



Fundamentos de Processamento Gráfico

Aula 9 – Representação e Descrição

Profa. Fátima Nunes

- **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)

- **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**

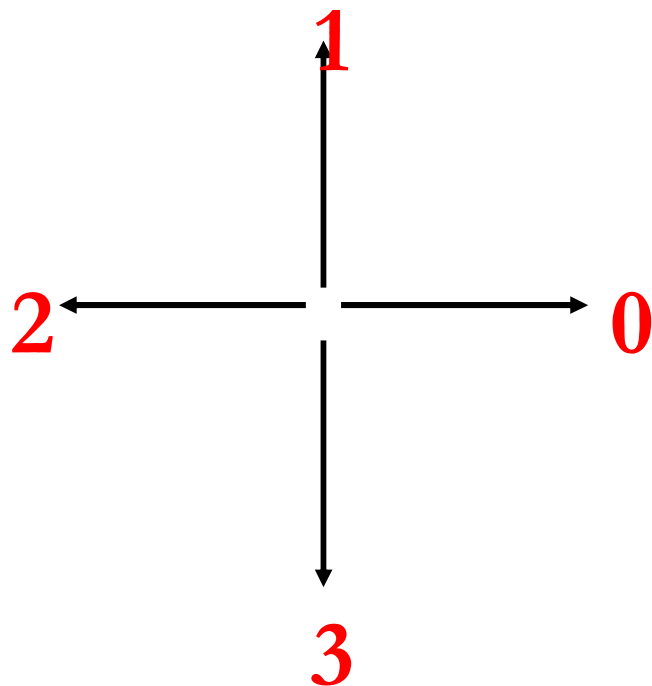
- **Chain Codes**

- 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.

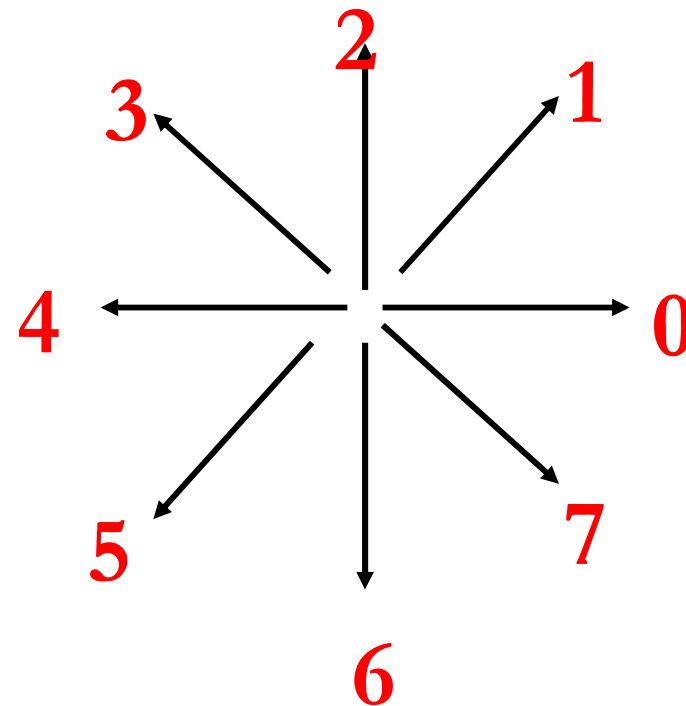
- **Esquemas de representação**

- **Chain Codes**

4-chain code



8-chain code



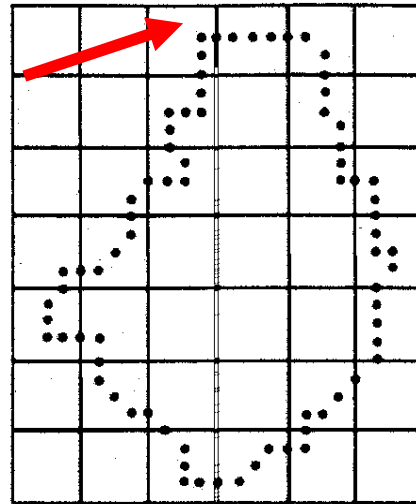
- **Esquemas de representação**
 - **Chain Codes**
 - É possível gerar o *chain code* simplesmente seguindo a borda da imagem segmentada.
 - Problemas: código muito longo e ruídos.
 - O que se faz: reamostragem com uma grade maior.

Processamento de Alto Nível

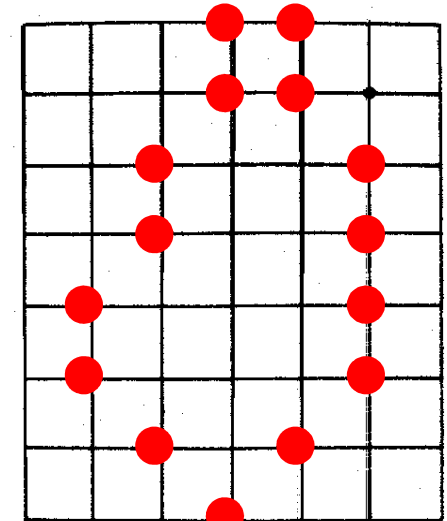
- Chain Codes

– Exemplo:

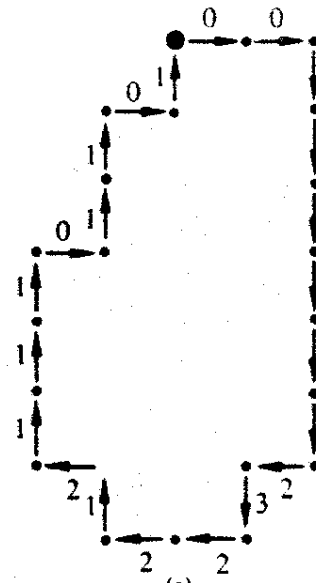
início



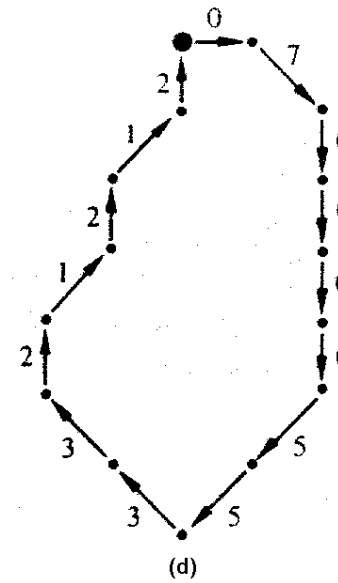
(a)



(b)



(c)

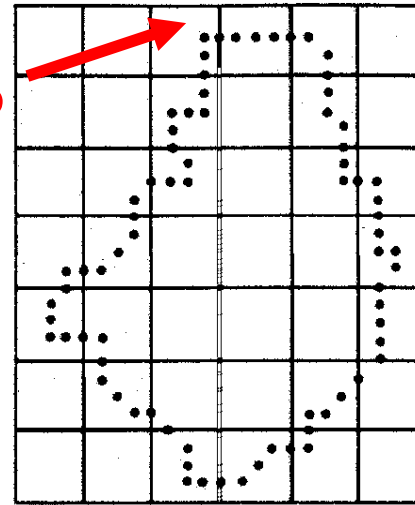


(d)

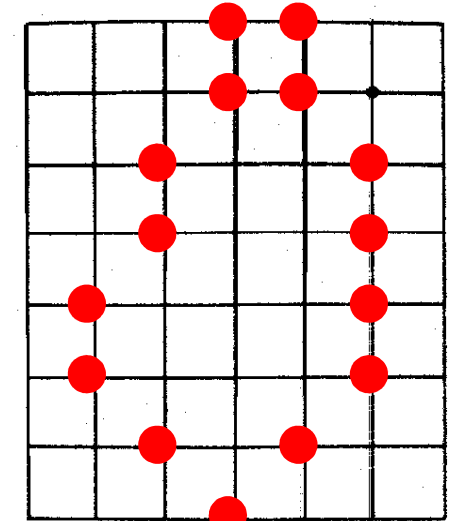
Processamento de Alto Nível

- Algoritmo para gerar 8-Chain Code

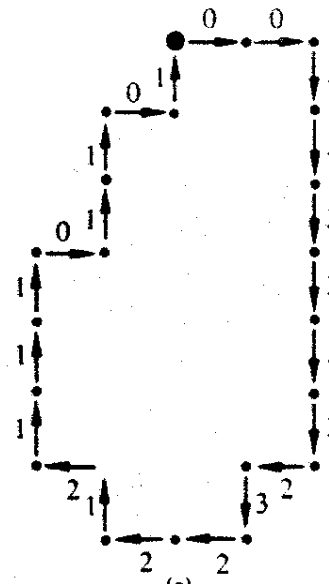
início



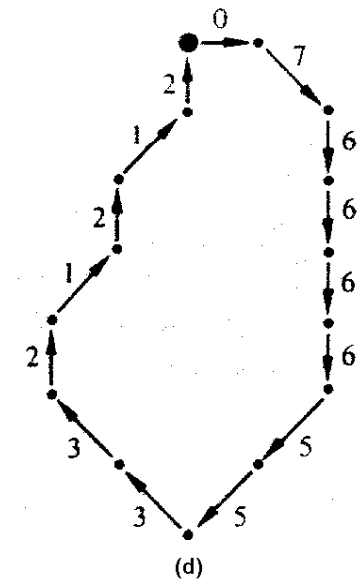
(a)



(b)



(c)



(d)

- **Esquemas de representação**

- **Aproximação poligonal**

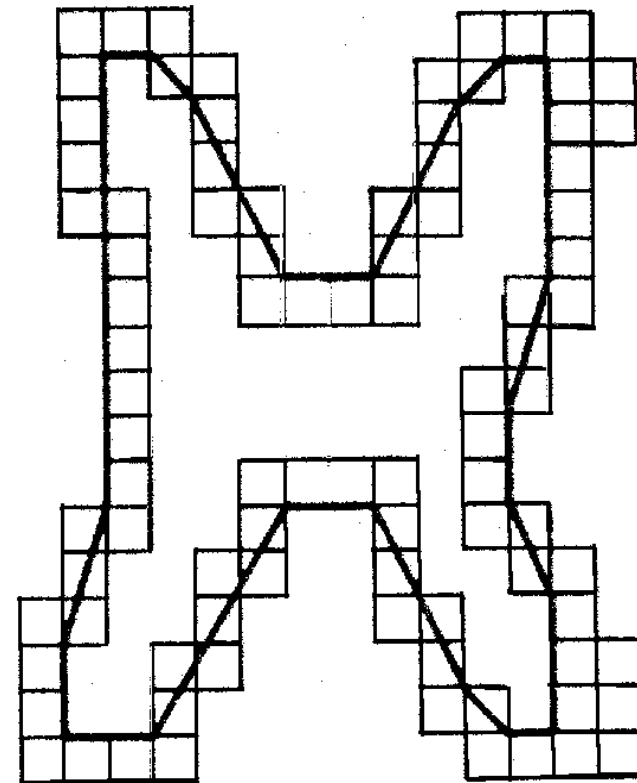
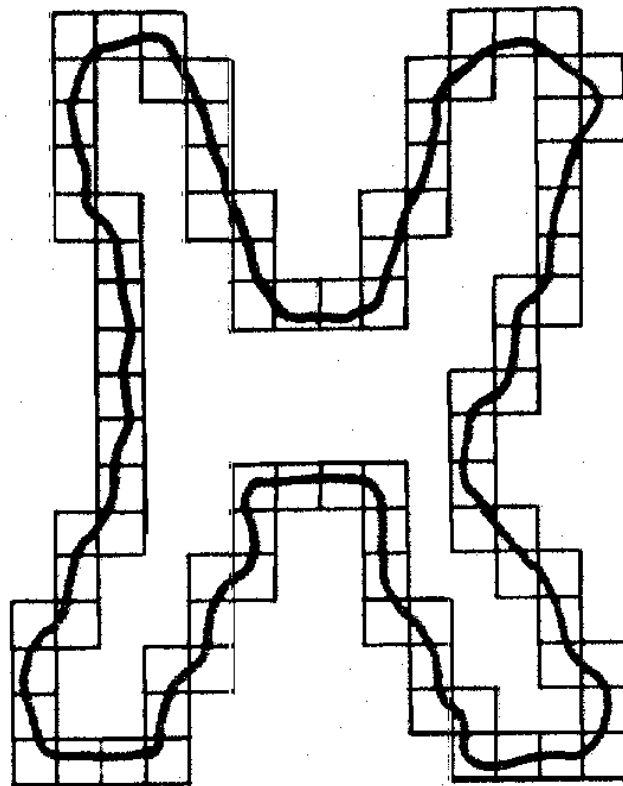
- Representação de uma borda por meio de um polígono.
- **Curva fechada**: aproximação exata quando o número de segmentos no polígono é igual ao número de pontos na borda.
- **Objetivo**: capturar a essência da forma da borda com o mínimo possível de segmentos poligonais.

- **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.*

- Aproximação poligonal

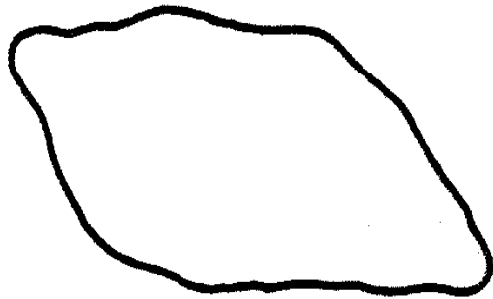
- Exemplo:



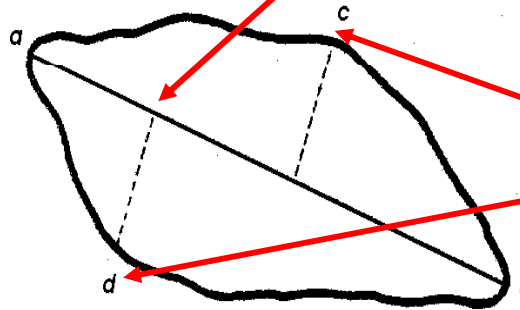
- **Esquemas de representação**
 - **Aproximação poligonal**
 - Método de *Splitting*
 - Inscrever um polígono convexo na borda do objeto.
 - Sucessivamente **subdividir um segmento em duas partes** até que um critério seja satisfeito (exemplo: distância máxima de um segmento de borda a um determinado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

Processamento de Alto Nível

• *Splitting* - Exemplo



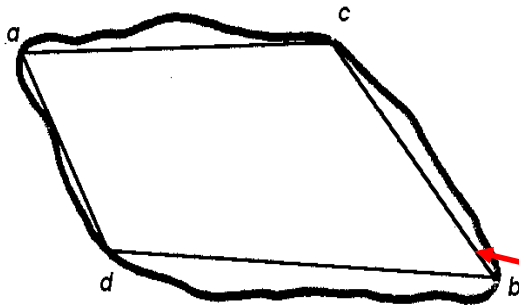
(a)



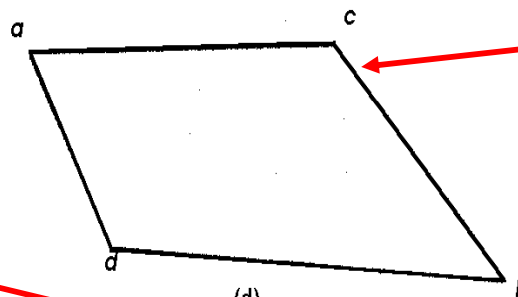
(b)

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*.

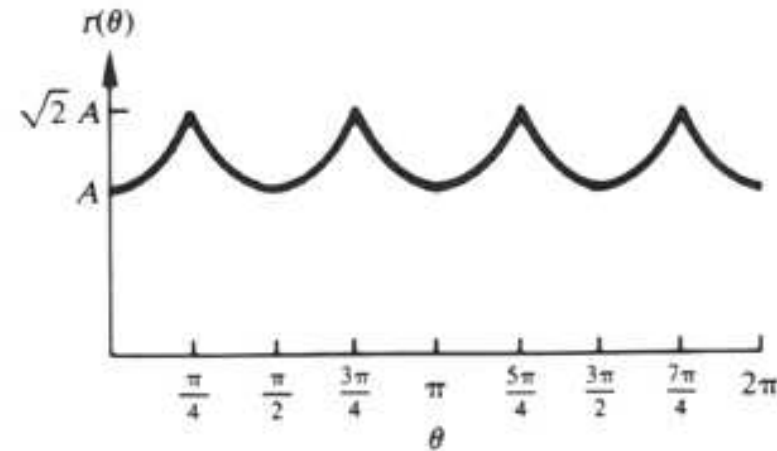
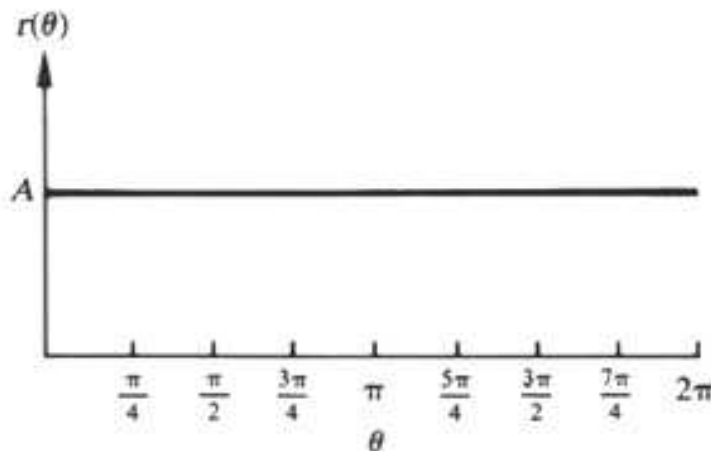
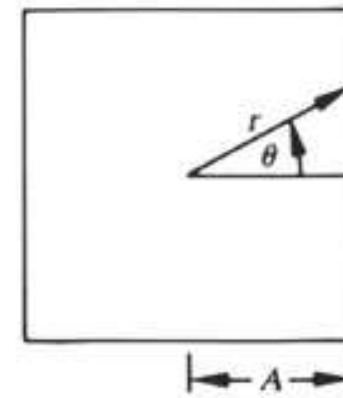
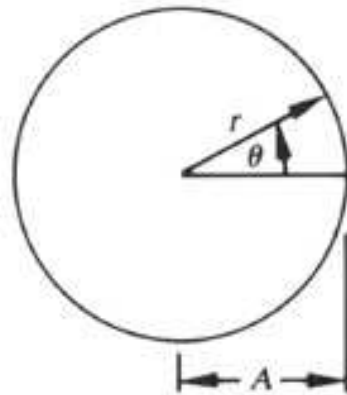
- **Esquemas de representação**

- **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

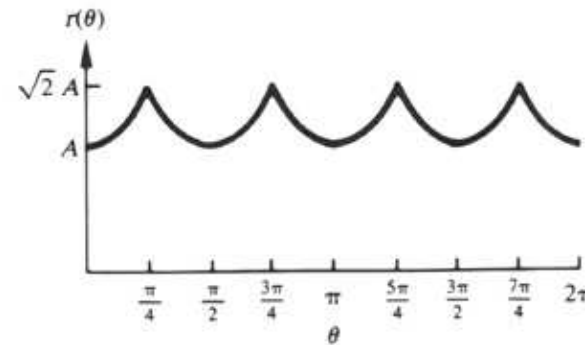
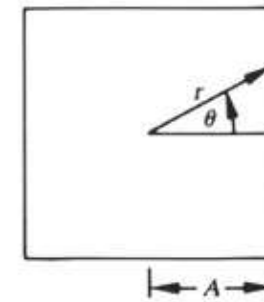
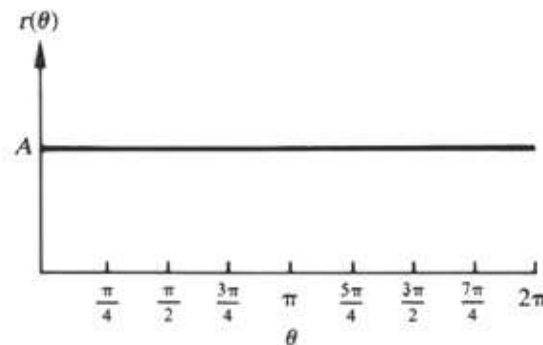
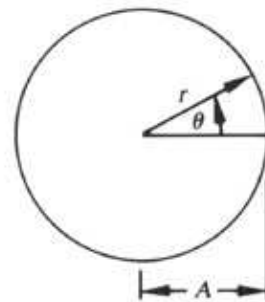
- Esquemas de representação
 - Assinaturas - Exemplo



Processamento de Alto Nível

- **Exercício:**

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



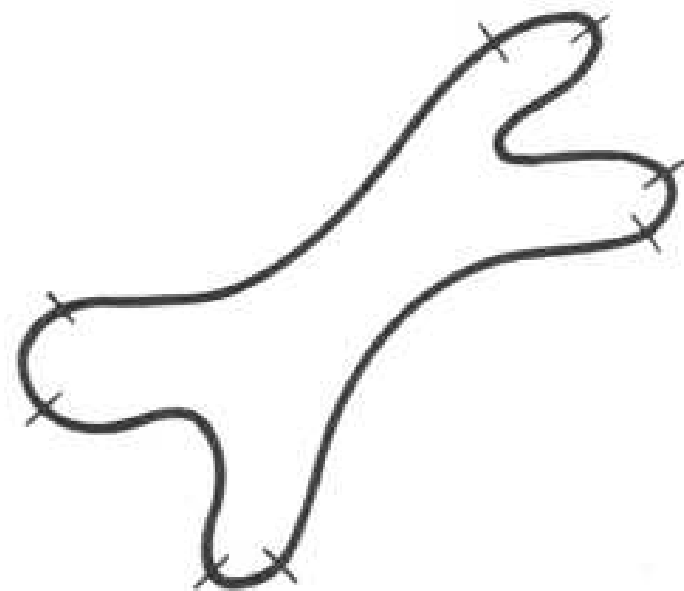
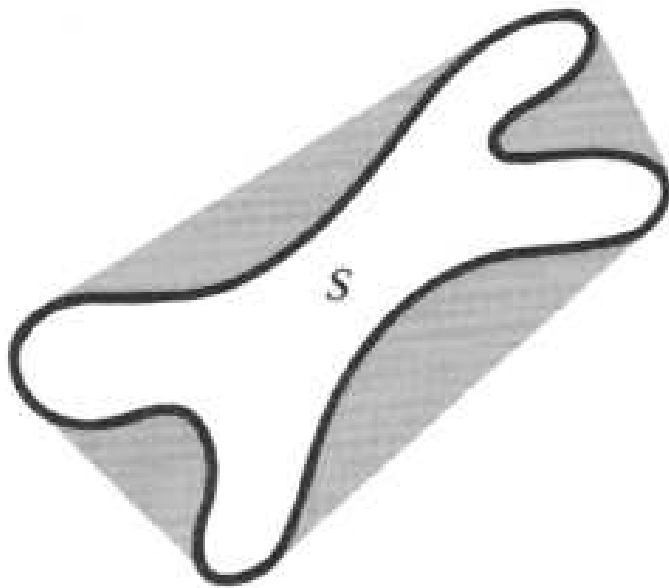
- **Esquemas de representação**

- **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 :

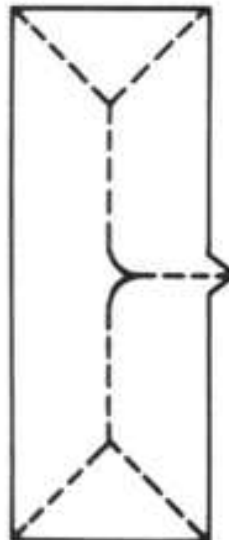
- Para cada ponto p em R , encontrar o vizinho mais próximo em B .
- Se p tem mais que um vizinho semelhante, p pertence ao eixo medial (skeleton) de R .

Processamento de Alto Nível

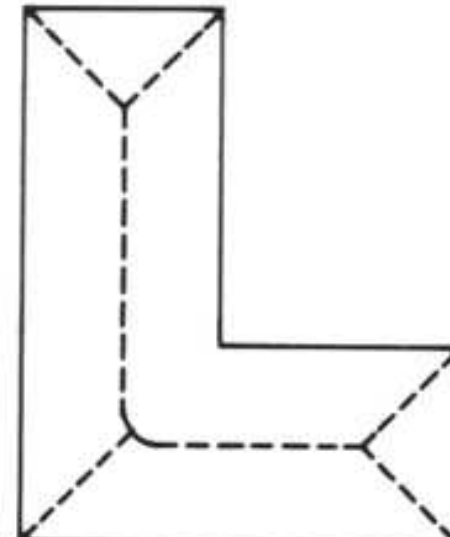
- **Esquemas de representação**
 - **Esqueletização - Exemplo:**



(a)



(b)



(c)

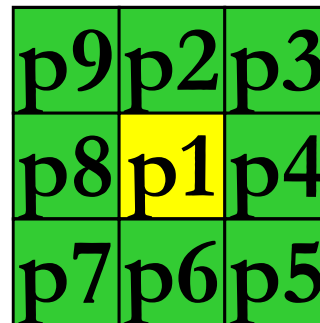
- **Esquemas de representação**
 - **Esqueletização**
 - Algoritmo demanda muito esforço computacional.
 - Outros algoritmos de 'afinamento' são propostos.
 - Exemplo: Zhang e Suen (1984)(*)

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

- **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).



• 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) $p2 * p4 * p6 = 0$

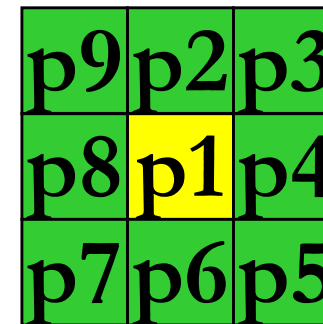
(d) $p4 * p6 * p8 = 0$

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 $p2, p3, \dots, p9, p2$.



- **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**

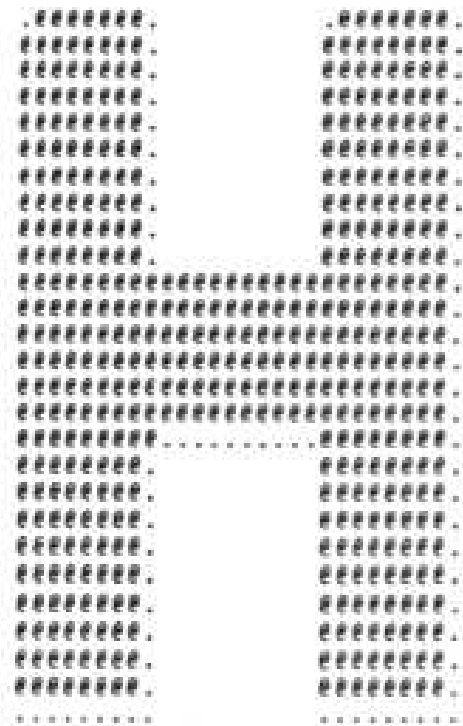
- Exemplo: Zhang e Suen (1984)(*)

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.

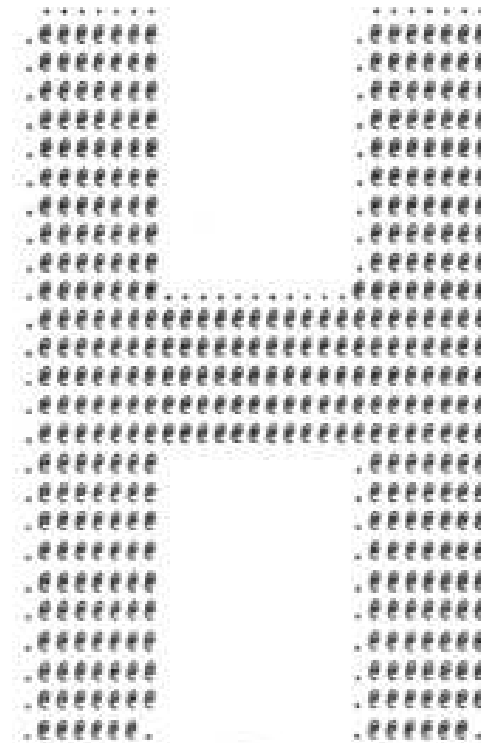
Repetir o algoritmo acima até que não haja mais pontos a eliminar.

- **Esqueletização**

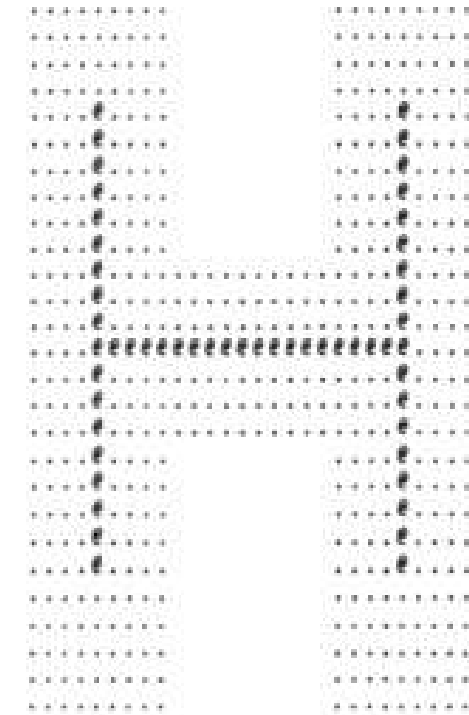
- Exemplo:



(a)



(b)



(c)

- **Esqueletização**

- Exemplo:

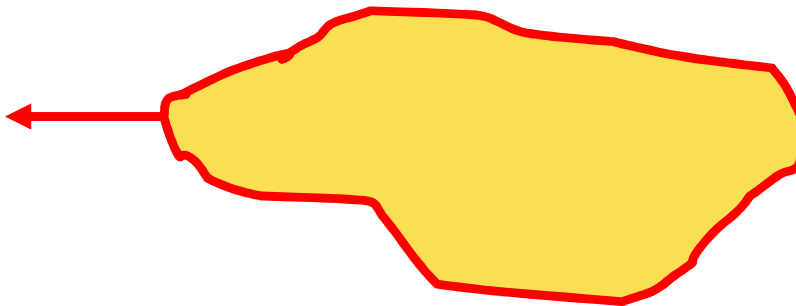


- **Descritores de Borda**

- **Perímetro**

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

perímetro



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

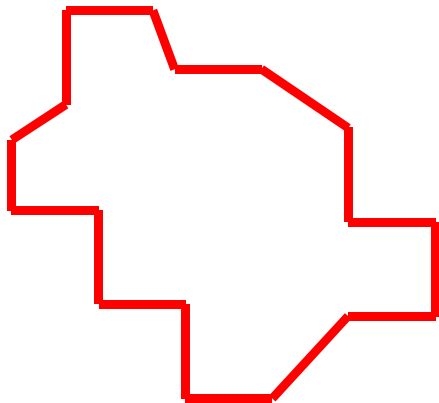
$$P = N_P + \sqrt{2} N_I$$

N_P =quantidade de passos pares

N_I =quantidade de passos ímpares

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

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



Chain Code:
07076064542424212

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

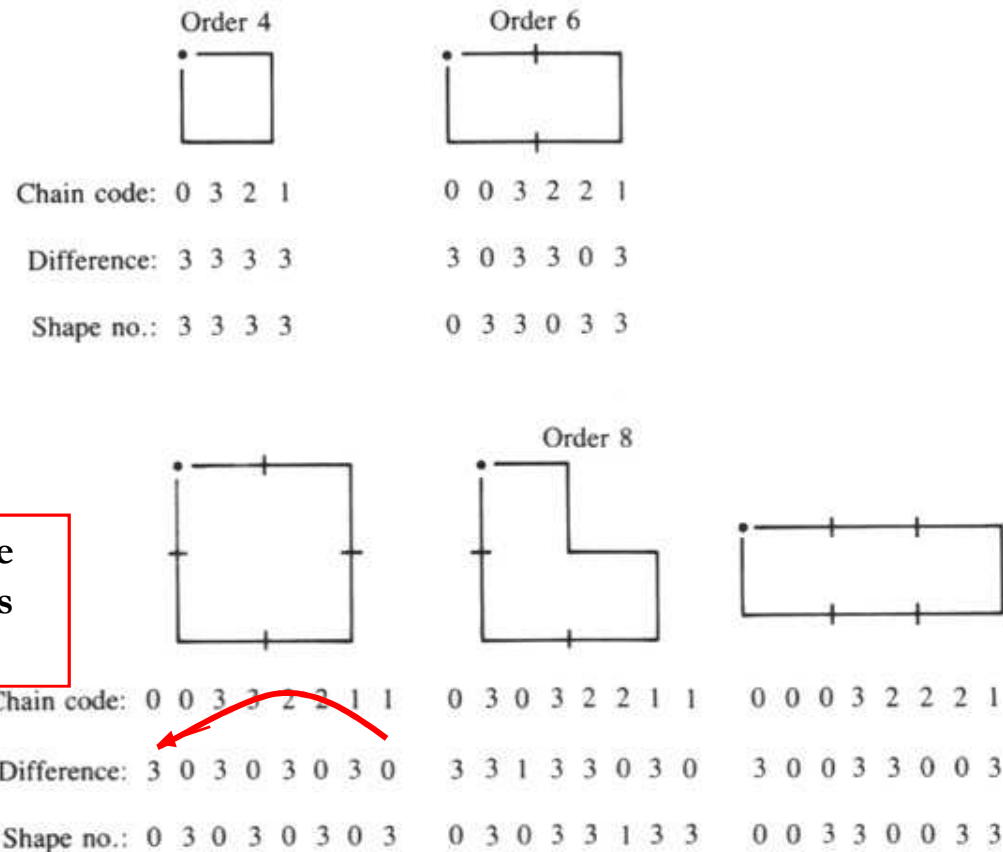
- **Descritores de Borda**
 - **Diâmetro**

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

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

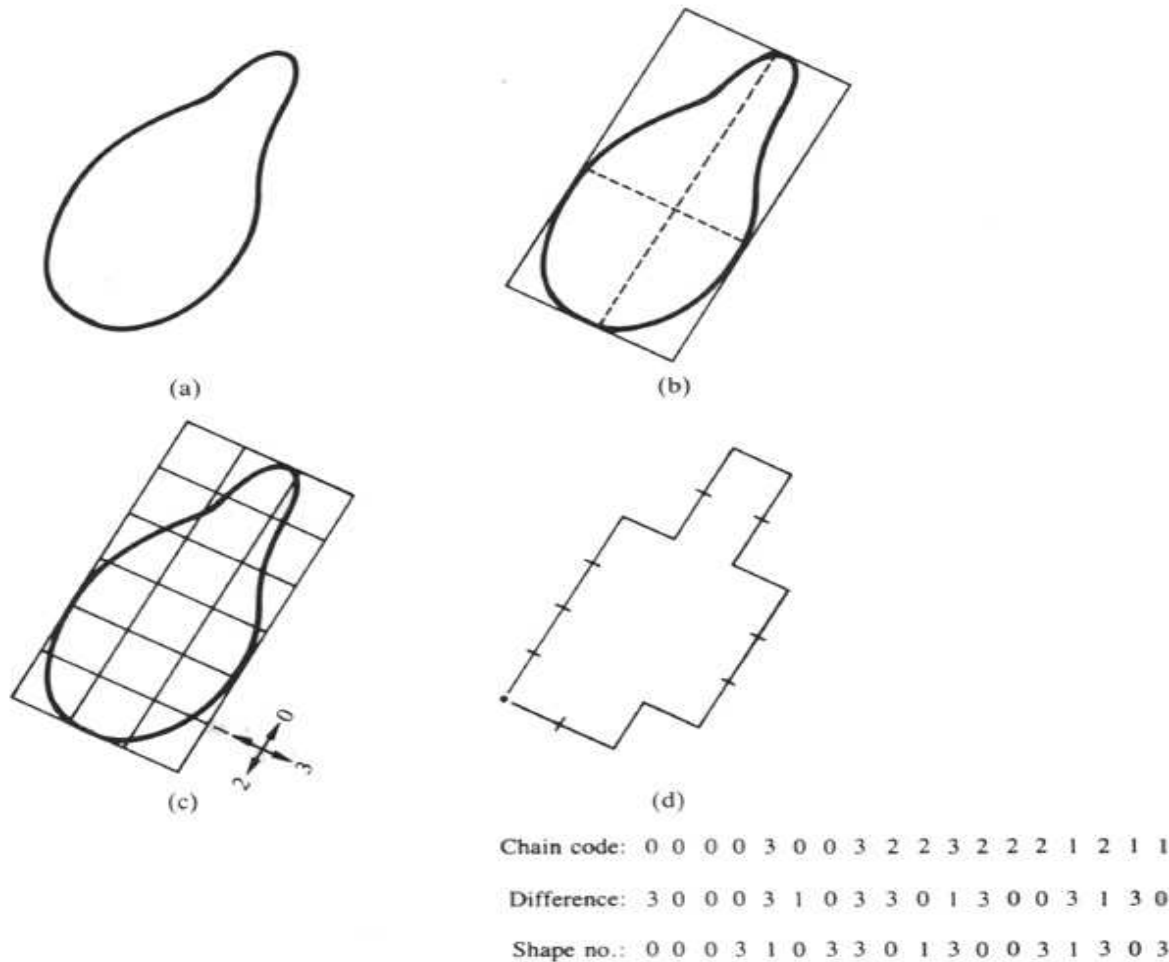
Processamento de Alto Nível

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



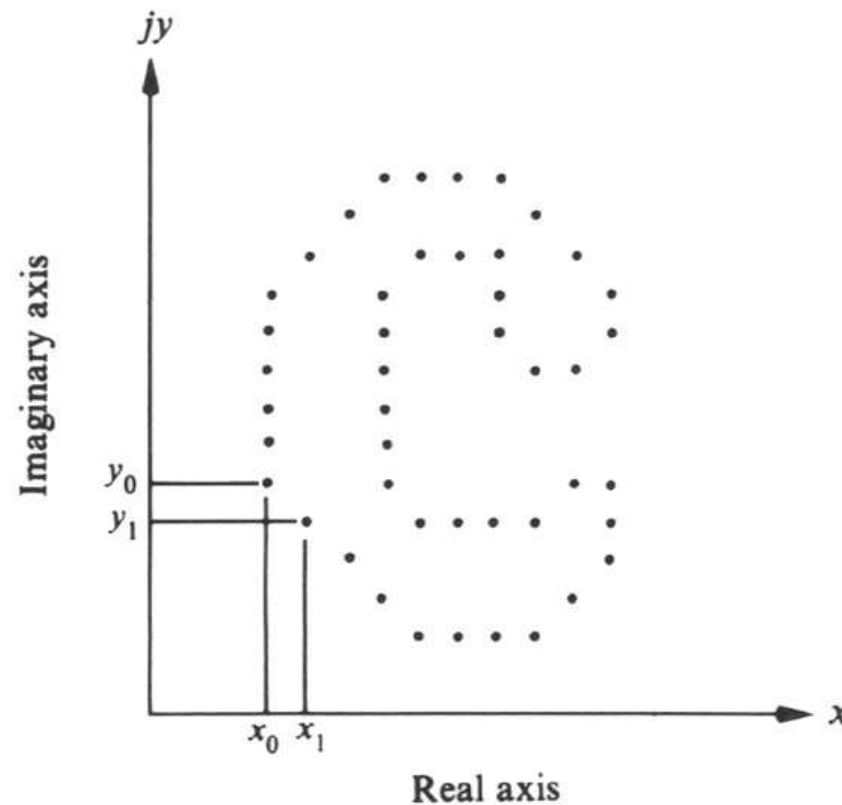
Processamento de Alto Nível

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

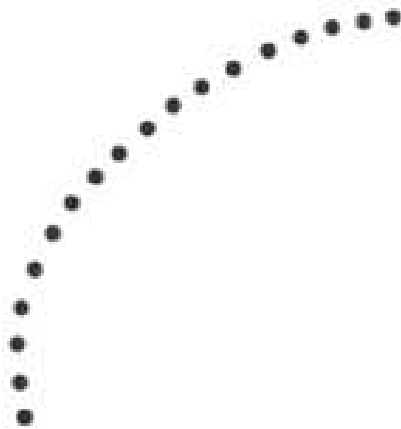


Processamento de Alto Nível

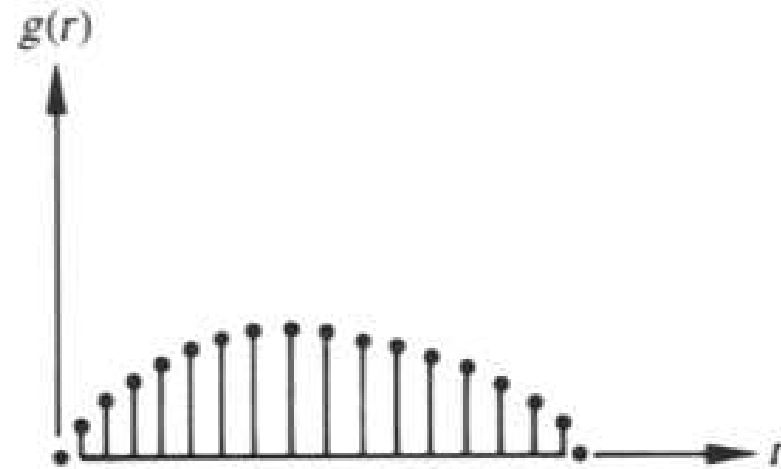
- **Outros descritores de Borda**
 - **Descritores de Fourier**



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



(a)



(b)

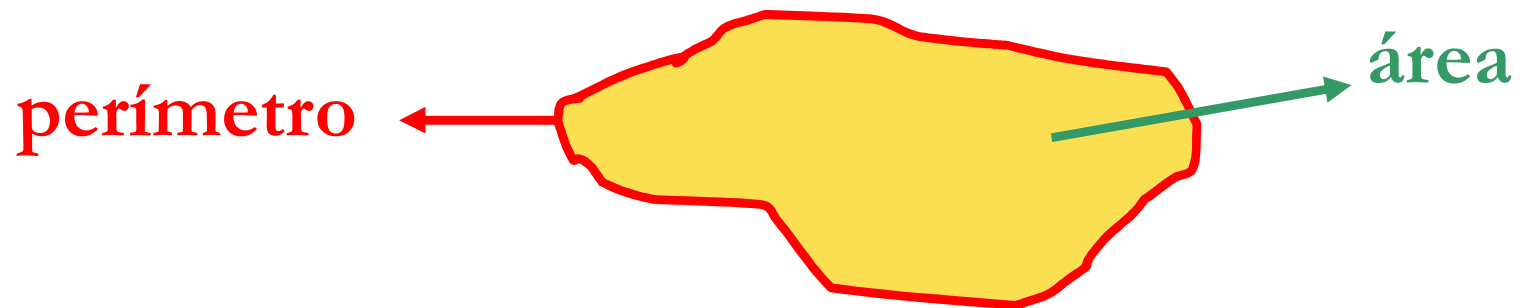
- **Análise de forma**

- 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.

- **Descritores de Região**

- **Área**

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



- **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

- **Descritores de Região**

- **Retangularidade**

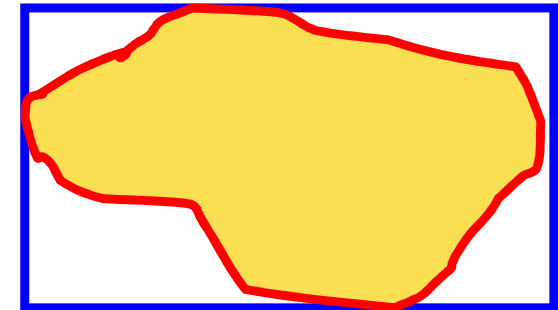
$$R = \frac{A_O}{A_R}$$

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**

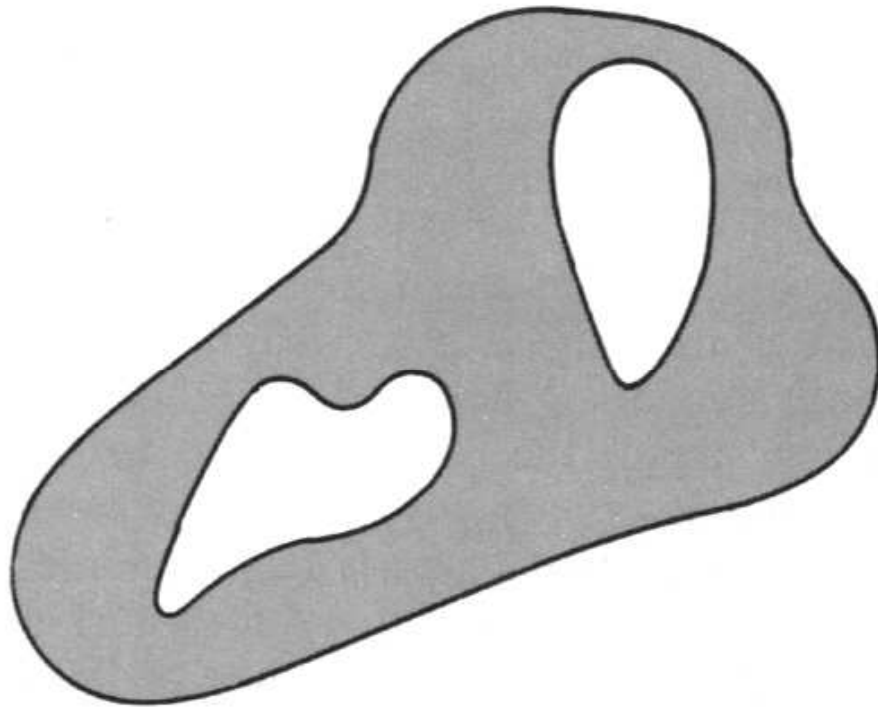
- **Razão de aspecto**

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

- 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.

- **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)

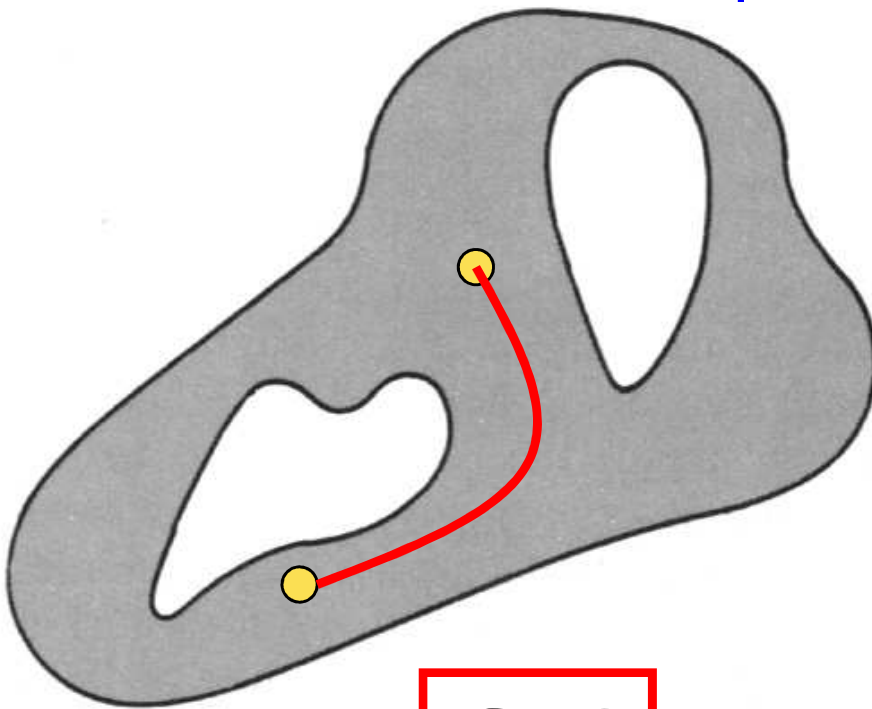
- subconjunto de tamanho máximo tal que quaisquer dois de seus pontos podem ser ligados por uma curva conectada desenhada totalmente dentro do subconjunto.

Processamento de Alto Nível

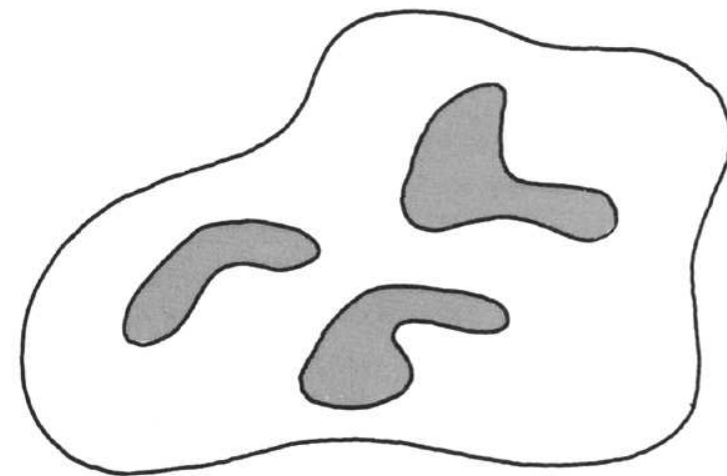
- **Descritores de Região**

- **Descritores topológicos**

- Número de componentes conectados (C)



C=1



C=3

- **Descritores de Região**

- **Descritores topológicos**

- Número de Euler

$$E = C - H$$

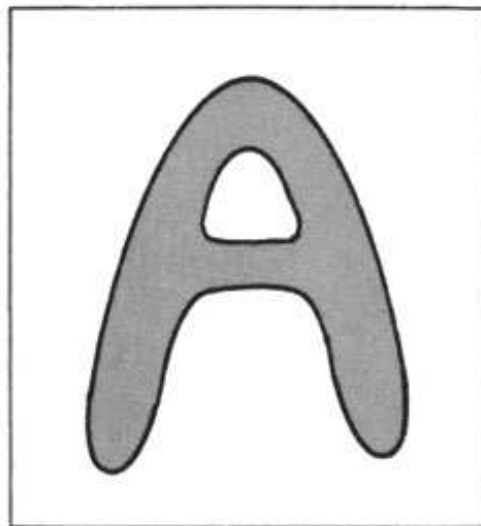
onde:

C = número de componentes conectados

H = número de buracos.

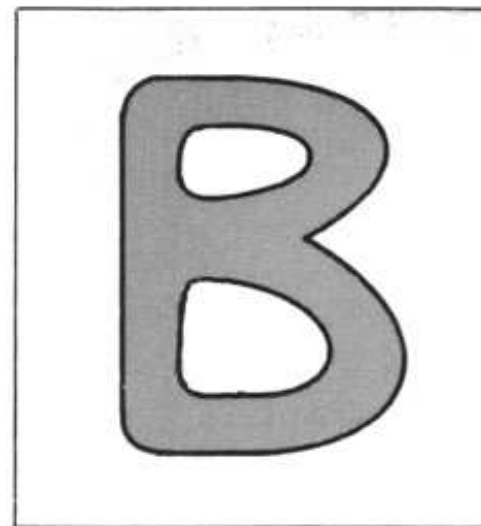
Processamento de Alto Nível

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



(a)

$$E=0$$



(b)

$$E=-1$$

- **Descritores de Região**

- **Descritores topológicos**

- Número de Euler - Exemplos

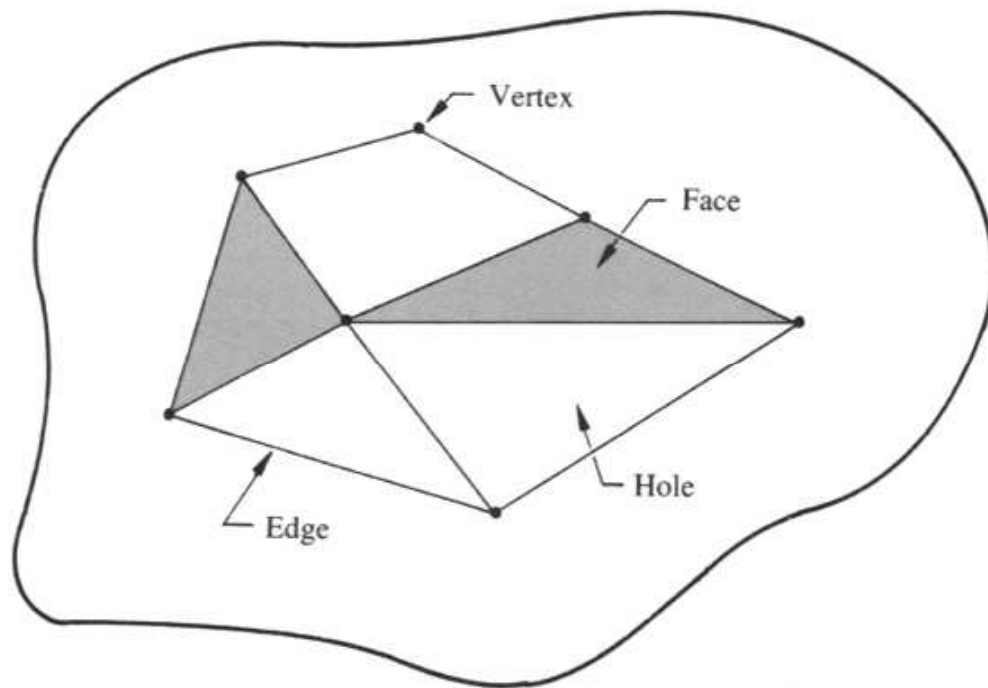
- Regiões representadas por segmentos de reta têm interpretação particularmente simples.
- Frequentemente é importante classificar as regiões interiores em faces e buracos.

- **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

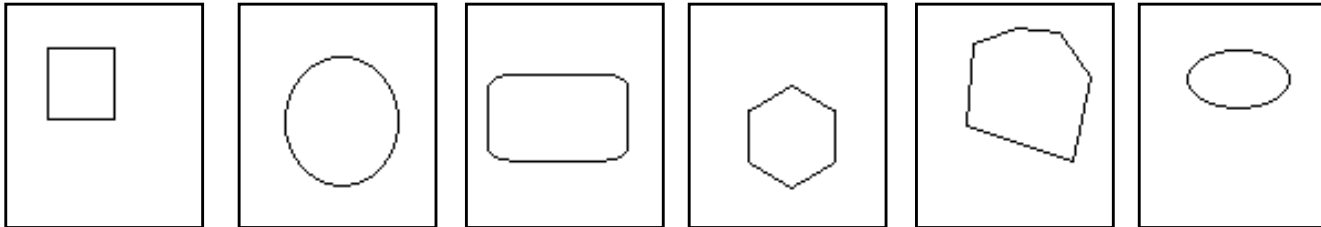


$$\begin{aligned} E - W + F &= \\ 11 - 7 + 2 &= \\ 6 &= \end{aligned}$$

Exercícios (para entregar)

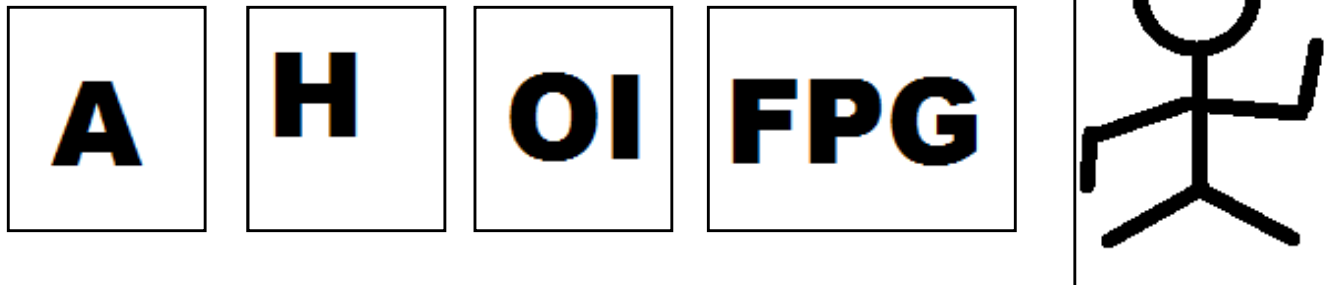
- 1) Implemente um algoritmo que considere a borda de um objeto representado em uma imagem e devolva a assinatura deste objeto.
- 2) Implemente um programa que invoque o algoritmo do exercício 1, analise a assinatura e imprima se a figura está mais próxima de um quadrado, retângulo ou círculo. Deve ser 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:





Fundamentos de Processamento Gráfico

Aula 9 – Representação e Descrição

Profa. Fátima Nunes