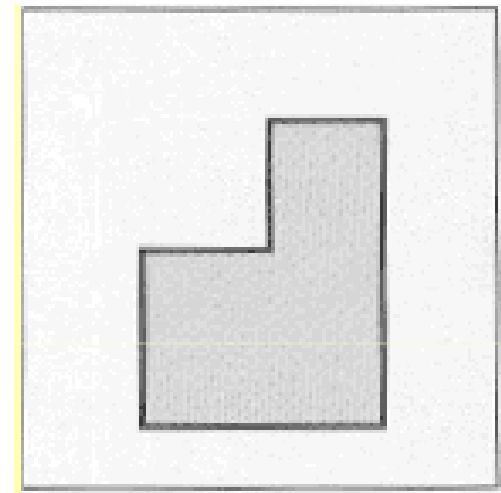
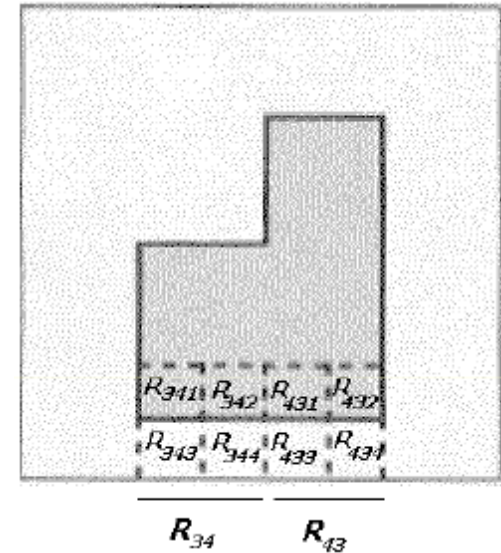
- ▶ $P(R_{34}) = \text{FALSO}$

- ▶ $P(R_{43}) = \text{FALSO}$

- ▶ Junções (*merge*):

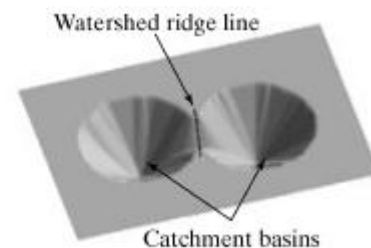
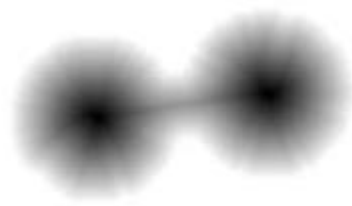
- ▶ $P(R_{341} \cup R_{342} \cup R_{431} \cup R_{432})$
=VERDADEIRO

- ▶ $P(R_{343} \cup R_{344} \cup R_{433} \cup R_{434})$
=VERDADEIRO



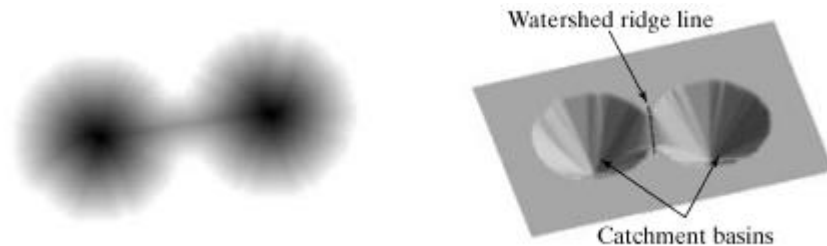
Segmentação orientada a regiões

- ▶ Transformada *Watershed* – características:
 - ▶ *Watershed*, em geografia, são as saliências que dividem as áreas inundadas por diferentes rios (Bacias Hidrográficas).
 - ▶ A área que armazena água são as Bacias (*Catchment Basin*), formada pelas partes mais fundas.
 - ▶ A Transformada *Watershed* aplica estas ideias nas imagens em nível de cinza para a segmentação.
 - ▶ A Imagem é vista como a Topografia 3-D de uma área onde o valor da intensidade do pixel é plotado no eixo z, em cada coordenada (x,y) .



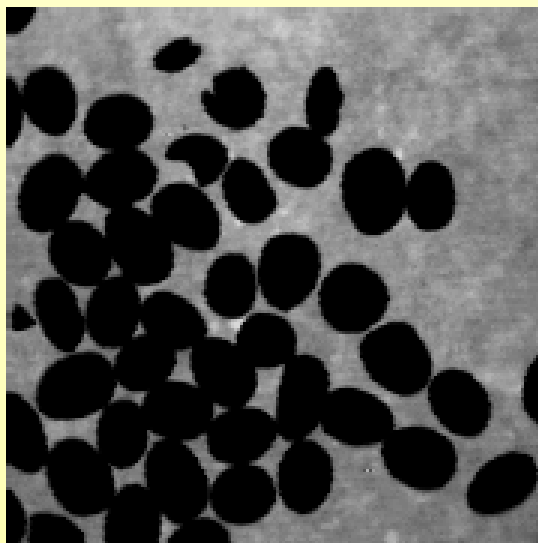
Segmentação orientada a regiões

- ▶ Transformada *Watershed* – características:
 - ▶ A chuva que cai nesta área vai escorrer e ocupar as partes mais baixas do terreno.
 - ▶ A água que cair exatamente sobre a linha divisória (*Watershed*) terá a mesma probabilidade de escorrer para qualquer das bacias por ela dividida.
 - ▶ A Transformada *Watershed* segmenta as regiões considerando as áreas inundadas entre as linhas de *Watershed* como as regiões da imagem.

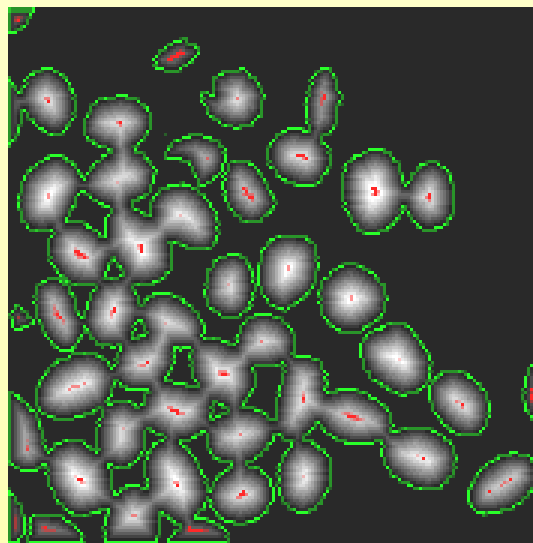


Segmentação orientada a regiões

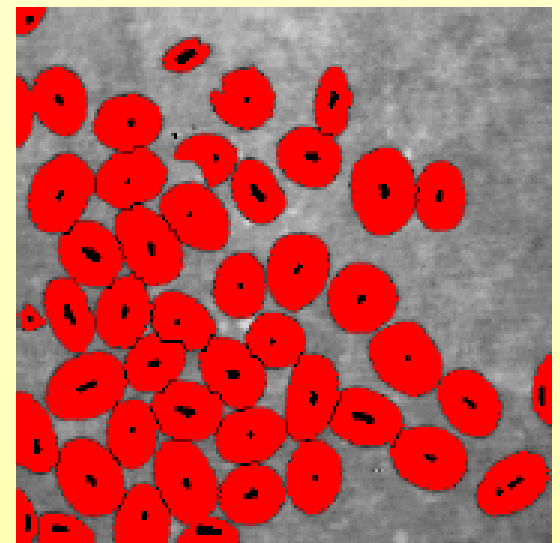
- ▶ Transformada *Watershed* – características:
 - ▶ Exemplo: Aplicação da Transformada *Watershed* na segmentação de grãos de café.



Original



Watershed



Final

Outras técnicas de segmentação

- ▶ Segmentação por Contorno Ativo;
- ▶ Segmentação por Textura;
- ▶ Segmentação por Cor (Imagens Coloridas);
- ▶ Segmentação utilizando Morfologia Matemática;
- ▶ Segmentação por Agrupamento (K-médias);
- ▶ Segmentação por Movimento;
- ▶ Segmentação utilizando Redes Neurais Artificiais, Lógica Fuzzy, etc...

Representação e Descrição

Representação e Descrição

- ▶ Extração de características: **descritores**.
 - ▶ Objetos ou Segmentos são representados como uma coleção de pixels em uma imagem;
 - ▶ Para o reconhecimento do objeto é necessário descrever as propriedades dos grupos de pixels;
 - ▶ A descrição é muitas vezes apenas um conjunto de números que são chamados de “descritores do objeto”.
- ▶ Segmentos ou objetos de uma imagem possuem fundamentalmente as propriedades relativas a:
 - ▶ Forma
 - ▶ Cor
 - ▶ Textura

Representação e Descrição

- ▶ A **medida de qualquer destas propriedades** é denominada de Característica ou Descritor da Imagem;
- ▶ Estas características podem formar um **vetor de escalares**, denominado Vetor Descritor de imagem ou Vetor de Características.
- ▶ Pode-se **reconhecer** objetos **comparando-se simplesmente os descritores** de objetos em uma imagem com os descritores de objetos conhecidos.

Representação e Descrição

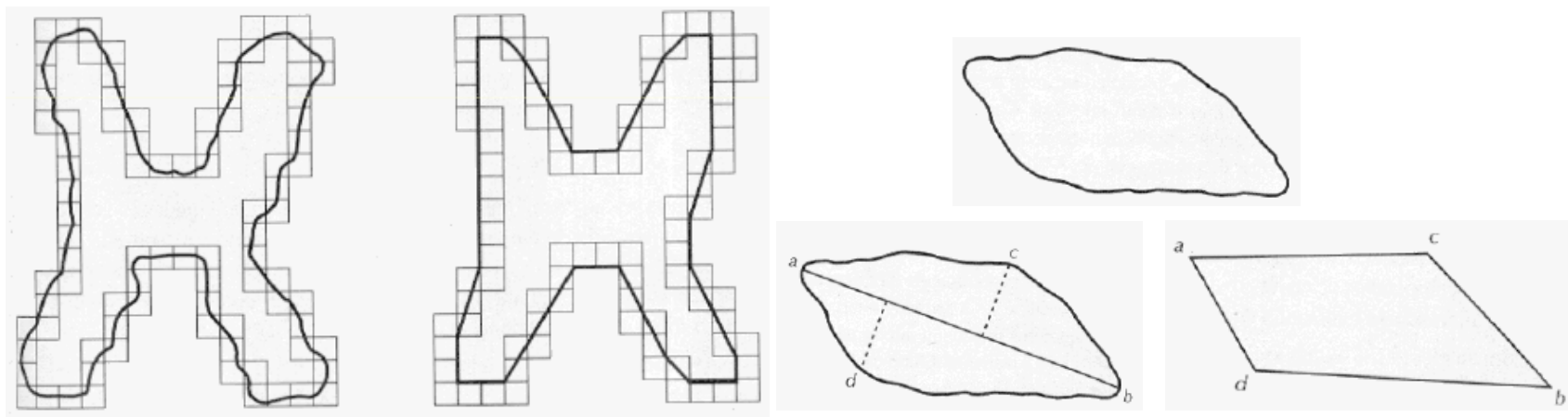
- ▶ Os descritores devem ter **quatro propriedades importantes**:
 1. Devem definir um **conjunto completo** – dois objetos devem ter os mesmos descritores se e somente se eles tiverem as mesmas características.
 2. Devem ser **congruentes** – Deve-se reconhecer objetos como similares quando estes objetos têm descritores semelhantes.
 3. Devem ter propriedades **invariantes** – Deve ser possível reconhecer objetos independente de rotação, escala, posição e também de transformações afim e perspectiva.
 4. Devem ser um conjunto **compacto** – Um conjunto de descritores deve representar a essência de um objeto de maneira eficiente.

Representação e Descrição

- ▶ Após a segmentação, os agrupamentos resultantes são usualmente representados e descritos em um formato apropriado para o Reconhecimento.
- ▶ Imagem:
 - ▶ **Fronteira** – uma fronteira pode ser descrita pelo seu tamanho, orientação, número de concavidades, etc...
 - ▶ **Regiões** – uma região pode ser descrita pela sua cor, textura, área, etc...

Representação e Descrição

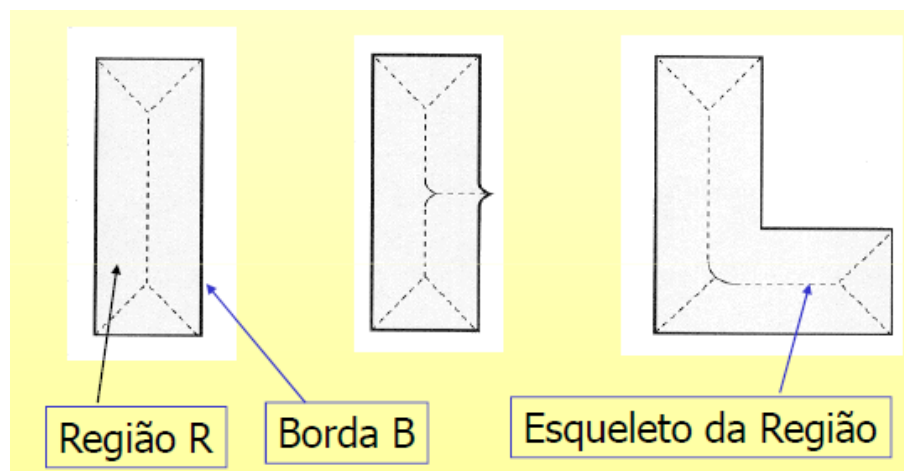
- ▶ Representação e descrição de **fronteiras**:
 - ▶ Exemplo de Representação: aproximações poligonais
 - ▶ Uma fronteira digital pode ser aproximada por um polígono.



- ▶ Exemplos de Descritores: perímetro, diâmetro, excentricidade (razão entre o eixo maior e o eixo menor), curvatura (mudança de inclinação), ...

Representação e Descrição

- ▶ Representação e descrição de **regiões**:
 - ▶ Exemplo de Representação: esqueletização
 - ▶ Redução de uma região ao seu esqueleto, através de um algoritmo de afinamento ou esqueletização.



- ▶ Exemplos de Descritores: área, compacidade ($\text{perímetro}^2/\text{área}$), número de furos (H), número de componentes conectados (C), Euler (C-H), textura, ...

Reconhecimento e Interpretação

Reconhecimento e Interpretação

- ▶ Um **Padrão** é uma descrição quantitativa ou estrutural de um objeto ou alguma outra entidade de interesse em uma Imagem.
- ▶ Um Padrão é formado por um ou mais **descritores** ou **características**.
- ▶ O ato de gerar os descritores que caracterizam um objeto ou partes de uma imagem é chamado de **Extração de Características**.
- ▶ Uma **Classe de Padrões** é uma família de padrões que compartilham algumas propriedades comuns e são denotadas como $w_1, w_2, w_3, \dots, w_M$ onde M é o número de classes.

Reconhecimento e Interpretação

- ▶ Arranjos de padrões
 - ▶ Vetores (descrições quantitativas)
 - ▶ Cadeias e árvores (descrições estruturais)
- ▶ Vetores de características

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

x_i é o i -ésimo descritor

n é o número de descritores ou características

Reconhecimento e Interpretação

- ▶ Exemplo: Descrever três tipos de flores
 - ▶ Características: largura e comprimento de suas pétalas.
 - ▶ São suficientes?
 - ▶ Uma vez que um conjunto de medidas tenha sido selecionado, um vetor de características torna-se a representação completa de cada amostra física.



Dúvidas

