

# **Computação Gráfica**

## **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**.

# Processamento de Alto Nível

- **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.

# Processamento de Alto Nível

- **Esquemas de representação**

- **Chain Codes**

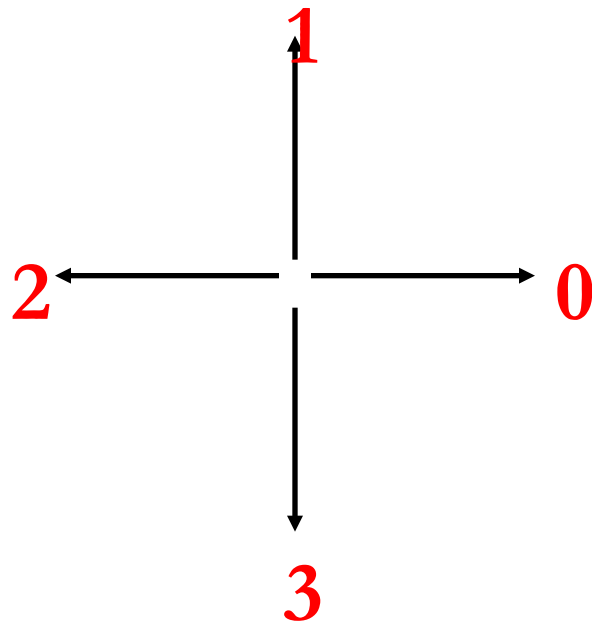
- Usados para representar uma borda como uma sequência de segmentos de reta de comprimento e direção estabelecidos.
    - Representação baseada na conectividade-4 ou conectividade-8.
    - A direção de cada segmento é representada por um número.

# Processamento de Alto Nível

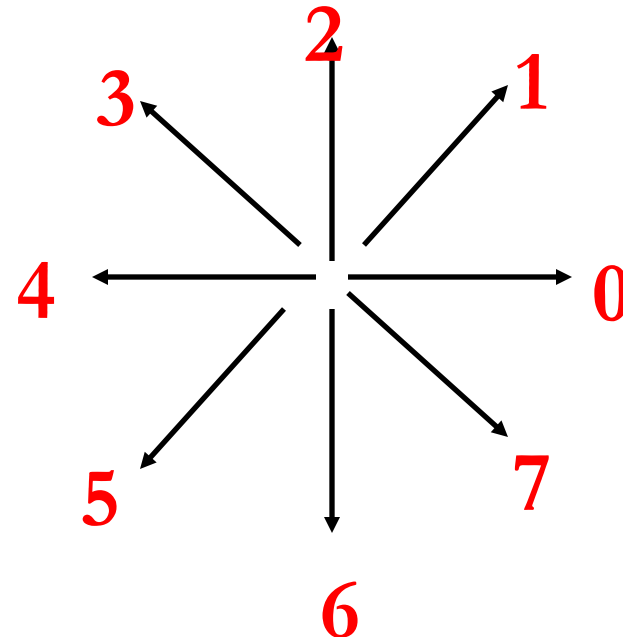
- Esquemas de representação

- Chain Codes

4-chain code



8-chain code



# Processamento de Alto Nível

- **Esquemas de representação**

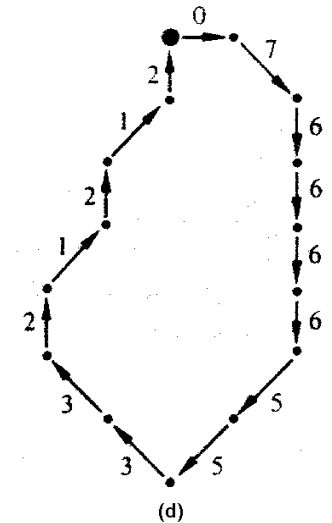
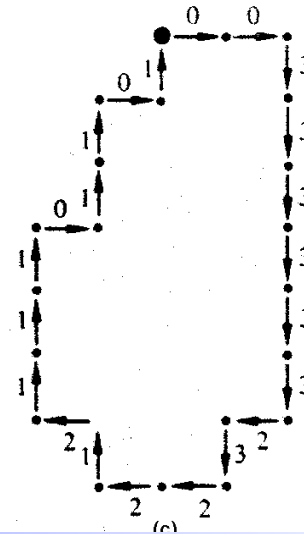
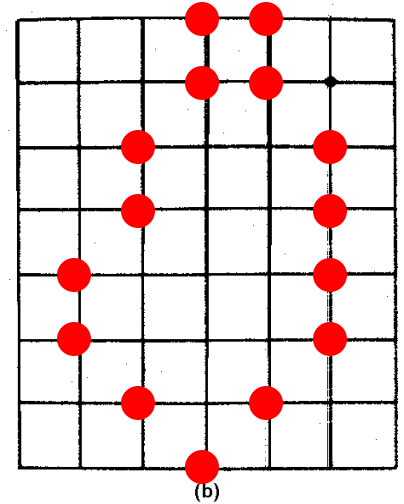
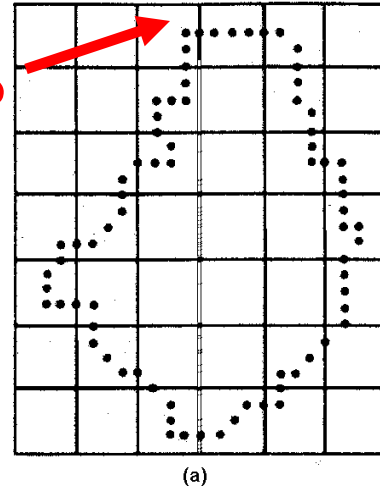
- **Chain Codes**

- 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

- **Chain Codes**

– Exemplo:

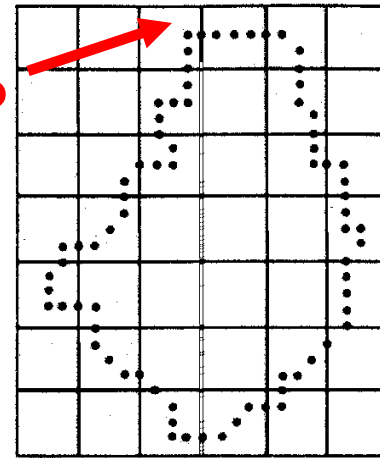




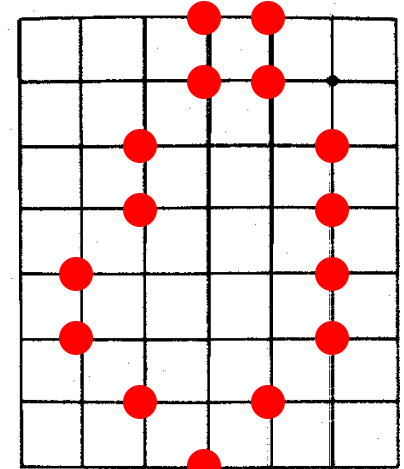
# Processamento de Alto Nível

- Algoritmo para gerar 8-Chain Code

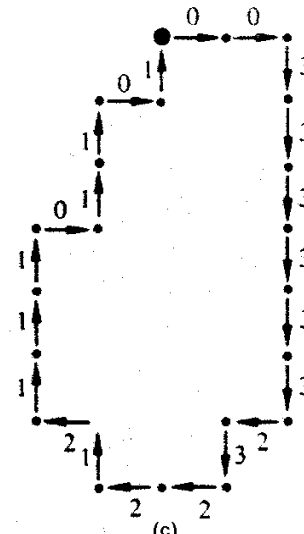
início



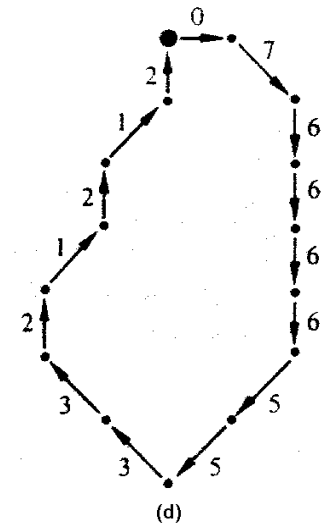
(a)



(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**

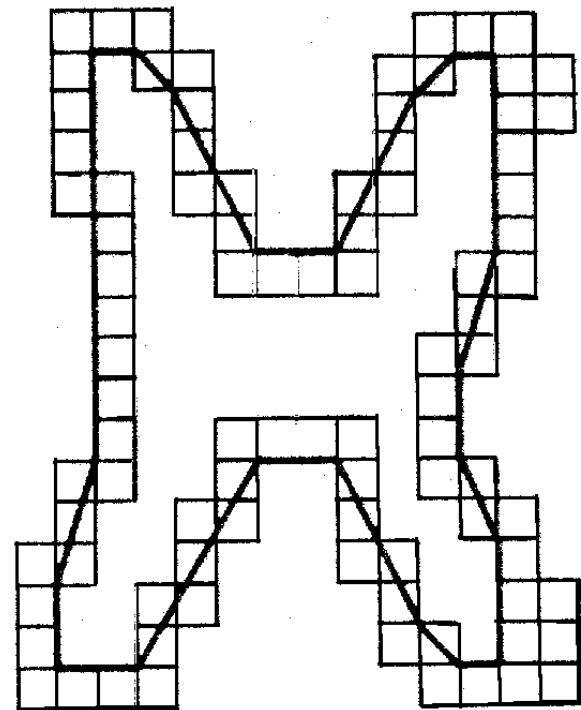
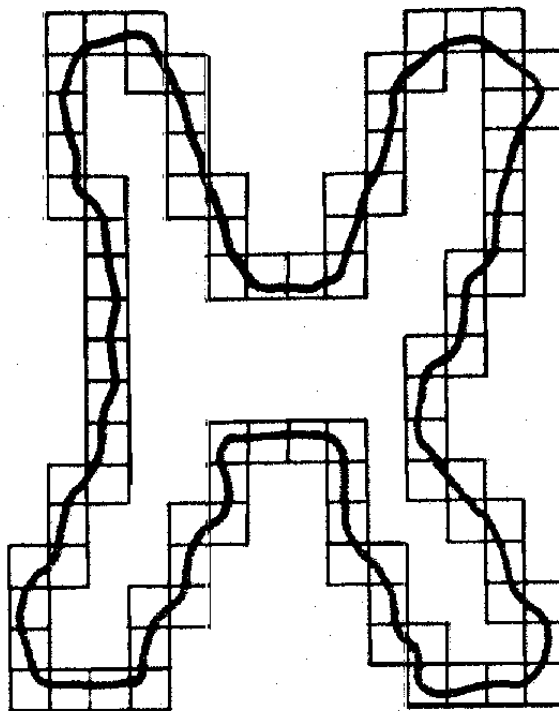
- Método de Sklansky, Chazin e Hansen (1972)(\*)
      - Cercar a borda por um conjunto de células concatenadas.
      - Diminuir a borda para encaixar nos vértices das células.

(\*) 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**

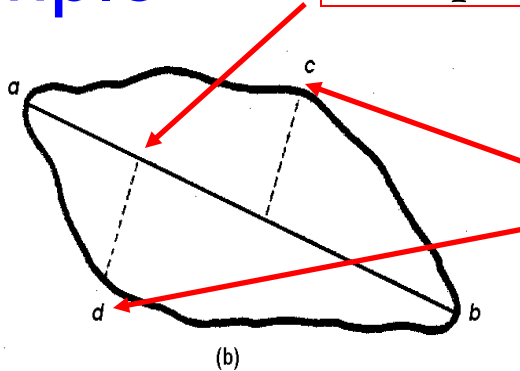
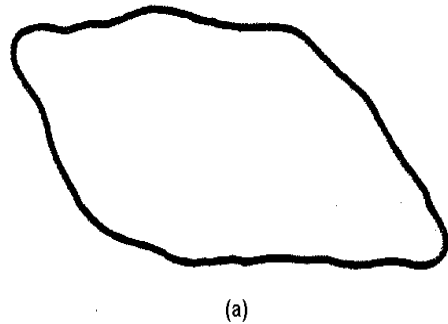
- **Aproximação poligonal**

- 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.

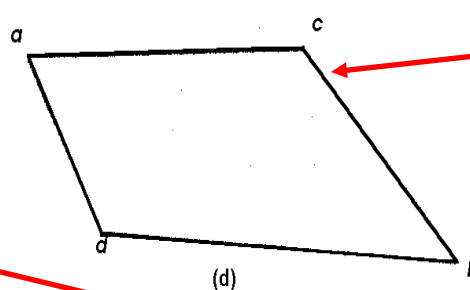
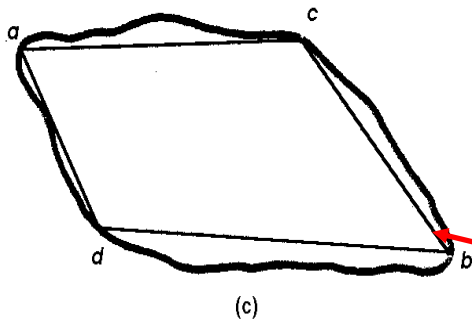
# Processamento de Alto Nível

- Splitting* - Exemplo



início - segmento entre dois pontos mais distantes

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



polígono final que representa a borda.

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

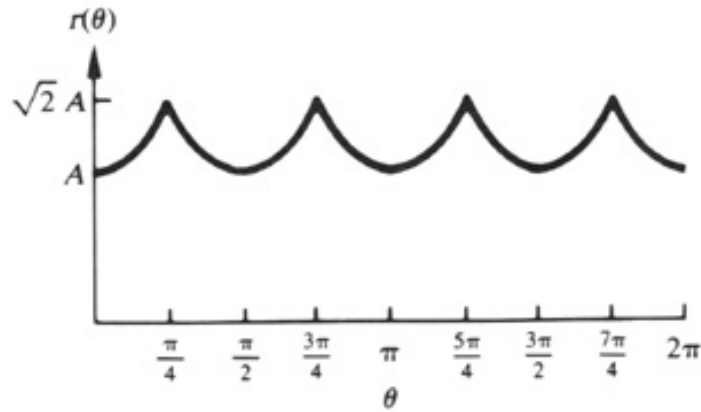
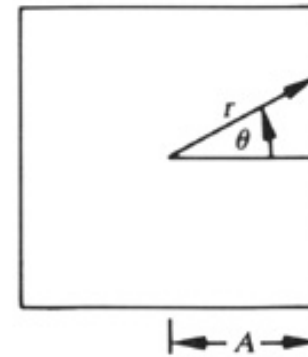
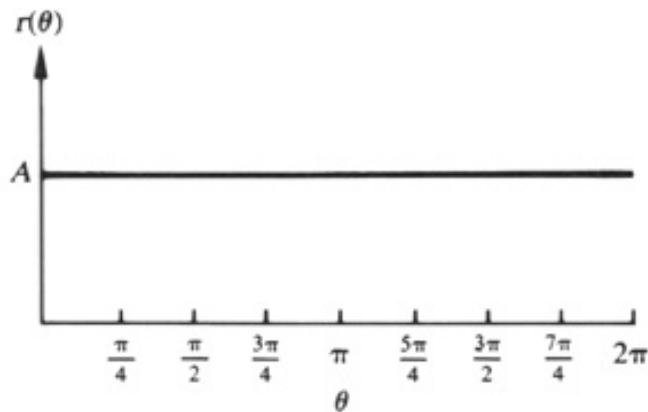
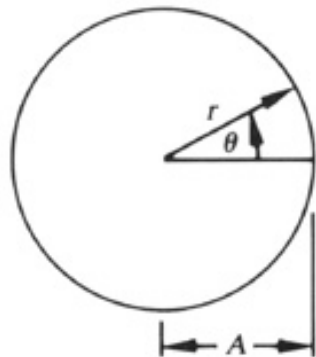
- **Esquemas de representação**

- **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

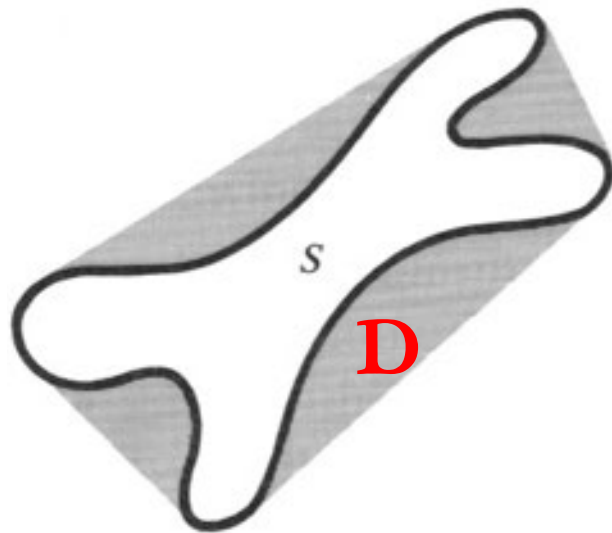
- **Esquemas de representação**

- **Segmentos de borda**

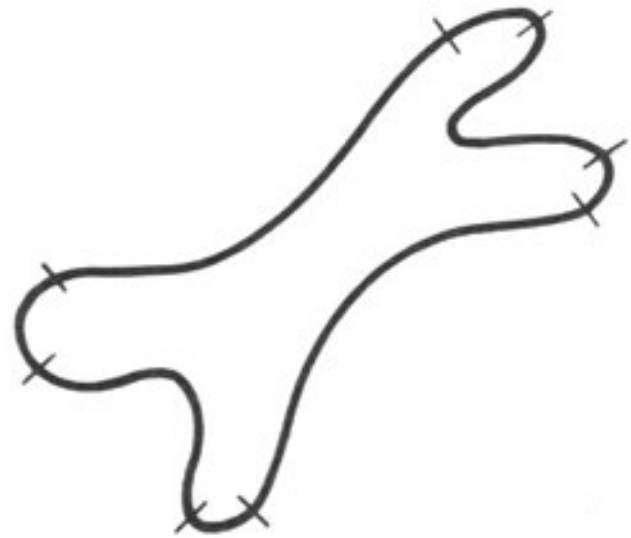
- Decompor uma borda em segmentos a fim de reduzir sua complexidade.
    - Interessante quando a borda contém uma ou mais concavidades com informação de forma.
    - Permite o uso de uma casca convexa  $H$  da região cercada pela borda.
    - A casca convexa de um conjunto arbitrário  $S$  é o menor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



$$H=S+D$$



- **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

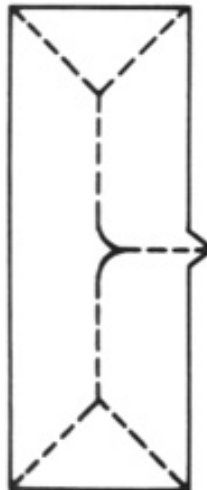
- Dada uma região  $R$  com borda  $B$ :
      - Para cada ponto  $p$  em  $R$ , encontrar o vizinho mais próximo em  $B$ .
      - Se  $p$  tem mais que um vizinho semelhante,  $p$  pertence ao eixo medial (skeleton) de  $R$ .

# Processamento de Alto Nível

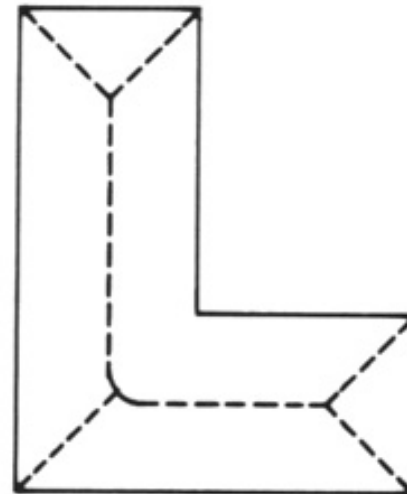
- Esquemas de representação
  - Esqueletização - Exemplo:



(a)



(b)



(c)

# Processamento de Alto Nível

- **Esquemas de representação**

- **Esqueletização**

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

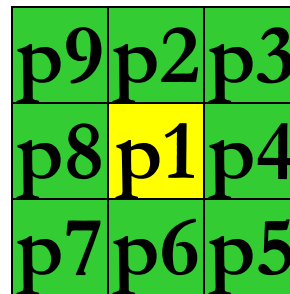
(\*) Zhang, T.Y. and Suen, C.Y. A fast parallel algorithm for thinning digital patterns. Comm ACM, v. 27 (3), p. 236-239, 1984.

# 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

- $N(P1)$  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  $p2, p3, \dots, p9, p2$ .

– Exemplo: Zhang e Suen (1984)(\*)

$$N(P1) = 4$$

$$S(p1) = 3$$

0	0	1
1	p1	0
1	0	1

# Processamento de Alto Nível

- **Esqueletização**

– 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)(\*)**

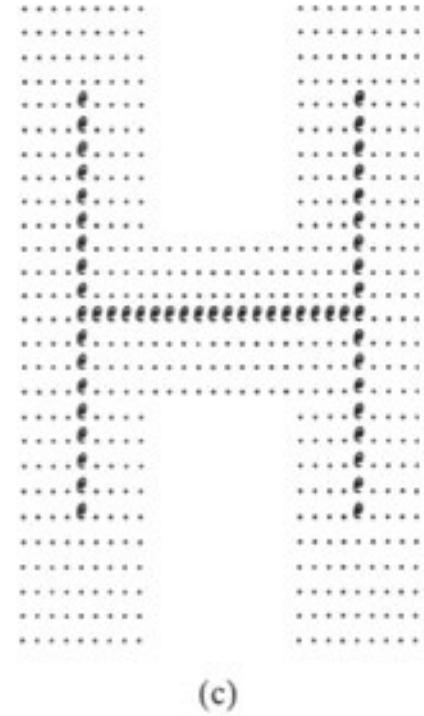
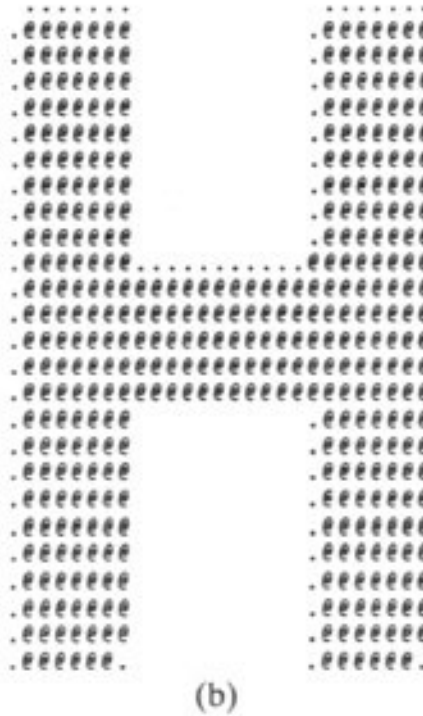
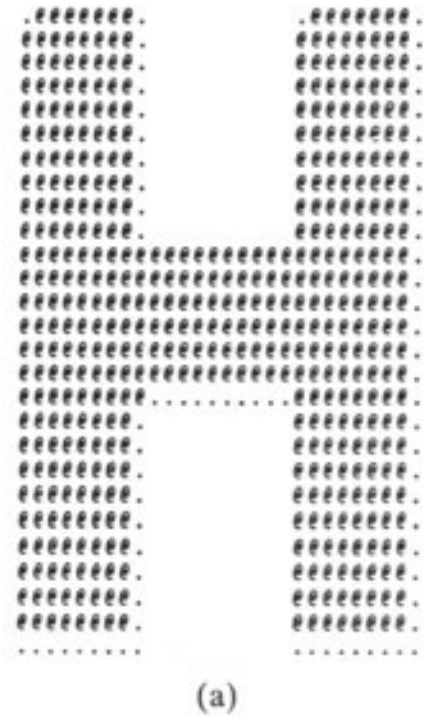
1. Aplicar o passo 1 para marcar os pontos para eliminação.
2. Eliminar os pontos marcados.
3. Aplicar o passo 2 para marcar para eliminação os pontos de borda remanescentes.
4. Eliminar os pontos marcados.

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

# Processamento de Alto Nível

- Esqueletização

- Exemplo:



# Processamento de Alto Nível

- **Esqueletização**

- Exemplo:

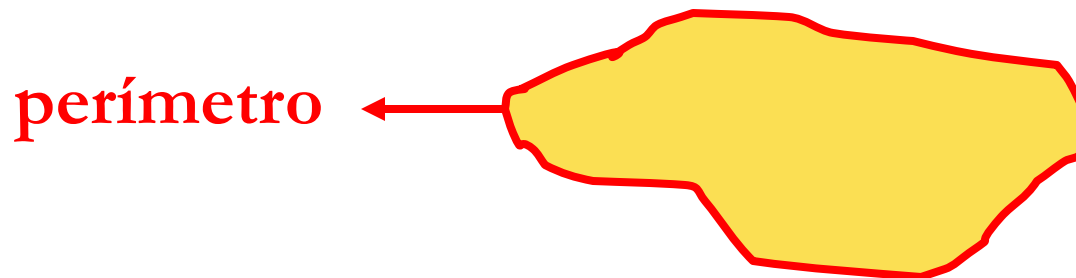


# Processamento de Alto Nível

- **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  $\sqrt{2}$ ):

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

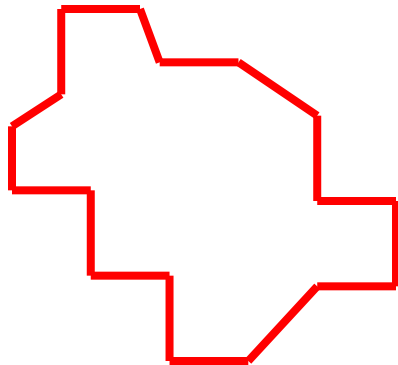
$N_P$ =quantidade de passos pares

$N_I$ =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

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



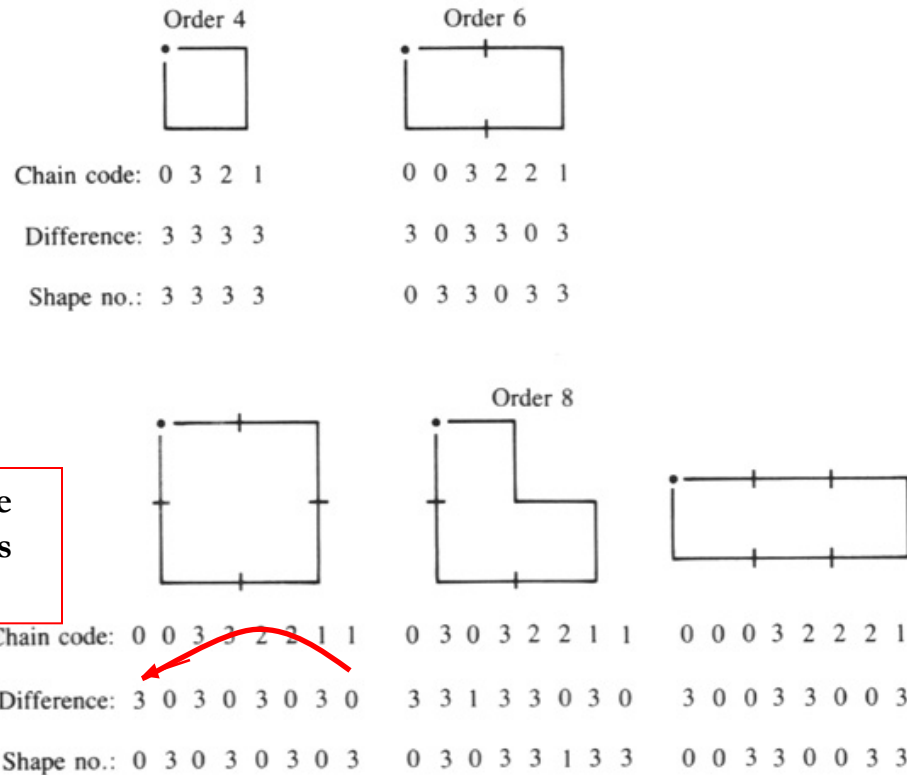
- **Descritores de Borda**
  - **Diâmetro**

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

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

# Processamento de Alto Nível

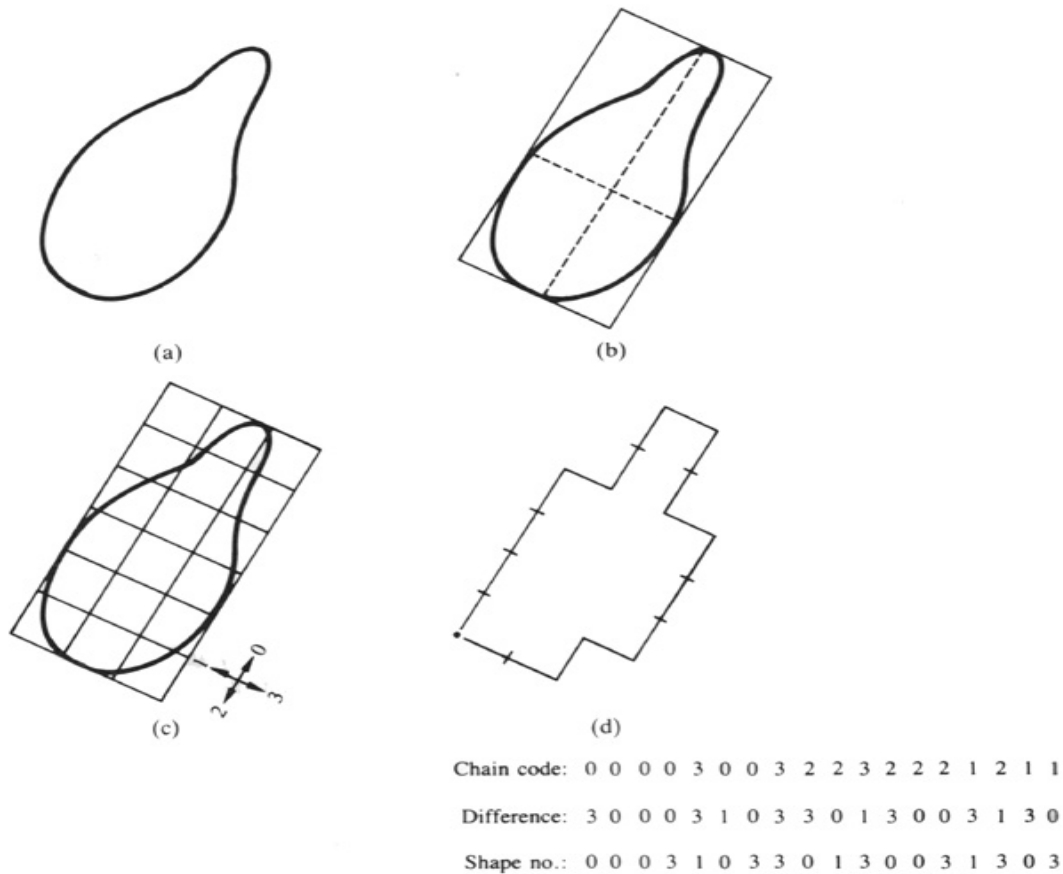
- Outros descritores de Borda
  - Números de forma a partir do *chain-code*:



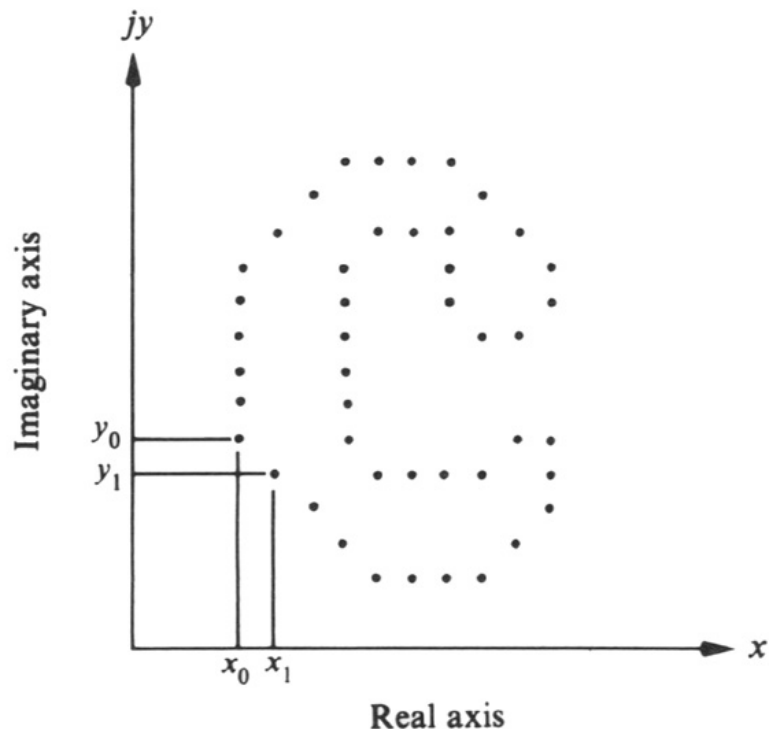
número de direções que  
separam dois elementos  
adjacentes.

# Processamento de Alto Nível

- Outros descritores de Borda
  - Números de forma a partir do *chain-code*:



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



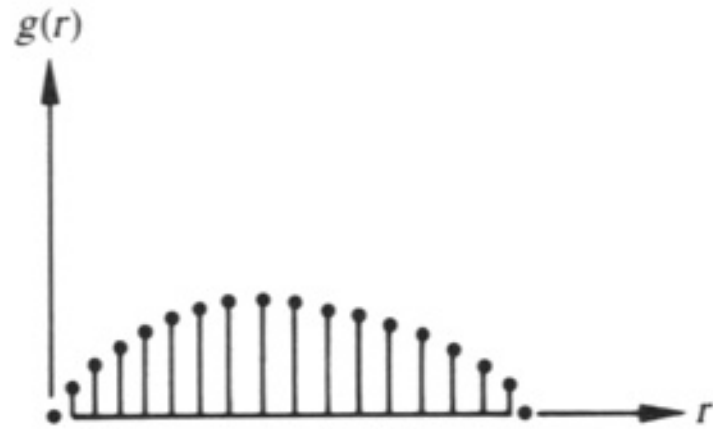
- discretiza borda
- aplica transformada de Fourier da função descrita pela borda da figura
- mapear os pontos da borda em termos de coordenadas (X,Y) num vetor  $[v_0, v_1, \dots, v_n]$
- $v_0$  é a média da forma (pode ser descartado)
- demais elementos podem ser usados como classificadores

# Processamento de Alto Nível

- **Outros descritores de Borda**
  - **Momentos**: medem espalhamento e simetria de borda.



(a)



(b)

# Processamento de Alto Nível

- **Análise de forma**

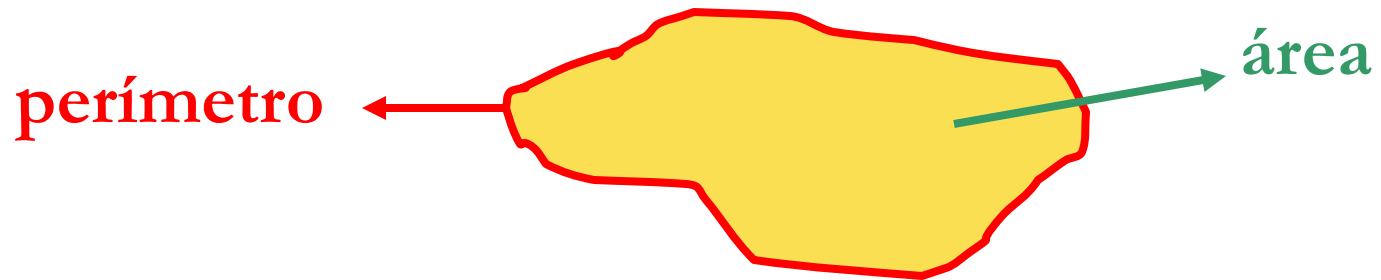
- Frequentemente os objetos de uma classe podem ser distinguidos de outros objetos considerando sua forma.
- Características de forma podem ser usadas independentemente ou em combinação com medidas de tamanho.

# 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.



# Processamento de Alto Nível

- **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**

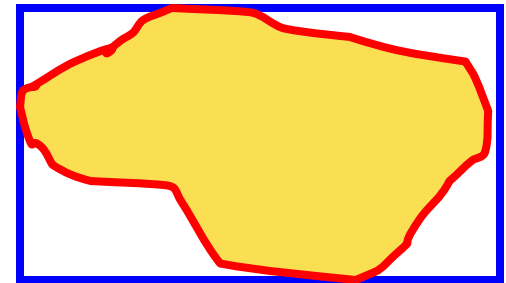
$$R = \frac{A_o}{A_R}$$

$A_o$  = 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.

# Processamento de Alto Nível

- **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.

# Processamento de Alto Nível

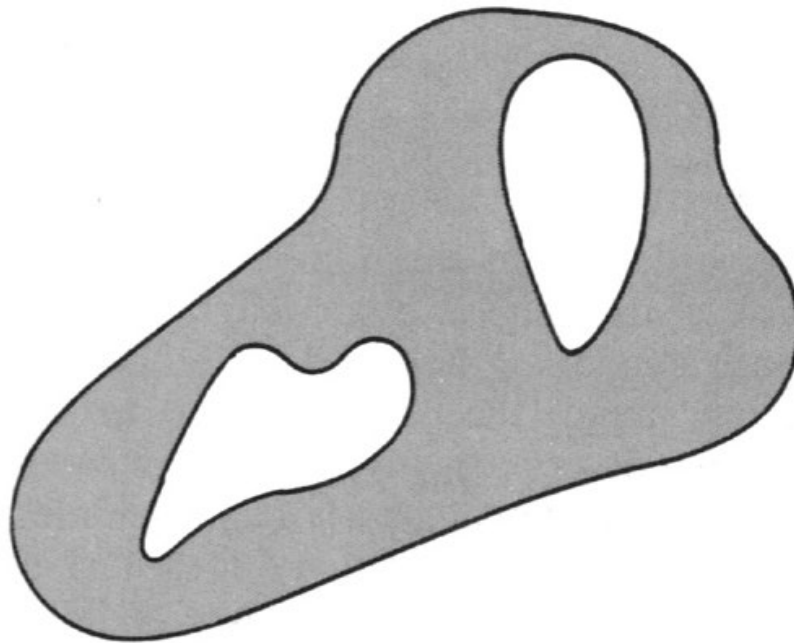
- **Descritores de Região**

- **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**

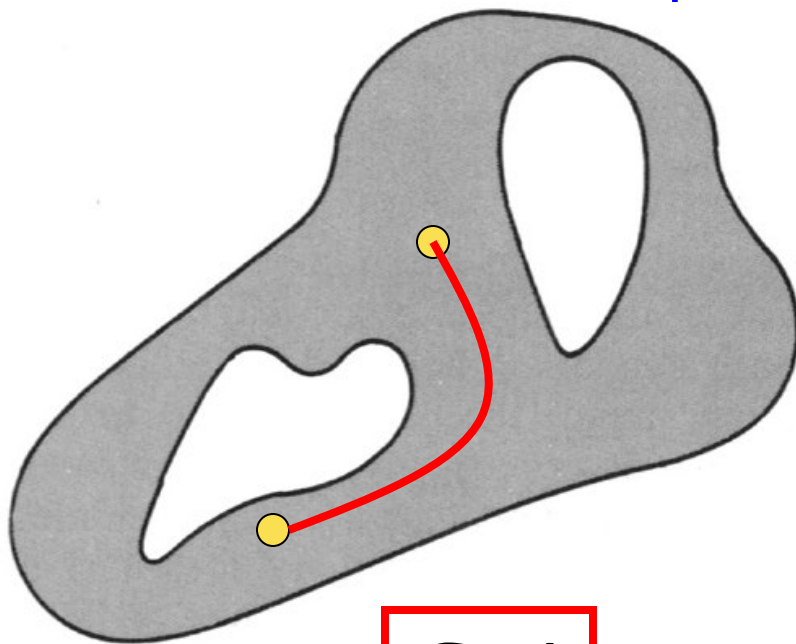
- **Descritores topológicos**

- Número de componentes conectados (C)

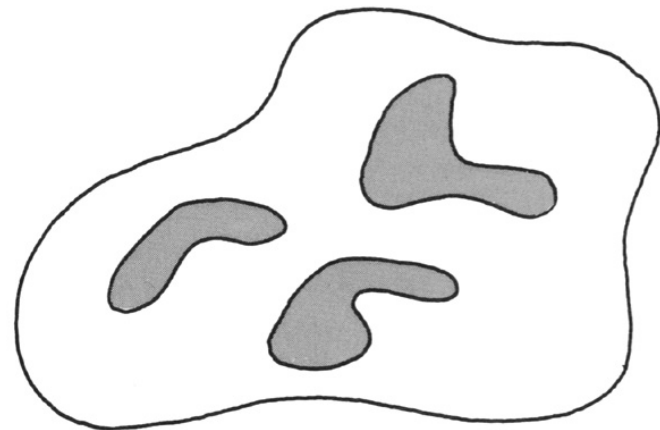
- subconjunto de tamanho máximo tal que quaisquer dois de seus pontos podem ser ligados por uma curva conectada desenhada totalmente dentro do subconjunto.

# 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

$$E = C - H$$

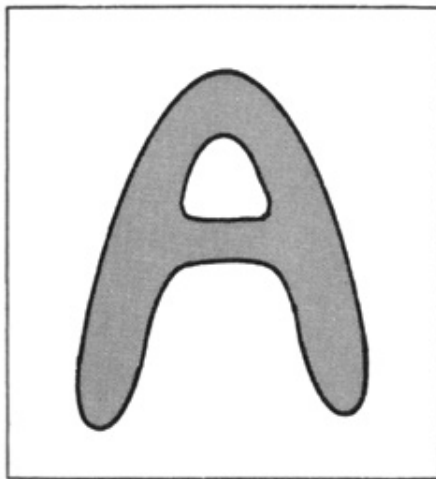
onde:

C = número de componentes conectados

H = número de buracos.

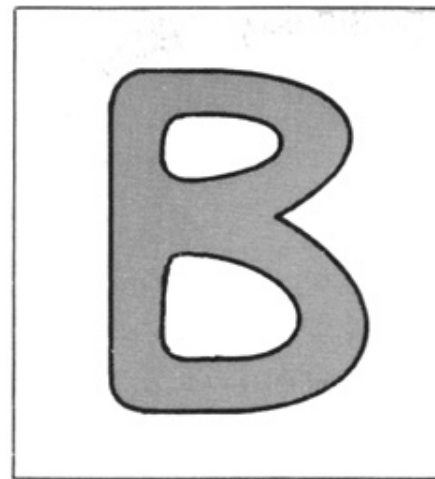
# Processamento de Alto Nível

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



(a)

$$E=0$$



(b)

$$E=-1$$

# Processamento de Alto Nível

- **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.

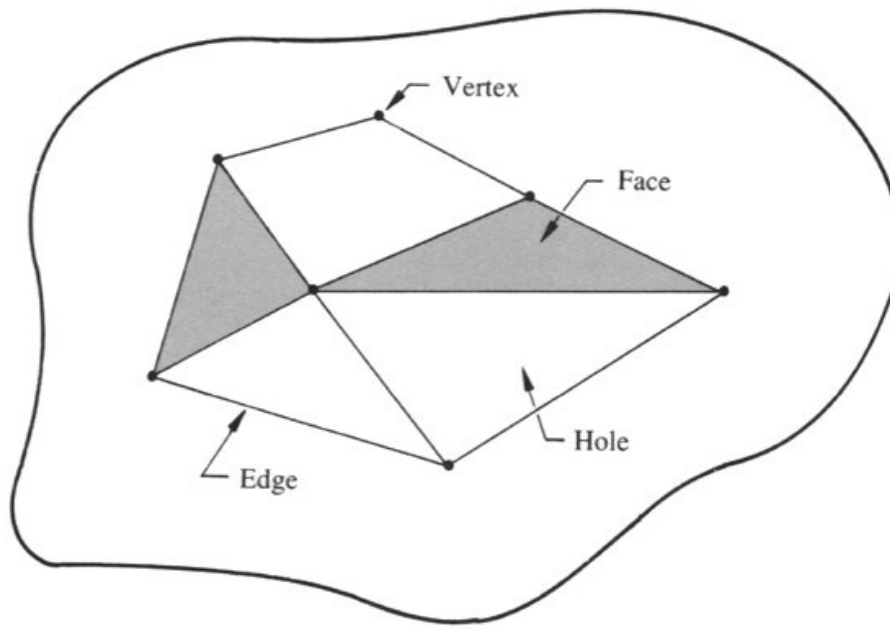
# Processamento de Alto Nível

- **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



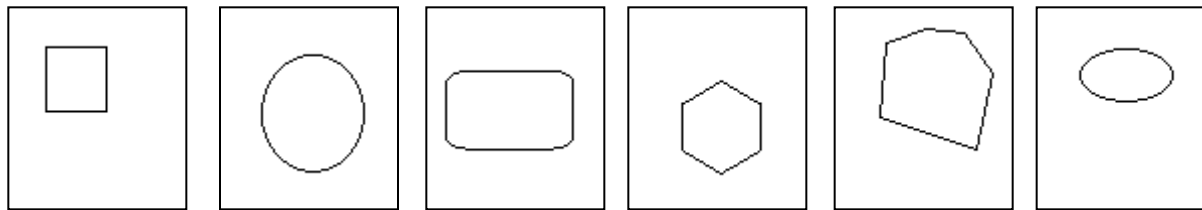
$$\begin{aligned} E &= V - Q + F = \\ C - H &= \\ 7 - 11 + 2 &= \\ 1 - 3 &= -2 \end{aligned}$$

# Exercícios (para entregar)

Para os exercícios a seguir, deve ser postado o programa fonte, as imagens de entrada e o resultado solicitado (arquivo PDF).

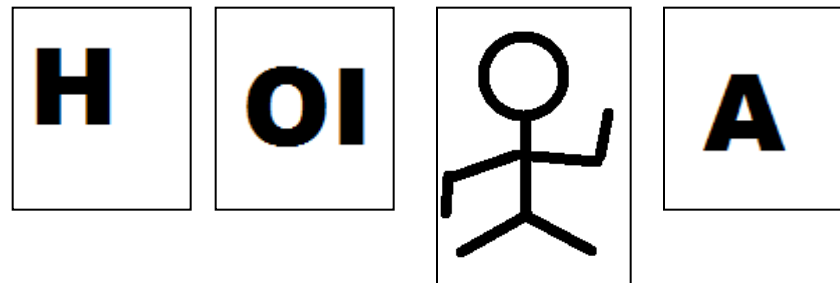
1) Implemente um algoritmo que considere a borda de um objeto representado em uma imagem e devolva um array com a assinatura deste objeto. Teste com 2 imagens diferentes.

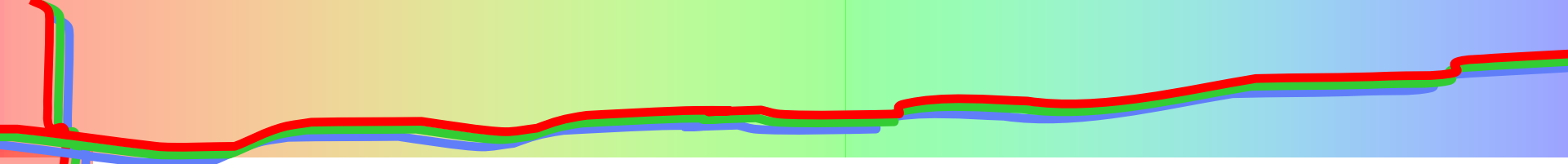
2) Implemente um programa que invoque o algoritmo do exercício 2, analise a assinatura e imprima se a figura está mais próxima de um quadrado, retângulo ou círculo. Exemplos de imagens de entrada:



3) Implementar o algoritmo de esqueletização de Zhang e Suen e testar com as imagens abaixo.

Exemplos de imagens de entrada:





# **Computação Gráfica**

## **Representação e Descrição**

**Profa. Fátima Nunes**