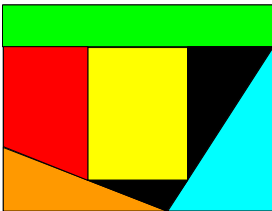




# Segmentação de imagens

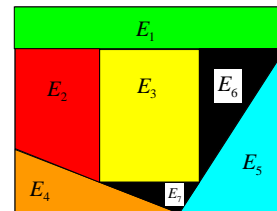
## Segmentação de imagens

- Segmentar uma imagem é criar uma partição finita do domínio da imagem



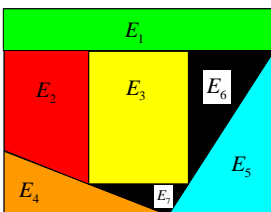
## Segmentação de imagens

- Partição:  $\Omega = \{E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7\}$



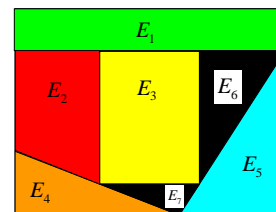
## Segmentação de imagens

- Partição:  $\bigcup E_i = E$



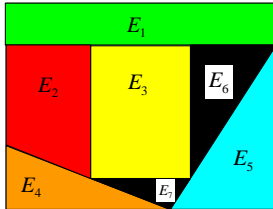
## Segmentação de imagens

- Partição:  $E_i \cap E_j = \emptyset \quad i \neq j$



## Segmentação de imagens

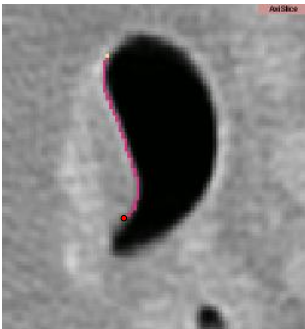
- Condição:  $\forall i, E_i$  é conexo



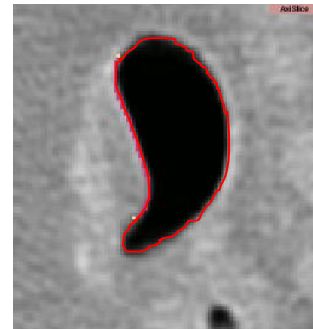
## Como criar as partições?

- Usando interfaces com canetas digitalizadoras ou mouse para demarcar as partições
- Usando operadores de imagens adequados
- Usando programas de segmentação assistida/auxiliada de imagens que mesclam as interfaces de demarcação com operadores de imagens

## Segmentação manual - mouse



## Segmentação manual - mouse



## Segmentação manual

- **Vantagens**
  - Qualquer pessoa com conhecimento do que precisa ser segmentado por fazer
  - Muito IHC, pouco PDI
- **Desvantagens**
  - Trabalhoso e cansativo
  - Sujeito a erros
  - Pouco replicável

## Segmentação por PDI

- Normalmente categorizada em:
  - Segmentação por descontinuidades
    - Detecção de bordas
    - Detecção de atributos locais
    - ...
  - Segmentação por similaridades
    - Crescimento de regiões
    - Divisão e fusão
    - ...

## Segmentação por descontinuidades

- Operadores que usam máscaras para realçar algum atributo local
  - Detecção de bordas
  - Detecção de pontos isolados
  - Detecção de linhas
  - ...

## Segmentação por similaridades

- Threshold
- Crescimento de regiões
- Divisão e fusão
- ...

# Region Growing

## Crescimento de regiões

- Método de segmentação baseado em medidas de similaridade entre pixels pré-definidas
- As regiões vão surgir a partir da aglomeração de pixels que tenham características semelhantes
- Os centros de aglomeração são chamados “sementes”
- Respeita-se a conectividade dos objetos

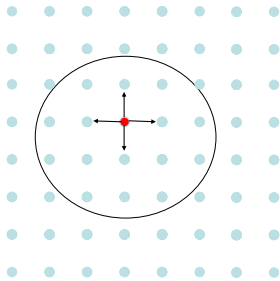
## Algoritmo: crescimento de regiões

- Atribui um rótulo para cada segmento da imagem
- **Input:** Imagem  $f$ , conjunto de sementes,  $K$  (conectividade), função de similaridade
- **Output:** Imagem  $g$

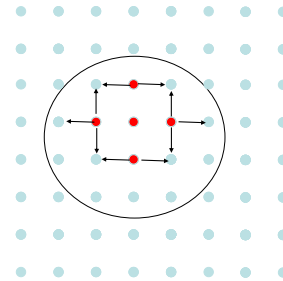
## Crescimento de regiões

- Inicia-se o procedimento com um conjunto de componentes conexas (“sementes”)
- Escolhe-se uma semente do conjunto e agrupa-se, por busca em largura, pixels que tenham propriedades semelhantes aos pixels da semente
- Quando não houver mais pontos a serem agrupados, escolhe-se uma nova semente do conjunto inicial.

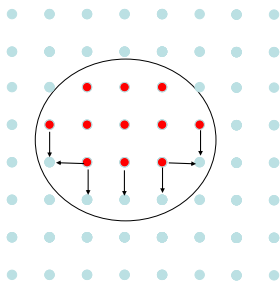
### Crescimento de regiões



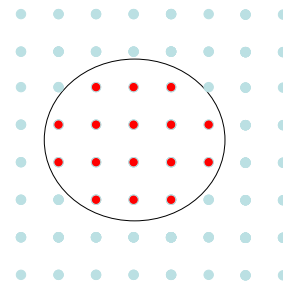
### Crescimento de regiões



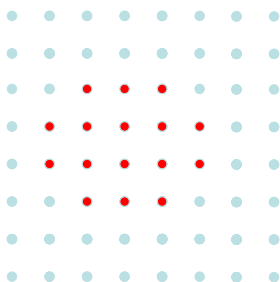
### Crescimento de regiões



### Crescimento de regiões



### Crescimento de regiões



### Crescimento de regiões

- Critérios possíveis de similaridade:
  - intensidade dos pixels
  - cor
  - textura
  - suavidade
- Podem ser expressos através de critérios lógicos, analíticos e estatísticos

## Brice e Fenema - Algoritmo

- Pontos vizinhos são conectados agrupados se eles têm o mesmo valor
- Heurística da fagocitose: regiões maiores absorvem as menores se um certo critério  $C_2$  que envolve o comprimento de fronteiras é satisfeito
- Regiões adjacentes são agrupadas se um outro critério  $C_3$  é satisfeito

## Brice e Fenema - Algoritmo

- Heurística da fagocitose:

$$\frac{|W|}{\min\{|P_1|, |P_2|\}} > \varepsilon_p \quad \varepsilon_p = \frac{1}{2}$$

- $|W|$  é o comprimento das bordas fracas entre as duas regiões examinadas
- $|P_1|, |P_2|$  é o comprimento das bordas das regiões  $R_1$  e  $R_2$

## Brice e Fenema - Algoritmo

- Regiões adjacentes cuja fronteira é fraca são ligadas segundo:

$$\frac{|W|}{|I|} > \varepsilon_w \quad \varepsilon_w = \frac{3}{4}$$

- $|W|$  é o comprimento das bordas fracas entre as duas regiões examinadas
- $|I|$  é o comprimento da bordas entre as regiões  $R_1$  e  $R_2$

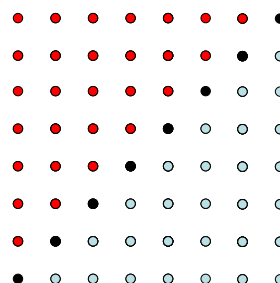
## Crescimento de regiões

- Há inumeros problemas com essa técnica:
- Técnicas de aglomeração tendem a depender fortemente do conjunto inicial de sementes
- Isso acontece, principalmente, pois as regiões que são processadas primeiro tendem a ganhar em situações de conflito

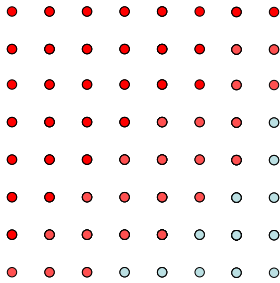
## Crescimento de regiões

- O critério de crescimento, normalmente não depende da história anterior do crescimento
- Problemas sérios podem acontecer caso a semente seja escolhida próximo, ou na borda de uma região

## Crescimento de regiões



## Crescimento de regiões

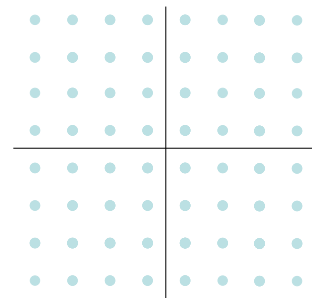


## Split and Merge

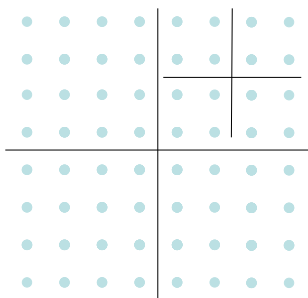
### Divisão e fusão

- Método heterárquico para segmentar imagens
- Aplica-se um processo top-down de divisão da imagem seguindo um critério pré-determinado
- Depois aplica-se a fusão bottom-up para agrupar os pixels segundo um outro critério

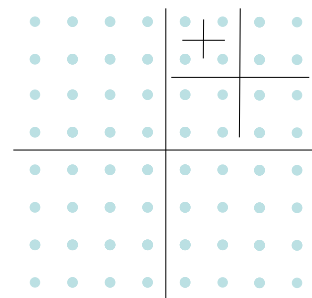
### Divisão



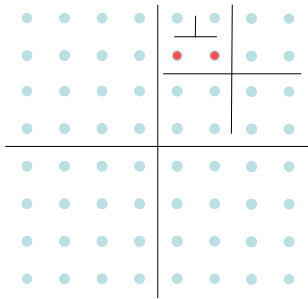
### Divisão



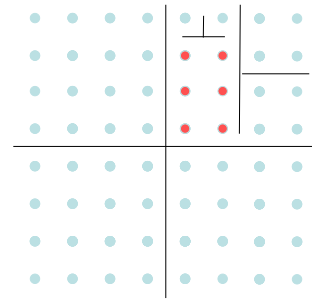
### Divisão (quadtree)



## Fusão



## Fusão



## Segmentação por similaridades

- Cada parte da partição deve satisfazer a um critério que vale para todos os pontos daquela parte
- Esse critério é normalmente chamado de “**predicado de uniformidade**”
- O predicado de uniformidade é uma frase lógica que é válida se todos os pontos daquela parte são “parecidos”

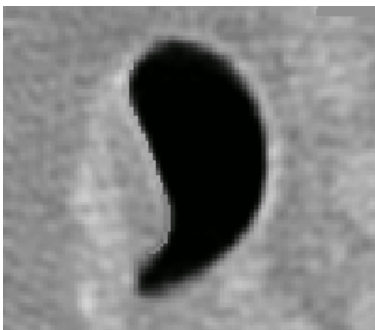
## Segmentação de imagens

- Exemplo: O predicado de uniformidade deve ser válido se todos os pontos de uma parte satisfazem:

$$|f(p)| > t$$

$$p \in E_i \subset E \quad t \in K$$

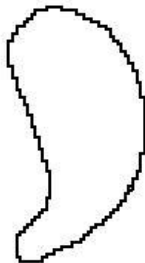
## Threshold



## Threshold: 82



## Threshold (bordas)



## Segmentação por similaridades

- Operador threshold com limiar 82



## Segmentação de regiões

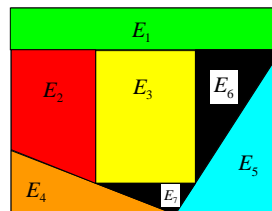
- Exemplo: O predicado de uniformidade deve ser válido se todos os pontos de uma parte satisfazem:

$$|f(p) - f(q)| < t \quad t \in K$$

$$p, q \in N_G(p), p, q \in E_i \subset E$$

## Segmentação de regiões

- Condição:  $P(E_i \cup E_j) = F$  para partes adjacentes



## Segmentação de imagens

- Da Lógica Matemática, o predicado de uniformidade é um **predicado de segunda ordem**
- Eles são chamados assim pois são predicados sobre conjuntos e têm um **predicado de primeira ordem** (sentença lógica sobre um elemento de um conjunto) como argumento

## Segmentação via DPI

- Vantagens
  - É reprodutível
  - É feito exclusivamente pela máquina (não está sujeito a problemas de cansaço)
  - É rápido e, normalmente, preciso
- Desvantagens
  - Não é fácil chegar a uma solução, em geral, requer um profissional experiente

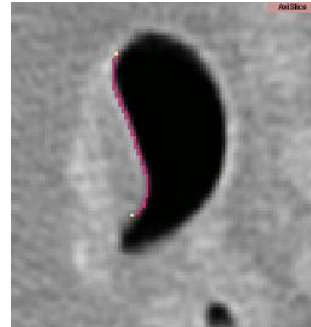


## Classificação de regiões

- No contexto da teoria de Aprendizado Estatístico e Computacional, dois tipos de técnicas são conhecidas:
  - Aprendizado supervisionado: quando sabe-se de antemão a classificação de um certo objeto
  - Aprendizado não-supervisionado: quando a classificação é desconhecida

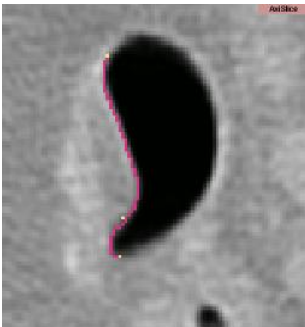
## Segmentação assistida

Escolhem-se pontos ao longo do objeto



## Segmentação assistida

Por meio de um algoritmo de seguir um caminho de custo mínimo, a borda vai sendo calculada de um ponto ao outro do caminho



## Segmentação assistida

Escolhem-se pontos ao longo do objeto e, por meio de um algoritmo de seguir um caminho de custo mínimo



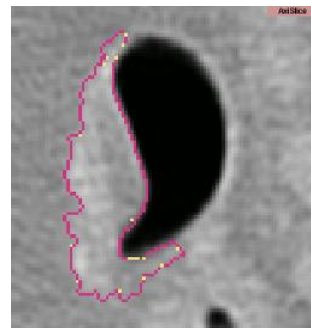
## Segmentação assistida

Por meio de um algoritmo de seguir um caminho de custo mínimo, a borda vai sendo calculada de um ponto ao outro do caminho

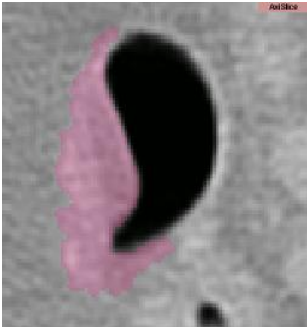


## Segmentação assistida

Por meio de um algoritmo de seguir um caminho de custo mínimo, a borda vai sendo calculada de um ponto ao outro do caminho



## Segmentação assistida



## Morfologia Matemática

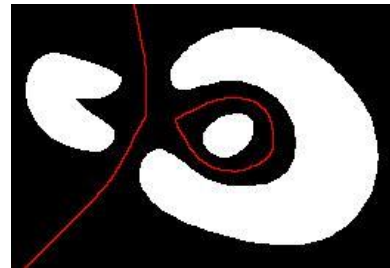
### Zona de Influência Geodésica

- Dada uma família de componentes  $Y_i$  em  $X$ , a Zona de influência geodésica de uma componente  $Y_i$  em  $X$  é o conjunto:

$$skiz(Y_i/X) = \{x \in X, \forall j, j \neq i, d_X(x, Y_i) \leq d(x, Y_j)\}$$

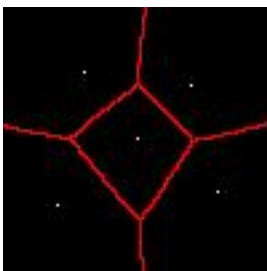
### Zona de Influência Geodésica

- Diagrama de Voronoi generalizado



### Zona de Influência Geodésica

- Diagrama de Voronoi generalizado



### Watershed

- $R_h \subset E$  é um mínimo regional de altura  $h$  se  $R_h$  é conexo e:
 
$$f(p) = h, \forall p \in R_h, f \in K^E$$
- $RM_h(f)$  é conjunto dos mínimos regionais de  $f$  de altura  $h$ .
- Seção inferior de  $f$  no nível  $h$

$$f^h = \{x \in E : f(x) \leq h\}$$

## Watershed

- Conjunto  $X_{h_{max}}$  dado pela recorrência:

$$X_{h_{min}} = f^{h_{min}}(f)$$

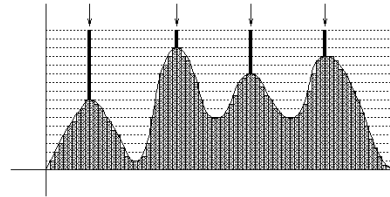
$$X_{h+1} = RM_{h+1}(f) \cup skiz(X_h / f^{h+1})$$

é o conjunto das bacias de captação de  $f$

- O conjunto complementar é o watershed

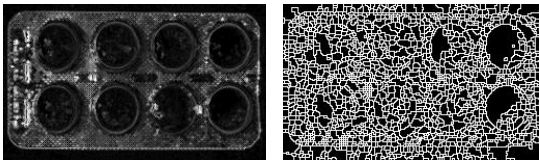
## Watershed

- Calcula as linhas de partição de águas de uma imagem vista como um gráfico de uma função



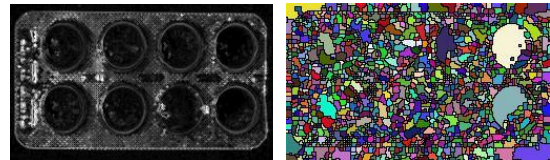
## Watershed

- Calcula as linhas de partição de águas de uma imagem vista como um gráfico de uma função



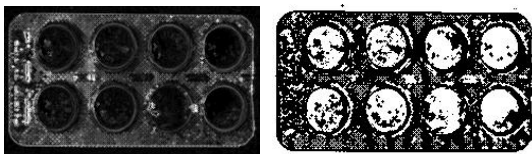
## Watershed

- Calcula as linhas de partição de águas de uma imagem vista como um gráfico de uma função



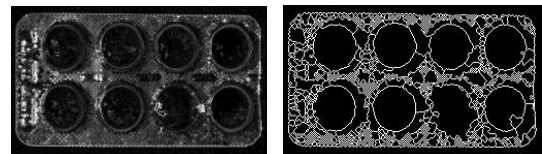
## Watershed com marcadores

- Calcula as linhas de partição de águas a partir de marcadores



## Watershed com marcadores

- Calcula as linhas de partição de águas a partir de marcadores



## Watershed

- Algoritmo do Vincent
- Demo do SegmentIt

## Qualidade de uma segmentação

- Regiões uniformes e homogêneas com respeito ao critério de segmentação
- Interior da região deve ser simples (côncavo) e não deve ter buracos pequenos
- Regiões adjacentes devem ser significativamente diferentes
- Fronteiras devem ser finas, fechadas e precisas