

# **Trabalho de Processamento Digital de Imagens - PDI**

## **Tema: Análise digital de exames de Mamografia**

### **Alunos:**

- Marcela Fontes Abreu
- Maria Luisa do Nascimento Lima

Matrícula: 2018013798

Matrícula: 2021014074

### **1. REVISÃO DOS ARTIGOS:**

#### ***Predict IDC in Breast Cancer Histology Images***

Para esse artigo, ele menciona a principal forma de câncer de mama em mulheres, o IDC: invasive ductal carcinoma. A identificação de tipos e subtipos de câncer é uma das principais tarefas clínicas, que pode ser auxiliado por processos automatizados.

Primeiramente, é selecionada uma base de dados de imagens coloridas sendo pequenos pedaços de imagens digitais referentes a amostras de tecido do seio humano, porém nem todas possuem células cancerígenas.

O código desenvolvido faz o pré-processamento das imagens do banco de imagens, tornando elas aptas à análise por outros softwares ou profissionais. Primeiramente ele carrega o banco de imagens para o computador, aplicando um redimensionamento em cada uma para um tamanho fixo de imagem, e agrupa elas conjuntos. Após isso, ele filtra as imagens conforme o nome dos seus arquivos e aplica um pré-processamento por lotes, lendo-as conforme seus índices e atribuindo rótulos, as separando entre as que tem IDC negativa e positiva.

Como o programa é voltado para o treinamento de processos de detecção automatizados, os dados são escalados para o intervalo  $[0, 1]$ , para melhorar a compatibilidade com algoritmos de aprendizado de máquina. As imagens são divididas em conjuntos de treino (80%) e teste (20%) para avaliar o desempenho do modelo de forma imparcial. Além disso, estratégias de balanceamento de classes, como undersampling e oversampling, são aplicadas devido ao desbalanceamento entre as classes (IDC(-): 72,53%, IDC(+): 27,47%). O balanceamento visa evitar que o modelo fique enviesado para a classe majoritária. Para visualização e análise propriamente dita de células cancerígenas, histogramas de intensidade de pixels RGB são gerados para explorar a distribuição de cores nas imagens e as classes são codificadas em vetores one-hot para atender aos requisitos de classificação binária. Ao fim de todo processamento, ele apresenta dados de histogramas e gráficos mostrando o desempenho do programa e a identificação das células desejadas.

#### ***Breast Cancer Image Enhancement using Median Filter and CLAHE***

O artigo faz uma breve introdução a o que é o câncer de mama, falando sobre o surgimento e rápida multiplicação de um tumor maligno. Nisso, a mamografia utiliza de raios-X de baixa frequência para a detecção de microcalcificações em um seio humano, o que torna possível a detecção do câncer nos seus primeiros estágios. Porém para a análise das imagens obtidas pelo exame de mamografia, é necessário a aplicação de técnicas de processamento digital de imagens para filtragem e redução de ruídos, além do destaque de certas áreas do corpo.

Primeiramente, a imagem passa por um processo de filtragem para remoção de ruídos, usando diversos tipos de algoritmos de filtro. O primeiro deles é um filtro não linear de média, para remoção de ruídos de sal e pimenta, seguido por filtros de máxima e mínima, para detecção das porções mais claras e escuras da imagem. Após isso, utiliza um filtro Wiener, para a remoção de ruídos gaussianos.

Depois de todo o processo de filtragem, a imagem passa por um aumento de contraste, utilizando equalização de histogramas a fim de aumentar o contraste global da imagem, o que é eficiente principalmente quando a área de interesse tem valores de contraste muito próximos, e ajuda na diferenciação entre a porção desejada da imagem e o fundo dela. Por fim, ele aplica uma técnica chamada CLAHE, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, utilizada para aumento de contraste em imagens médicas.

Por fim, são apresentadas algumas imagens com resultados do processamento, junto com tabelas e histogramas obtidos.

### ***Breast Cancer Image Segmentation | Attention UNet***

Nesse artigo, ele trata sobre a detecção de câncer de mama utilizando exames de ultrassom. Os dados de exames de ultrassom podem ser classificados em três tipos: normal, benigno e maligno, e tal exame produz ótimos resultados relacionados à classificação, detecção de segmentação do câncer de mama quando combinados com aprendizado de máquina.

O principal objetivo do modelo discutido é pré-processar a base de dados, que contém imagens de ultrassom de mama, e prepará-lo para treinar um modelo de segmentação. A base inclui 780 imagens, cada uma acompanhada por uma máscara que indica as áreas de interesse, como regiões anormais ou tumorais, que guiam o aprendizado de máquina.

Para esse processo, as imagens originais com 500x500 pixels, são redimensionadas para 256x256 pixels para otimizar o uso de memória. Durante o carregamento, as imagens são normalizadas para que os valores dos pixels fiquem no intervalo  $[0, 1]$ , necessário para compatibilidade de algoritmos digitais e de aprendizado de máquina. As máscaras associadas às imagens também passam por um processamento, quando uma imagem possui mais de uma máscara o código combina essas máscaras em uma única imagem, em um único array, evitando redundância e simplificando a entrada do modelo, garantindo assim que todas as informações relevantes sejam mantidas. Essa fusão é feita somando os valores das máscaras pixel a pixel e selecionando apenas o primeiro canal da imagem (modo grayscale).

Ele também inclui funções para exibir as imagens e as máscaras. Essas visualizações ajudam a verificar a qualidade dos dados e o sucesso do pré-processamento, utilizando de sobreposição das máscaras às imagens originais, e avaliando se a segmentação do dataset está correta e se as áreas de interesse são claramente identificáveis.

## **2. BASE DE IMAGENS**

Serão utilizadas 10 imagens da base de dados da kaggle para analisar os cálculos e uma imagem em específico para analisar visualmente o desempenho dos filtros e realces de contraste.

As imagens são de mamografias, da RSNA (Radiological Society of North America) Breast Cancer Detection.

[https://www.kaggle.com/datasets/theoviel/rsna-breast-cancer-256-pngs?select=10048\\_1842203124.png](https://www.kaggle.com/datasets/theoviel/rsna-breast-cancer-256-pngs?select=10048_1842203124.png)

### 3. METODOLOGIA

A técnica utilizada para aprimoramento das imagens de mamografia se baseia em duas etapas. A etapa de redução de ruído da imagem utilizando filtros de mediana, máximo e mínimo e de wiener.

#### 3.1 Remoção de ruído

Mamografias apresentam ruídos, especialmente em mamas densas, o processamento básico da imagem pode ser filtrada utilizando filtros lineares e não lineares, além de filtros no domínio da frequência. Serão utilizados três tipos de filtros.

##### 3.1.1 Filtro de mediana

É um filtro não linear utilizado para reduzir o ruído, especialmente o ruído sal e pimenta. É um filtro que preserva melhor os detalhes das bordas em comparação com outros.

Para cada pixel da imagem, é selecionada uma máscara ao seu redor, os valores dos pixels da vizinhança dentro da janela são ordenados em ordem crescente, o valor central da janela é substituído pelo valor mediano da lista ordenada.

##### 3.1.2 Filtro de máximo e mínimo

Filtro baseado em estatísticas de ordem amplamente utilizado, considera dentro de uma janela definida, os valores de intensidade máximo e mínimo de todos os elementos dentro dessa região delimitada. Caso a intensidade do elemento central esteja dentro do intervalo de intensidades, o valor é mantido sem alterações, se for maior que o valor máximo, ele é ajustado para o valor máximo, caso o elemento central seja menor que o valor mínimo, ele é ajustado para o valor mínimo.

##### 3.1.3 Filtro Wiener

Filtro linear utilizado no processamento de imagens e de sinais para redução de ruído e melhorar a qualidade de uma imagem ou sinal. É baseado em princípios estatísticos, é um filtro adaptativo, diferente de filtros simples como de média e mediana, ajusta-se localmente com base na característica da região ao redor do pixel.

Tem como objetivo principal minimizar o erro médio quadrático entre a imagem processada e imagem real. Assume-se que a imagem possui a parte verdadeira e um ruído aditivo.

#### 3.2 Realce de contraste

Técnica de processamento de imagens que melhora a visualização entre áreas mais escuras e mais claras de uma imagem, tornando os detalhes mais fáceis de se visualizar. Imagens com baixo contraste podem ser difíceis de distinguir nódulos em mamas densas.

### 3.2.1 Equalização de histograma

Uma técnica que redistribui os valores de intensidade de maneira a ocupar todo o intervalo disponível, útil para imagens de baixo contraste ou com uma faixa estreita de intensidades. Os níveis de intensidade são ajustados para criar um histograma mais uniforme, isso é feito mapeando os níveis de intensidade originais para valores definidos na função de distribuição acumulada.

### 3.2.2 Equalização de Histograma Adaptativa com Limitação de Contraste (CLAHE)

Técnica avançada de processamento de imagens para melhorar o contraste de maneira local em uma imagem, uma versão modificada da equalização de histograma, incluindo mecanismo para limitar o contraste para evitar a amplificação excessiva de ruído.

Uma imagem é dividida em pequenos blocos retangulares chamados de “tiles”, cada um dos blocos é tratado de forma independente, dentro de cada bloco o histograma é calculado e equalizado, realizando o contraste em áreas específicas. Possui um limite de contraste definido e se o limite for excedido, o excesso é distribuído uniformemente entre os outros níveis. Após o ajuste dos blocos, os valores de intensidade são interpolados, evitando descontinuidades e garantindo transições suaves.

## 4. RESULTADOS

Foram utilizados os filtros nas imagens do banco de dados do *kaggle* com objetivo de analisar qual filtro possui melhor resultado de **RMSE (Root Mean Square Error)**, ou **Erro Quadrático Médio da Raiz**, e de **PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)**, ou **Relação Pico-Sinal-Ruído**.

Os cálculos de **RMSE** (Root Mean Square Error) e **PSNR** (Peak Signal-to-Noise Ratio) são métricas amplamente utilizadas para avaliar a qualidade de um filtro ou processamento de imagens. Eles ajudam a medir o quão bem um filtro preserva a qualidade da imagem original ou remove ruído.

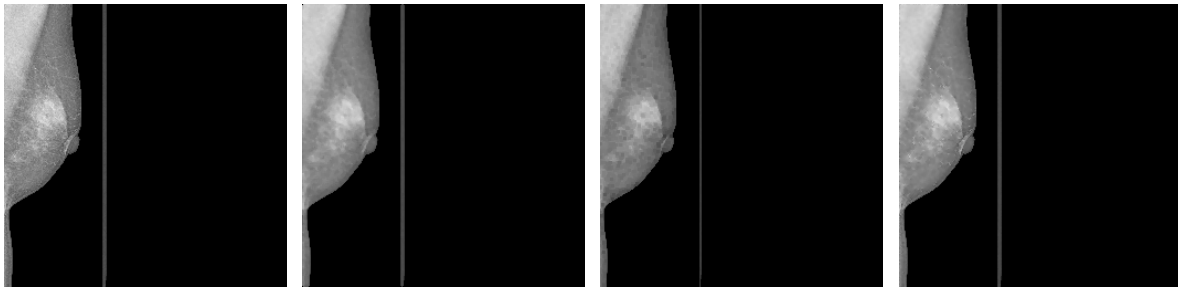
### Códigos do MatLab

- Filtro de mediana:  

```
% Remove o ruído com o filtro de mediana  
f_filtered = medfilt2(f_gray);
```
- Filtro de mínimo e máximo:  

```
% Mascara 3x3 e função de filtro de max e min  
se = strel('cube',3);  
f_final = imerode(f_gray,se);
```
- Filtro Wiener:  

```
% Remove o ruído com o filtro Wiener  
Img_f = wiener2(f_gray,[3 3]);
```



Resultado do filtro de ruídos: (a) Imagem original (b) Filtro de mediana (c) Filtro de mínimo e máximo (d) Filtro de wiener

### Código de aplicação de contraste no MatLab

```
function output = clahe_toolbox(image, tileSize, clipLimit)

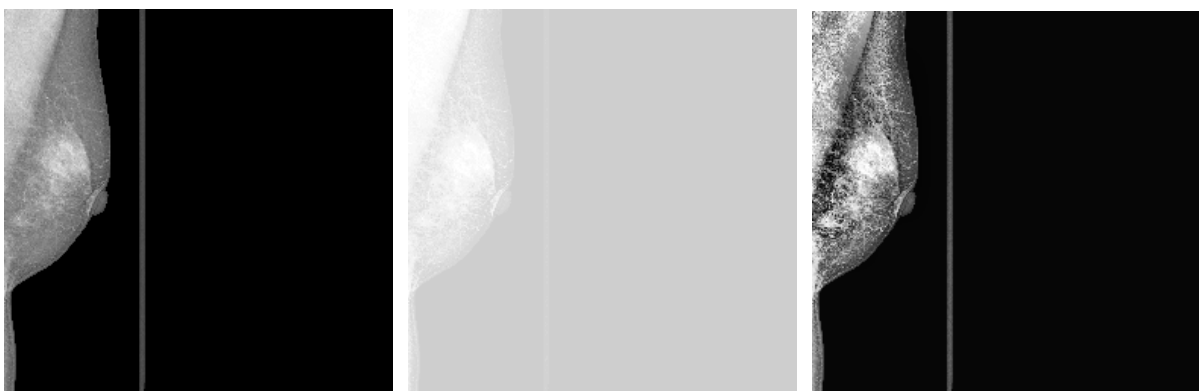
    % Verificar se a imagem está em tons de cinza
    if size(image, 3) == 3
        error('A imagem precisa estar em tons de cinza.');
```

```
    end

    % Normalizar
    if ~isa(image, 'uint8')
        image = im2uint8(image); % Converter para uint8
    end

    % Aplicar CLAHE com adapthisteq
    output = adapthisteq(image, 'NumTiles', tileSize, 'ClipLimit',
clipLimit);
    end

% Leitura de uma imagem
f = imread('breast.png');
f_gray = im2gray(f); % Converte para escala de cinza
f_output = histeq(f_gray);
% Parâmetros do CLAHE
tileSize = [8 8]; % Tamanho dos blocos
clipLimit = 0.02; % Limitação de contraste
% Aplicar o CLAHE
result = clahe_toolbox(f_gray, tileSize, clipLimit);
```



Resultados dos processamentos de contraste: (a) Imagem original (b) Contraste por equalização de histograma (c) CLAHE



### RMSE (Root Mean Square Error)

O RMSE mede a diferença média quadrática entre os pixels da imagem original e da imagem filtrada. Ele avalia o erro absoluto entre os dois conjuntos de dados (imagem original e imagem processada).

```
% Passo 3: Calcular a diferença entre as imagens
differences = double(f_gray) - double(f_filtered);
% Passo 4: Calcular o erro quadrático médio (MSE)
mse = mean(differences(:).^2);
% Passo 5: Calcular o RMSE
rmse = sqrt(mse);
% Exibir o RMSE
disp(['RMSE: ', num2str(rmse)]);
```

	Mínimo e máximo	Mediana	Wiener
105_397491913	10.7025	3.0298	2.1033
105_928983724	9.9462	3.3327	2.3932
105_1232990271	10.7146	4.1034	2.5644
105_1934323665	10.2681	3.1198	1.9342
106_76321767	11.2931	5.8758	2.0739
106_1160585918	11.5183	6.7616	1.9477
106_1495797827	11.7324	8.4391	2.3794
106_2018825992	11.7372	8.2114	2.4677
1014_229558076	23.1792	12.9711	7.288
1014_629904228	24.15	13.7543	7.5987

Filtro Wiener possui erro menor quadrático, resultando em uma imagem que preserva mais detalhes do que os outros filtros.

### PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)

O PSNR mede a relação entre o sinal (a imagem original) e o ruído introduzido pelo filtro (diferenças entre a imagem original e a processada). Ele é expresso em decibéis (dB) e é inversamente proporcional ao erro.

```
calculatePSNR = 10 * log10(255^2 / mean((double(f_gray(:)) - double(f_final(:))).^2))
```

	Mínimo e máximo	Mediana	Wiener
105_397491913	27.5411	38.5027	41.6728
105_928983724	28.1777	37.6750	40.5513
105_1232990271	27.5313	35.8680	39.9511
105_1934323665	27.9010	38.2484	42.4006
106_76321767	27.0745	32.7495	41.7950
106_1160585918	26.9030	31.5299	42.3406
106_1495797827	26.7431	29.6049	40.6013
106_2018825992	26.7395	29.8425	40.2848
1014_229558076	20.8288	25.8713	30.8786
1014_629904228	20.4725	25.3620	30.5160

Filtro Wiener possui maior PSNR.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1 Filtros:

No filtro de mediana, é possível observar a remoção do granulado das imagens, de pontos de ruídos de sal e pimenta da imagem, também houve perda de nitidez e contraste, removendo detalhes mais finos porém em menor grau quando comparado com o filtro de máximo e mínimo.

No filtro de máximo e mínimo, ocorreu uma menor perda do contraste da imagem, também removendo o ruído de sal e pimenta presente na original. Porém, as bordas da imagem sofreram uma maior degradação, sendo expandidas durante a filtragem.

O filtro de wiener foi o que possuiu o melhor desempenho, preservando o contraste da imagem e removendo boa parte do ruído de sal e pimenta, também preservou em um bom grau os detalhes e as bordas da imagem. Em relação aos valores de RMSE e PSNR, o filtro de wiener possui o melhor resultado, apresentando um menor valor de erro quadrático e maior valor de relação de pico sinal-ruído, geralmente, um PSNR acima de 30 dB é considerado bom para imagens.

### 5.2 Aplicação de contraste:

No contraste por equalização de histograma é possível observar um maior contraste do fundo da imagem em relação a região de interesse do exame, porém é possível ver a saturação de algumas áreas muito claras, o que dificulta a visibilidade da imagem. Também é possível ver que há ruídos de sal que permanecem na visualização.

Já na técnica CLAHE percebe-se um grande aumento no detalhamento da imagem, e do contraste entre as áreas, sem haver grande saturação de áreas muito claras ou muito escuras e tornando as transições de bordas bem definidas. No entanto, um leve ruído granulado ainda permanece na imagem.

A aplicação de filtros em combinação com o equilíbrio de contraste é mais eficiente para a análise das imagens, pois ruídos que podem ser amplificados com a mudança de contraste podem já serem previamente tratados com filtros, como os de sal e pimenta.

## 6. Conclusão

Neste estudo, imagens de mamografias, com baixo contraste, ruído e desfoque, foram aprimoradas utilizando diferentes técnicas de filtragem e realce de contraste. O filtro de Wiener demonstrou ser eficaz na redução de ruídos, enquanto o método CLAHE se mostrou adequado para aumentar o contraste das imagens. Essas técnicas auxiliam médicos e radiologistas no diagnóstico precoce e mais preciso da doença, contribuindo para um tratamento mais eficaz e oportuno, onde o câncer de mama é uma das principais causas de morte entre mulheres de meia-idade.

## REFERÊNCIAS

Artigo 1:

<https://www.kaggle.com/code/paultimothymooney/predict-idc-in-breast-cancer-histology-images>

Artigo 2:

<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgicfindmkaj/https://www.ijser.org/researchpaper/Breast-Cancer-Image-Enhancement-using-Median-Filter-and-CLAHE.pdf>

Artigo 3:

<https://www.kaggle.com/code/utkarshsaxenadn/breast-cancer-image-segmentation-attention-unet>