UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

Tecnologia em Sistemas para Internet Disciplina de Sistemas Multimídia e Hipermídia

---

Campus Toledo

André Luis Quiosi

Análise de imagens com transformada Wavelet

Toledo-PR
2023

1 Introdução

Nas últimas décadas tivemos inúmeros avanços em todas as áreas do conhecimento e, tendo com exemplo de avanço rápido, temos as áreas relacionadas a computação. Dentro dessa área, temos todo um arcabouço tecnológico relacionado a imagens, que capturam e demonstram o nosso mundo em forma de dados, dados esses que podem ser cada vez mais analisados e manipulados.

Para trabalhar com imagens existem ferramentas matemáticas como a transformada *Wavelet*, que permite decompor uma imagem ou sinal em componentes de frequência. Elas representam as variações de intensidade da imagem ao longo de diferentes direções e escalas. A análise de imagens com transformada de Fourier pode ter diversas aplicações, como filtragem, compressão, reconhecimento e restauração de imagens. Neste texto, vamos apresentar alguns conceitos básicos sobre a transformada de Fourier e como ela pode ser usada para processar imagens digitais.

2 Desenvolvimento

O processamento de imagens usando wavelets é uma técnica popular para análise e manipulação de imagens. Elas consistem em funções matemáticas que podem ser usadas para decompor uma imagem em diferentes componentes, permitindo uma representação mais eficiente dos dados de imagem. Esse processamento com wavelets geralmente envolve as seguintes etapas:

- Transformada de Wavelet: A transformada de wavelet é aplicada à imagem original para decompor a imagem em diferentes escalas e direções. Existem várias famílias de wavelets disponíveis, como a wavelet Haar (Haar, 1910), wavelet Daubechies (Daubechies, 1988), wavelet Coiflet (Coifman e Wickerhauser, 1992), entre outras. Cada wavelet tem suas próprias características e propriedades.

- Decomposição em escala e direção: A transformada de wavelet divide a imagem em diferentes componentes, como aproximação (baixa frequência) e detalhes (alta frequência), em várias escalas e direções. A decomposição em escala permite capturar características de diferentes tamanhos, enquanto a decomposição em direção detecta características orientadas em várias direções.

- Compressão: Uma das aplicações importantes das wavelets no processamento de imagens é a compressão de imagens. Os coeficientes de wavelet obtidos na etapa de decomposição são usados para representar a imagem de forma eficiente. Os coeficientes com menor magnitude podem ser descartados ou quantizados com perdas mínimas, reduzindo assim a quantidade de dados necessários para armazenar ou transmitir a imagem.

- Filtragem e realce: Os coeficientes de detalhe obtidos na decomposição wavelet representam as características de alta frequência da imagem. Eles podem ser filtrados para remover ruídos ou realçar detalhes importantes. Ajustando os coeficientes filtrados e combinando-os com os coeficientes aproximados, é possível reconstruir a imagem com melhorias visuais.

- Reconstrução: Depois de processar os coeficientes da wavelet, eles podem ser combinados novamente para reconstruir a imagem final. Isso pode ser feito aplicando a transformada inversa de wavelet aos coeficientes processados, obtendo assim uma imagem que incorpora as alterações e melhorias desejadas.

2.1 Demonstração

Para realizar todos os testes e transformações usando as wavelets foi utilizado o projeto bordasimagensdwt no Github do Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira[1]. A Figura 1 demostra a matriz de uma imagem. Na figura a) temos a imagem na sua representação original, na figura b) temos a imagem redimensionada para uma resolução de 30x30 pixel e na imagem c) temos a imagem b) onde foi aplicando um zoom, sendo possível ver a ”pixelização”da mesma e com isso poder ver a matriz da imagem.

[1]Obtenção de Bordas em Imagens utilizando Transformada Wavelet: https://github.com/brunobro/bordasimagensdwt, acessado em 18/06/2023.

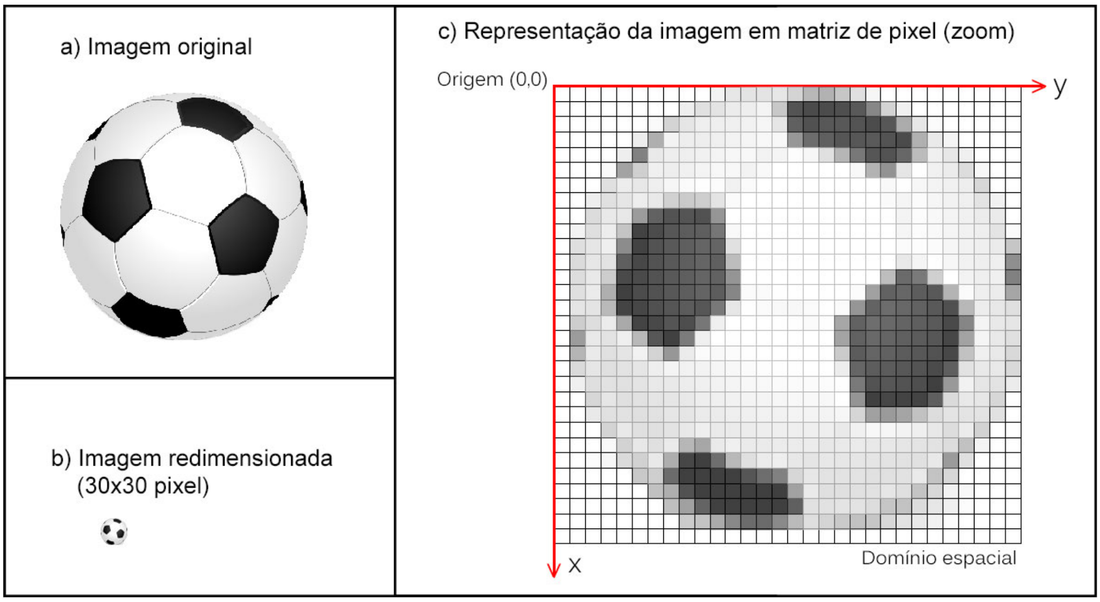

Figura 1: Representação de uma imagem digital - Matriz de pixel.

Como pode-se notar na Figura 1, a qualidade de uma uma imagem só depende da quantidade de pixel que ela possui, uma imagem com 30x30 pixel tem uma resolução muito menor que uma com 3000x3000 pixel. Então entende-se que uma imagem pode ser representada por uma matriz numérica.

2.1.1 Detecção de bordas

As bordas representam as mudanças abruptas nas imagens, ou seja, são as informações de mais alta frequência. Na Figura 2 onde ocorrem as mudanças abruptas, ou seja, onde o pixel muda de 255 (branco) para 0 (preto), teremos bordas bem delineadas. Na Figura 3, na parte direita, não teremos uma borda, pois a mudança é suave, ou seja, os pixels mudam gradualmente de 255 para 0.

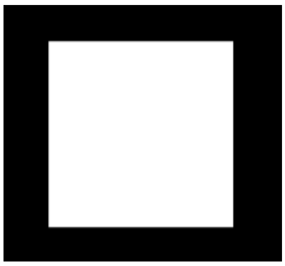

Figura 2: Com Borda

Figura 3: Sem Borda

Um modo de detectar bordas em imagem é aplicando o filtro Laplaciano. O filtro Laplaciano realça as bordas e características de uma imagem, destacando as transições abruptas de intensidade. Ele é aplicado convoluindo uma máscara com a imagem e, em seguida, aplicando um thresholding para exibir apenas as bordas desejadas. A Figura 4 mostra como ficam as imagens com a aplicação do filtro.

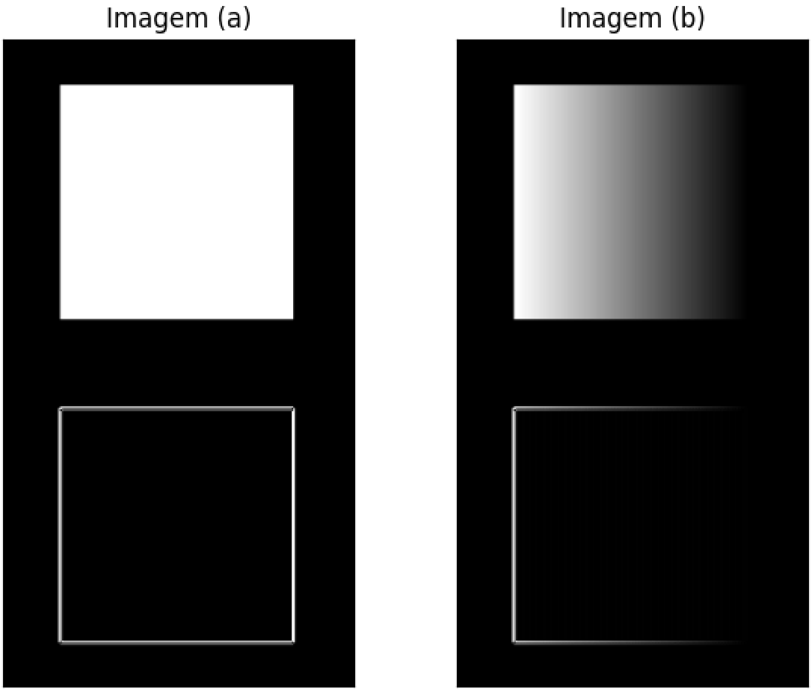

Figura 4: Figuras 2 e 3 com a detecção de borda

2.1.2 Transformada Wavelet Discreta (Discrete Wavelet Transform - DWT)

A DWT é uma forma de representação multirresolução, o que significa que ela analisa um sinal ou imagem em diferentes escalas ou níveis de resolução. Ela divide o sinal ou imagem em aproximadas (low-frequency approximation) e detalhes (high-frequency details) em diferentes níveis de decomposição.

O processo da DWT envolve a convolução do sinal ou imagem com dois conjuntos de filtros: um filtro de passagem baixa (filtro de escala) e um filtro de passagem alta (filtro de detalhes). O filtro de passagem baixa remove as componentes de alta frequência do sinal ou imagem, produzindo a aproximação de baixa frequência. O filtro de passagem alta remove as componentes de baixa frequência, deixando apenas as informações de detalhes de alta frequência.

Na Figura 5 temos a imagem de três pinguins, nessa imagem será aplicada a DWT para termos as bordas relacionadas.

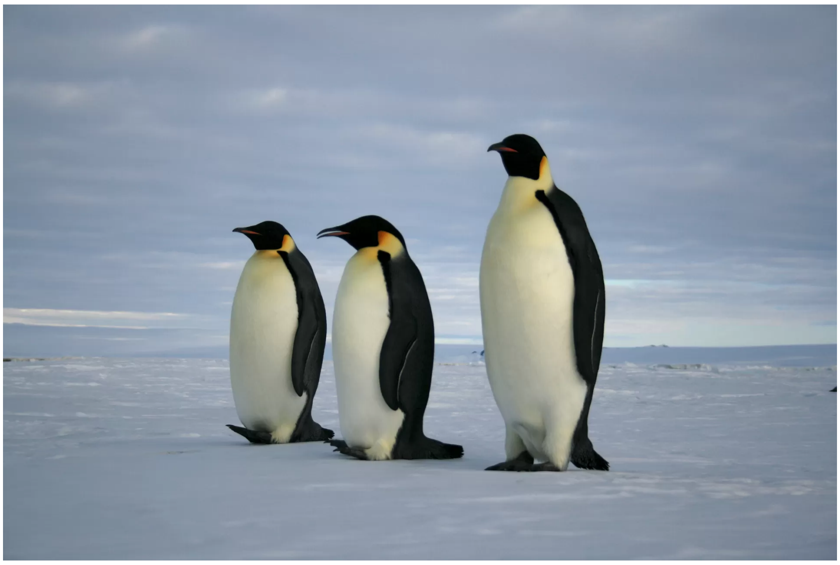

Figura 5: Imagem original a ser tratada

Já na Figura 6, temos o resultado da imagem original, na esquerda, transformada para uma escala de cinza, para facilitar assim a evidência das bordas (mudança bruscas na cor) contidas na imagem. Na imagem da direita temos as bordas já aparentes após a aplicação da DWT.

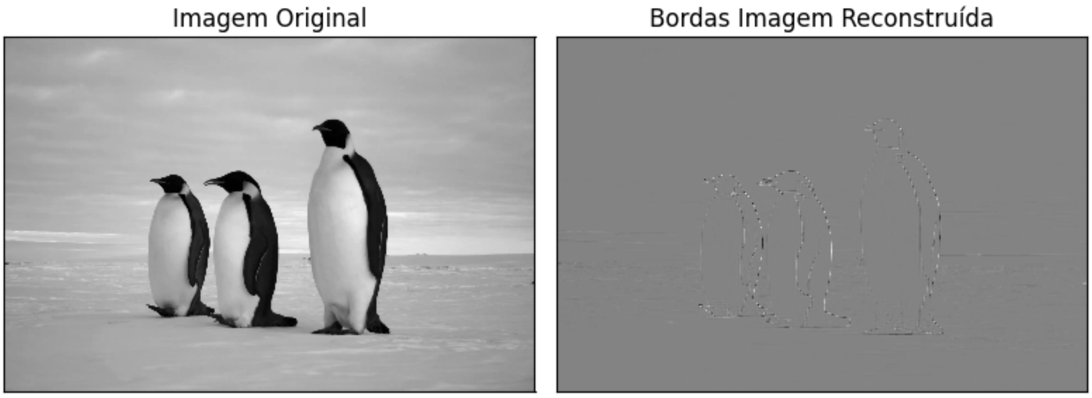

Figura 6: Imagem original em escala de cinza e imagem com bordas evidenciadas.

3 Conclusão

Em conclusão, o processamento de imagens utilizando wavelets, como a Transformada Wavelet Discreta (DWT), oferece uma abordagem eficiente para análise e manipulação de imagens. A decomposição em escalas e direções permite capturar informações de diferentes frequências e orientações, o que é útil para detecção de bordas e outras características importantes da imagem.

A detecção de bordas é um dos principais objetivos do processamento de imagens com wavelets. As bordas representam transições abruptas de intensidade na imagem e são informações de alta frequência. A aplicação de filtros, como o filtro Laplaciano, realça essas bordas, destacando as mudanças abruptas de intensidade na imagem.

A DWT desempenha um papel fundamental no processamento de imagens com wavelets. Ela divide a imagem em aproximadas e detalhes em diferentes níveis de decomposição, permitindo uma representação multirresolução da imagem. A convolução com os filtros de escala e detalhes separa as componentes de baixa frequência (aproximação) e alta frequência (detalhes), fornecendo informações valiosas sobre as características da imagem.

Referências

Coifman, R. R. e Wickerhauser, M. V. (1992). Signal processing and compression with wavelet packets. *IEEE Transactions on Information Theory*, 38(2):713–718.

Daubechies, I. (1988). Orthogonal bases of compactly supported wavelets. *Communications on pure and applied mathematics*, 41(7):909–996.

Haar, A. (1910). Theorie der orthogonalen funktionensysteme. *Mathematische Annalen*, 69(3):331–371.