 <p>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo</p>	Engenharia de Computação
Câmpus Birigui	Processamento digital de imagens

Filtragem Frequência

Discente(s): Leonardo Sanchez Garcia

Docente: Prof. Dr. Murilo Varges da Silva

Birigui
2023

Os códigos deste relatório estão disponibilizados no GitHub:

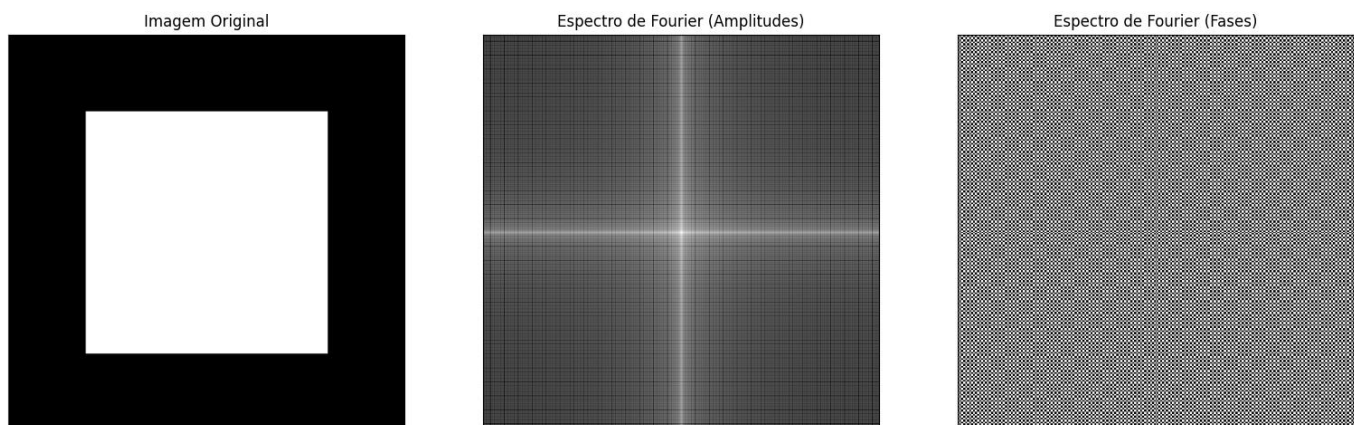
<https://github.com/LeonardoSanchez1/FiltragemFrequencia.git>

Transformada de Fourier (Rotação, Translação e Zoom)

1- Foi criada e visualizada uma imagem simples, consistindo em um quadrado branco sobre um fundo preto. Esta imagem foi gerada por meio do uso python.

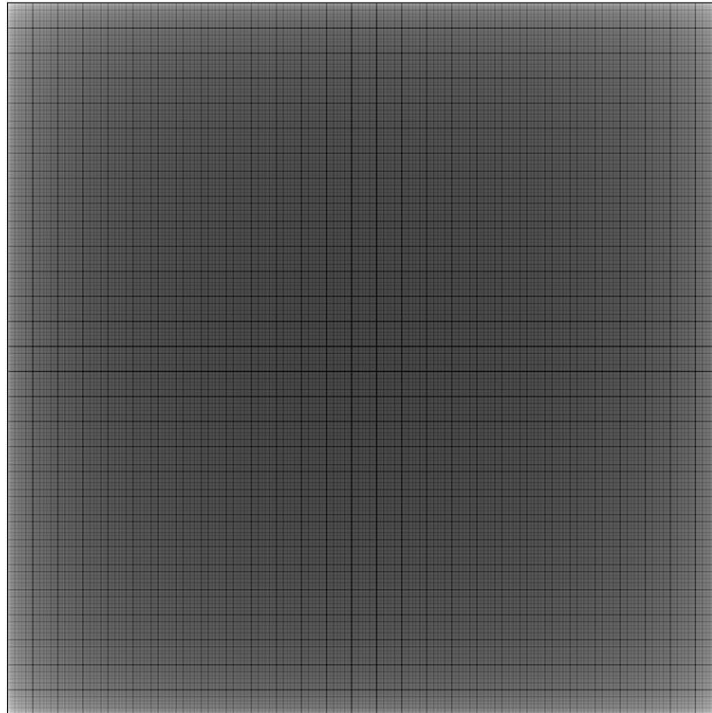
2- As amplitudes do espectro de Fourier foram calculadas e visualizadas. Para realizar esse cálculo, uma biblioteca de processamento de imagens, o OpenCV em Python, foi empregada. Primeiramente, a imagem foi convertida para escala de cinza, e em seguida, aplicou-se a Transformada de Fourier. O resultado apresentou a distribuição das frequências presentes na imagem.

3- As fases do espectro de Fourier também foram calculadas e visualizadas. De maneira semelhante ao passo anterior, após a obtenção da Transformada de Fourier, o espectro de Fourier das fases foi calculado, revelando a fase de cada componente de frequência da imagem.



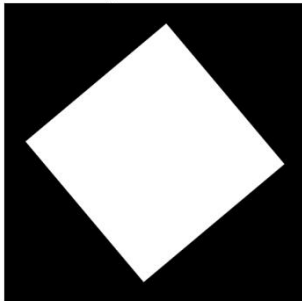
4- O espectro de Fourier centralizado foi obtido e visualizado. Para alcançar essa centralização, foi necessária a realização da Transformada de Fourier deslocada, o que implicou no reposicionamento da origem do espectro para o centro da imagem. Esse procedimento envolveu o ajuste apropriado das frequências baixas e altas.

Espectro de Fourier Centralizado

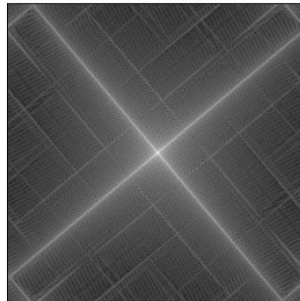


5- A partir da aplicação de uma rotação de 40° no quadrado, os passos 2 a 4 foram repetidos. Essa rotação provocou alterações na distribuição das frequências na imagem, refletidas no espectro de Fourier, que passou a mostrar mudanças nas orientações das componentes de frequência.

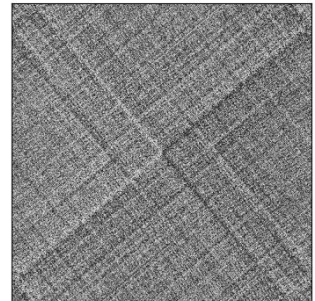
Imagem Rotacionada



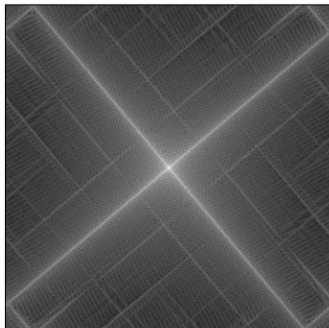
Espectro de Fourier da Imagem Rotacionada



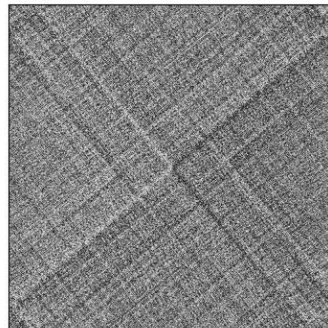
Fases do Espectro da Imagem Rotacionada



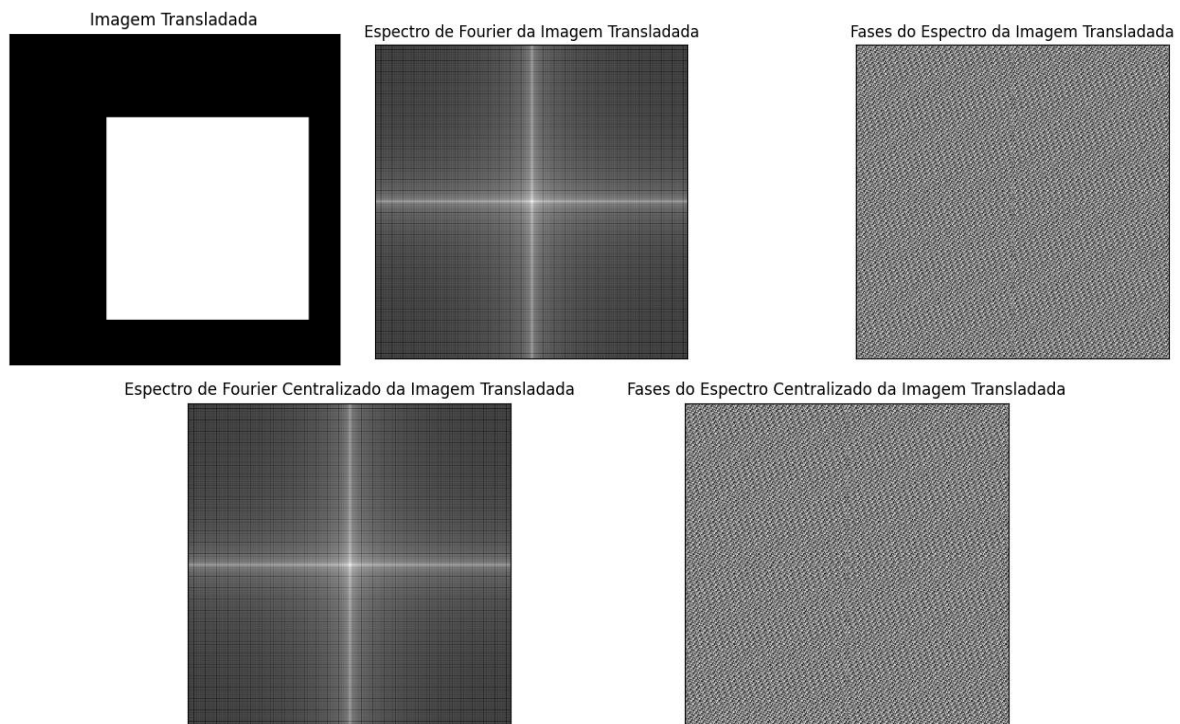
Espectro de Fourier Centralizado da Imagem Rotacionada



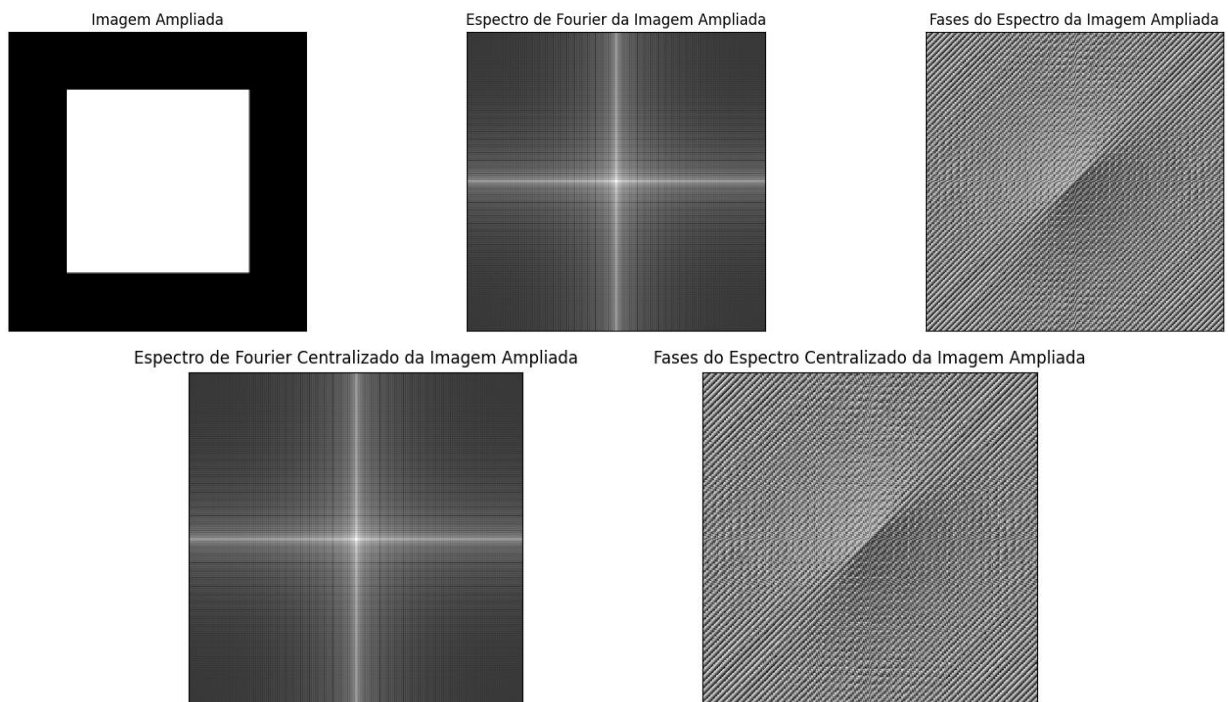
Fases do Espectro Centralizado da Imagem Rotacionada



6- Realizou-se uma translação nos eixos x e y no quadrado, seguida da repetição dos passos 2 a 4. Essa translação deslocou a imagem em relação ao espectro de Fourier, resultando em uma representação que refletiu as mudanças na posição das componentes de frequência.



7- A aplicação de um zoom na imagem provocou uma mudança na escala das componentes de frequência. Isso foi refletido no espectro de Fourier, que passou a mostrar uma alteração na distribuição das amplitudes e fases das frequências.



8- No que diz respeito à transformada de Fourier, quando submetida a rotação, translação e zoom, as seguintes consequências foram observadas:

Rotação: A aplicação de rotação resultou na modificação das orientações das componentes de frequência no espectro de Fourier. As frequências previamente horizontais ou verticais passaram a se inclinar de acordo com o ângulo de rotação.

Translação: A translação ocasionou o deslocamento das características da imagem no espectro de Fourier, manifestando-se como um deslocamento nas frequências correspondentes às mudanças de posição na imagem.

Zoom: A alteração de escala das componentes de frequência na imagem resultou em um espectro de Fourier que apresentou ampliação das frequências de alta escala e redução das frequências de baixa escala. Essa mudança afetou a distribuição das amplitudes no espectro de Fourier.

Filtros Passa-Baixa

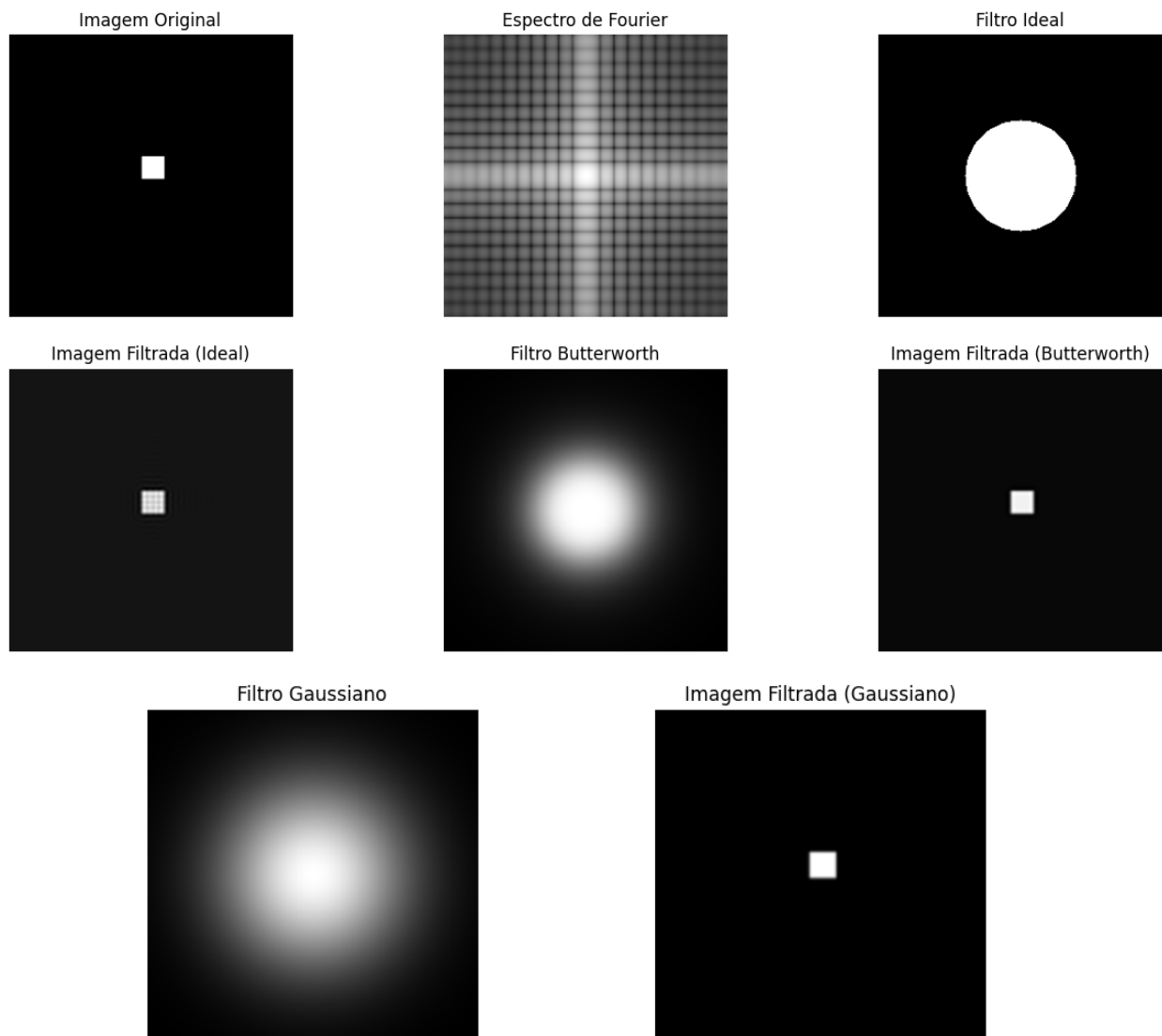
Esta parte relatório descreve um estudo realizado com o objetivo de explorar a aplicação de filtros passa-baixa em imagens digitais. Três tipos de filtros passa-baixa foram considerados: o filtro ideal, o filtro Butterworth e o filtro Gaussiano. O estudo incluiu a aquisição de várias imagens digitais e a subsequente aplicação desses filtros, com ênfase na visualização de diferentes etapas do processo, incluindo a imagem original, o espectro de Fourier, os filtros em si e as imagens resultantes após a aplicação de cada filtro.

Metodologia

O estudo utilizou uma variedade de imagens digitais, incluindo "sinc_original_menor.tif", "sinc_original.png", "sinc_rot.png", "sinc_rot2.png" e "sinc_trans.png". As etapas metodológicas foram as seguintes:

1. Carregamento da imagem original.
2. Redimensionamento da imagem para facilitar a visualização.
3. Cálculo do espectro de Fourier da imagem.
4. Geração dos filtros passa-baixa: ideal, Butterworth e Gaussiano.
5. Aplicação dos filtros na frequência utilizando a Transformada de Fourier.
6. Cálculo da transformada inversa de Fourier para obter as imagens filtradas.
7. Visualização das imagens originais, espectros de Fourier, filtros e imagens filtradas.

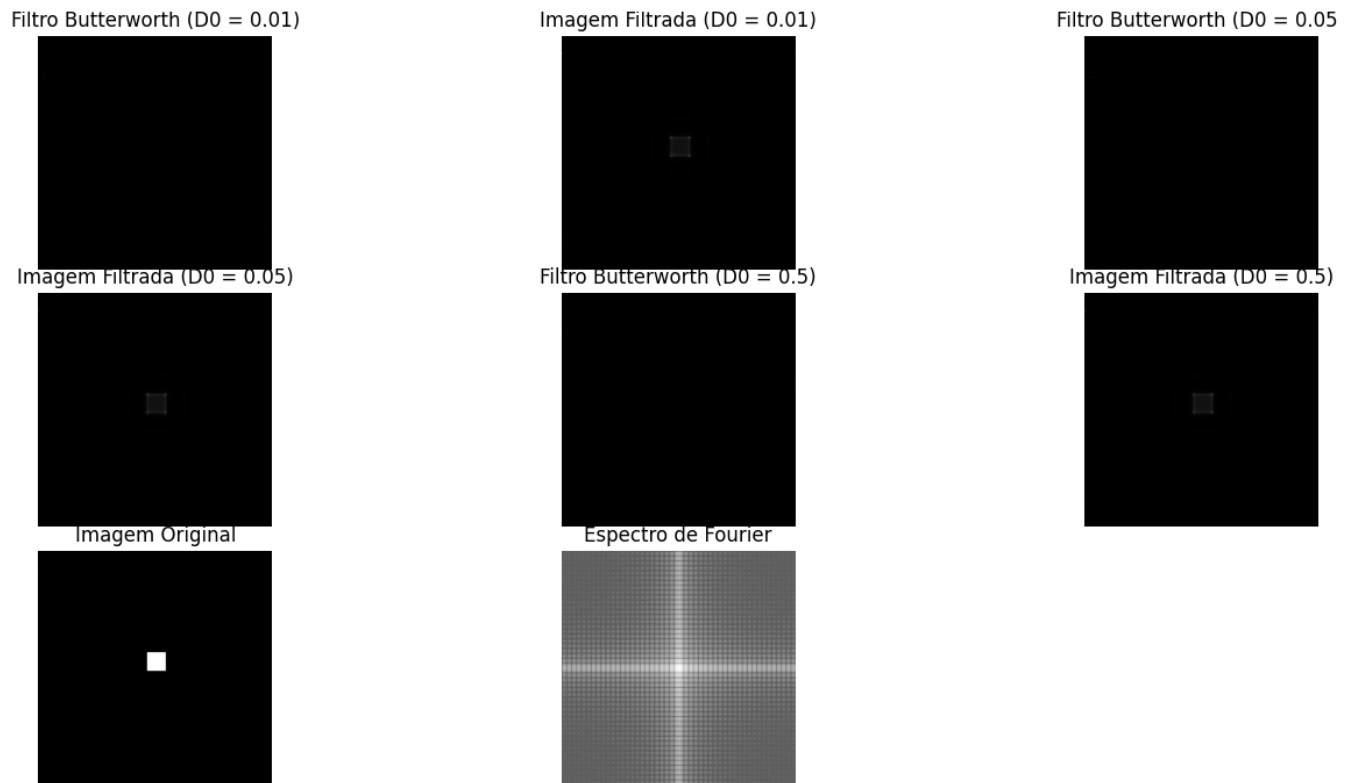
Foram analisadas 5 imagens. Porém, para demonstrar os resultados, escolher-se uma imagem para mostrar (sinc_original_menor.tif).



Os resultados do estudo mostraram claramente a influência dos diferentes filtros passa-baixa nas imagens digitais. As visualizações das imagens originais, espectros de Fourier e filtros permitiram uma compreensão aprofundada das características de cada imagem e dos filtros aplicados.

O filtro ideal mostrou um comportamento de passagem ou supressão extremamente nítido na frequência, resultando em imagens filtradas com características distintas. O filtro Butterworth, com seu parâmetro de ordem ajustável, permitiu um controle mais suave sobre a transição entre as regiões de passagem e supressão. O filtro Gaussiano, por sua vez, proporcionou uma transição suave e natural entre as frequências.

Variar o parâmetro de frequência de corte (D_0) em um filtro passa-baixa afeta significativamente o resultado da filtragem. Valores diferentes de D_0 controlarão a quantidade de informações de alta frequência que passará pelo filtro. Valores menores de D_0 permitirão a passagem de mais informações de alta frequência, enquanto valores maiores de D_0 filtrarão informações de alta frequência mais agressivamente.

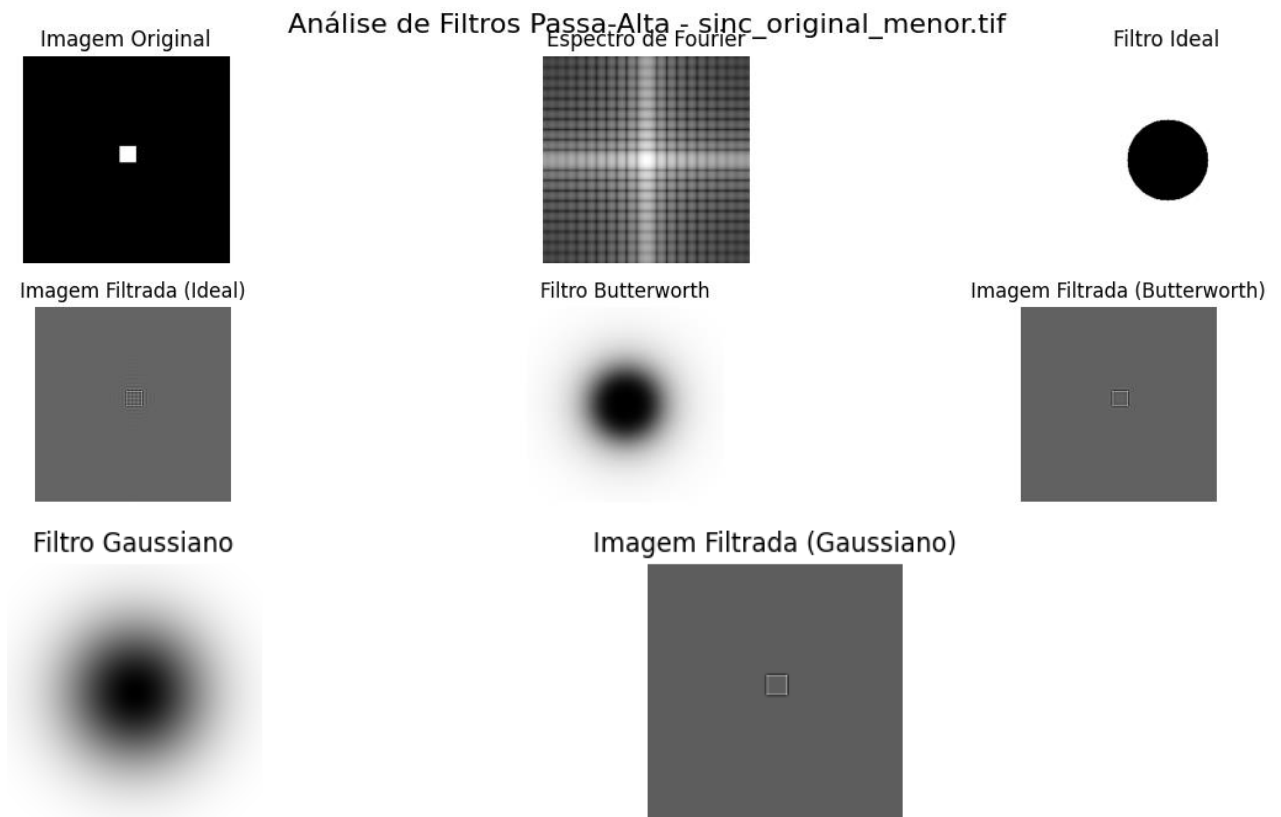


- Quando D_0 é muito pequeno (0.01), o filtro permite a passagem de muitas informações de alta frequência, resultando em uma imagem filtrada que preserva detalhes finos, mas pode introduzir ruído.
- Quando D_0 é moderado (0.05), o filtro equilibra a suavização e a preservação de detalhes, resultando em uma imagem filtrada que é uma mistura entre a imagem original e uma versão suavizada.
- Quando D_0 é grande (0.5), o filtro passa-baixa filtra a maioria das informações de alta frequência, resultando em uma imagem filtrada que é mais suave, com menos detalhes finos.

Filtros Passa-Alta

Dessa Vez, fez-se um estudo sobre a aplicação de filtros passa-alta do tipo ideal, Butterworth e Gaussiano em imagens digitais. O estudo incluiu a seleção de várias imagens, como "sinc_original_menor.tif", "sinc_original.png", "sinc_rot.png", "sinc_rot2.png" e "sinc_trans.png", e a subsequente aplicação desses filtros.

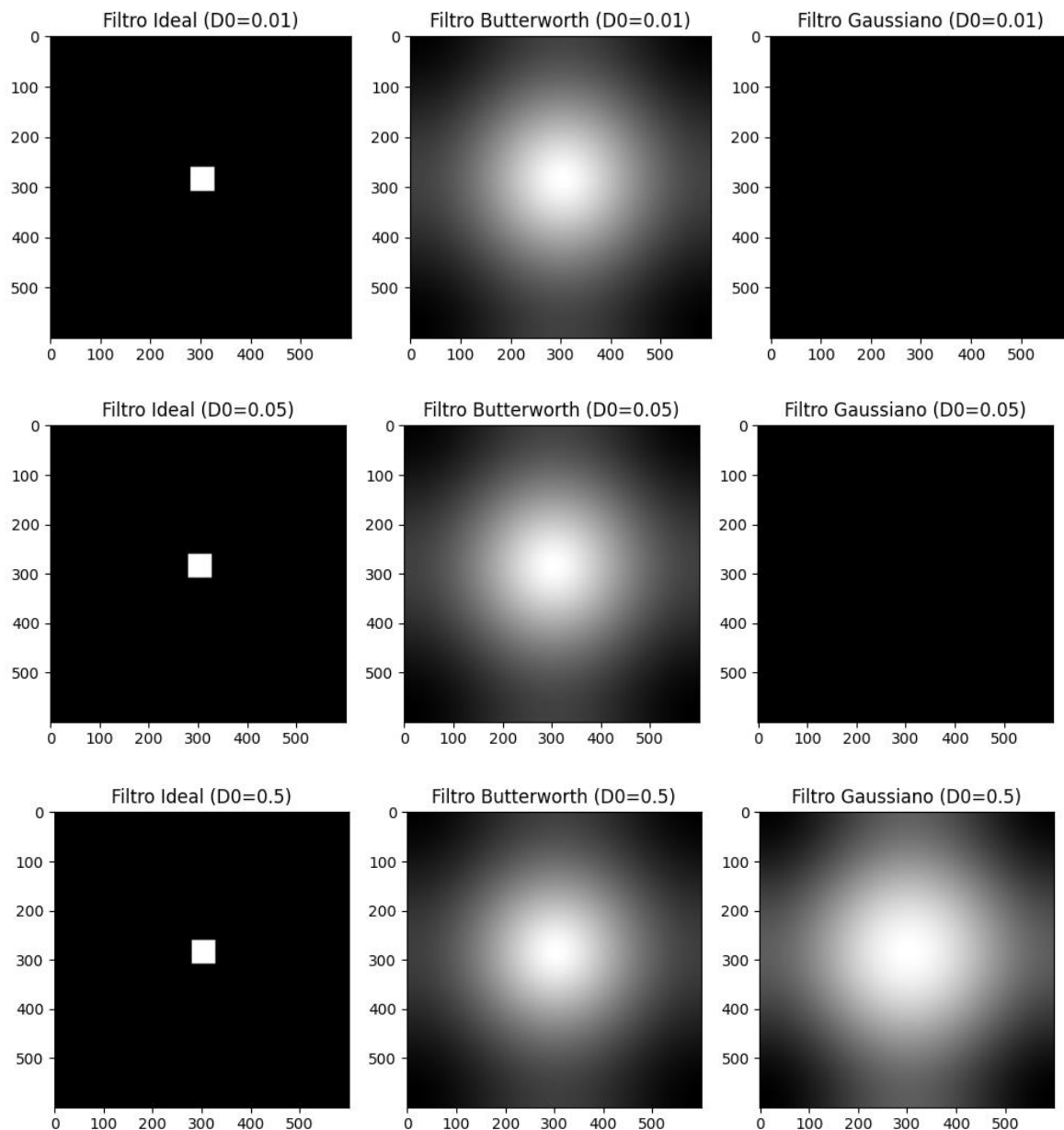
Utilizou-se a mesma metodologia de estudo do filtro passa-baixa. Foram analisadas todas as imagens. Para demonstração, utilizou-se a imagem sinc_original_menor.tif.



Os resultados deste estudo demonstraram claramente o impacto dos diferentes filtros passa-alta nas imagens digitais. As visualizações das etapas do processo permitiram uma compreensão profunda das características de cada filtro e sua influência nas imagens.

O filtro ideal passa-alta mostrou uma forte capacidade de realçar componentes de alta frequência, destacando bordas e detalhes finos nas imagens. O filtro Butterworth, com seu parâmetro de ordem ajustável, ofereceu um equilíbrio entre a nitidez e a suavização das características de alta frequência. O filtro Gaussiano passa-alta proporcionou uma suavização gradual das frequências baixas, realçando componentes de alta frequência de forma mais sutil.

À medida que D_0 (parâmetro de frequência de corte) aumenta, a quantidade de alta frequência que passa pelo filtro aumenta, resultando em uma imagem filtrada com mais detalhes de alta frequência preservados. À medida que D_0 diminui, mais alta frequência é suprimida, resultando em uma imagem filtrada com menos detalhes de alta frequência. Isso é evidente na diferença entre as imagens filtradas para diferentes valores de D_0 .



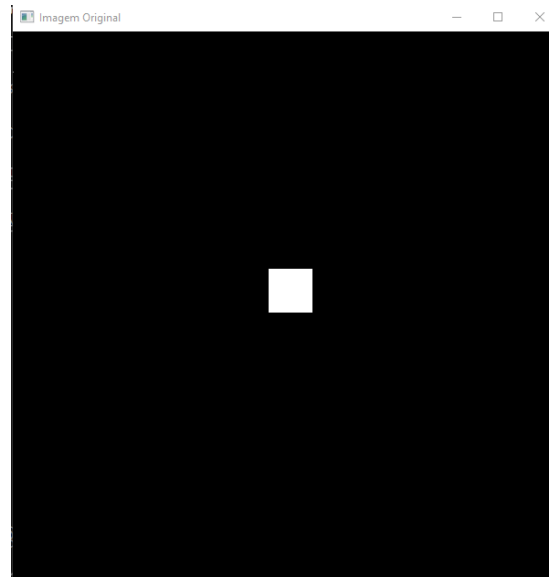
Filtro Passa-Banda

Além dos filtros passa-baixa e passa-alta, existe o filtro passa-banda. O filtro passa-banda é um tipo de filtro que permite que um certo intervalo de frequências de um sinal passe através dele, enquanto atenua ou bloqueia as frequências fora desse intervalo. Ele é usado para realçar ou destacar frequências específicas em um sinal e suprimir as demais.

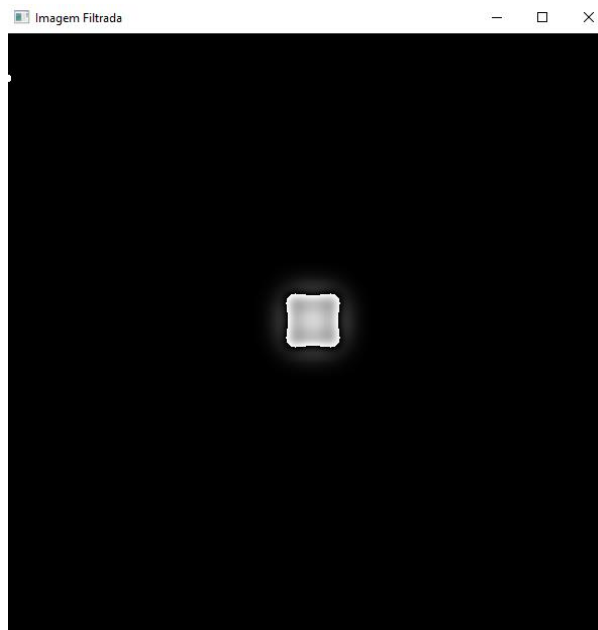
O funcionamento do filtro passa-banda pode ser descrito da seguinte forma:

- Ele possui uma frequência de corte inferior (f_1) e uma frequência de corte superior (f_2).

- Todas as frequências abaixo de f_1 e acima de f_2 são atenuadas ou bloqueadas.
- As frequências dentro do intervalo (f_1 a f_2) são permitidas a passar praticamente sem atenuação.
- O filtro passa-banda geralmente possui uma banda de passagem, que é a faixa de frequências entre f_1 e f_2 , onde o sinal é aceito sem muita atenuação.



sinc_original_menor.tif (original)



sinc_original_menor.tif (filtrada passa-banda)