

Processamento e Análise de Imagens

Introdução

Felipe Augusto Lima Reis



PUC Minas

Fundamentos

Imagem

- **Definição:** “Uma imagem é definida como uma função de duas dimensões $f(x,y)$, onde x e y são coordenadas espaciais e a amplitude de f para quaisquer par de coordenadas (x, y) é chamada de intensidade ou nível de cinza da imagem no ponto.” (Gonzalez & Woods, 2018)
 - A definição é adotada para imagens escala de cinza (ex. fotos antigas) e imagens em preto-e-branco (ex. impressão de livros).

Imagem Digital

- **Definição:** “Quando x , y e os valores de intensidade de f são todos finitos, em quantidades discretas, chamamos a imagem de imagem digital.” (Gonzalez & Woods, 2018)
 - Imagens podem ser representados por matrizes cujos índices de linhas e colunas identificam um ponto na imagem;
 - O valor do ponto é correspondente ao seu nível de cinza (intensidade).



Processamento de Imagens Digitais

- Corresponde à tarefa de processar imagens digitais usando computadores.

Pixels

- Cada imagem digital é composta de uma quantidade finita de elementos, que possuem localização e valor;
- Cada um desses elementos pode ser denominada *picture elements*, *image elements*, *pels* ou, simplesmente, *pixels*.

Imagens Policromáticas

- **Definição:** Uma imagem policromática (colorida) é definida como uma composição de funções de intensidades luminosas $f(x,y)$, onde x e y são coordenadas espaciais e a amplitude f_i para uma função i é proporcional ao resposta do espectro luminoso no ponto.
- Normalmente são utilizadas múltiplas matrizes (ou uma matriz de múltiplas dimensões) para representação da noção de cor.

Fronteiras (Limites)

Limites do Processamento de Imagens

- Não existe um consenso acerca de quando a atividade de processamento digital de imagens termina e quando começa outras atividades correlatas, como visão computacional;
- Alguns autores tratam o processamento digital de imagens como a tarefa onde a entrada (input) e a saída (output) são ambas imagens.
 - Essa definição esbarra, entretanto, em limitações;
 - Ex. 1: Ao segmentar imagens de rodovias para veículos autônomos, estamos tratando de processamento digital de imagens ou de visão computacional?
 - Ex. 2: Ao calcular a intensidade média dos pixels de imagens, pela definição, não estamos executando uma tarefa de PDI.

Limites do Processamento de Imagens

Saída	Entrada	
	Imagem	Modelo
Imagem	Processamento Digital de Imagens	Computação Gráfica
Modelo	Visão Computacional	Geometria Computacional

Fonte: Próprio autor, baseado em Brito Jr. (2018).

Limites do Processamento de Imagens

- Como não existe uma separação clara entre as áreas, é utilizado um paradigma que divide os processos em três níveis diferentes de processos:
 - **Baixo Nível:** operações primitivas, como pré-processamento de imagens para redução de ruídos, aprimoramento de contraste e refinamento de imagens;
 - **Médio Nível:** segmentação de imagens (partição da imagem em regiões ou objetos), descrição de objetos para processamento computacional, classificação (reconhecimento) de objetos;
 - **Alto Nível:** operações que buscam extrair ou produzir sentido nas imagens, como análise de imagens, de modo a fornecer funções cognitivas associadas à visão humana.

Tarefas de Baixo Nível

- Tarefas de baixo nível são aquelas que utilizam o pré-processamento de imagem para reduzir ruído, aprimorar o contraste e nitidez de imagem
 - Entradas e saídas do processo são as próprias imagens



Fonte: Guinness (2018).

Tarefas de Médio Nível

- Tarefas de médio nível são aquelas que utilizam tarefas como segmentação, descrição desses objetos e classificação de objetos individuais.
 - Entradas são imagens, mas suas saídas são atributos extraídos dessas imagens.



Tarefas de Alto Nível

- Tarefas de alto nível são aquelas que buscam dar sentido a um conjunto de objetos reconhecidos
 - Essas tarefas busca executar funções cognitivas normalmente associadas à visão humana



Limites do Processamento de Imagens

Entrada	Nível Processo		
	Baixo	Intermediário	Alto
Imagem	Entradas e saídas são imagens	Saídas são imagens, porém atributos são extraídos das imagens (contornos, bordas, objetos individuais, etc).	Saídas são imagens ou modelos, associados a função cognitiva humana.

Fonte: Próprio autor, baseado em Gonzalez & Woods (2018).

Visão Computacional

- Visão computacional busca emular o comportamento da visão humana, sendo capaz de aprender e fazer inferências baseadas nas entradas visuais;
- A área de visão computacional é uma ramificação da área de inteligência artificial;
- Um exemplo de área intermediária entre processamento de imagens e visão computacional é a *image understanding* (entendimento de imagens).
- Salienta-se que mesmo em tarefas de visão computacional, atividades de PDI normalmente são utilizadas para facilitar as tarefas existentes.

Origens do Processamento de Imagens

Origens do Processamento de Imagens

- Imagens digitais foram inicialmente utilizadas no setor de gráfico, na impressão de jornais;
 - Cabos submarinos transportavam as imagens entre Londres e Nova York;
 - Equipamentos especializados codificavam as imagens para transmissão via cabos e as reconstituíam nos recebedores;
 - As imagens eram transmitidas via telégrafos, com tipos de letras (fontes) que simulavam o padrão de meio-tom (*halftone pattern*).

Origens do Processamento de Imagens

- Imagens digital produzida em 1921, utilizando tipos de letras com padrão de meio-tom.



Fonte: Gonzalez & Woods (2018).

Origens do Processamento de Imagens

- Imagem digital produzida em 1922, utilizando fitas perfuradas no terminal do receptor do telégrafo.



Fonte: Gonzalez & Woods (2018).

Origens do Processamento de Imagens

- A história do processamento digital de imagens está diretamente ligada à evolução dos computadores;
- Imagens requerem muita memória e poder computacional;
- Os primeiros computadores com poder computacional suficiente para executar tarefas de processamento de imagens surgiram no começo dos anos 1960
 - Esse período coincide com o crescimento do programa espacial no período.

Origens do Processamento de Imagens

- Primeira imagem da lua, em 1964 para nave espacial Ranger 7.



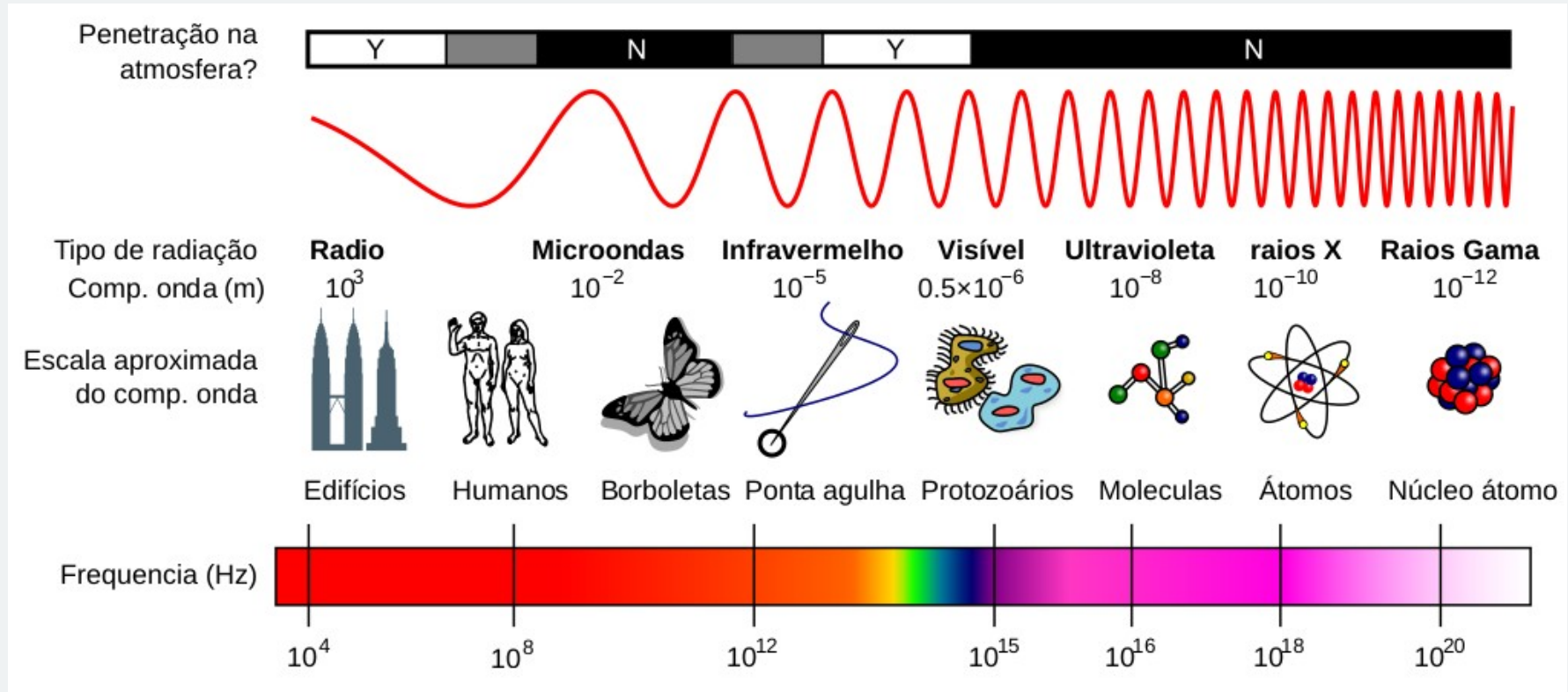
Fonte: Gonzalez & Woods (2018).

Origens do Processamento de Imagens

- No fim da década de 1960 e começo da década de 1970, as tarefas de processamento de imagens digitais passaram a ser utilizadas para imagens médicas, observações de recursos terrestres e astronomia;
- Na década de 1970 houve o surgimento da tomografia computadorizada (CT)
 - Esse foi um dos mais importantes eventos para aplicação de processamento de imagens no diagnóstico médico;
- À partir desse período, houve um grande crescimento da tarefa em áreas de medicina, programas espaciais, entre outras.

Captura de Imagens Digitais

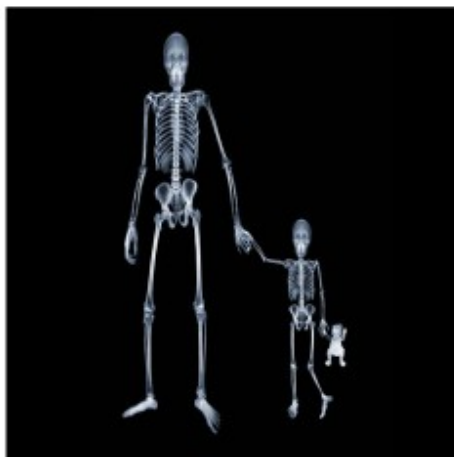
Captura de Imagens Digitais



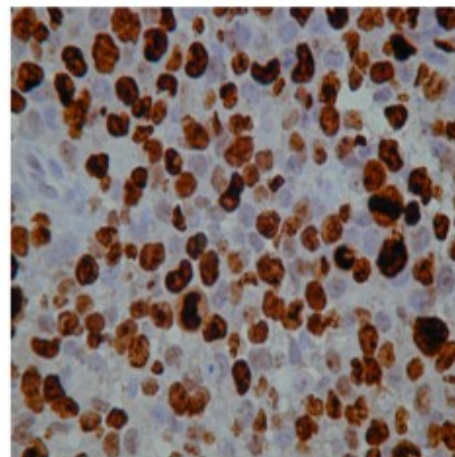
Fonte: Brito Jr. (2018).

Aplicações

Aplicações



Raios X



Microscopia



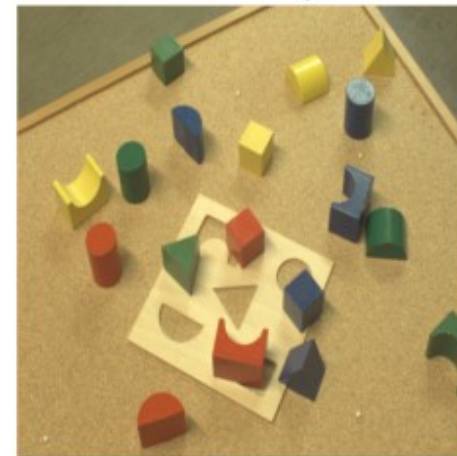
Ultrassonografia



Automação



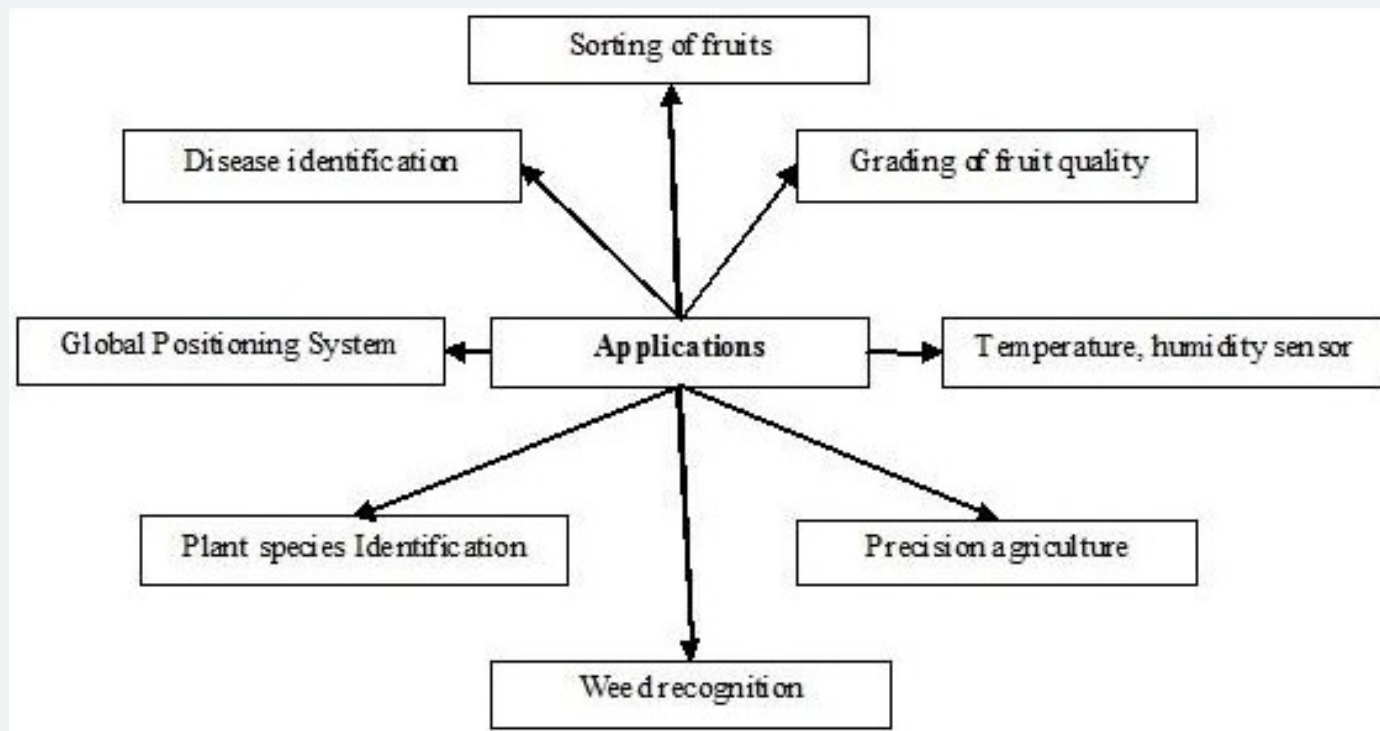
Entretenimento



Visão

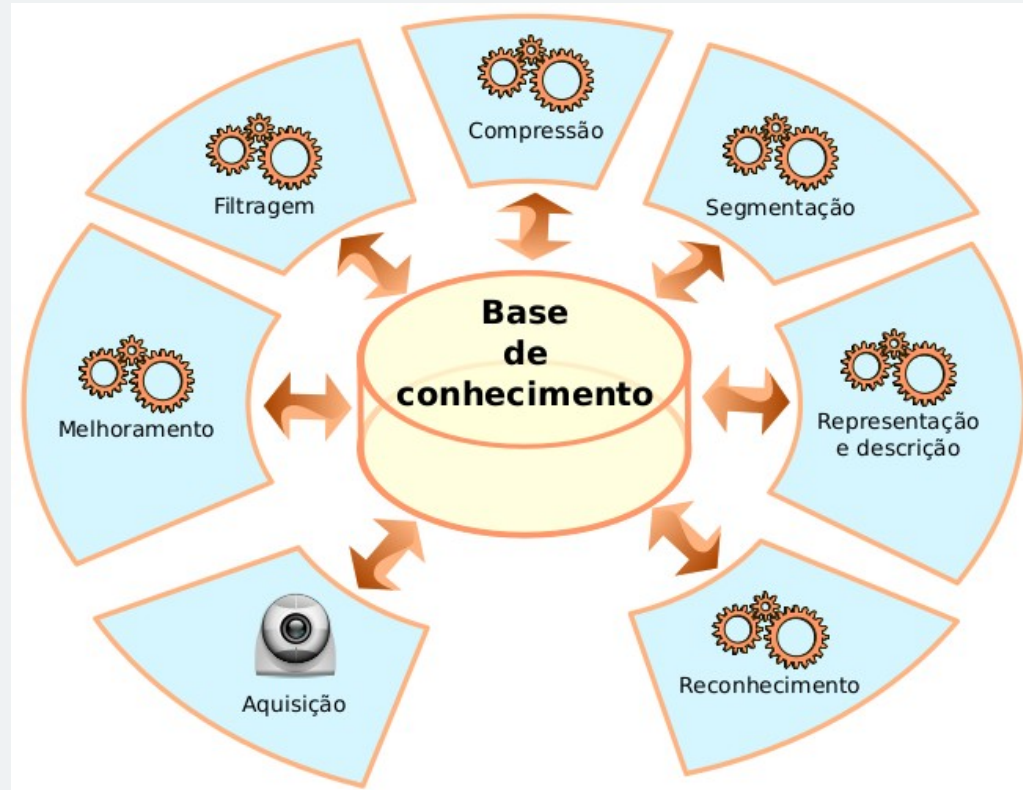
Fonte: Adaptado
de Brito Jr. (2018).

Aplicações



Etapas do Processamento de Imagens

Captura de Imagens Digitais



Fonte: Agostinho Brito Jr. (2018).

1. Aquisição de Imagens

- A captura de imagens envolve um dispositivo sensível à energia eletromagnética (luz visível, ultravioleta, infravermelho, raios X) ou eletromecânica (ultrassom), e um dispositivo digitalizador, que converte a saída elétrica contínua do sensor para níveis digitais (discretos);
- Imagens digitais possuem valores discretos de intensidade e posição espacial. Os principais tipos de sensores são os de linha (scanner de mesa) e os de área (camera filmadora).

1. Aquisição de Imagens

- As imagens podem conter informação de cor ou não.
 - Para imagens coloridas, podem ser utilizadas três componentes (ou matrizes) de cores: Vermelho (**red**), Verde (**green**) e Azul (**blue**);
 - Para imagens monocromática, apenas uma matriz é usada e a imagem é representada em escala de cinza (**grayscale**);
 - Para imagens binárias, um bit é utilizado para representar a ausência de cor (preto) ou a cor (branco).

2. Melhoramento das Imagens

- Corresponde à etapa de manipulação da imagem de modo que ela seja mais adequada a uma aplicação específica
 - A etapa pode causar melhorias em uma determinada tarefa e causar piora em outras;
 - Com isso, a etapa deve ser realizada com um objetivo específico;
 - Uma etapa de melhoramento para tarefas de raio-x podem ser inadequadas para tarefas de imagens de satélite (ou vice versa);
 - Não existe uma teoria genérica para melhoramento de imagens, cabendo análise subjetivas do analista, engenheiro ou até mesmo do usuário.

2. Melhoramento das Imagens

- A área de melhoramento de imagens contém, devido às características listadas previamente, diversos algoritmos na literatura
 - Os algoritmos geralmente são simples de serem entendidos, interessantes e visualmente atrativos.

3. Filtragem de Imagens

- Corresponde à etapa de remoção de ruídos causados por falhas na captura de imagens
 - Ruídos podem ser gerados por fontes aleatórias ou não aleatórias – cada um deles será visto posteriormente.

4. Compressão de Imagens

- Etapa destinada às técnicas para redução de espaço necessário para armazenamento da imagem ou para redução da largura de banda necessária para sua transmissão via rede;
- Compressão de imagens é frequentemente associada à extensão das imagens – JPG, JPEG, PNG, GIF, etc.

5. Segmentação de Imagens

- Definição: “Segmentação corresponde à tarefa de dividir uma imagem em partes constituintes ou objetos” (Gonzalez & Woods, 2018)
- A tarefa de segmentação pode ser considerada uma das mais difíceis, tendo sido estudada desde a década de 1960
 - Até os dias de hoje, existem diversas pesquisas em execução para segmentação, principalmente automática de imagens;
- A tarefa de segmentação muitas vezes é utilizada como base para outras tarefas, como a classificação de imagens.

6. Representação e Descrição de Imagens

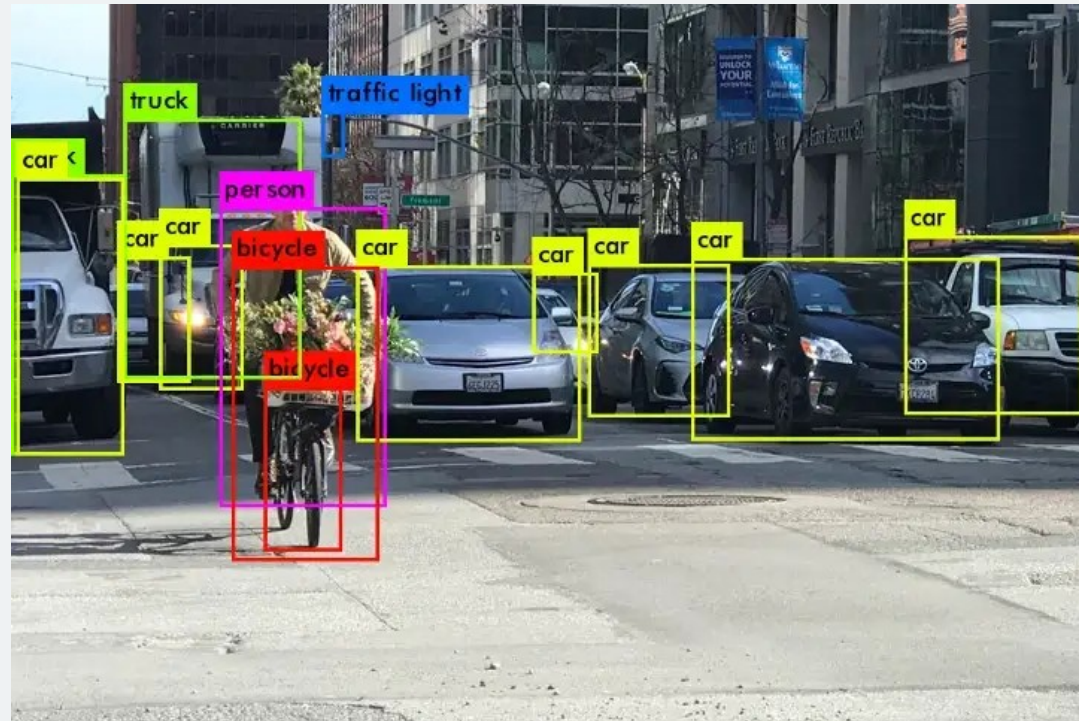
- Etapa é destinada à extração de características (*features*), processamento e descrição destas;
- A tarefa de extração de *features* é subdividida em:
 - Detecção de *features*: corresponde a encontrar *features* (características particulares) em uma imagem, região ou borda;
 - Descrição de *features*: indica quantitativamente os atributos para detecção de características
 - Ex.: Detecta-se cantos (*corners*) em uma região e descreve-se os cantos com base em sua orientação e localização, gerando descritores quantitativos.

6. Representação e Descrição de Imagens

- A tarefa de processamento de *features* pode ser dividida para aplicação em bordas (*boundaries*), regiões e imagens completas
 - Algumas *features* são mais adequadas a uma categoria do que outra;
 - Os descritores devem ser os mais genéricos possíveis, sendo insensíveis aos parâmetros, como escala, translação, rotação, iluminação e ponto de vista.

7. Reconhecimento / Classificação de Imagens

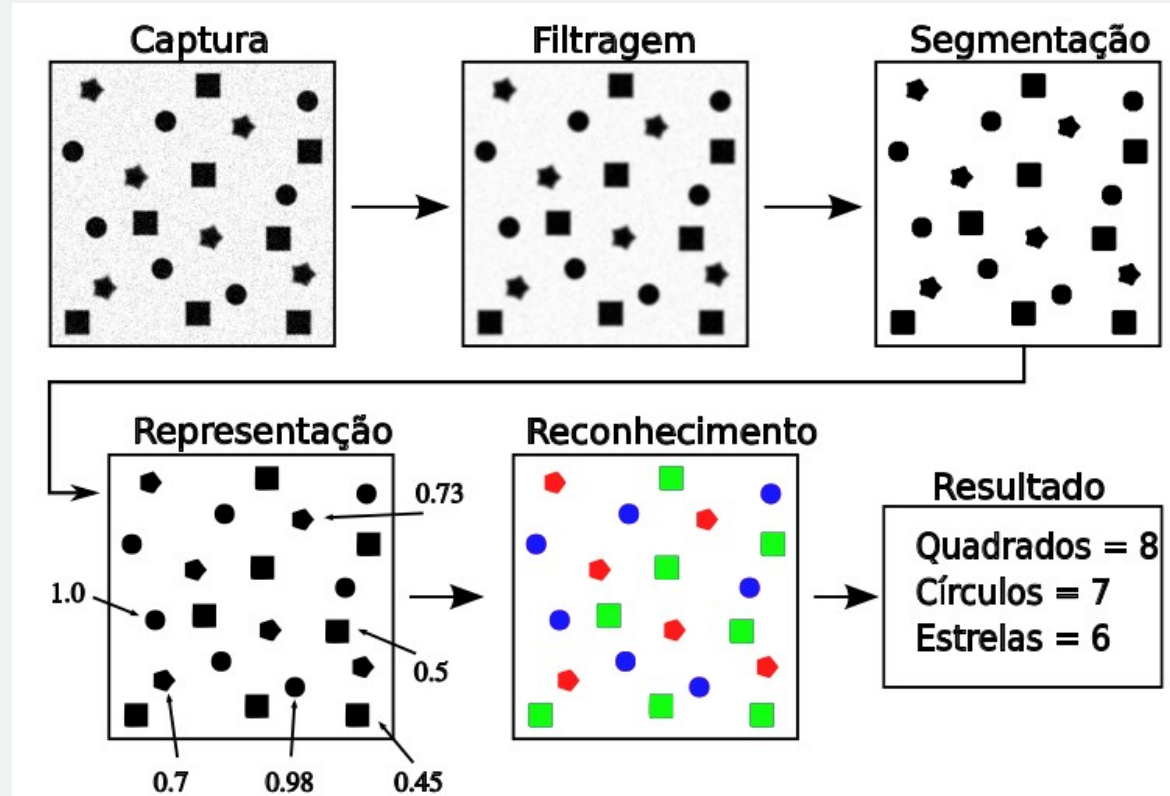
- Etapa correspondente à classificação da imagem ou a identificação de objetos presentes na imagem



7. Reconhecimento / Classificação de Imagens

- Etapa correspondente à classificação da imagem ou a identificação de objetos presentes na imagem
 - Para as tarefas são utilizadas desde abordagem clássicas (como abordagens baseadas na distância mínima, correlação, classificação bayesiana, etc) até abordagens mais recentes, usando redes neurais profundas (em especial, as redes neurais convolucionais).

Exemplo de Processamento de Imagens Digitais



Fonte: Agostinho Brito Jr. (2018).

Referências

Referências

- Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. **Digital Image Processing - 4th Edition.** 2018. Pearson. ISBN: 978-9353062989.
- Agostinho Brito Jr. **Processamento digital de imagens - Slides de Aula.** 2018.
- Rishi Metha. **Object Detection with YOLO - Giving eyes to AI.** 2020.
Disponível em: <https://rishi30-mehta.medium.com/object-detection-with-yolo-giving-eyes-to-ai-7a3076c6977e>
- Harry Guinness. **What Is Noise Reduction in Digital Images?.** 2018.
Disponível em: <https://www.howtogeek.com/368550/what-is-noise-reduction-in-digital-images/> .

Referências

- Jeremy Jordan. **Evaluating image segmentation models**. 2018. Disponível em: <https://www.jeremyjordan.me/evaluating-image-segmentation-models/>
- Chunhui Gu & David Ross. **Announcing AVA: A Finely Labeled Video Dataset for Human Action Understanding**. 2017. Disponível em: <https://ai.googleblog.com/2017/10/announcing-ava-finely-labeled-video.html>
- Surya Prabha Deenan & J. SatheeshKumar. **Image processing methods and its Role in agricultural sector - A study**. 2014. International Journal of Business Intelligents. Volume 03, Issue 01, June 2014, Pages: 366-373. ISSN: 2278-2400.