

G - Filtros

Todas as imagens possuem limites entre áreas com diferentes respostas em relação à energia eletromagnética. Esses limites podem ocorrer entre diferentes coberturas do terreno (solo, vegetação, rocha, áreas urbanas etc.) ou podem representar o contato entre áreas com diferentes condições de iluminação, devido ao sombreamento topográfico. Em uma imagem monocromática, esses limites representam, portanto, mudanças bruscas de um intervalo de níveis de cinza para outro. Ao se plotar esses limites em um gráfico, eles serão representados por um gradiente bastante acentuado, podendo chegar a vertical.

Limites deste tipo são conhecidos como **bordas** (Crósta, 1993, p. 76). As bordas ocupam geralmente áreas pequenas na imagem, são estreitas e são chamadas feições de alta frequência (limites entre áreas sombreadas e iluminadas, redes de transporte, redes de drenagem, estruturas geológicas e outras).

Por outro lado, os limites gradacionais variam mais uniformemente com a distância, sendo, conseqüentemente, menos nítidos. São as chamadas feições de baixa frequência (áreas uniformes em imagens).

As técnicas de filtragem, da mesma forma que as manipulações de contraste, são transformações na imagem de pixel à pixel. Entretanto, a modificação na imagem filtrada não depende, neste caso, apenas do nível de cinza de um determinado pixel da imagem original, mas também do valor dos níveis de cinza dos pixels vizinhos àquele. Por isso, a filtragem espacial é uma transformação que depende do contexto em que se insere um dado pixel.

- Selecione, dentro do menu principal, a opção “Filtros”. Neste capítulo veremos melhor como eles funcionam.

1. Filtros de convolução

Os filtros de convolução operam no domínio espacial de uma imagem. Existem três tipos básicos de filtro de convolução: filtros passa-baixas, passa-altas e direcionais.

Ao lado vemos imagem original sem passar por qualquer tipo de filtragem. Logo a seguir mostramos o resultado de diversos tipos de filtragem sobre esta imagem.

- Selecione, dentro do menu principal, a cadeia de comandos “ Filtros – Convolução ou Morfologia”.
- Carregará a janela “Convolution and Morphology Tools”. Selecione a caixa de diálogo Convolutions...



Figura G –1: Imagem monocromática

1.1. Filtro passa-altas ("high pass")

O filtro passa-altas elimina as baixas frequências espaciais na imagem, deixando apenas as altas frequências, normalmente expressas por bordas ou limites entre áreas de diferentes valores de níveis de cinza (Crósta, 1993, p. 83).

Como regra geral, um filtro passa-altas normalmente vai realçar feições de dimensões menores do que a dimensão da máscara usada. O filtro passa-altas padronizado do ENVI usa uma máscara de 3 x 3 pixels, com um valor do pixel central de 8, e o valor de -1 para os pixels exteriores (Figura G-2). Neste caso, a média da imagem abaixa, pois a soma dos valores do filtro é igual a zero. Substituindo valor do pixel central de 8 para 9, a soma dos componentes da máscara vale 1, preservando assim a média da imagem.

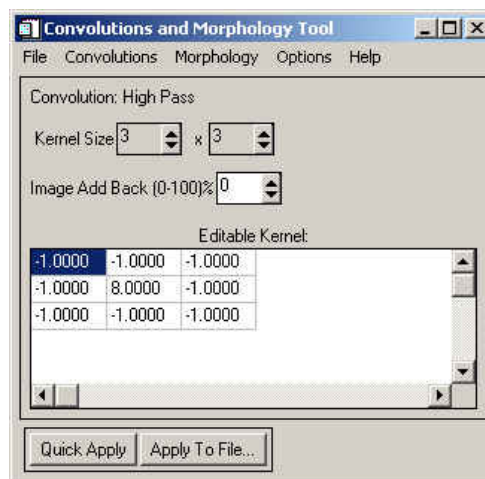


Figura G –2: Filtro passa-altas ("high pass")

Exemplo: Filtro Sharpen. (Coloque o valor desejado no centro da matriz 3X3; se o filtro for Sharpen 18, coloque 18 no centro e, em "image Add back", coloque 0%. Clique em "Apply To File" para salvar a imagem filtrada. Isso é muito importante, porque apenas aplicando o filtro Sharpen usando a função do display da imagem (Em "Realce – Filter..."), não é possível salvar o filtro.

Vantagem: aumenta os contrastes numa imagem.

Desvantagem: produz, muitas vezes, bordas artificiais, que podem confundir o intérprete.



(a)



(b)

Figura G –3: Imagens filtradas com máscaras 3x3 e valor central 8 (a) e 9 (b)

1.2. Filtro passa-baixas - filtro média ("low pass")

A maior utilização dos filtros passa-baixas é na remoção de ruídos, comuns em imagens de satélite. O filtro passa-baixas preserva as baixas frequências na imagem, provocando um efeito de suavização ("smoothing"). Outra característica desses filtros é que o efeito de suavização aumenta proporcionalmente à dimensão da máscara usada.



Figura G-4 : Exemplo de aplicação do filtro de passa-baixa

O filtro média é um dos tipos mais simples de filtros passa-baixas e o seu efeito é o de substituir o nível de cinza de um pixel pela média aritmética do pixel e de seus vizinhos. A Figura G-4 apresenta a caixa de diálogo do filtro passa-baixas.

Vantagem: preserva as bordas na imagem, suavização da imagem (efeito de desfocagem), bom para eliminação de ruídos, se o caso for imprimir a imagem.

Desvantagem: perda de informação.

1.3. Filtro laplaciano (passa-altas)

Este filtro é útil na detecção de bordas. Geralmente, a soma dos pesos da máscara é igual a zero (Crósta, 1993, p. 85). Ele usa uma máscara com um alto valor central, cercado de valores negativos nas direções N-S e E-W e o valor zero para os pesos da máscara.

Vantagem: detecção de bordas.

Desvantagem: não considera a direção das bordas.

1.4. Filtro direcional (passa-altas)

Este filtro é um tipo especial de passa-altas e representa, na verdade, uma combinação de filtragem passa-altas e limiarização de níveis de cinza. O ângulo pode ser digitado na caixa de texto que se abre quando é selecionado a opção "Directional". Note que o ângulo de 0° corresponde à direção norte; 90° corresponde à direção oeste, etc.

Vantagem: realça bordas em direções determinadas.

Desvantagem: produz, muitas vezes, bordas artificiais, que podem confundir o intérprete

1.5. Filtro gaussiano

Pode ser usado como um filtro passa-altas ou passa-baixas. Usa a função gaussiana para uma máscara definida. Pode-se escolher entre "High Pass" e "Low Pass".

1.6. Filtro mediana (passa-baixas)

Neste tipo de filtro passa-baixas, o pixel central da máscara é substituído pelo valor mediano dos seus vizinhos.

Vantagem: preserva as bordas na imagem; homogeneiza a imagem.

1.7. Filtro Sobel (passa-altas e direcional)

O filtro Sobel é um filtro não-linear para realçar bordas e representa uma aproximação à função de Sobel. O tamanho da máscara (3 x 3) não pode ser mudado.

Filtro N - S		
1	2	1
0	0	0
- 1	2	- 1

Filtro E - W		
- 1	0	1
- 2	0	2
- 1	0	1

Filtro NW - SE		
- 2	1	0
- 1	0	1
0	1	2

Filtro NE - SW		
0	1	2
- 1	0	1
- 2	1	0

Vantagem: detecção de bordas.

Desvantagem: produz, muitas vezes, bordas artificiais, que podem confundir o intérprete.

1.8. Filtro Roberts (passa-altas e direcional)

O filtro Roberts é um filtro não-linear parecido com o filtro Sobel e representa uma aproximação à função de Roberts. O tamanho da máscara (2 x 2) não pode ser mudado.

Vantagem: realçar e isolar bordas em direções predeterminadas.

Desvantagem: produz muitas vezes bordas artificiais, que podem confundir o intérprete.

Vertical		Horizontal	
0	-1	0	-1
1	0	1	0

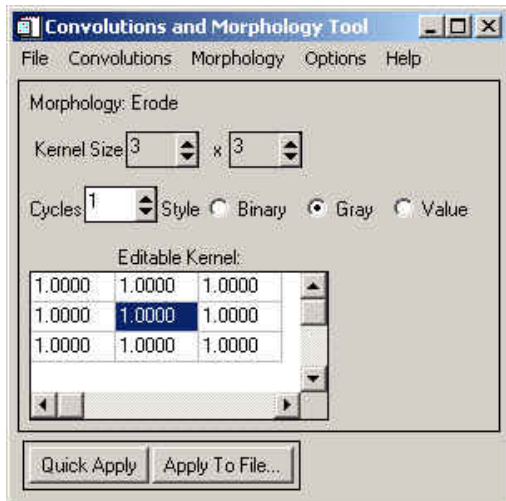


Figura G-5: Janela do filtro Erode, que faz parte dos filtros morfológicos

2. Filtros morfológicos

A filtragem morfológica é um método não-linear baseado em uma forma ("shape"). Os filtros morfológicos são utilizados para quantificar as estruturas geométricas. O ENVI oferece várias máscaras predefinidas para a filtragem morfológica (figura G-5).

2.1. Dilatação ("Dilate")

O filtro de dilatação é usado para fechar "buracos", que são menores que a máscara definida numa imagem binária ou em tons de cinza, mas também para expandir uma classe.

2.2. Erosão ("Erode")

O filtro de erosão é usado para afastar grupos de pixel, que são menores que a máscara definida numa imagem binária ou em tons de cinza.

2.3. Abertura ("Opening")

A abertura de uma imagem é definida como a erosão da imagem, seguida pela sua dilatação, aplicando-se o mesmo elemento estrutural. Este filtro causa uma suavização nos contornos de uma imagem, eliminando pequenos agrupamentos de pixels. O mesmo resultado pode ser obtido usando-se sucessivamente os filtros de dilatação e de erosão.

2.4. Fechamento ("Closing")

O fechamento de uma imagem é definido como a dilatação da imagem, seguida pela sua erosão, aplicando-se o mesmo elemento estrutural. Este filtro causa uma suavização nos contornos de uma imagem. O mesmo resultado pode ser obtido usando-se sucessivamente os filtros de dilatação e de erosão.

- Selecione "Morphology" e escolha o filtro desejado

Escolha o estilo do filtro:

"Binary": pixels de saída em branco e preto

"Grey Scale": preserva os gradientes

"Value": os valores da máscara vão ser adicionados ou subtraídos aos pixels selecionados

3. Filtros de textura

Várias imagens contêm regiões que são caracterizadas por variações de luminosidade. O filtro de textura refere-se às variações espaciais de tons da imagens como uma função de escala. Especialmente para aerofotos, a aplicação de filtros da textura é recomendada.

Para o intérprete é fácil reconhecer as diferenças de textura numa imagem. A quantificação através do processamento digital é bem mais complexa, porque não existe uma definição geral de textura. Ao contrário das características espectrais, que descrevem as variações de tonalidade de um objeto, a textura contém informações sobre a distribuição espacial das variações de tonalidade de um objeto. Adicionalmente, estas variações de tonalidade podem ser consideradas como uma função de escala na qual o objeto é observado.

Informações adicionais sobre filtros de textura podem ser encontrado em Russ, J. C. (1992), Barbar, D. G. & LeDrew, E. F. (1991) e Haralick, R. M., Shanmugan, K., & I. Dinstein (1973).

3.1. Aplicando o filtro “Occurrence Measures”

Use o filtro “Occurrence Measures” para aplicar qualquer um dos 5 tipos disponíveis de filtros baseados em medidas de ocorrência. Os filtros de ocorrência usam o número de ocorrências de cada nível de cinza dentro da janela de processamento (vide figura G-6) para o cálculo da textura

- Selecione, dentro do menu principal, a cadeia de comandos “Filtros – Textura – Occurrence Measures”
- Aparece a caixa de diálogo “Texture Input File”. Selecione a imagem desejada e clique em OK.
- Aparece a caixa de diálogo “Occurrence Texture Parameters” (Figura G-6) .
- Selecione os filtros de textura. O ENVI fornece 5 tipos diferentes de filtros de textura: Data Range, Mean, Variance, Entropy e Skewness.
- No campo “Processing Window”, entre com o número de linhas e colunas correspondente a área considerada (pixels) para a avaliação da textura.
- Selecione “File ou Memory” e clique em OK. O resultado aparecerá na janela de lista de bandas disponíveis.

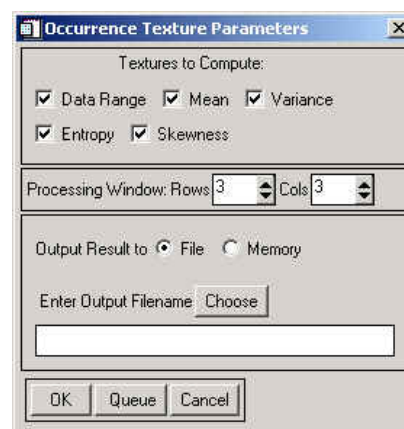


Figura G-6: Caixa de diálogo dos parâmetros do filtro de textura do tipo “Occurrence”

OBS.: O processamento é feito banda por banda.

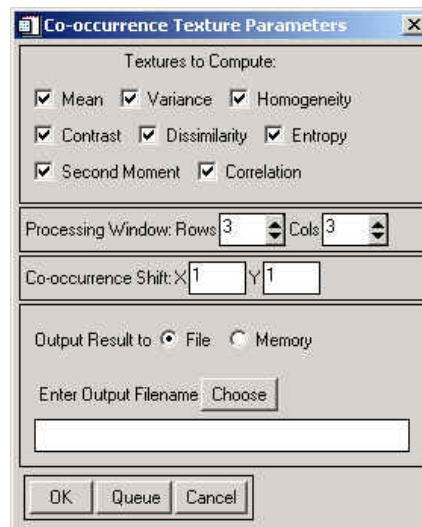


Figura G-7: Caixa de diálogo dos parâmetros do filtro de textura do tipo “Co-Occurrence”

3.2. Aplicando o filtro “Co-Occurrences Measures”

Use o filtro “Co-Occurrence” para aplicar automaticamente 8 diferentes tipos de filtros de textura baseado na matriz de co-ocorrência. É incluída as opções mean, variance, homogeneity, contrast, dissimilarity, entropy, second moment e correlation. O filtro de co-ocorrência usa os tons de cinza em função da matriz de cálculo dos valores de textura. Esta matriz é a matriz das freqüências relativas com as quais os valores dos pixels ocorrem nas duas vizinhanças da janela de processamento separadas por uma distância e direção específica. Então é mostrado o número das ocorrências entre um pixel e seu especificado vizinho. Por exemplo, a matriz “co-occurrence” mostrada abaixo foi produzida usando cada pixel da matriz e seu vizinho horizontal (com shift de 1 para X e 0 para Y) para uma janela de 3X3.

4	3	5
3	5	6
6	4	3

Pixels iniciais

3	5	6
5	6	3
4	3	6

Shift

- Selecione , dentro do menu principal, a cadeia de comandos “Filtros – Textura – Co-Occurrence Measures”.

- Aparece a janela “Co-Occurrence Texture Parameters” (Figura G-7).

0	0	2	1
2	0	0	0
0	0	0	2
1	1	0	0

Matriz de co-ocorrência

- Entre com o valor e shift, de linhas e colunas da área considerada em “Processing Window” , escolha File ou Memory e clique em OK.

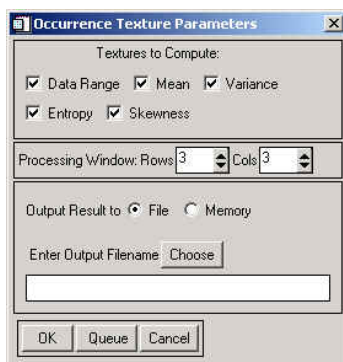


Figura G-7: Caixa de diálogo dos parâmetros do filtro de textura do tipo "Co-Occurrence"

4. Filtro FFT (Transformada de Fourier)

Agora veremos como funciona o filtro FFT (Fast Fourier Transform filtering), que é um filtro que trabalha no domínio das frequências da imagem, ao contrário dos outros filtros, que trabalham no domínio real, ou seja, o domínio do nível dos tons de cinza. O filtro FFT, como trabalha com as frequências, e toda a frequência sempre possui uma componente real e uma complexa, o ENVI transforma o dado da imagem real em um dado complexo, que acarreta uma imagem só com as frequências da imagem e com um tamanho de arquivo bem maior que o original.

4.1. FFT Adiante

O primeiro passo para o procedimento de aplicação de filtro FFT é trabalhar no domínio das frequências da imagem, para isso, deveremos ter o dado real (a imagem). No nosso exemplo, usaremos uma imagem do sensor Aster 1A, na qual tem uma falha sistemática e o melhor método para eliminar essa falhas e preservar ao máximo possível as informações de alta frequências da imagem (ex.: borda de estradas) é o filtro FFT.

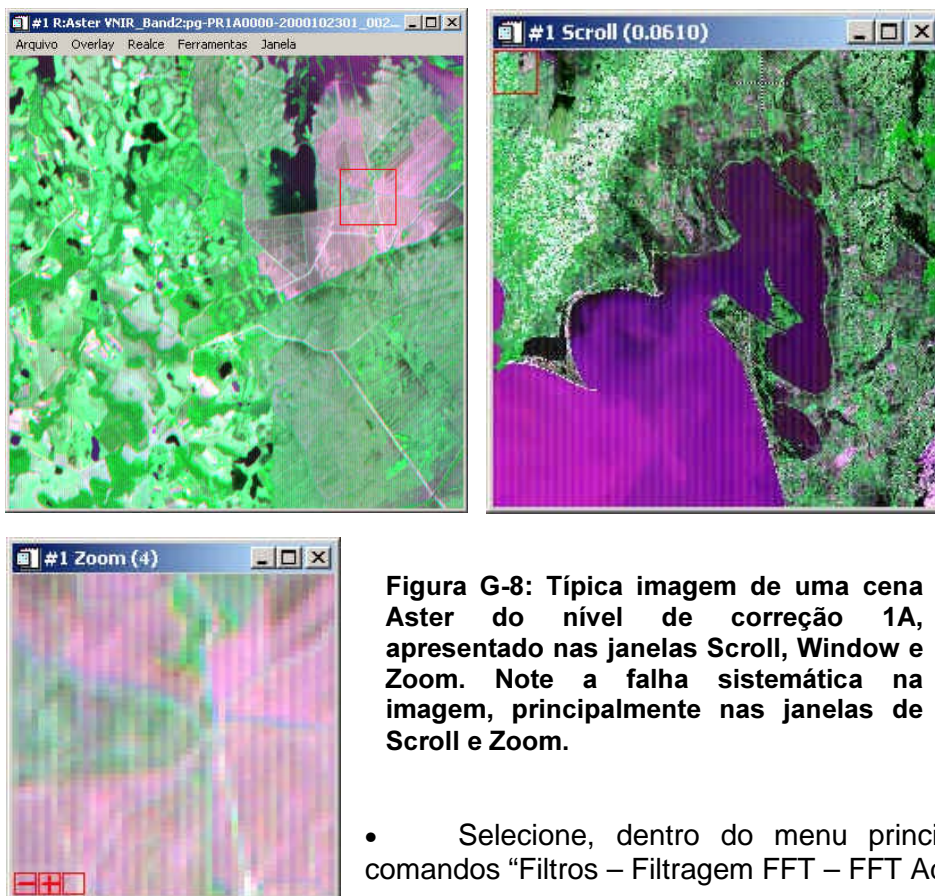


Figura G-8: Típica imagem de uma cena Aster do nível de correção 1A, apresentado nas janelas Scroll, Window e Zoom. Note a falha sistemática na imagem, principalmente nas janelas de Scroll e Zoom.

- Selecione, dentro do menu principal, a cadeia de comandos “Filtros – Filtragem FFT – FFT Adiante”
- Aparecerá a janela “Forward FFT Input File”. Selecione a banda desejada. e clique em OK.

É recomendado que se use o filtro FFT banda por banda, e não na imagem inteira. Para não produzir resultados indesejáveis, o número de linhas e colunas da imagem obrigatoriamente tem que ser par, já que a série de Fourier é uma série par.

- Aparece a janela “Forward FFT Parameters”. Escolha File ou Memory e clique em OK.

4.2. Definição de filtro e remoção manual das altas frequências

O resultado do processo de FFT adiante aparecerá na lista de bandas disponíveis. A imagem gerada é um dado complexo, agora nós saímos do campo real e entramos no campo imaginário, e aí nós eliminaremos as altas frequências que não nos interessam. A figura G-9 mostra a imagem complexa gerada da banda 1 da cena Aster em questão:

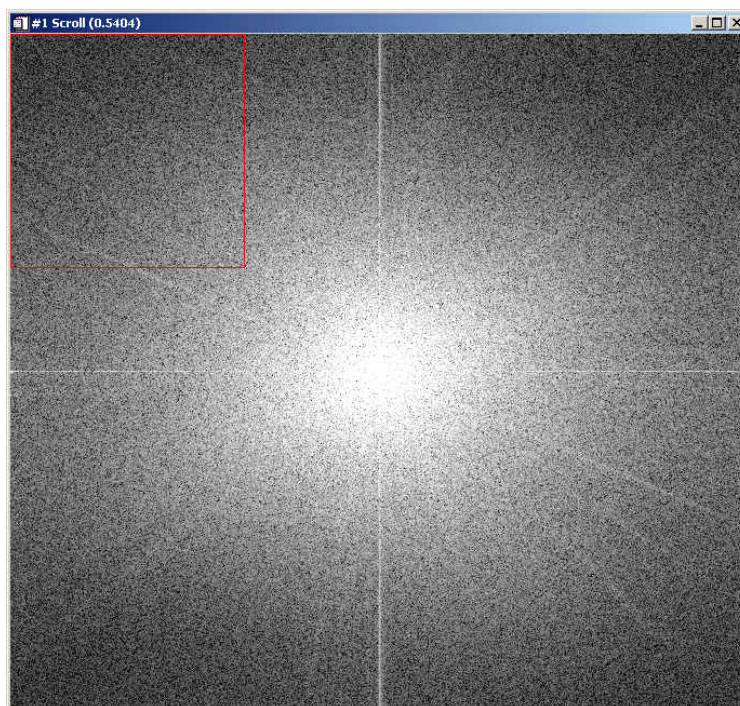


Figura G-9: Banda 1 de uma cena Aster 1A no domínio da frequência.

- Carregue a imagem complexa numa janela do ENVI.

Agora usaremos a definição de filtro, onde separaremos as altas frequências desejadas, ou seja, separaremos as altas frequências que representam ruídos e falhas das altas frequências que representam informações na imagem. As falhas e ruídos tendem a se agrupar nas bordas da imagem, e as informações de alta frequência da imagem tendem a se agrupar no centro da imagem complexa.

- Selecione, dentro do menu principal, a cadeia de comandos “Filtros – Filtragem FFT – Definição de Filtro”.
- Aparecerá a janela “Filter Definition” (Figura G-10).

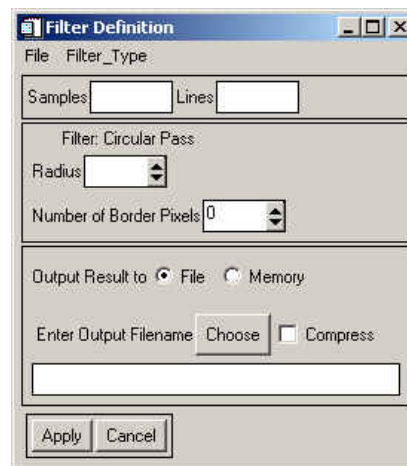


Figura G-10: Janela “Filter Definition”

Agora o usuário deverá definir as altas frequências que serão eliminadas e as que continuarão na imagem. O processo consiste em determinar com linhas, polígonos, pontos, etc... veremos como funciona esse processo.

Acesse, dentro do menu da janela “Filter Definition”, a opção “Filter Type”. As opções serão:

- Circular Pass/Cut
- Band Pass/Cut
- User Defined Pass/Cut

A diferença entre o “pass” e o “cut” é que o “pass” o usuário define, na imagem complexa, as frequências em que se deseja que permaneça na imagem, e no “cut” o usuário define as frequências que serão removidas.

O campo “**Samples**” e “**Lines**” serão automaticamente preenchidos se o display da imagem complexa estiver aberta. A opção “**Number Of Border Pixels**” determina a região de suavização, em pixels, entre a área excluída e a preservada. Exemplo: Se escolhermos o filtro circular pass, e escolhermos um raio de 100 pixels, a princípio todos os 100 pixels internos ao círculo serão preservados e todos os 100 pixels externos ao círculo serão excluídos. Mas, se escolhermos uma suavização de 10 pixels, haverá uma suavização linear entre 5 pixels do interior e 5 pixels do exterior do círculo.

4.2.1. Circular pass/cut

O tipo circular define, na imagem complexa, nada menos do que um círculo entre ela (Figura G-11).

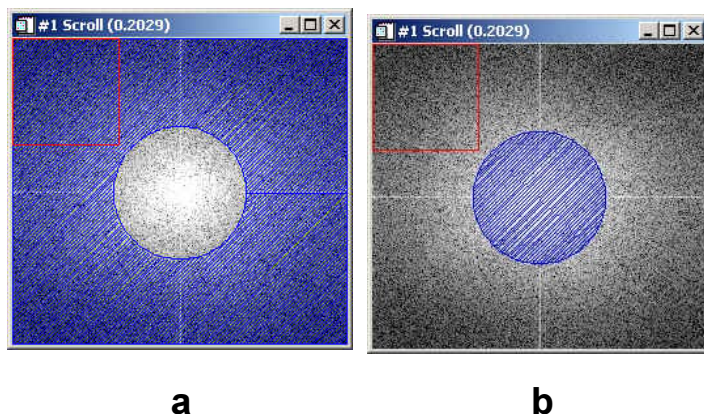


Figura G-11: Filtro definido pelo “Circular Cut” (a) e “circular pass”(b)

Todas as informações de alta frequência contida na região hachurada serão excluídas (a) e serão mantidas (b).

- Selecione, dentro do menu da janela “Filter Definition”, a cadeia de comandos “Filter Type – Circular Pass/Cut” . determine o raio, em pixels, e se necessário, o valor do “Number Of Border Pixels” e clique em “Apply”.

4.2.2. Band pass/cut

- Selecione, dentro do menu da janela “Filter Definition”, a cadeia de comandos “Filter Type – Band Pass/Cut” . determine o raio, em pixels, do círculo interior e exterior se necessário, o valor do “Number Of Border Pixels” e clique em “Apply” (Figura G-12).

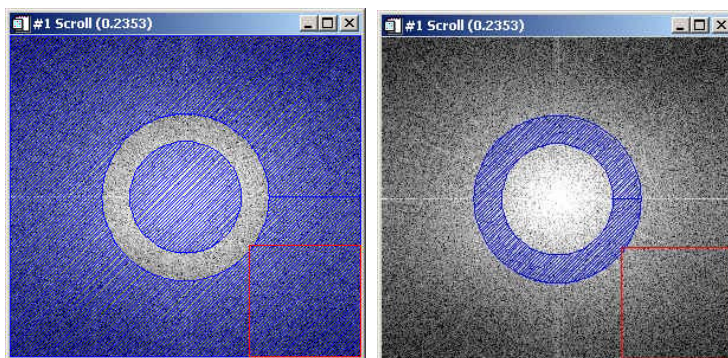


Figura G-12: Filtro definido pelo “Circular Cut” (a) e “circular pass”(b)

a

b

4.2.3. User Defined pass/cut

Aqui o usuário define as frequências que serão mantidas e removidas. Para isso, é definido as áreas através da ferramenta de anotação (Annotation).

- Selecione, dentro do menu da janela “Filter Definition”, a cadeia de comandos “Filter Type – User Defined Pass/Cut”

Também selecione, dentro da janela onde está aberta a imagem no domínio da frequência, a cadeia de comandos “Overlay – Annotation” .

Defina, com polígonos, as frequências em que se quer remover (Cut) ou manter (Pass).

Se é um arquivo de anotação já salvo, clique no botão “Ann File” e carregue o arquivo de anotação já salvo.

Se os polígonos estiverem no display, apenas salve o arquivo, clicando em File ou Memory.

4.2.4. Resultados

Os resultados aparecerão na lista de bandas disponíveis “Available Bands List”. Esses resultados serão usados para fazer o processo inverso.

4.3. FFT Inversa

Agora, será feito o processo FFT inverso, na qual nós retornaremos com a imagem original, já filtrada.

- Selecione, dentro do menu principal, a cadeia de comandos “Filtros – Filtragem FFT – FFT Inversa”.
- Aparecerá a janela “Inverse FFT Input File”. Selecione a imagem no domínio da frequência e clique em OK.
- Aparece a janela “Inverse FFT Filter File”. selecione o resultado do filtro e clique em OK.

Aparecendo a nova janela para salvar o arquivo, escolha File ou Memory, também o tipo de arquivo (byte, integer...) e clique em OK. O resultado aparece na lista de bandas disponíveis. Veja ao lado o resultado:

Importante!!!

O processamento envolvendo a filtragem FFT é um processamento que utiliza a memória RAM, portanto, como se trata de um dado complexo, o sistema precisa alocar 8 vezes o tamanho da imagem em Bytes para executar o processamento; caso não estiver disponível memória RAM suficiente, o sistema pode , ou demorar muito (sistema Windows NT/2000) ou até cair (Windows 95/98) por falta de memória virtual.

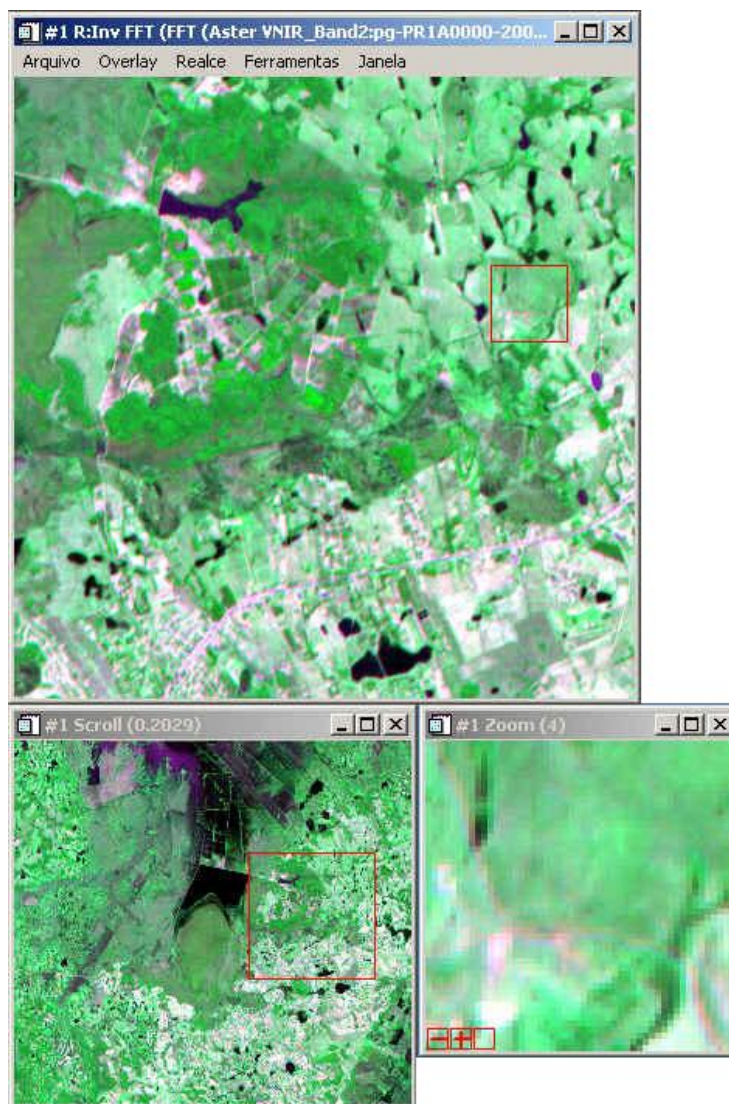


Figura G-13: Resultado de uma transformação de Fourier, usando o método “User Defined Cut”: Veja que o ruído desapareceu