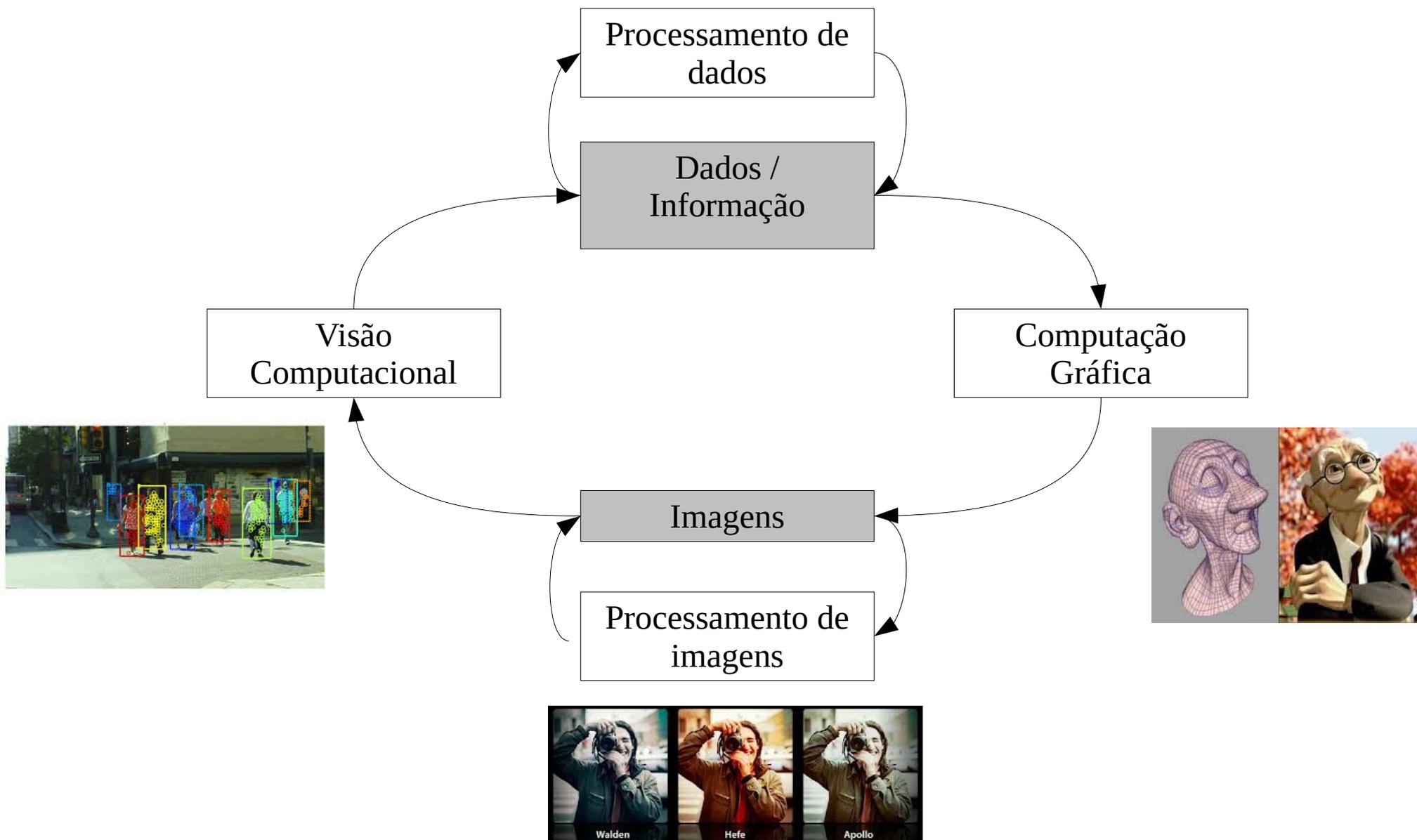


Processamento de Imagens: fundamentos



Julio C. S. Jacques Junior
juliojj@gmail.com

Fronteiras do Processamento de Imagens



Fronteiras do Processamento de Imagens

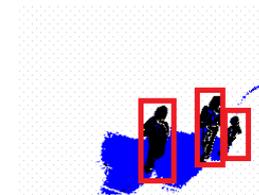
- **Baixo nível:**
 - Operações primitivas (redução de ruído, aumento de contraste, etc)
 - *Imagem* → *Imagem*
- **Nível intermediário:**
 - Segmentação, descrição e classificação de objetos.
 - *Imagem* → *Atributos* (bordas, contornos, nível de cinza)
- **Alto nível:**
 - Atribuir “sentido” à um conjunto de objetos reconhecidos



Filtragem (pré-processamento)



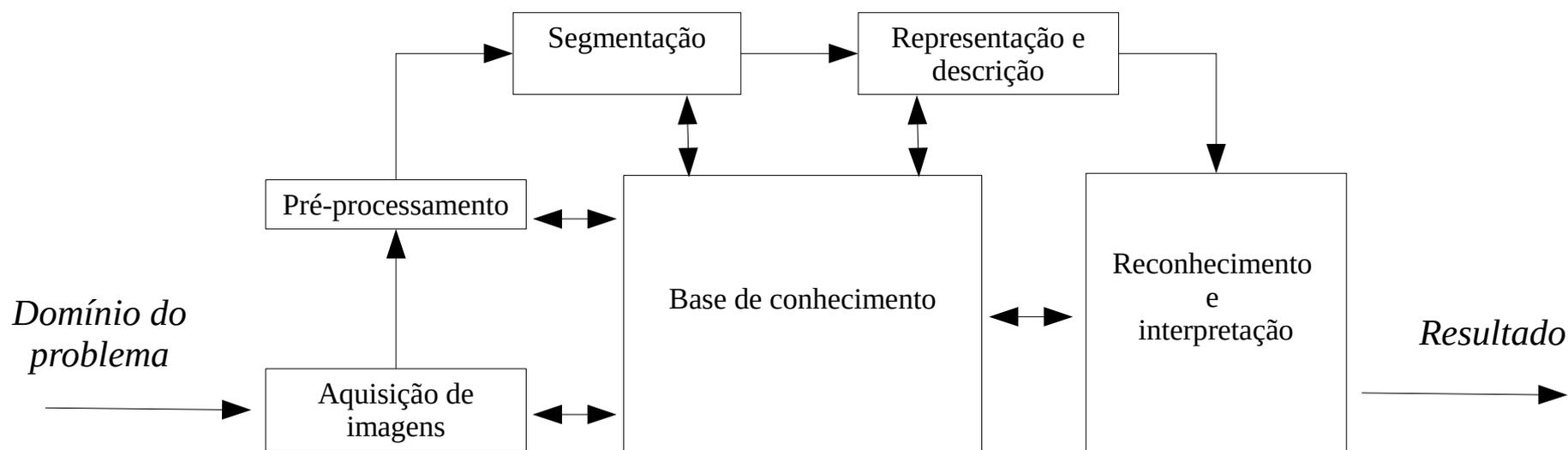
Segmentação



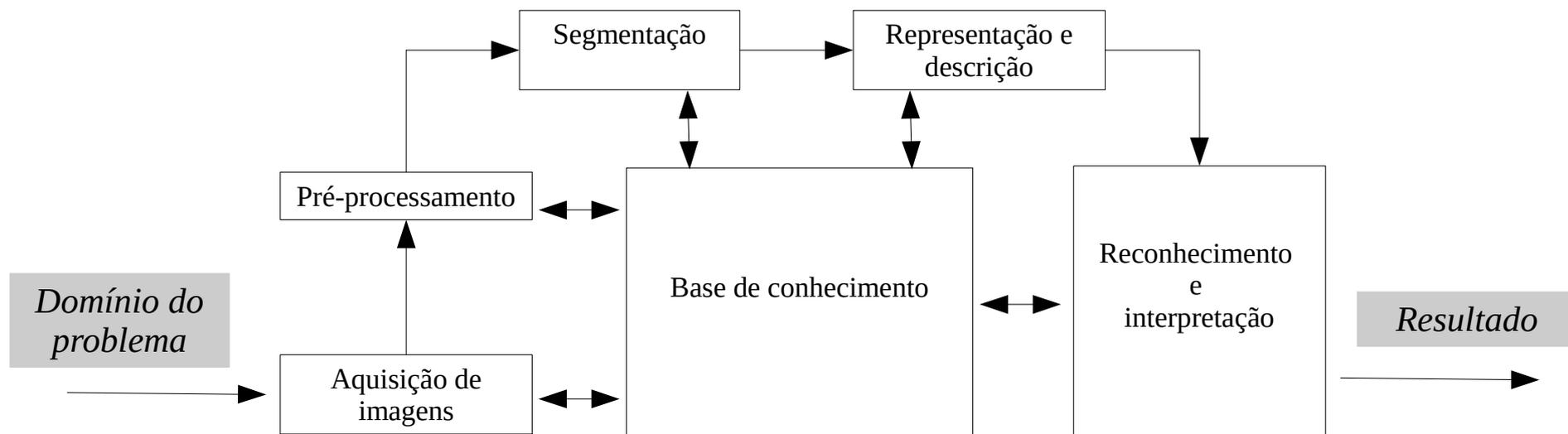
Detecção e Monitoramento

Passos Fundamentais

- Abrange ampla escala de hardware, software e fundamentos teóricos.



Passos Fundamentais

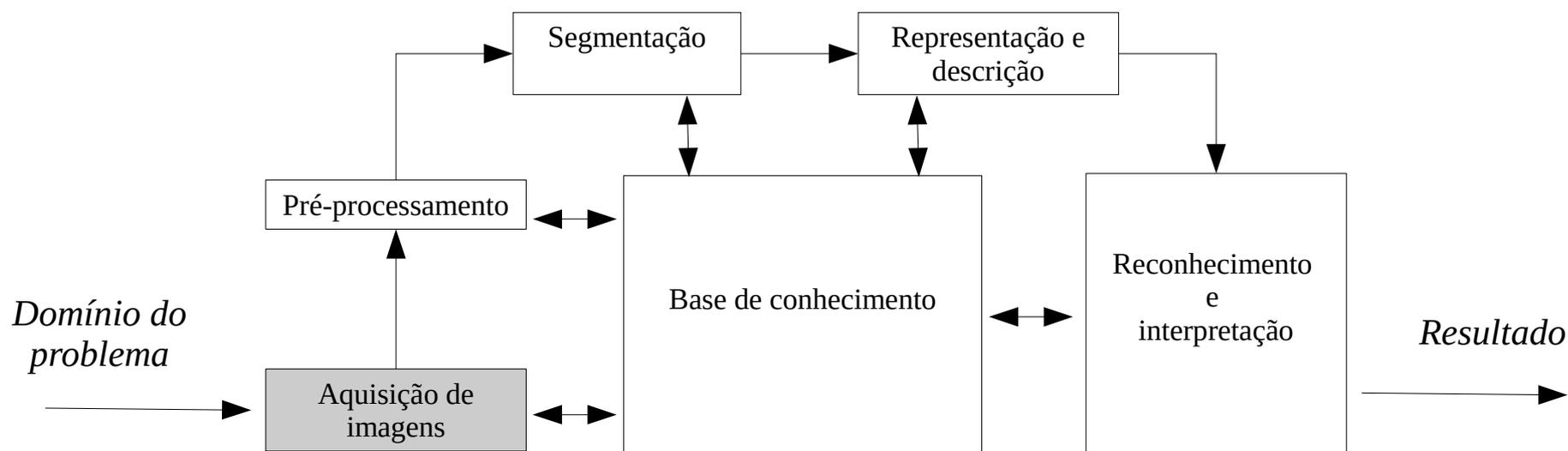


Ex: leitura automática de endereços em correspondências

Problema: ler endereço em correspondências

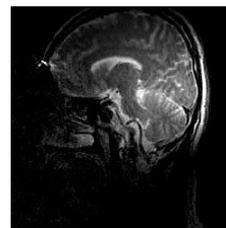
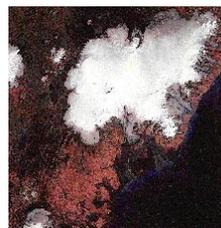
Resultado: sequência de caracteres alfanuméricos (nome da rua e número)

Passos Fundamentais

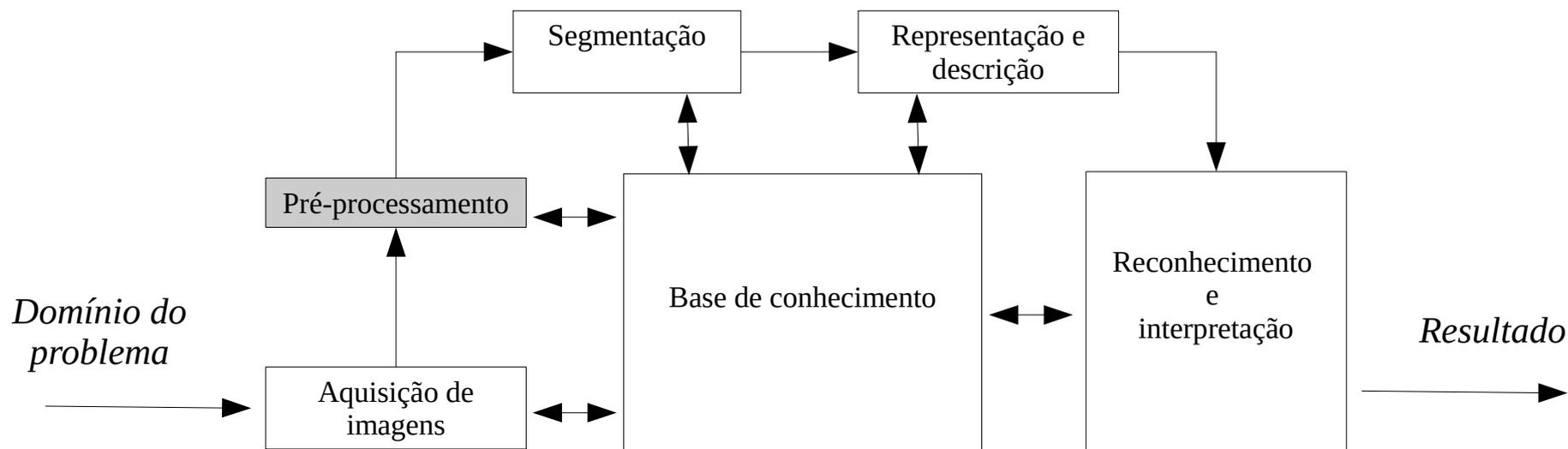


A natureza do sensor e da imagem que ele produz são determinadas pela aplicação

- satélite
- ressonância magnética
- máquina fotográfica

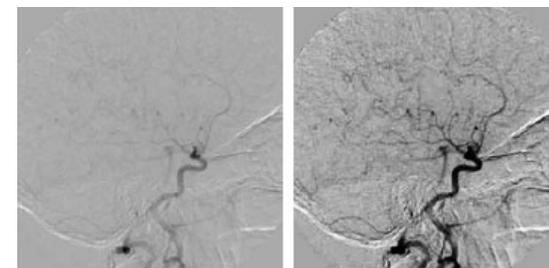


Passos Fundamentais

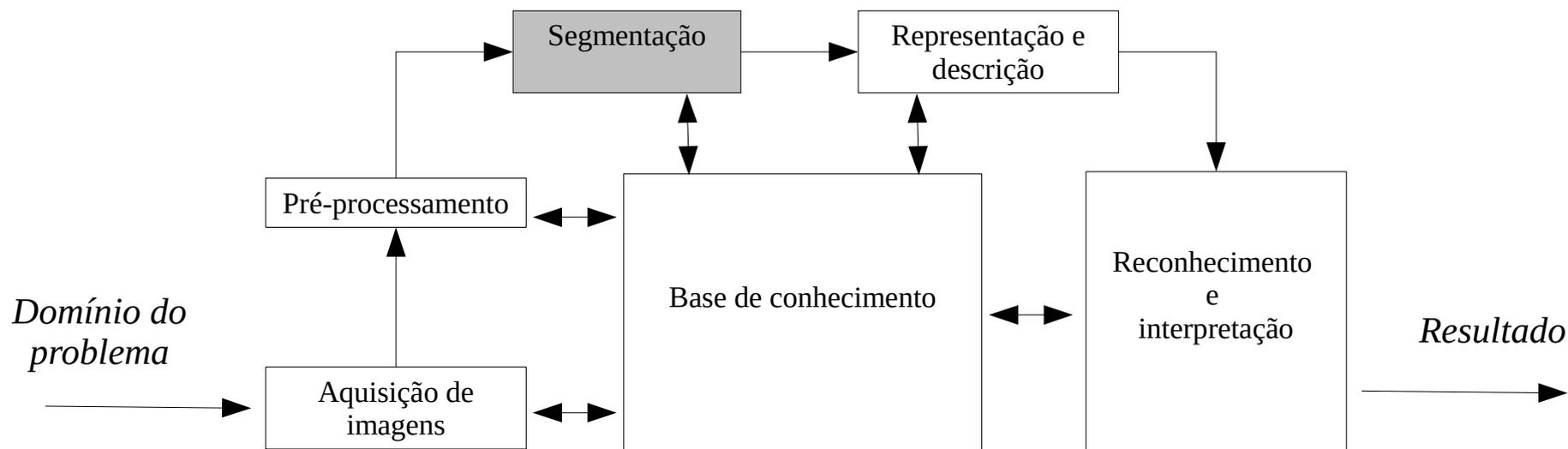


Melhorar a imagem de forma a aumentar as chances para o sucesso dos processos seguintes.

- realce de contraste
- diminuição de ruído
- regiões de interesse



Passos Fundamentais



Particiona a imagem em partes constituintes ou objetos.

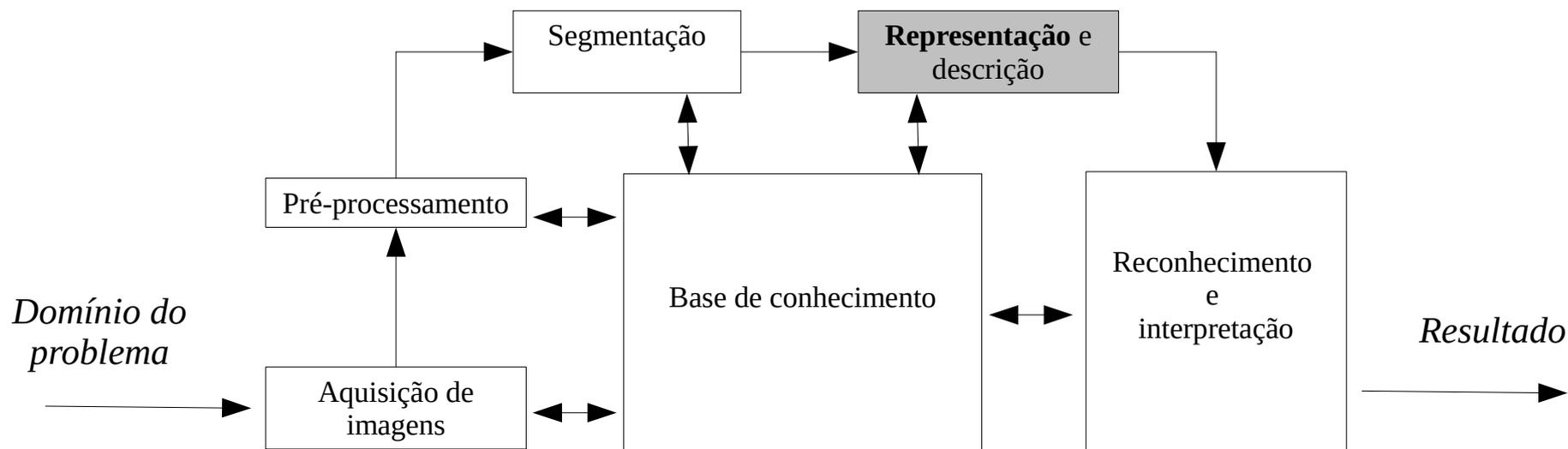
Ex.:



(a) grupo de pixels que pertencem ao fundo da imagem

(b) grupo de pixels que pertencem aos caracteres alfanuméricos em análise

Passos Fundamentais



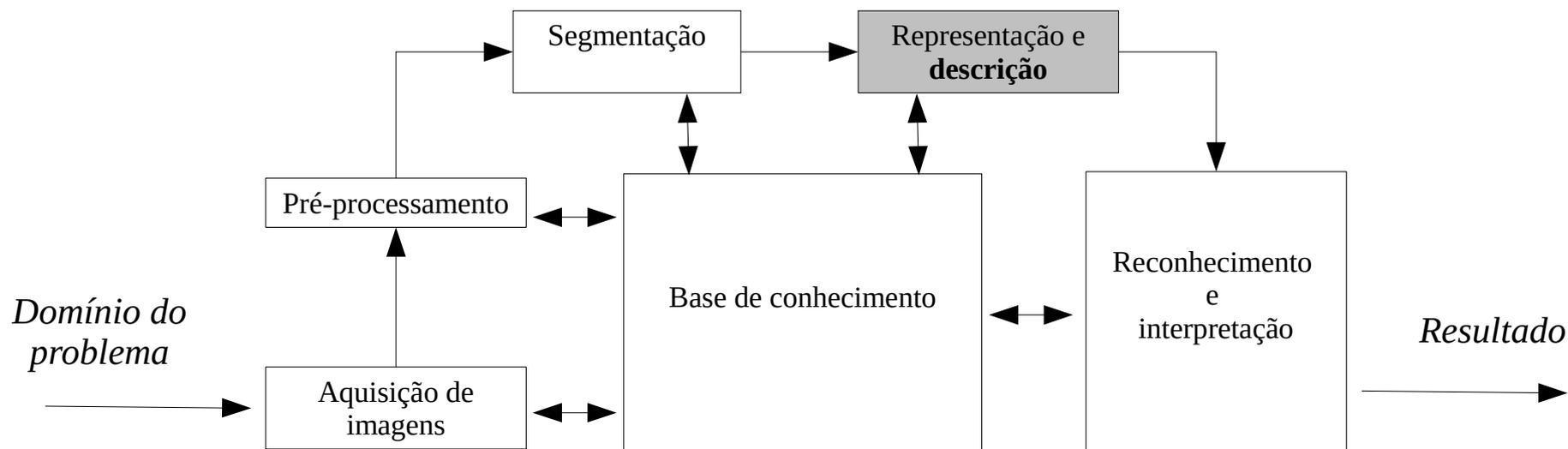
Representação: normalmente está associada ao resultado da segmentação. Forma como desejamos representar os objetos que estamos analisando

- **Contorno dos objetos** (forma externa dos objetos: perímetro, quinas, etc)
- **Região dos objetos** (propriedades internas dos objetos: textura, esqueleto, etc)

Em algumas aplicações, essas representações podem se complementar.



Passos Fundamentais



Descrição: seleção de características ou atributos que irão resultar em alguma informação quantitativa de interesse, ou será base para diferenciar uma classe de outras classes de objetos.

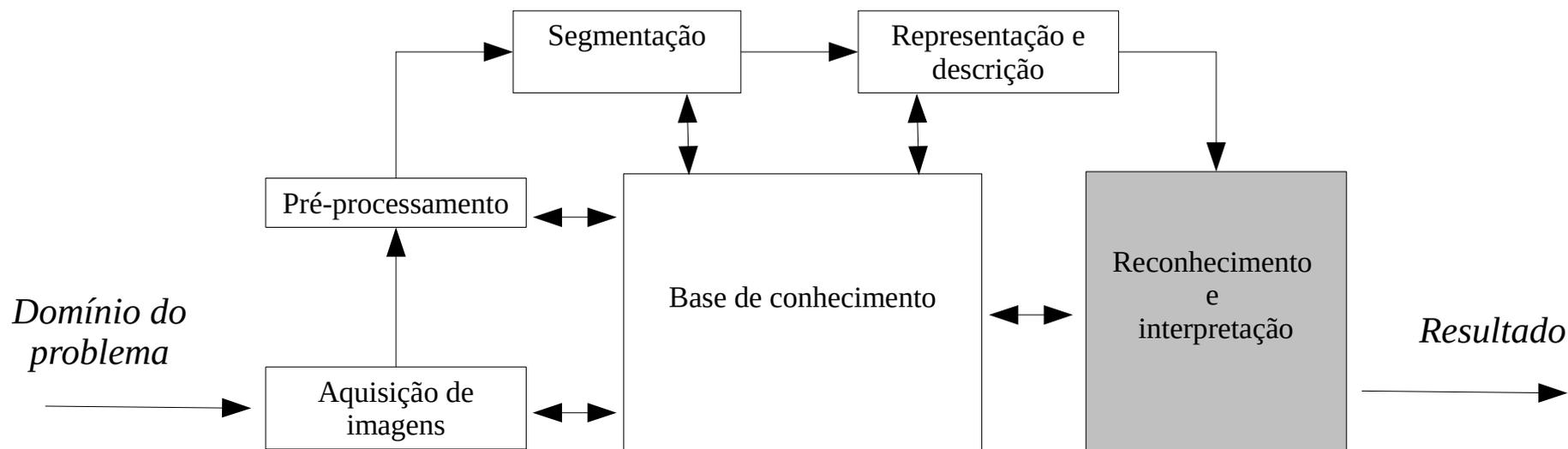
Ex.: buracos e concavidades são características relevantes em reconhecimento de caracteres.

Ex.: área de uma região, perímetro de um contorno, etc.

Ex.: distância média dos pontos da borda em relação ao ponto do centro, etc.



Passos Fundamentais

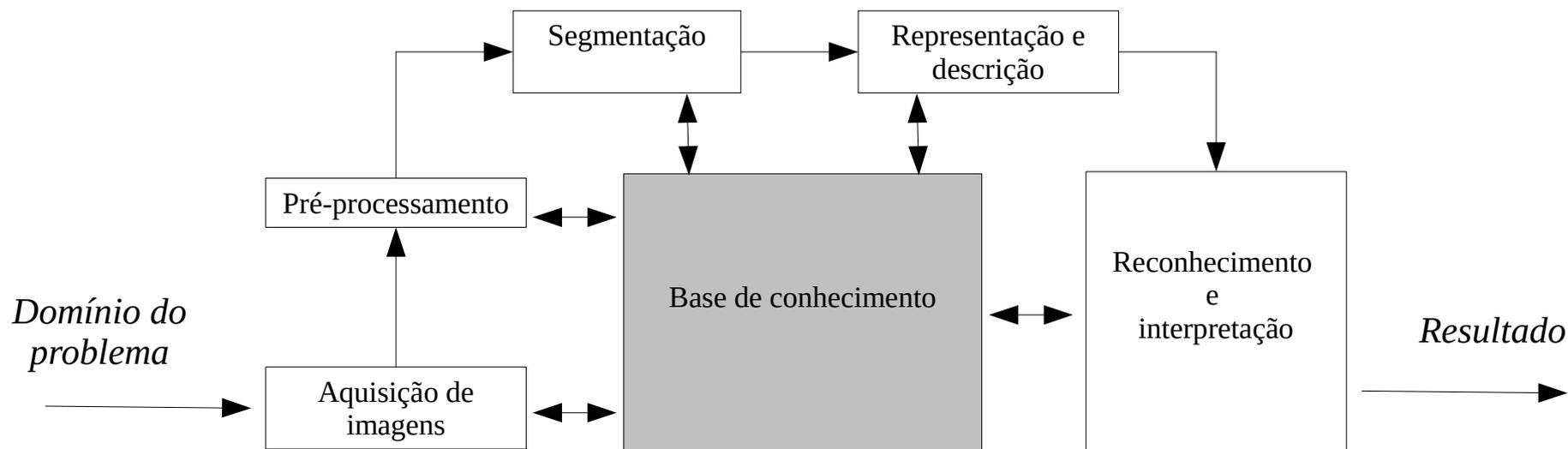


Processo que atribui um rótulo a um objeto identificado, com base em seus descritores

Ex.: “isso é a letra A”

“esses caracteres compõem o nome da rua, e aqueles outros compõem o número da casa”

Passos Fundamentais

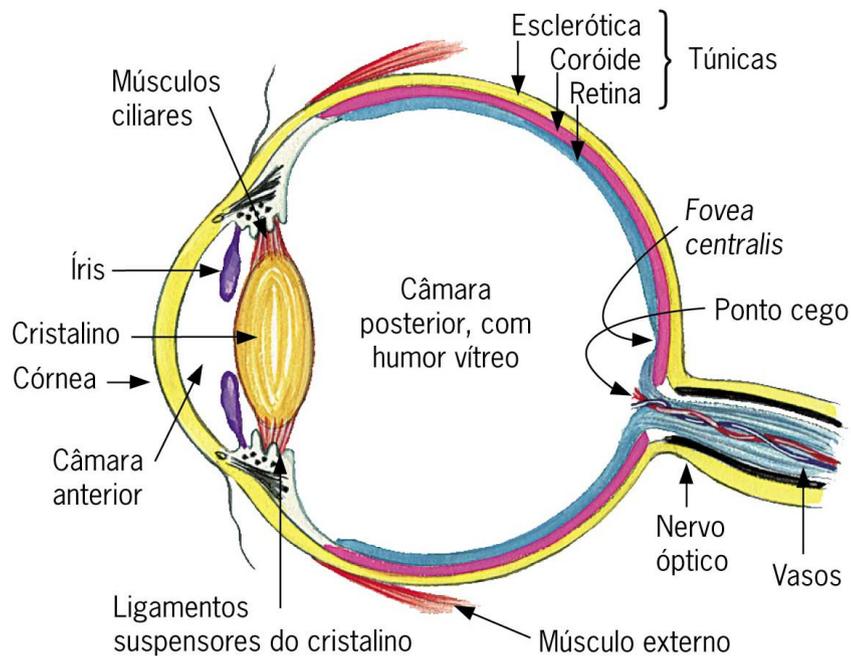


Conhecimento sobre o problema a ser resolvido. Deve guiar o funcionamento de cada etapa e permitir realimentação entre elas.

Ex.: Logradouro sem número (emitir alerta ou segmentar novamente)

Elementos de percepção visual

Estrutura do olho humano:



Iris: controla quantidade de luz que entra no olho.

Pupila: varia aproximadamente de 2mm a 8mm



Receptores de luz situados na retina:

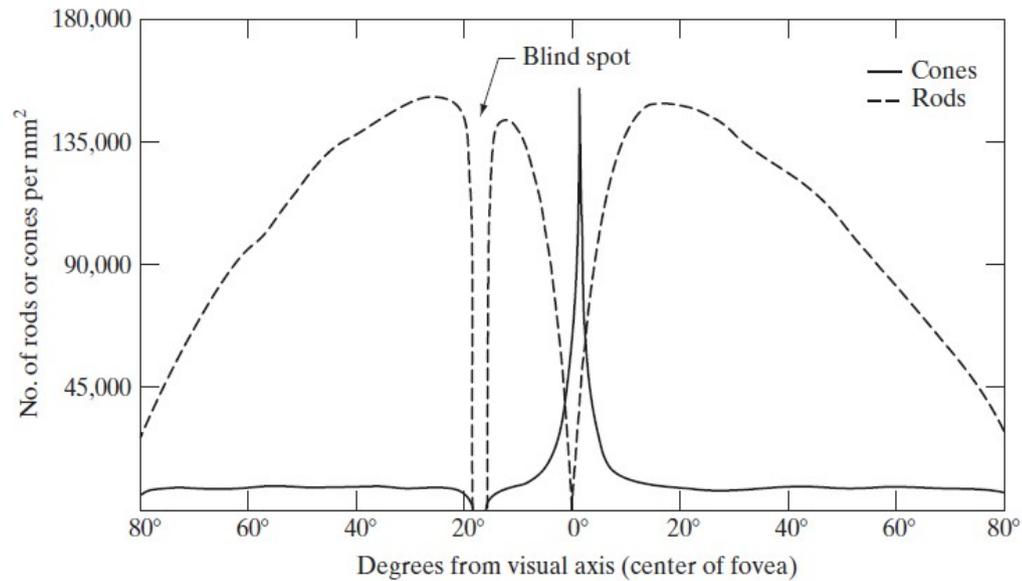
- **Cones** (6 a 7 milhões, posicionados na região central da retina, *fóvea*). Sensíveis a cores e também a pequenos detalhes (porque cada um é conectado à sua própria fibra nervosa). Visão de luz clara ou fotópica.

- **Bastonetes** (75 a 150 milhões, distribuídos sobre a superfície da retina). Compartilham fibras nervosas, reduzindo a quantidade de detalhes discerníveis. Servem para dar uma visão geral do campo de visão, sensíveis a baixos níveis de iluminação. Visão de luz escura ou escotópica.

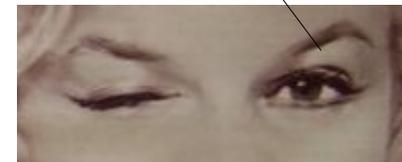
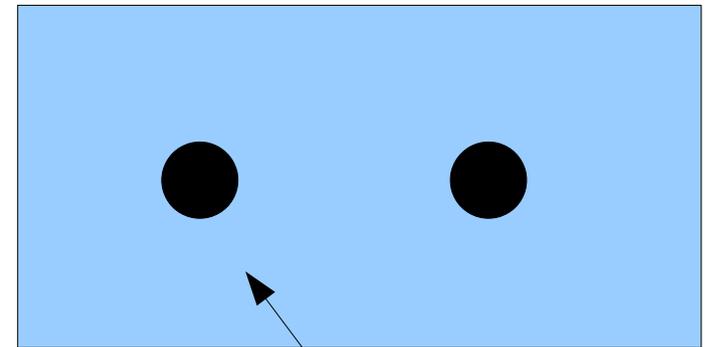
Fóvea: depressão circular (1,5mm de diâmetro) na retina (sensor)

Elementos de percepção visual

Distribuição de Cones e Bastonetes na retina:



Encontre o seu ponto cego!

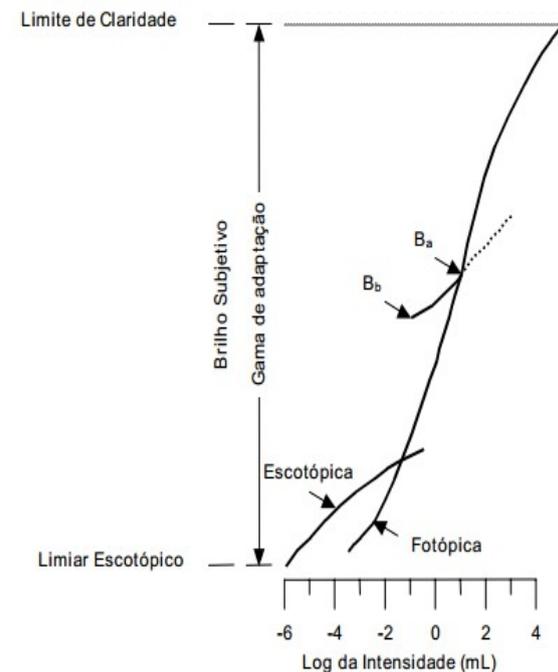


Ausência de receptores nessa área resulta no assim chamado “ponto cego”

Elementos de percepção visual

- **Adaptação ao brilho**

- A escala de níveis de intensidade luminosa aos quais o sistema visual humano pode se adaptar é enorme – na ordem de 10^{10}
- Porém, o sistema não pode operar simultaneamente ao longo de tal escala.
- Essa grande variação é conseguida através de mudanças na sensibilidade global, fenômeno conhecido como *adaptação ao brilho*.
- A escala total de níveis que podem ser simultaneamente discriminados é bastante pequena, quando comparada à escala total de adaptação.



Elementos de percepção visual

- **Discriminação a mudanças:**

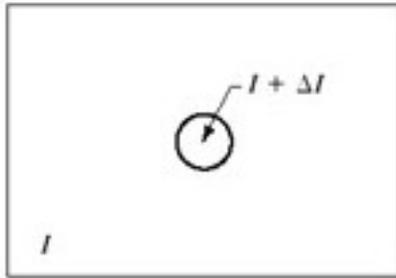
- A habilidade do olho para discriminar mudanças em brilho em qualquer nível de adaptação é também de considerável interesse

Experimento:

- Considere uma área uniformemente iluminada que seja suficientemente grande para ocupar todo campo de visão, tal como um vidro opaco que é iluminado por detrás por uma fonte de luz, cuja intensidade I pode ser variada.
- A esse campo é adicionado um incremento ΔI , na forma de um flash de curta duração, que aparece como um círculo no centro do campo uniformemente iluminado.

Elementos de percepção visual

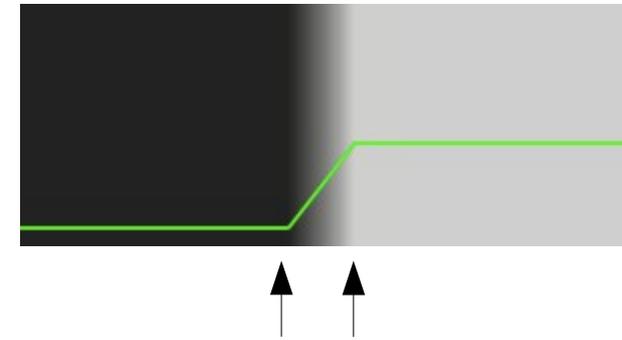
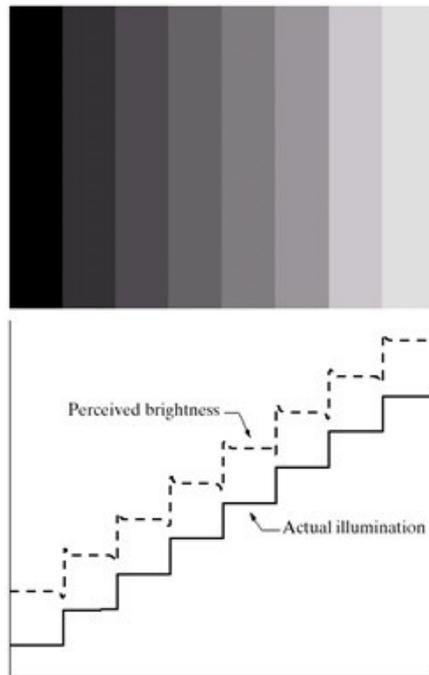
- **Adaptação ao brilho e discriminação:**



- Se ΔI não for suficiente brilhante a pessoa diz “não percebi”.
- Assim que ΔI se torna forte, poderá haver uma resposta “sim”
- Finalmente, quando ΔI for suficientemente forte, a pessoa responderá sempre “sim”, indicando uma mudança percebida.
- *Razão de Weber* = $\Delta I/I$
 - Valor pequeno → pequena mudança percentual em intensidade é discriminável (boa discriminação ao brilho → altos níveis de iluminação do fundo → desempenhada pela atividade dos cones)
 - Valor grande → grande mudança percentual é requisitada (baixos níveis de iluminação do fundo → bastonetes)

Elementos de percepção visual

- O brilho percebido não é uma função simples de intensidade
 - O sistema visual tende a subestimar ou superestimar a intensidade próxima aos contornos entre regiões

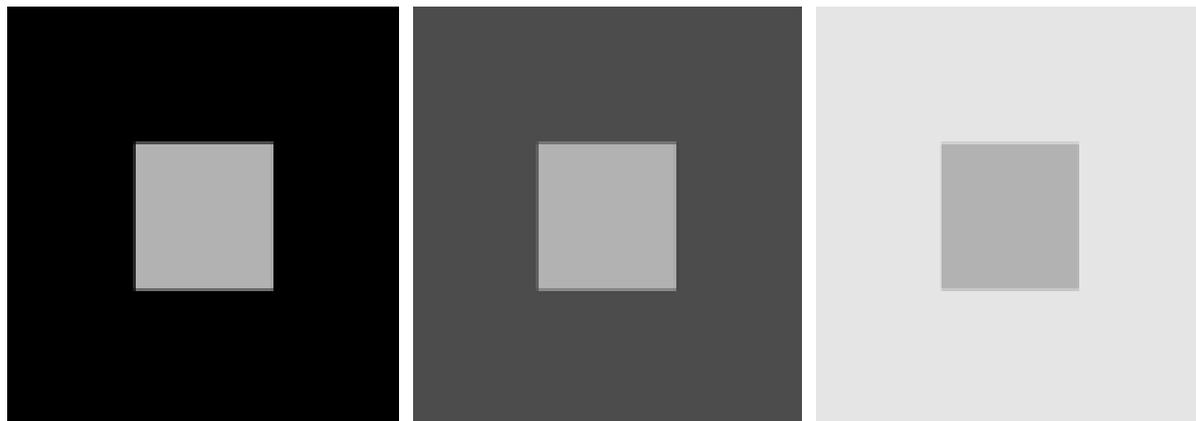


Padrão *banda de Mach* (Ernest Mach, 1865)

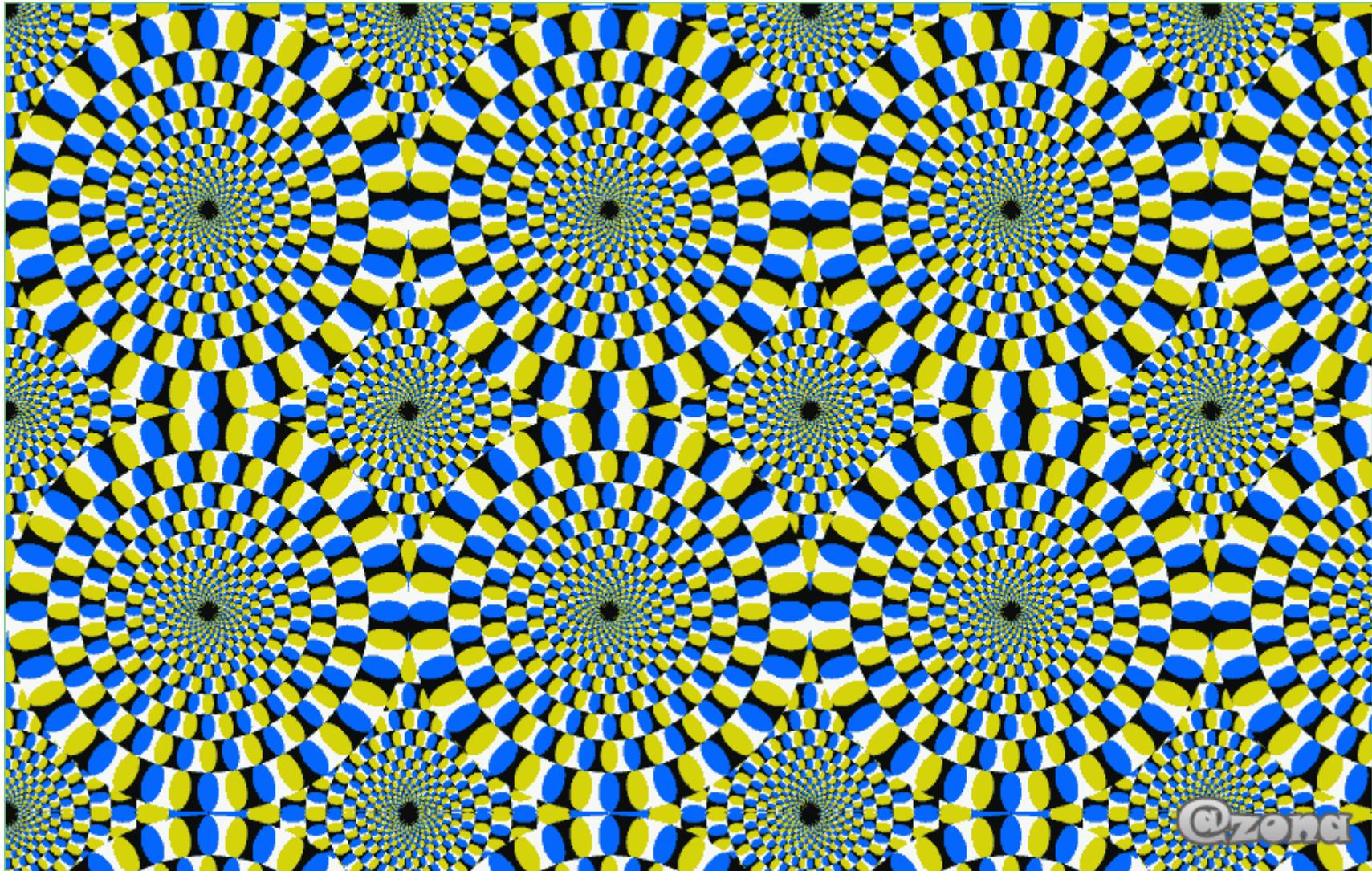
Padrão percebido: lista mais escura e outra lista mais clara

Elementos de percepção visual

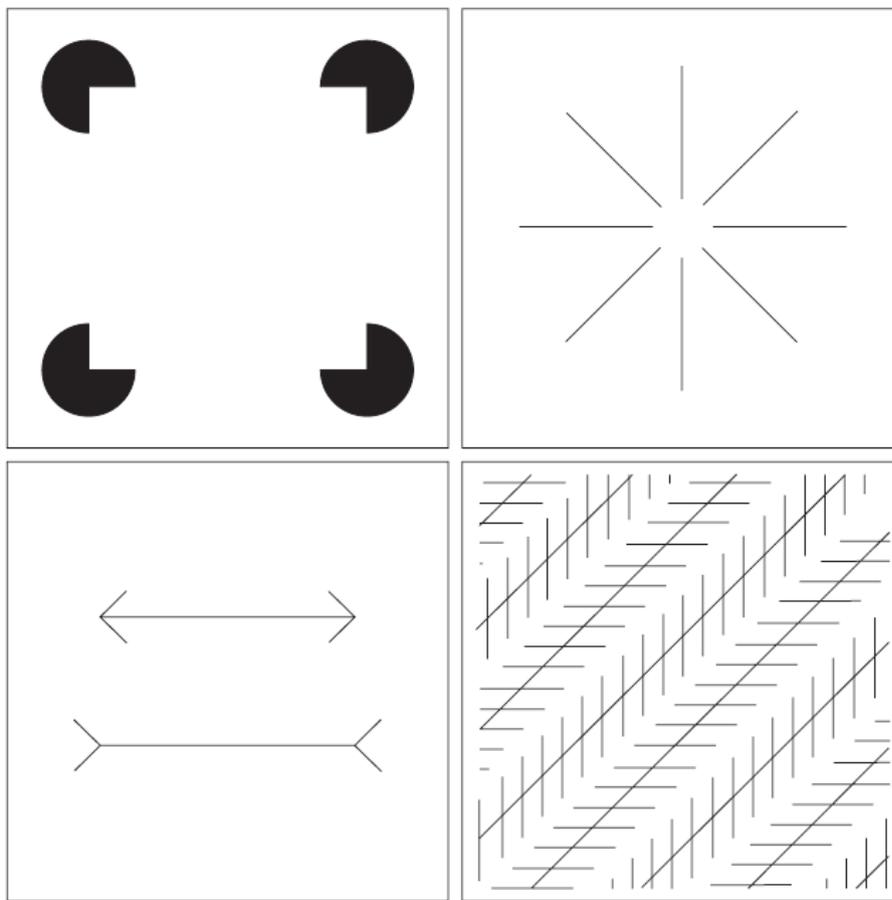
- **O brilho percebido não é uma função simples de intensidade**
 - Fenômeno chamado *contraste simultâneo*: brilho percebido em uma região não depende simplesmente de sua intensidade



Ilusões de óptica



Ilusões de óptica



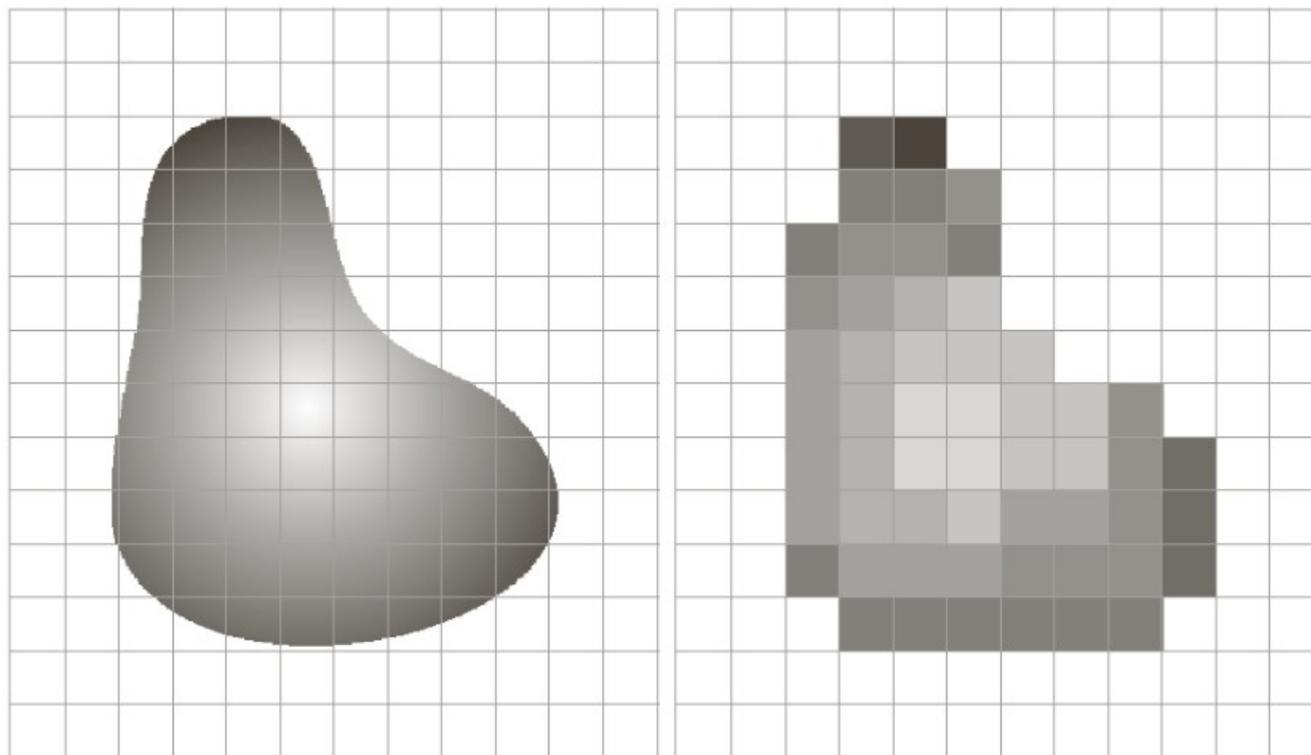
Memória subjetiva

The FedEx logo is displayed in a bold, sans-serif font. The word "Fed" is in a dark blue color, and the word "Ex" is in an orange color. A registered trademark symbol (®) is located at the end of the word "Ex".

FedEx®

Imagem digital

- Modelo simples de imagem



Contínuo

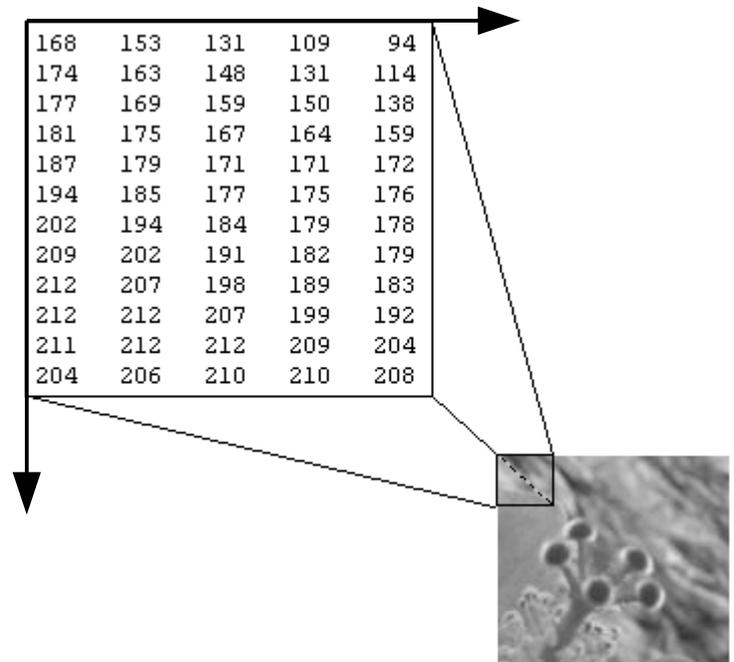
x

Discreto

Processamento de imagens digitais



- Função bidimensional $f(x,y)$
 - x , y e valor de intensidade (nível de cinza) finitos.
- Número finito de elementos, cada um com sua localização particular e valor:
 - *picture elements*,
 - *image elements*,
 - *pels*, ou *pixel*.

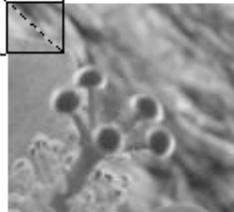


Processamento de imagens digitais



- Escala de intensidade: [0, ..., 255]

168	153	131	109	94
174	163	148	131	114
177	169	159	150	138
181	175	167	164	159
187	179	171	171	172
194	185	177	175	176
202	194	184	179	178
209	202	191	182	179
212	207	198	189	183
212	212	207	199	192
211	212	212	209	204
204	206	210	210	208



Preto: valores baixos (0)

Cinza: valores intermediários

Branco: valores altos (255)



0



255

Imagem digital

- Discretização
 - Amostragem: coordenadas espaciais (resolução)
 - Quantização: níveis de cinza (brilho)



Amostragem

- Digitalização das coordenadas espaciais

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, N - 1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, N - 1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M - 1, 0) & f(M - 1, 1) & \dots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix}$$



320 x 240



160 x 120



80 x 60

Amostragem

- Efeitos da redução da resolução espacial



320 x 240



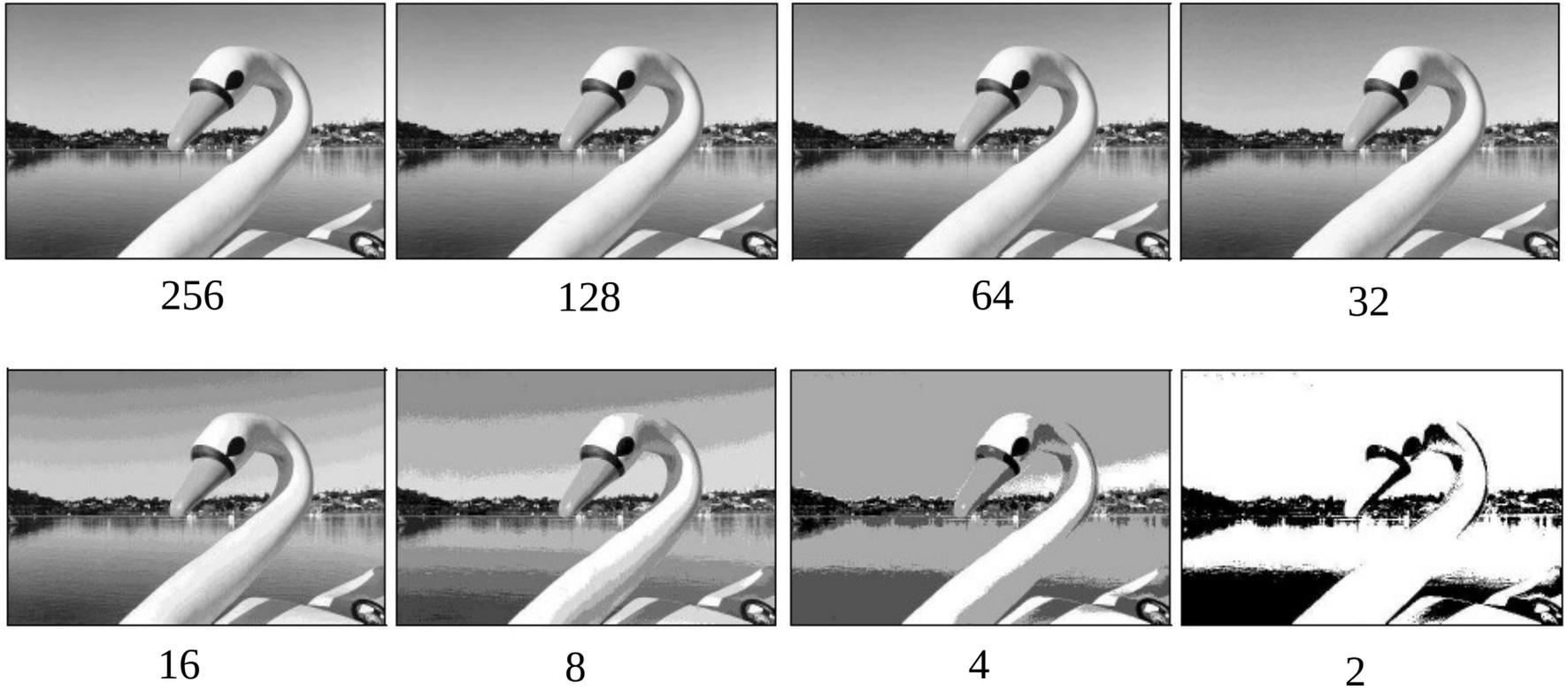
160 x 120



80 x 60

Quantização

- Digitalização da amplitude (*níveis de cinza*)



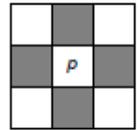
Relacionamentos básico entre pixels

- Vizinhança
- Conectividade
- Rotulação de componentes conexos
- Operações Lógico-aritméticas

Vizinhança

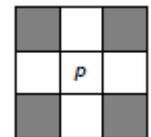
- Um pixel p nas coordenadas (x,y) possui 4 vizinhos *horizontais e verticais*, $\mathbf{N}_4(p)$:

$$(x+1,y),(x-1,y),(x,y+1),(x,y-1)$$

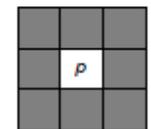


- Os quatro vizinhos diagonais possuem coordenadas $\mathbf{N}_D(p)$:

$$(x+1,y+1),(x+1,y-1),(x-1,y+1),(x-1,y-1)$$

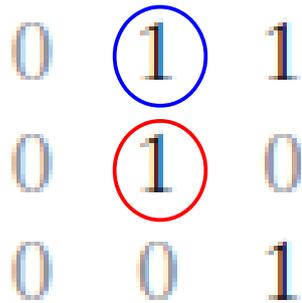


- A vizinhança-de-8 de p , $\mathbf{N}_8(p) = \mathbf{N}_4(p) \cup \mathbf{N}_D(p)$

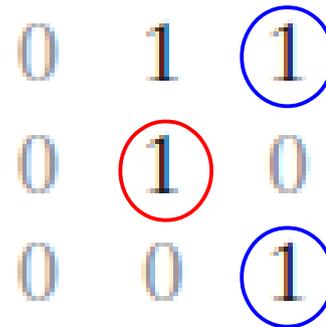
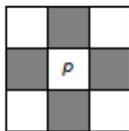


Conectividade

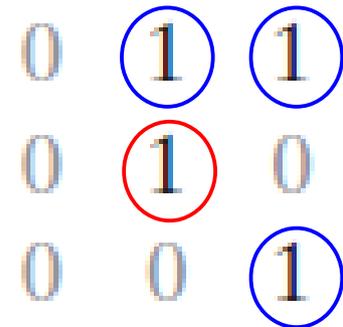
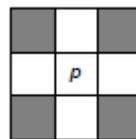
- Estabelece uma relação de adjacência entre pixels e seus níveis de cinza devem satisfazer um certo critério de similaridade.



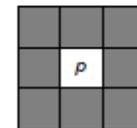
Conectados $N_4(p)$



Conectados $N_D(p)$

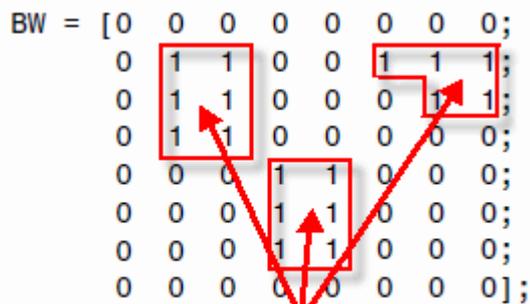


Conectados $N_8(p)$

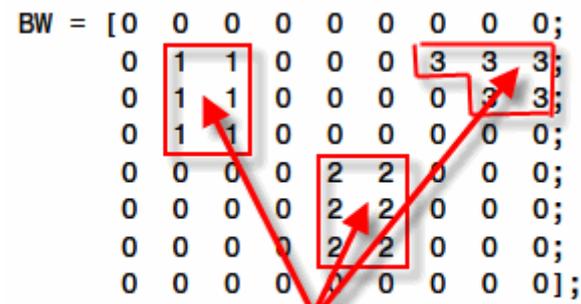


Rotulação de componentes conexos

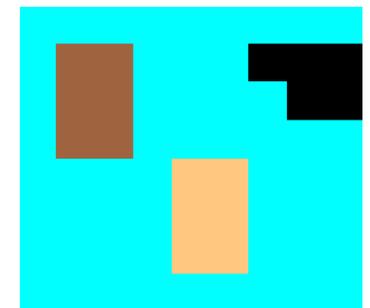
- Se p e q forem pixels de um subconjunto S de uma imagem, então p está conectado a q em S se existir um caminho de p a q consistindo inteiramente de pixels de S .



Connected Components



Labeled Connected Components

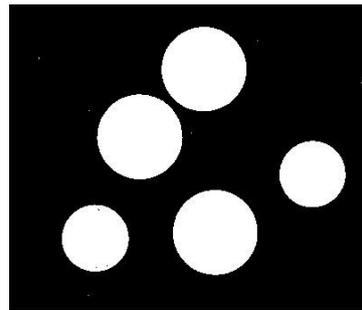


Rotulação de componentes conexos

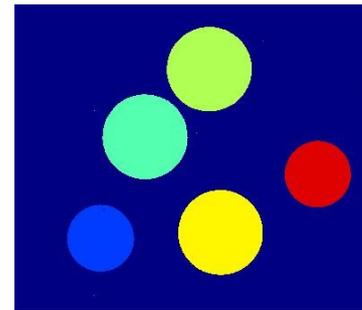
- Exemplo de aplicação:
 - Remover objetos com área maior que T



Imagem de entrada



Resultado da segmentação



Rotulação dos componentes conexos

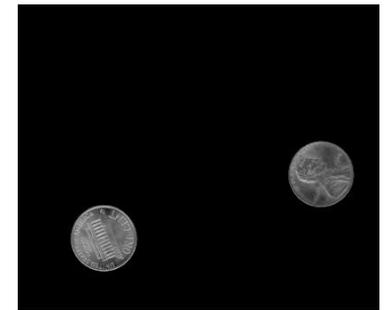


Imagem processada

Rotulação de componentes conexos

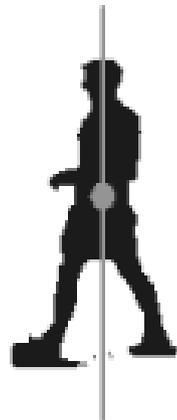
- Exemplo de aplicação:
 - Análise de forma



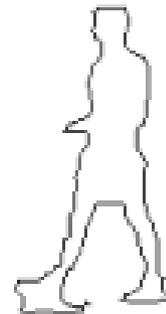
Imagem de entrada



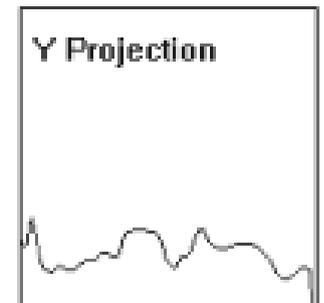
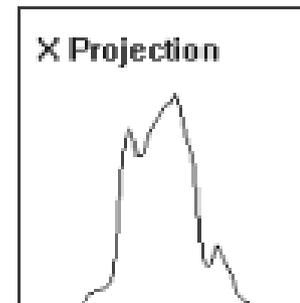
Blob (processado)



Maior eixo (horizontal)



Extração do contorno



Projeções, vertical e horizontal

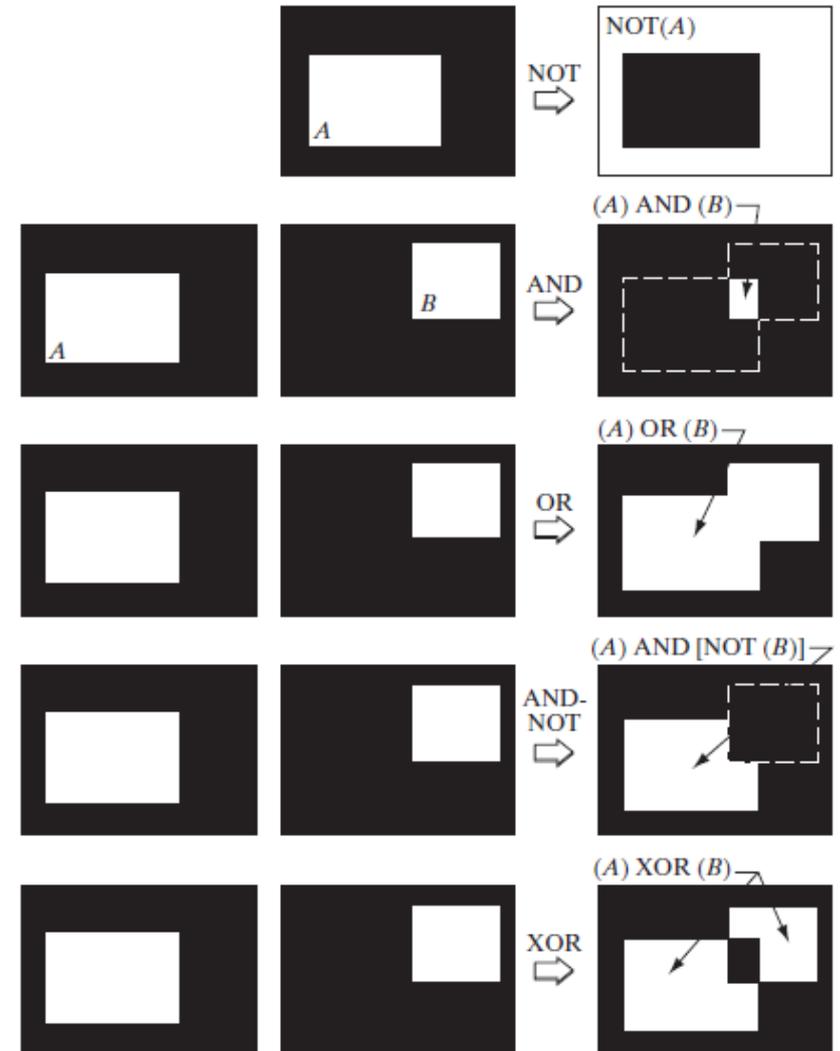
Operações lógico-aritméticas

- Lógicas (aplicadas à imagens binárias):

- E: $p \text{ E } q$

- OU: $p \text{ OU } q$

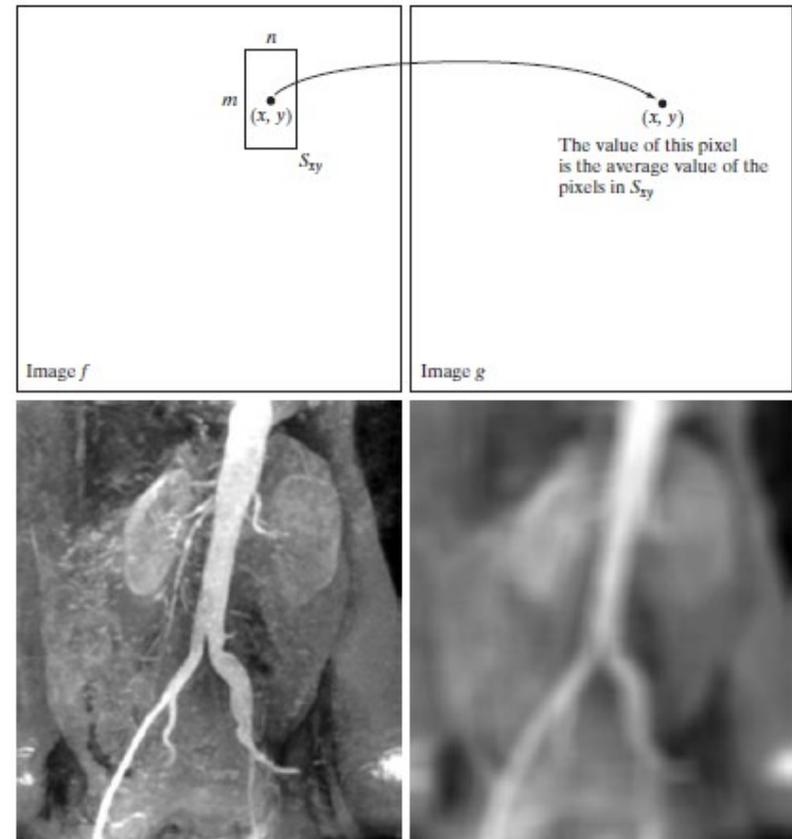
- COMPLEMENTO: NÃO q



Operações lógico-aritméticas

- Aritméticas:

- Adição: $p + q$
- Subtração: $p - q$
- Multiplicação: $p * q$
- Divisão: p/q



Ex.: suavização através de um filtro da média

$$g(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(r,c) \in S_{xy}} f(r, c)$$

Medidas de distâncias

- Considere os pixels p , q e z , com coordenadas (x,y) , (s,t) e (v,w) , respectivamente. D é uma medida de distância se:

- (a) $D(p, q) \geq 0$ ($D(p, q) = 0$ iff $p = q$),
- (b) $D(p, q) = D(q, p)$, and
- (c) $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$.

- *Distância Euclidiana* entre p e q :

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}}$$

- *Distância D_4 (“quarteirão”)* entre p e q :

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$$

- *Distância D_8 (“xadrez”)* entre p e q :

$$D_8(p, q) = \max(|x - s|, |y - t|)$$