

The slide features a decorative border on the left and top. The left border consists of three overlapping, jagged vertical lines in red, green, and blue. The top border consists of three overlapping, wavy horizontal lines in red, green, and blue. The background is divided into four colored panels: orange (top-left), light green (top-right), light blue (bottom-right), and light blue (bottom-left).

# **Fundamentos de Processamento Gráfico**

## **Aula 9 – Representação e Descrição**

**Profa. Fátima Nunes**

# Processamento de Alto Nível

- **Reconhecimento de padrões**
  - Após a segmentação ► dar **significado** aos objetos extraídos da cena.
  - Interesse: **representar e descrever** os resultados dos pixels segmentados de forma adequada para processamento posterior.
  - **Duas opções:**
    - representação das características **externas** (bordas)
    - representação das características **internas** (dentro das bordas)

# Processamento de Alto Nível

- **Reconhecimento de padrões**

- Características de forma: geralmente representação **externa**.
- Propriedades de refletividade (cor e textura): representação **interna**.
- Em ambos os casos: importante que as características selecionadas sejam insensíveis a variações de **tamanho, translação e rotação**.

- **Esquemas de representação**

- Resultados da segmentação: pixels de borda ou pixels contidos em uma região.
- Objetivo dos esquemas de representação: compactar dados em representações mais úteis no cálculo de descritores.

- **Esquemas de representação**

- **Chain Codes**

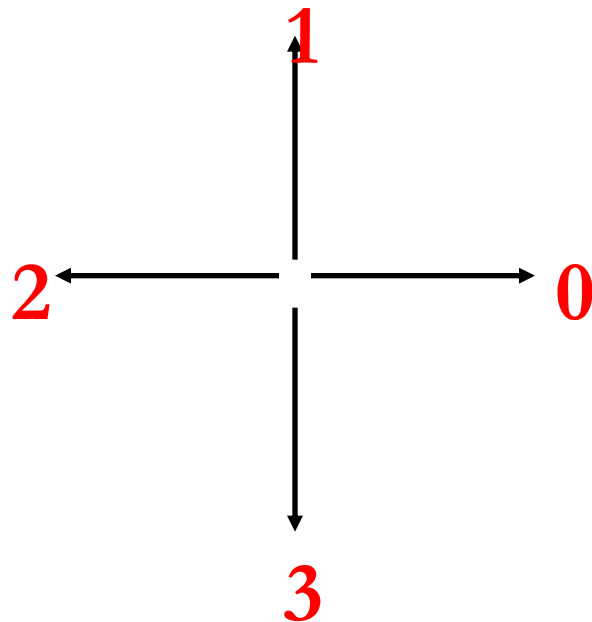
- Usados para representar uma borda como uma sequência de segmentos de reta de comprimento e direção estabelecidos.
- Representação baseada na conectividade-4 ou conectividade-8.
- A direção de cada segmento é representada por um número.

# Processamento de Alto Nível

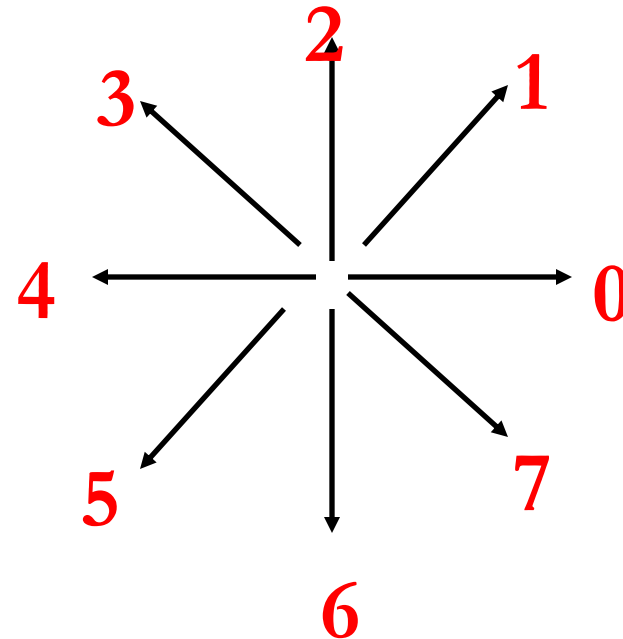
- Esquemas de representação

- Chain Codes

4-chain code



8-chain code



- **Esquemas de representação**

- **Chain Codes**

- É possível gerar o *chain code* simplesmente seguindo a borda da imagem segmentada.
    - Problemas: código muito longo e ruídos.
    - O que se faz: reamostragem com uma grade maior.

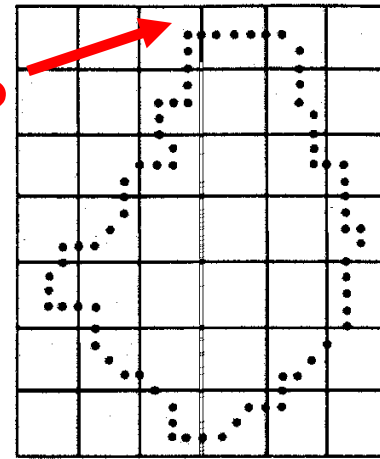




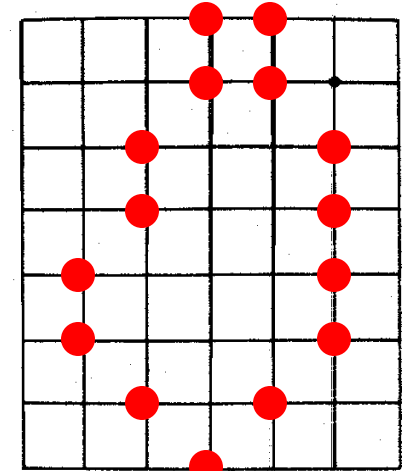
# Processamento de Alto Nível

- Algoritmo para gerar 8-Chain Code

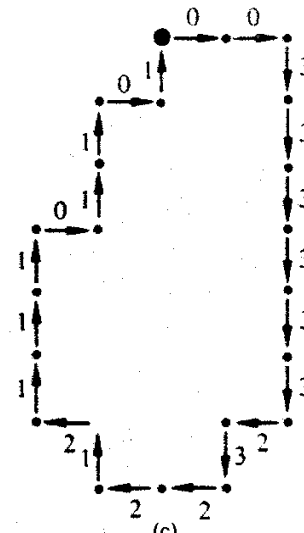
início



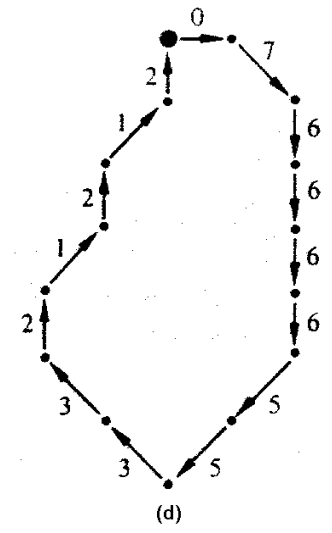
(a)



(b)



(c)



(d)

# Processamento de Alto Nível

- **Esquemas de representação**

- **Aproximação poligonal**

- Representação de uma borda por meio de um polígono.
- **Curva fechada**: aproximação exata quando o número de segmentos no polígono é igual ao número de pontos na borda.
- **Objetivo**: capturar a essência da forma da borda com o mínimo possível de segmentos poligonais.

# Processamento de Alto Nível

- **Esquemas de representação**

- **Aproximação poligonal**

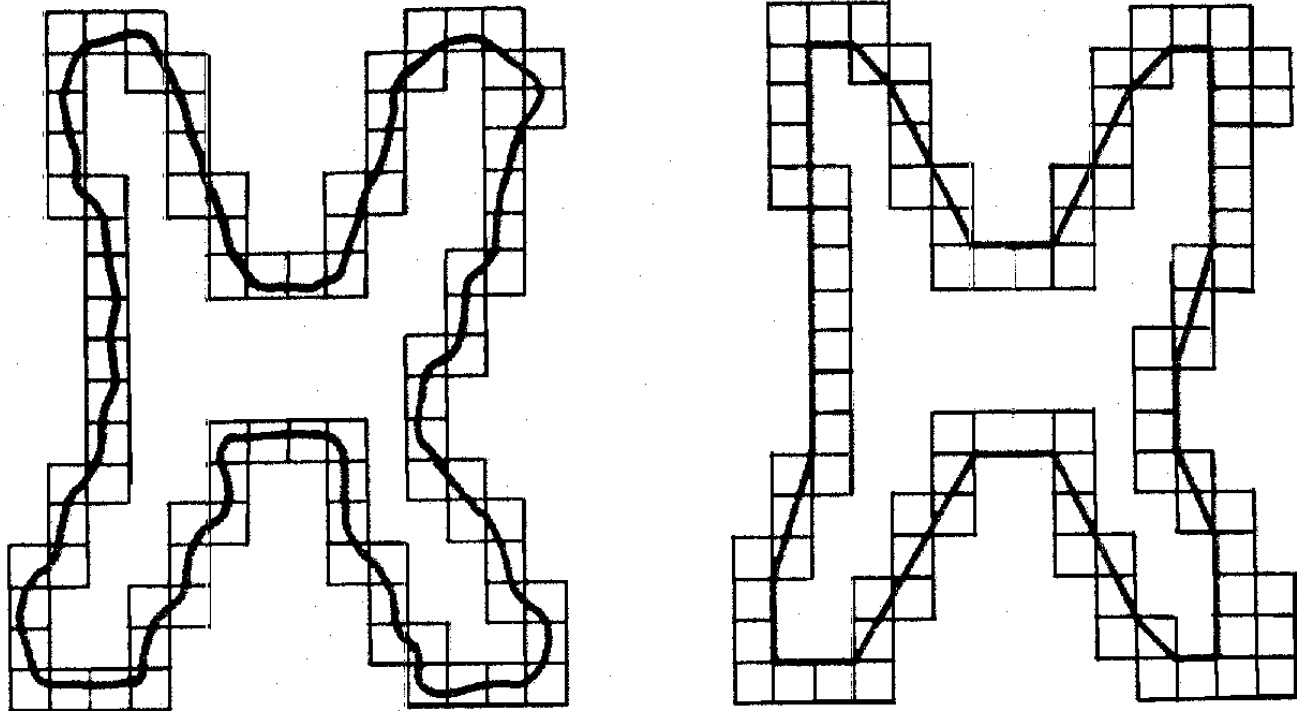
- Método de Sklansky, Chazin e Hansen (1972)(\*)
  - Cercar a borda por um conjunto de células concatenadas.
  - Diminuir a borda para encaixar nos vértices das células.

(\*) Sklansky, K., Chazin, R.L., Hansen, B.J. Minimum-perimeter polygons of digitized silhouettes. *IEEE Trans. Comput. v. C-21 (3), p. 260-268, 1972.*

# Processamento de Alto Nível

- Aproximação poligonal

- Exemplo:



- **Esquemas de representação**

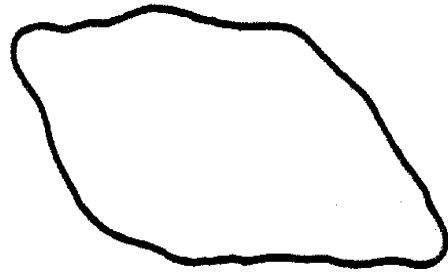
- **Aproximação poligonal**

- Método de *Splitting*

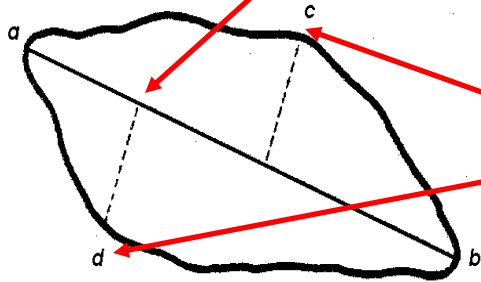
- Inscrever um polígono convexo na borda do objeto.
- Sucessivamente **subdividir um segmento em duas partes** até que um critério seja satisfeito (exemplo: distância máxima de um segmento de borda a um determinado ponto).
- Juntar os vértices.
- Sugestão de início: pontos mais distantes entre si.

# Processamento de Alto Nível

- Splitting - Exemplo**



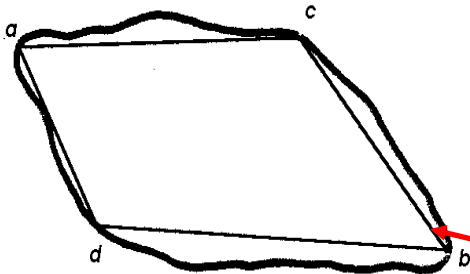
(a)



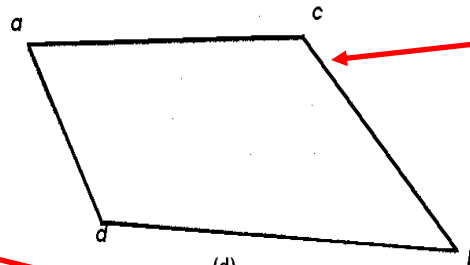
(b)

início - segmento entre dois pontos mais distantes

pontos (c) e (d) - os mais distantes perpendicularmente entre a borda e o segmento *ab*



(c)



(d)

polígono final que representa a borda.

resultado após união dos vértices -  
threshold = 0.25 vezes o comprimento do segmento *ab*.

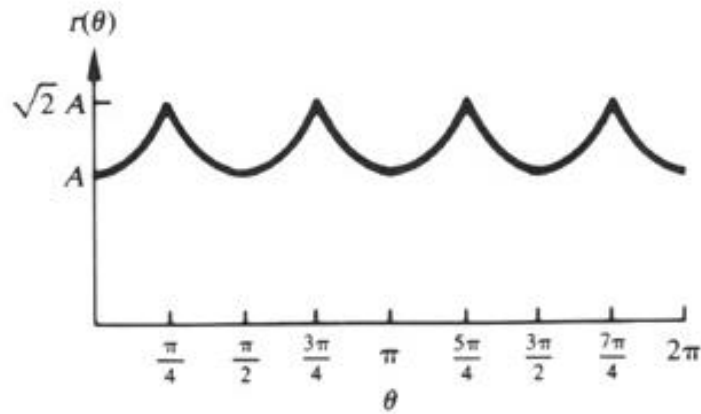
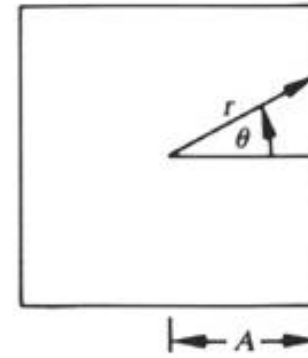
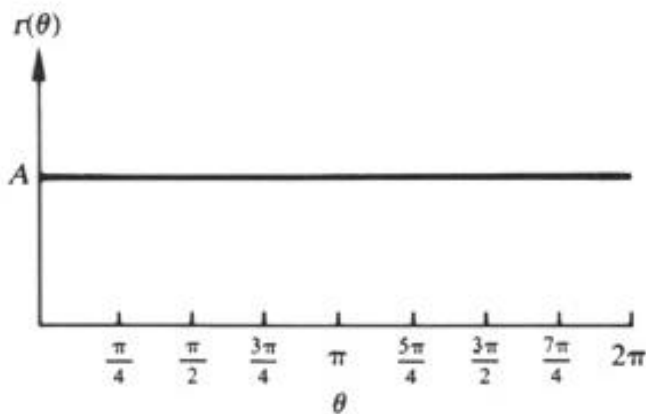
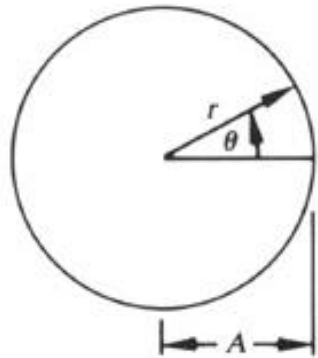
- **Esquemas de representação**

- **Assinaturas**

- Representação da borda em uma função unidimensional.
- Forma mais simples: plotar a distância do centróide da borda como uma função do ângulo.

# Processamento de Alto Nível

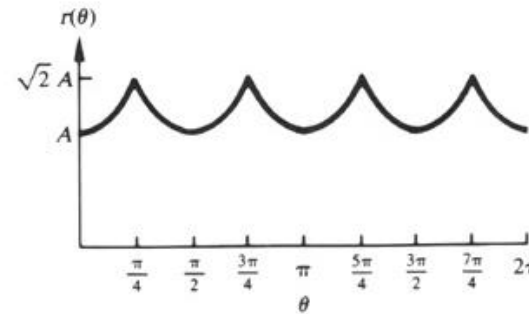
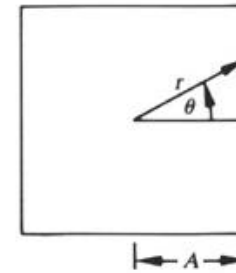
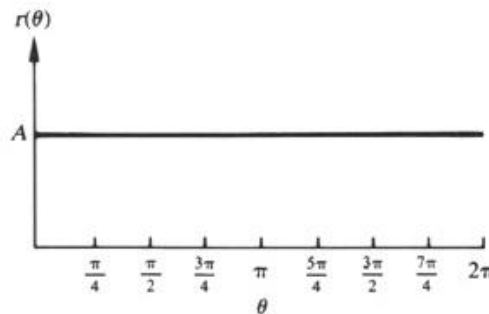
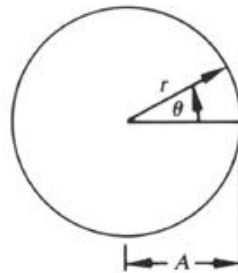
- Esquemas de representação
  - Assinaturas - Exemplo





# Processamento de Alto Nível

- **Exercício:**
  - Algoritmo para encontrar assinatura das figuras abaixo
  - Como distinguir a forma da figura a partir da assinatura?



# Processamento de Alto Nível

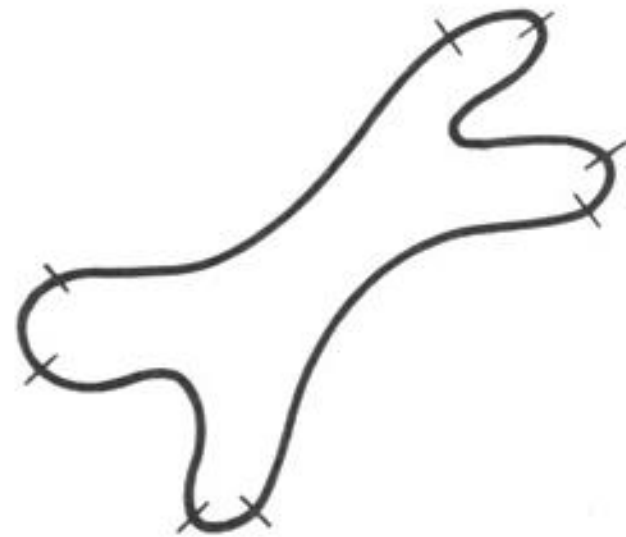
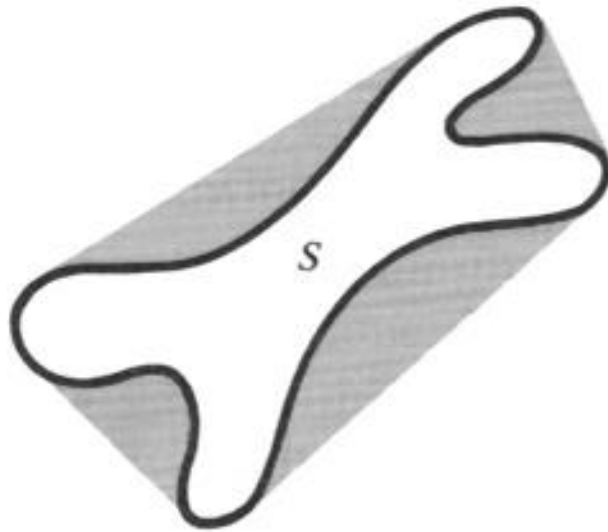
- **Esquemas de representação**

- **Segmentos de borda**

- Decompor uma borda em segmentos a fim de reduzir sua complexidade.
- Interessante quando a borda contém uma ou mais concavidades com informação de forma.
- Permite o uso de uma *casca convexa* da região cercada pela borda.
- A *casca convexa* de um conjunto arbitrário  $S$  é o menor conjunto convexo contendo  $S$ .
- A diferença  $H - S$  é chamada *deficiência convexa*  $D$  do conjunto  $S$ .

# Processamento de Alto Nível

- **Esquemas de representação**
  - **Segmentos de borda**



- **Esquemas de representação**

- **Esqueletização**

- Importante para representar a **forma estrutural** de uma região.
- Esqueleto de uma região pode ser obtido pela transformação do eixo medial da região.

- **Esquemas de representação**

- **Esqueletização**

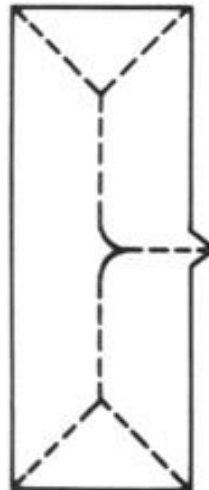
- Dada uma região  $R$  com borda  $B$ :
  - Para cada ponto  $p$  em  $R$ , encontrar o vizinho mais próximo em  $B$ .
  - Se  $p$  tem mais que um vizinho semelhante,  $p$  pertence ao eixo medial (skeleton) de  $R$ .

# Processamento de Alto Nível

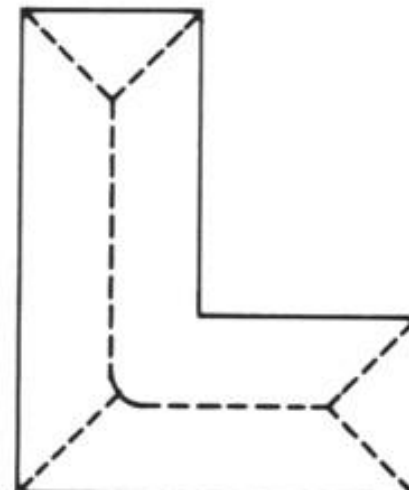
- Esquemas de representação
  - Esqueletização - Exemplo:



(a)



(b)



(c)

- **Esquemas de representação**

- **Esqueletização**

- Algoritmo demanda muito esforço computacional.
- Outros algoritmos de 'afinamento' são propostos.
- Exemplo: Zhang e Suen (1984)(\*)

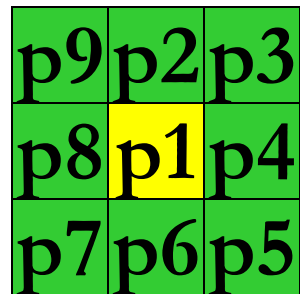
(\*) Zhang, T.Y. and Suen, C.Y. A fast parallel algorithm for thinning digital patterns. Comm ACM, v. 27 (3), p. 236-239, 1984.

# Processamento de Alto Nível

- **Esqueletização**

- Exemplo: Zhang e Suen (1984)(\*)

- Dois passos sucessivos aplicados aos pontos de borda de uma região.
- Considera uma região binarizada (borda=1 e fundo = 0) e a vizinhança de 8 um um ponto  $p$  de borda).





# Processamento de Alto Nível

## • Esqueletização

### – Exemplo: Zhang e Suen (1984)(\*)

- Primeiro passo: o ponto  $p$  é marcado para eliminação se as seguintes condições são satisfeitas:

(a)  $2 \leq N(P1) \leq 6$

(b)  $S(P1) = 1$

(c)  $p2 * p4 * p6 = 0$

(d)  $p4 * p6 * p8 = 0$

onde:

$N(P1)$  é a quantidade de vizinhos não zeros de  $p1$

$$N(p1) = p2 + p3 + \dots + p9$$

$S(p1)$  é a quantidade de transições 0-1 na sequência ordenada de  $p2, p3, \dots, p9, p2$ .

p9	p2	p3
p8	p1	p4
p7	p6	p5

# Processamento de Alto Nível

- **Esqueletização**

- Exemplo: Zhang e Suen (1984)(\*)

$$N(P1) = 4$$

$$S(p1) = 3$$

0	0	1
1	p1	0
1	0	1

- Segundo passo: condições (a) e (b) permanecem as mesmas:

- (c)  $p2 * p4 * p8 = 0$

- (d)  $p2 * p6 * p8 = 0$

p9	p2	p3
p8	p1	p4
p7	p6	p5

- **Esqueletização**

- Exemplo: Zhang e Suen (1984)(\*)

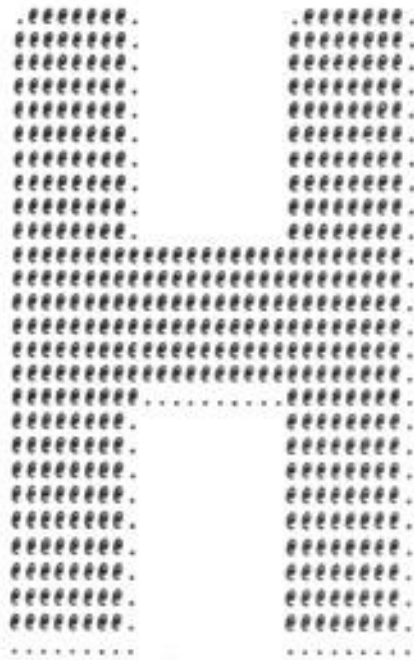
1. Aplicar o passo 1 para marcar os pontos para eliminação.
2. Eliminar os pontos marcados.
3. Aplicar o passo 2 para marcar para eliminação os pontos de borda remanescentes.
4. Eliminar os pontos marcados.

*Repetir o algoritmo acima até que não haja mais pontos a eliminar.*

# Processamento de Alto Nível

- **Esqueletização**

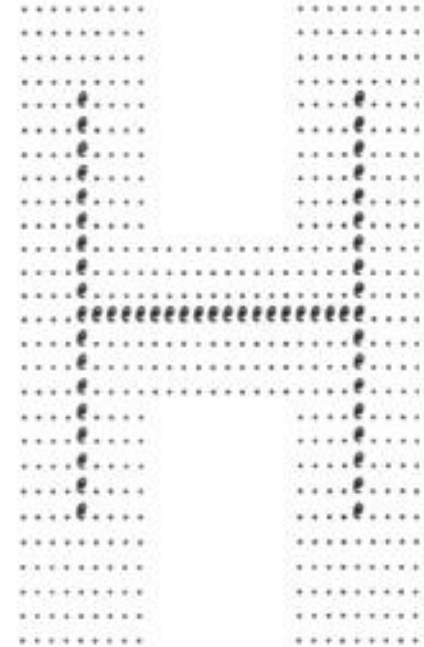
- Exemplo:



(a)



(b)

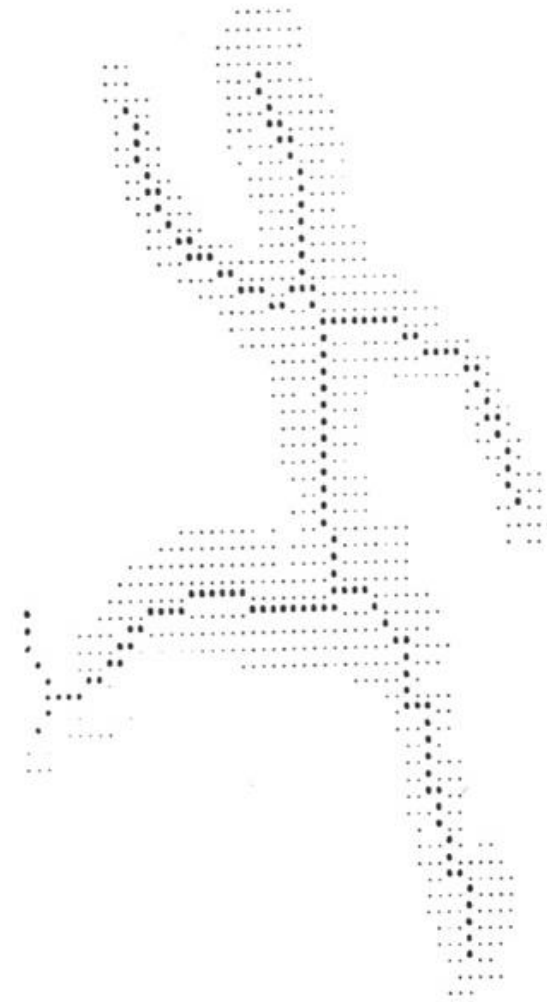


(c)

# Processamento de Alto Nível

- **Esqueletização**

- Exemplo:

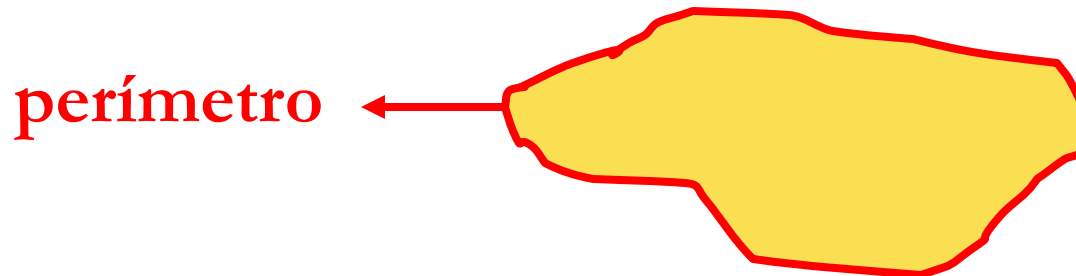


# Processamento de Alto Nível

- **Descritores de Borda**

- **Perímetro**

- Forma mais simples: contagem dos pixels pertencentes à borda.



# Processamento de Alto Nível

- **Descritores de Borda**

- **Perímetro de um polígono (usando *chain-code*)**

- Considerando um objeto como um polígono com um vértice no centro de cada pixel:

- perímetro pode ser calculado como a soma das laterais (peso 1) mais a soma das diagonais (peso  $\sqrt{2}$ ):

$$P = N_P + \sqrt{2} N_I$$

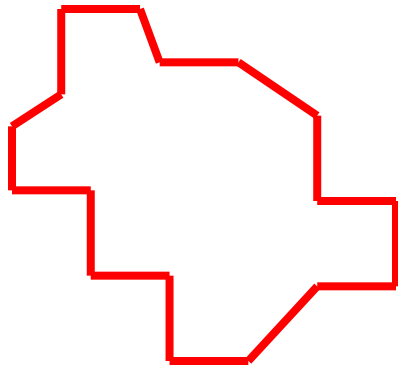
$N_P$ =quantidade de passos pares

$N_I$ =quantidade de passos ímpares

# Processamento de Alto Nível

- **Descritores de Borda**
  - **Perímetro de um polígono**
    - Exemplo:

$$P = N_P + \sqrt{2} N_I$$



Chain Code:  
07076064542424212

$N_P=13$   
 $N_I=4$   
 $P \cong 18,65$



- **Descritores de Borda**
  - **Diâmetro**

$$Diam(B) = \max_{i,j} [D(p_i, p_j)]$$

- onde:
  - D é a distância medida
  - $p_i$  e  $p_j$  são pontos na borda.

- **Outros descritores de Borda**
  - **Descritores de Fourier**
  - **Momentos**
  - ...

**(Livro do Gonzalez)**

- **Análise de forma**

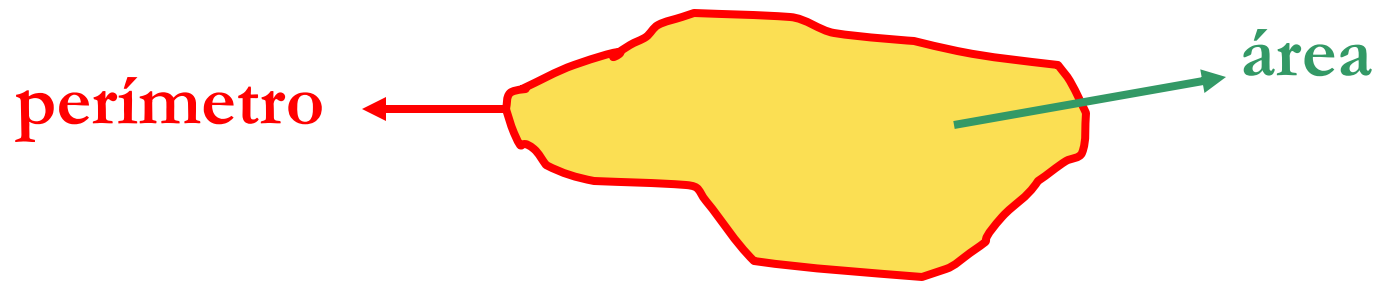
- Frequentemente os objetos de uma classe podem ser distinguidos de outros objetos considerando sua forma.
- Características de forma podem ser usadas independentemente ou em combinação com medidas de tamanho.

# Processamento de Alto Nível

- **Descritores de Região**

- **Área**

- Forma mais simples: contagem dos pixels contidos dentro de sua borda.
    - Lembrando: perímetro = comprimento da borda



# Processamento de Alto Nível

- **Descritores de região**
  - **Área de um polígono**

$$A = N_o - \left[ \frac{N_b}{2} \right] + 1$$

$N_o$  = quantidade de pixels no objeto,  
incluindo as bordas

$N_b$  = quantidade de pixels de borda

Considera que um pixel de borda está metade dentro e metade fora do objeto.

- **Descritores de Região**
  - **Compacidade**

$$C = \frac{P^2}{A}$$

- medida sem dimensão
- insensível a mudanças de escala e orientação
- mínima para região em forma de disco

# Processamento de Alto Nível

- **Descritores de Região**

- **Retangularidade**

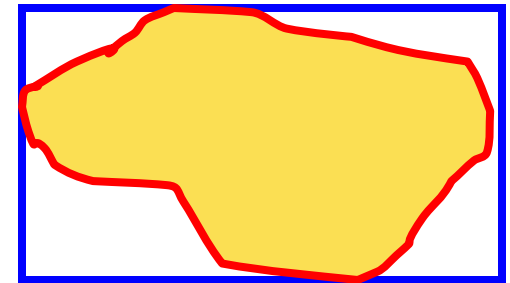
$$R = \frac{A_O}{A_R}$$

$A_O$  = área do objeto

$A_R$  = área do MER do objeto

$R$  representa o quanto um objeto preenche o seu MER.

MER = *minimum enclosing rectangle*



- **Descritores de Região**

- **Retangularidade**

$$R = \frac{A_o}{A_R}$$

- Assume valor máximo 1 para objetos retangulares.
- Assume valor  $\pi/4$  para objetos circulares.
- Se torna menor para objetos mais finos e curvados.



- **Descritores de Região**
  - **Razão de aspecto**

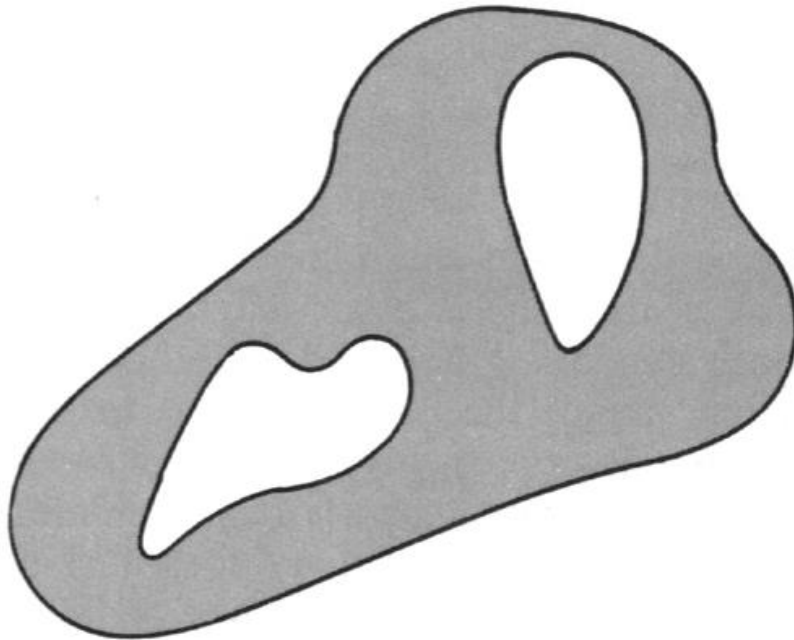
$$A = \frac{W}{L}$$

- Razão de largura e altura do MER.
- Permite distinguir objetos finos de quadrados bruscos ou objetos circulares.

- **Descritores de Região**
  - **Descritores topológicos**
    - **Topologia**: estudo das propriedades de uma figura que não são afetadas por alguma deformação, contanto que não haja *rasgos* ou junção da figura.

# Processamento de Alto Nível

- **Descritores de Região**
  - **Descritores topológicos**
    - Número de buracos (H)



Não afetado por *stretching* ou rotação, mas poderá ser alterado se rasgar ou dobrar a figura.

- **Descritores de Região**

- **Descritores topológicos**

- Número de componentes conectados (C)

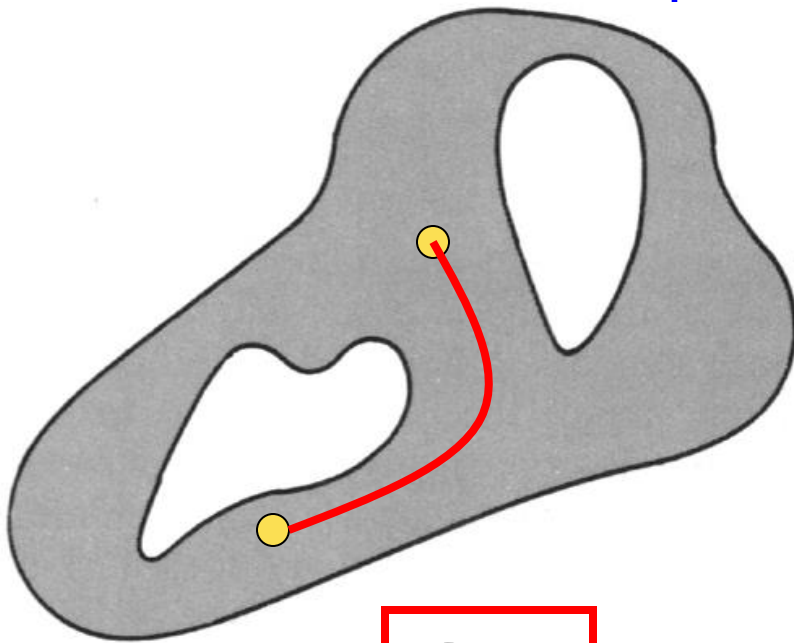
- subconjunto de tamanho máximo tal que quaisquer dois de seus pontos podem ser ligados por uma curva conectada desenhada totalmente dentro do subconjunto.

# Processamento de Alto Nível

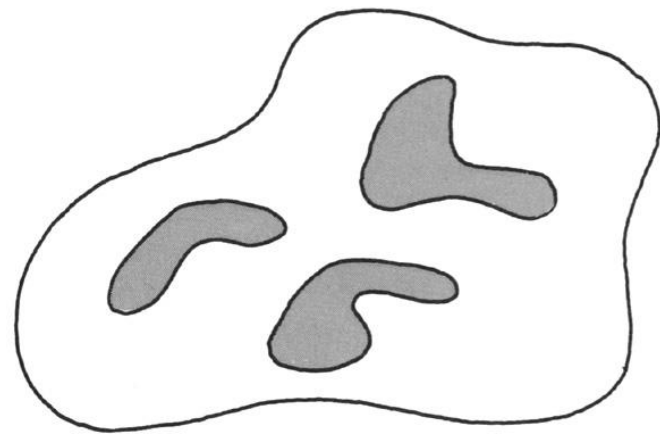
- **Descritores de Região**

- **Descritores topológicos**

- Número de componentes conectados (C)



**C=1**



**C=3**

- **Descritores de Região**

- **Descritores topológicos**

- Número de Euler

$$E = C - H$$

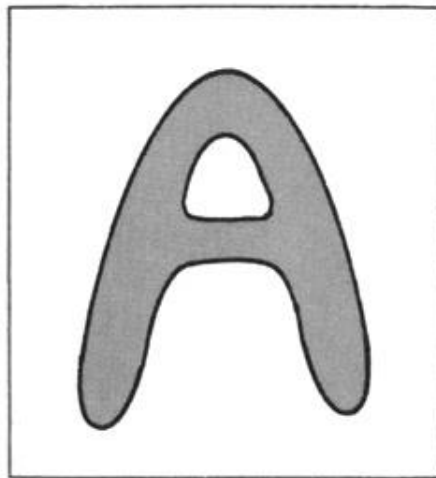
onde:

C = número de componentes conectados

H = número de buracos.

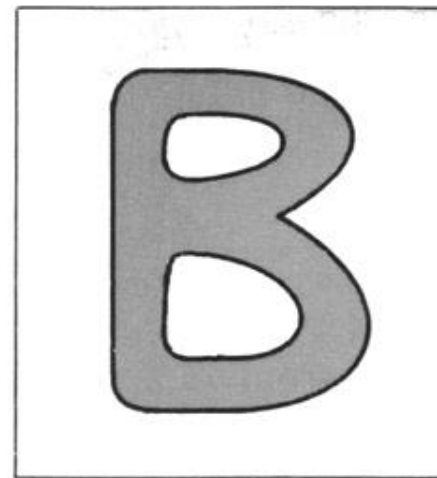
# Processamento de Alto Nível

- **Descritores de Região**
  - **Descritores topológicos**
    - Número de Euler - Exemplos



(a)

$$E=0$$



(b)

$$E=-1$$

- **Descritores de Região**
  - **Descritores topológicos**
    - Número de Euler - Exemplos
      - Regiões representadas por segmentos de reta têm interpretação particularmente simples.
      - Frequentemente é importante classificar as regiões interiores em faces e buracos.

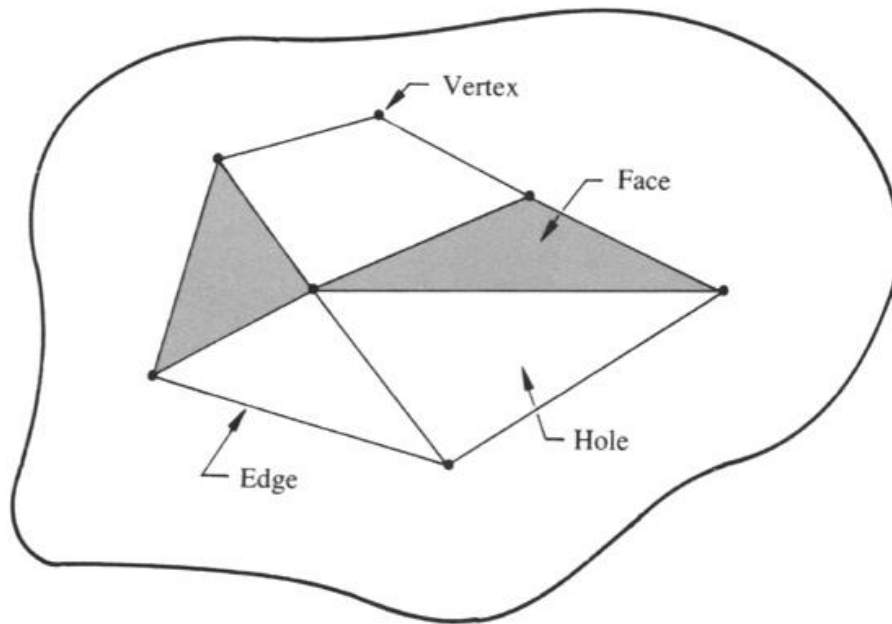


- **Descritores de Região**
  - **Descritores topológicos**
    - Número de Euler - Exemplos
      - Considerando:
        - $W$  = número de vértices
        - $Q$  = número de bordas
        - $F$  = número de faces

$$E = W - Q + F = C - H$$

# Processamento de Alto Nível

- **Descritores de Região**
  - **Descritores topológicos**
    - Número de Euler - Exemplos

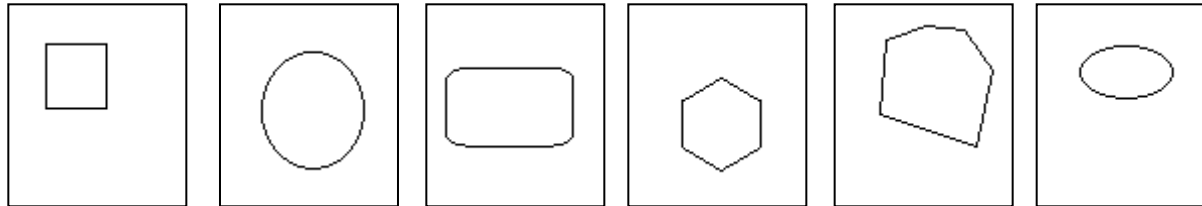


$$\begin{aligned} E &= W - Q + F = \\ C - H &= \\ 7 - 11 + 2 &= \\ 1 - 3 &= -2 \end{aligned}$$

# Exercícios (para entregar)

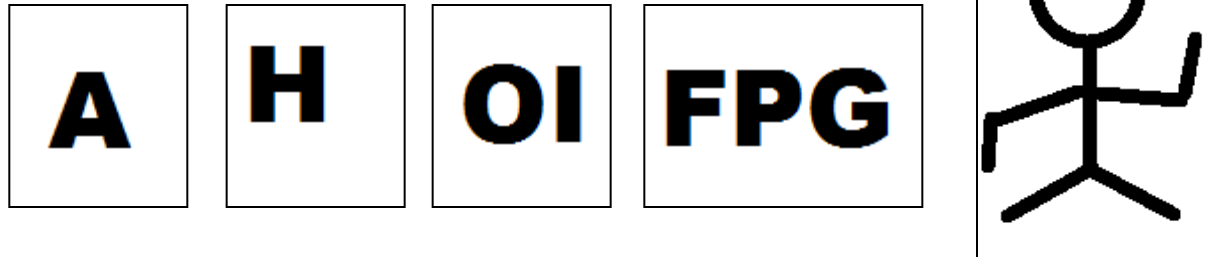
- 1) Implemente um algoritmo que considere a borda de um objeto representado em uma imagem e devolva a assinatura deste objeto.
- 2) Implemente um programa que invoque o algoritmo do exercício 1, analise a assinatura e imprima se a figura está mais próxima de um quadrado, retângulo ou círculo. Deve ser postado o programa fonte, as imagens de entrada e a classificação dada pelo programa (arquivo PDF).

Exemplos de imagens de entrada:



- 3) Implementar o algoritmo de esqueletização de Zhang e Suen e testar com as imagens abaixo. Deve ser postado o programa fonte, as imagens de entrada e as imagens resultantes (arquivo PDF).

Exemplos de imagens de entrada:



A decorative border surrounds the slide content. It features a background of horizontal bands in shades of orange, green, and blue. Overlaid on this are wavy, irregular lines in red, green, and blue that create a layered, artistic effect.

# **Fundamentos de Processamento Gráfico**

## **Aula 9 – Representação e Descrição**

**Profa. Fátima Nunes**