



Universidade Federal do Pará

Instituto de Tecnologia

Faculdade de Engenharia de Computação e Telecomunicações

Computação Gráfica e Processamento Digital de Imagens

Implementação 03 com *MatLab*®

Profº Ronaldo de Freitas Zampolo

Danilo Souza - 201006840008

May 12, 2015

Contents

1 Questão 1	2
2 Questão 2	3
3 Questão 3	5
4 Questão 4	6
5 Questão 5	9

List of Figures

1 Imagem utilizada nos experimentos (em tom de cinza)	3
2 Resposta em frequência para o filtro 2D uniforme com $L = 3$	3
3 Resposta em frequência para o filtro 2D uniforme com $L = 15$	3
4 Resposta ao impulso para o filtro 2D uniforme com $L = 3$	4

5	Resposta ao impulso para o filtro 2D uniforme com $L = 15$	4
6	Módulo da resposta em frequência para o filtro 2D uniforme com $L = 3$	4
7	Módulo da resposta em frequência para o filtro 2D uniforme com $L = 15$	5
8	Filtragem utilizando filtro 2D uniforme com $L = 3$	5
9	Filtragem utilizando filtro 2D uniforme com $L = 15$	6
10	Resposta em frequência para o filtro gaussiano com $\sigma = 3$	6
11	Resposta em frequência para o filtro gaussiano com $\sigma = 9$	7
12	Resposta ao impulso para o filtro gaussiano com $\sigma = 3$	7
13	Resposta ao impulso para o filtro gaussiano com $\sigma = 9$	8
14	Módulo da Resposta em frequência para o filtro gaussiano com $\sigma = 3$	8
15	Módulo da Resposta em frequência para o filtro gaussiano com $\sigma = 9$	9
16	Filtragem utilizando filtro gaussiano com $\sigma = 3$	9
17	Filtragem utilizando filtro gaussiano com $\sigma = 9$	10
18	Comparação dos resultados de filtragem com 10 iterações ($count = 10$)	10
19	Comparação dos resultados de filtragem com 15 iterações ($count = 15$)	11
20	Comparação dos resultados de filtragem com 20 iterações ($count = 20$)	11
21	Comparação dos resultados de filtragem com 25 iterações ($count = 25$)	12
22	Comparação dos resultados de filtragem com 30 iterações ($count = 30$)	12
23	Comparação dos resultados de filtragem com 35 iterações ($count = 35$)	13
24	Comparação dos resultados de filtragem com 30 imagens ruidosas	13
25	Comparação dos resultados de filtragem com 40 imagens ruidosas	14
26	Comparação dos resultados de filtragem com 50 imagens ruidosas	14
27	Comparação dos resultados de filtragem com 100 imagens ruidosas	15
28	Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 30% dos pixels corrompidos	15
29	Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 70% dos pixels corrompidos	16
30	Imagen com 50% dos pixels corrompidos	16
31	Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 50% dos pixels corrompidos	17
32	Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 50% dos pixels corrompidos	17
33	Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 50% dos pixels corrompidos	18
34	Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 50% dos pixels corrompidos	18

1 Questão 1

A imagem em tom de cinza utilizada nos experimentos está ilustrada na Figura 1. As Figuras 2 e 3 mostras a resposta em frequência para o filtro 2D uniforme para $L = 3$ e $L = 15$, respectivamente. É notória a diferença de seletividade entre estes dois filtros, para $L = 15$ a seletividade do filtro $L = 15$ é quase o dobro, i.e (o valor das frequências selecionadas é mais da metade dos valores selecionados com o filtro $L = 3$), além da atenuação do sinal ser maior, como é possível visualizar nas Figuras acima mencionadas, a atenuação do segundo filtro fica abaixo de $-5db$ para os lóbulos secundários enquanto que no primeiro filtro a intensidade da atenuação tende a permanecer em $-5db$ para as altas frequências.

As respostas ao impulso são mostradas, respectivamente para $L = 3$ e $L = 15$, nas Figuras 4 e 5. Os módulos das respostas frequência são mostradas, respectivamente para $L = 3$ e $L = 15$, nas Figuras 6 e 7.

Estas características comportamentais dos filtros são melhor visualizadas na questão seguinte quando os filtros forem usados na Figura 1.

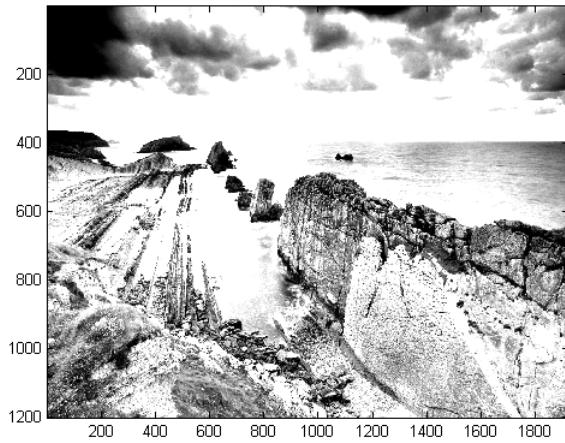


Figure 1: Imagem utilizada nos experimentos (em tom de cinza)

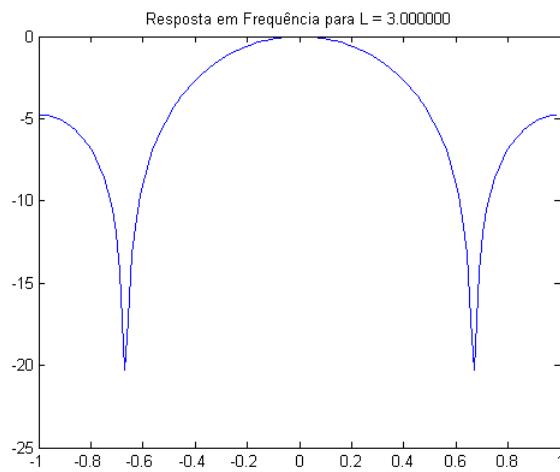


Figure 2: Resposta em frequência para o filtro 2D uniforme com $L = 3$

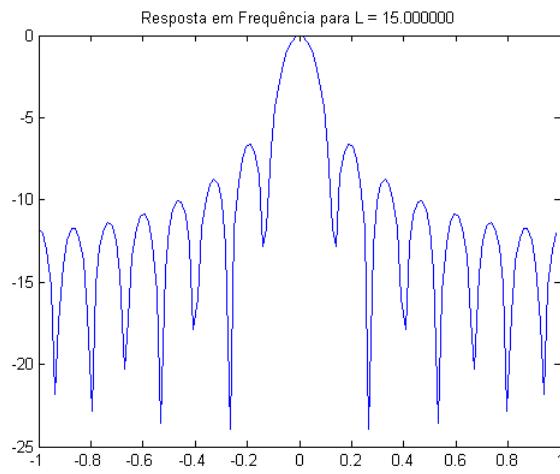


Figure 3: Resposta em frequência para o filtro 2D uniforme com $L = 15$

2 Questão 2

As Figuras 8 e 9 mostram, respectivamente o resultado da filtragem, com filtro 2D uniforme para $L = 3$ e $L = 15$, da Figura 1. É possível perceber que na Figura 9 houve uma perda muito

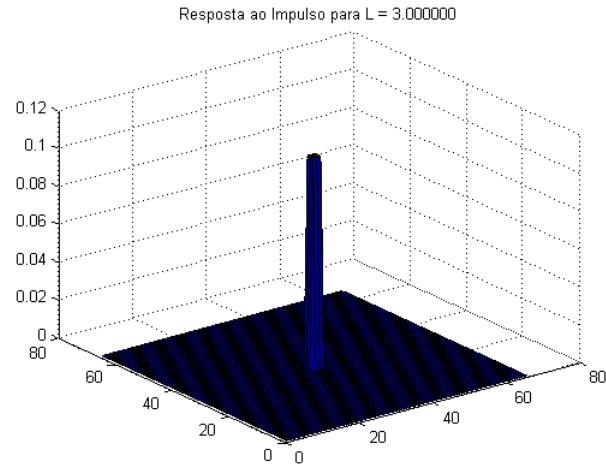


Figure 4: Resposta ao impulso para o filtro 2D uniforme com $L = 3$

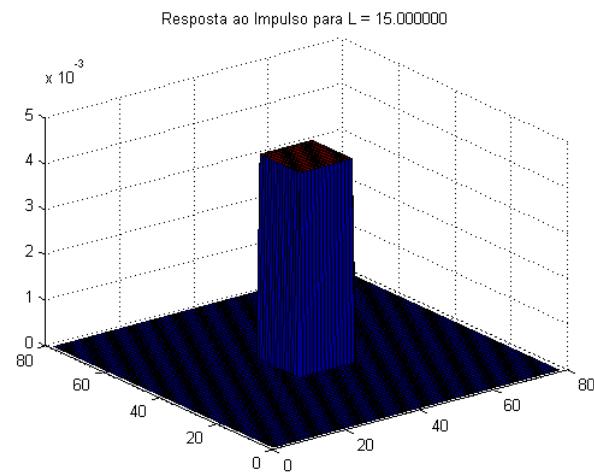


Figure 5: Resposta ao impulso para o filtro 2D uniforme com $L = 15$

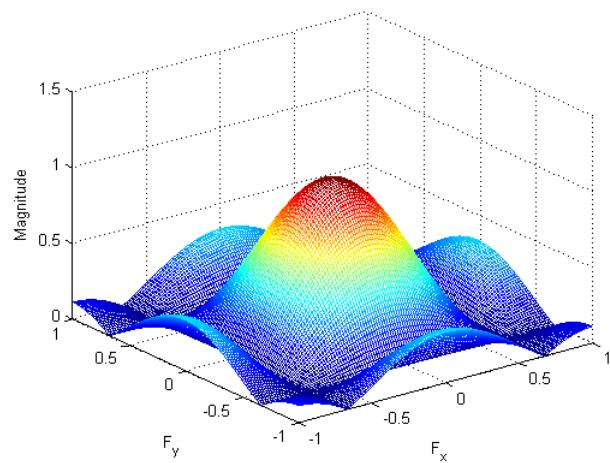


Figure 6: Módulo da resposta em frequência para o filtro 2D uniforme com $L = 3$

maior de detalhes do que na Figura 8 devido ao fato de que filtro com $L = 15$ filtra com mais eficiência as altas freqüências, deixando assim a imagem mais suave e com poucas transições de borda perceptíveis.

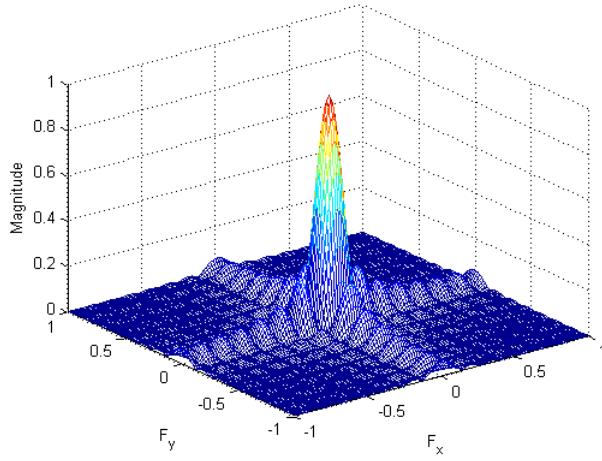


Figure 7: Módulo da resposta em frequência para o filtro 2D uniforme com $L = 15$

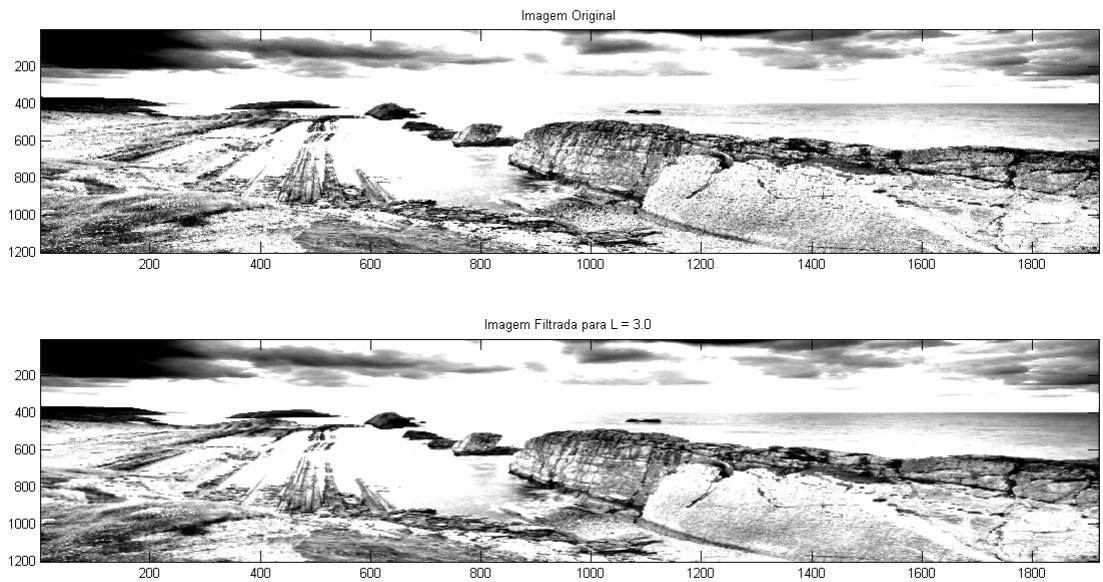


Figure 8: Filtragem utilizando filtro 2D uniforme com $L = 3$

3 Questão 3

As imagens 10 e 11 mostras, respectivamente, as respostas em frequência do filtro gaussiano para $\sigma = 3$ e $\sigma = 9$, a diferença entre as duas respostas é essencialmente a mesma entre o filtro 2D uniforme para $L = 3$ e $L = 15$, com excessão de que para o filtro gaussiano a atenuação do sinal é maior para as frequências logo acima da frequência de corte, com valores abaixo de $-20db$ para os dois filtros. As Figuras 12 e 13 mostras as respostas ao impulso, respectivamente, para $\sigma = 3$ e $\sigma = 9$ e as Figuras 14 e 15 mostram, respectivamente, o módulo das respostas em frequência para $\sigma = 3$ e $\sigma = 9$ para o filtro Gaussiano.

Analizando os resultados do filtro gaussiano percebe-se que seu comportamento é parecido com o do filtro 2D Uniforma, entretanto, este primeiro filtro possui uma eficiência bem maior do que o segundo em eliminar as altas frequências acima da frequência de corte, portanto sua seletividade é mais eficiente.

As Figuras 16 e 17 mostram respectivamente o resultado da filtragem para o filtro gaussiano com $\sigma = 3$ e $\sigma = 9$. O resultado é parecido com o resultado do filtro 2D, entretanto, as transições de borda são menos perceptíveis, principalmente para $\sigma = 9$ onde é praticamente imperceptível

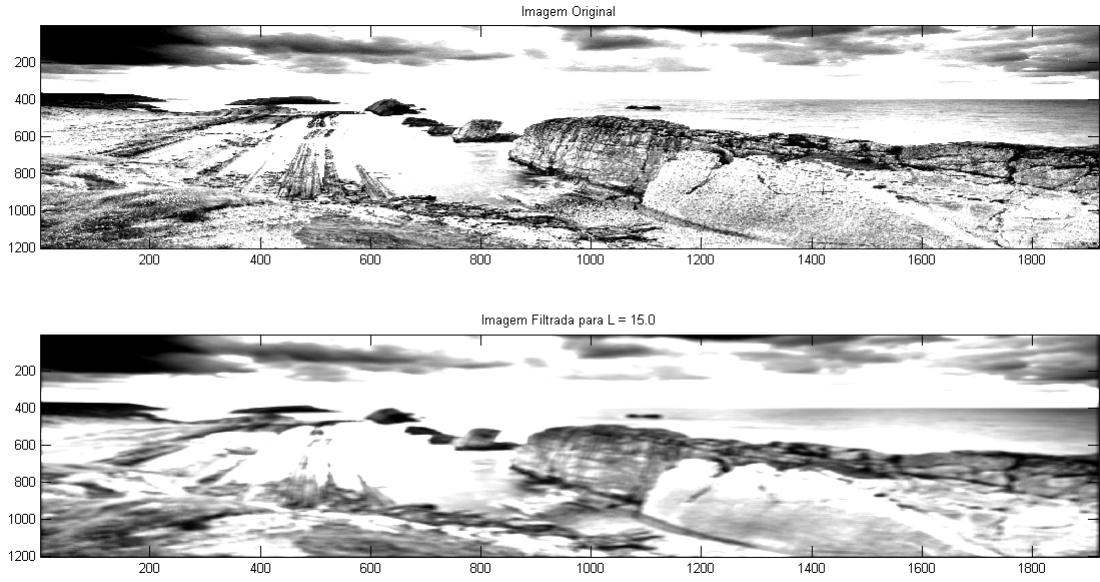


Figure 9: Filtragem utilizando filtro 2D uniforme com $L = 15$

devido ao fato de o filtro gaussiano causar uma atenuação maior nas frequências logo acima da frequência de corte, fazendo com que estas não exerçam nenhuma ou muito pouca influência na imagem final, perdendo assim bastante informação de transição de bordas.

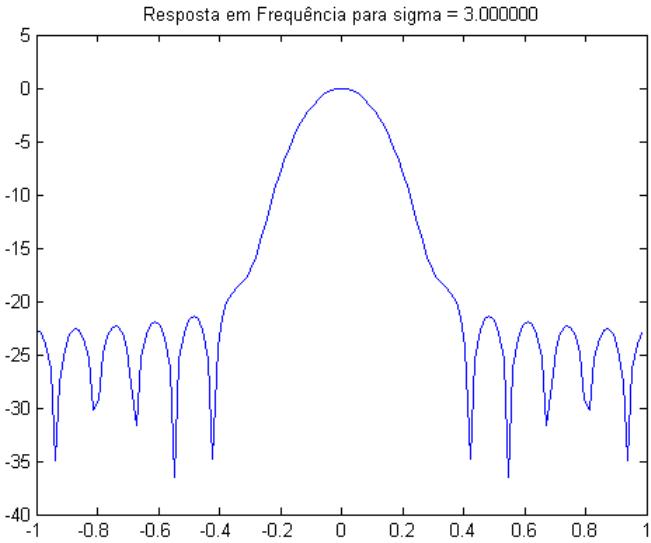


Figure 10: Resposta em frequência para o filtro gaussiano com $\sigma = 3$

4 Questão 4

Para esta questão, os parâmetros dos filtros ajustados foram:

- 1) As dimensões do filtro de mediana (d) (sempre quadrada).
- 2) σ (desvio padrão do filtro gaussiano) e o intervalo em torno da média.

O algoritmo de testes utilizado para verificar o melhor resultado da filtragem foi:

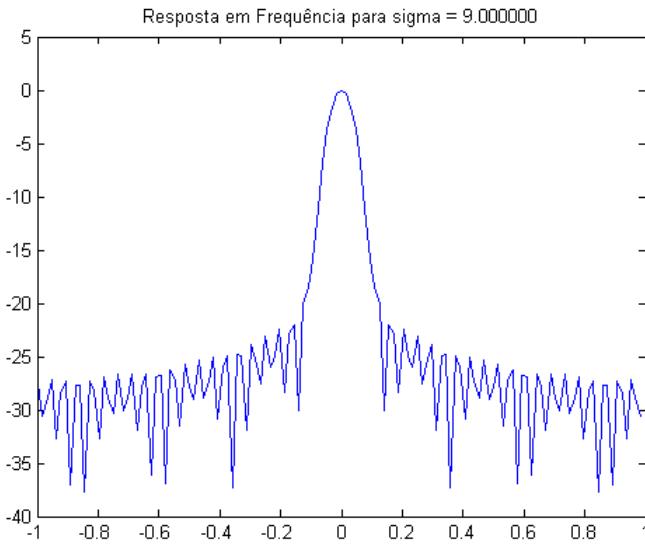


Figure 11: Resposta em frequênci para o filtro gaussiano com $\sigma = 9$

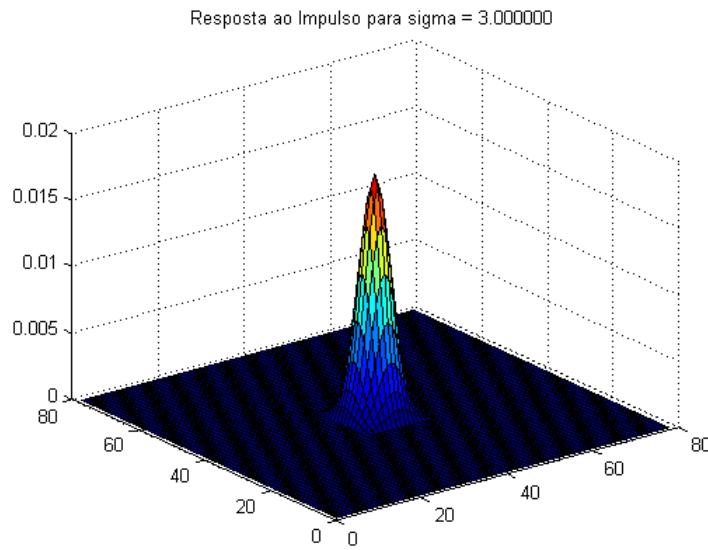


Figure 12: Resposta ao impulso para o filtro gaussiano com $\sigma = 3$

- 1) Escolher o número de iterações a serem realizadas (definido como parâmetro da função)
- 2) Sorteia-se um valor aleatório dentro de um determinado intervalo (para este caso o intervalo foi $[2, 12]$, atribui-se esse valor para d e σ (para cada variável é gerado um valor aleatório diferente)).
- 3) O intervalo em torno da média (filtro gaussiano) permaneceu constante e igual a 5. Após alguns experimentos realizados percebeu-se que este valor de intervalo foi o que apresentou resultados mais satisfatórios.
- 4) Realiza-se a filtragem usando os três filtros (para os filtros de mediana e gaussiano é escolhida apenas uma imagem dentre as 20 ruidosas geradas).
- 5) Calcula-se o erro quadrático médio normalizado para o resultado dos três filtros (mediana, gaussiana e estatístico).
- 6) O erro do filtro estatístico é constante e igual a 0.0000438615.

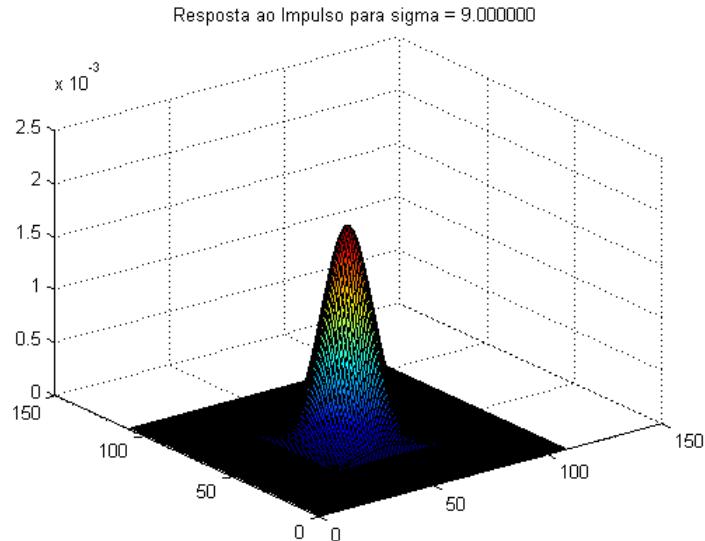


Figure 13: Resposta ao impulso para o filtro gaussiano com $\sigma = 9$

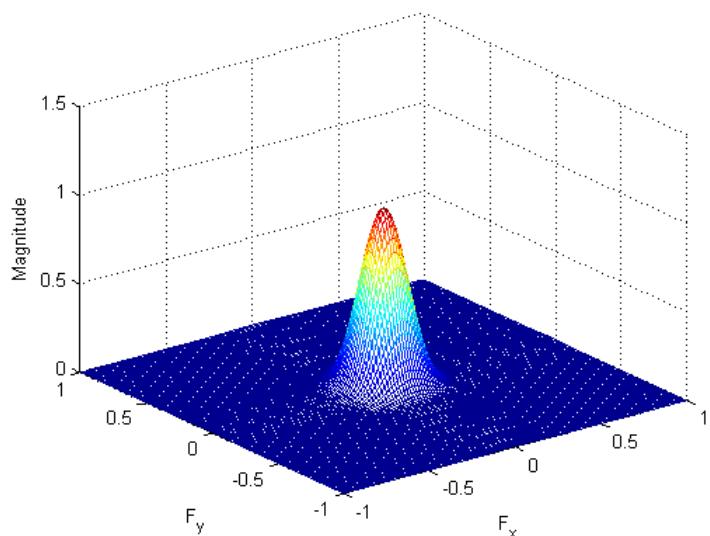


Figure 14: Módulo da Resposta em frequência para o filtro gaussiano com $\sigma = 3$

- 7) Para os outros dois filtros o processo é repetido (passo 2) até que o número de iterações chegue ao fim, o melhor resultado encontrado é apresentado como saída da função.

Para este problema foram realizadas simulações com número de iterações (count) igual a 10, 15, 20, 25, 30, 35, os resultados comparativos são apresentados, respectivamente, nas Figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23.

Analizando as imagens e verificando os erros conclui-se que os melhores resultados encontrados foram $\sigma = 2$ para o filtro gaussiano (encontrado com 20 iterações) com $erro = 0.0000624642$ e Dimensões de 9×9 para o filtro de mediana (encontrado com 35 iterações) com $erro = 0.0000780482$. Mesmo que esses resultados sejam considerados visualmente satisfatórios, não conseguiram superar o filtro estatístico que obteve o menor erro, igual a 0.0000438615 .

Considerando o ruído uniforme, o filtro estatístico se prova um bom instrumento para filtrar esse ruído, devido o fato de que ao se calcular média dos valores dos pixels, aqueles valores que se sobressaem aos demais, ou seja, os valores estranhos a uma dada região da imagem (os valores de ruído) tendem a desaparecer e quanto maior for o número de imagens para realizar a filtragem estatística. Porém se forem usadas muitas imagens como amostra para o filtro estatístico o efeito pode ser exatamente o oposto, onde o ruído passa a ser uma tendência e o erro da imagem aumenta.

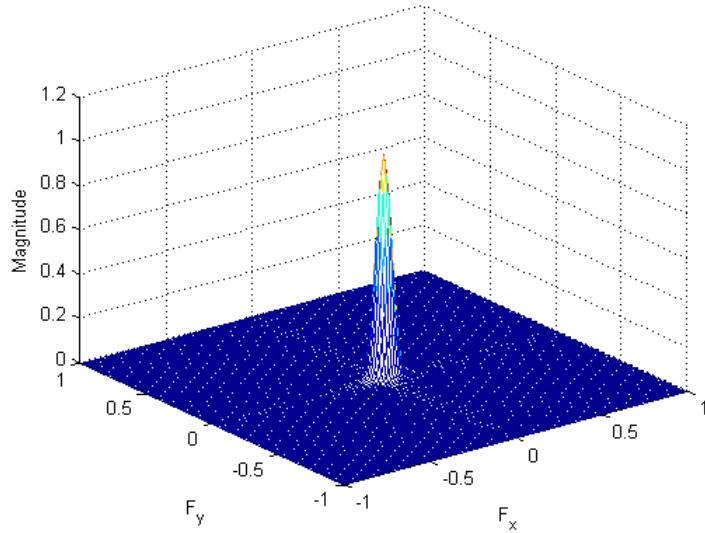


Figure 15: Módulo da Resposta em frequênci para o filtro gaussiano com $\sigma = 9$

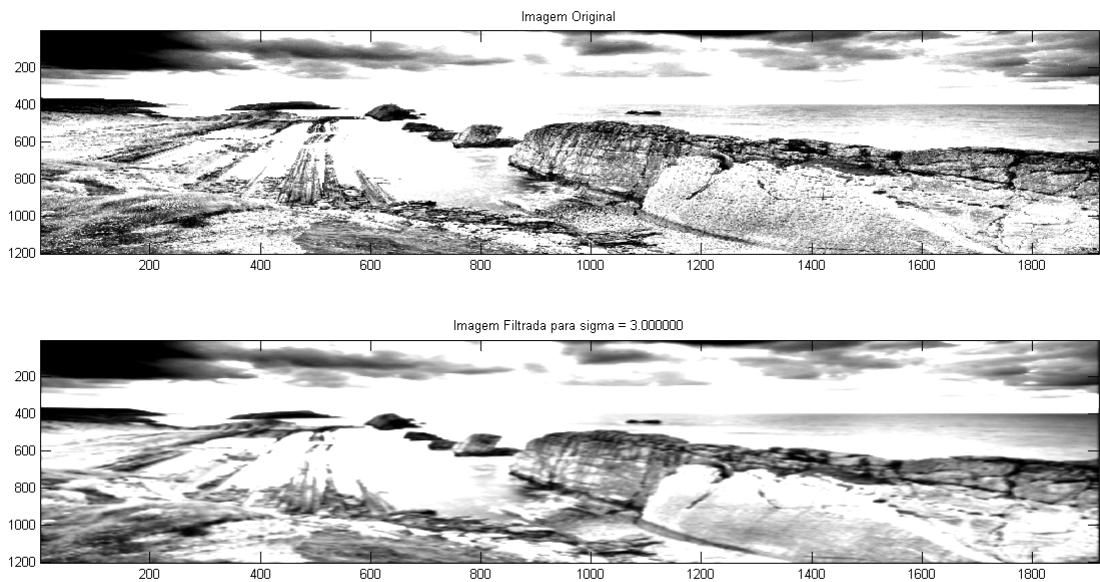


Figure 16: Filtragem utilizando filtro gaussiano com $\sigma = 3$

Para demonstrar isso, foram feitas simulações com 30,40,50 e 100 imagens ruidosas mostradas, respectivamente, nas Figuras 24, 25, 26 e 27.

5 Questão 5

As Figuras 28 e 29 mostram, respectivamente, uma comparação da filtragem do ruído sal e pimenta feita com filtro 2D Uniforme e filtro de Mediana (os parâmetros dos filtros estão descritos nas imagens) para 30%, 70% dos pixels corrompidos. Para uma análise mais detalhada, onde os parâmetros dos filtros são alterados de forma gradual com o intuito de analisar os resultados, o valor de 50% de pixels corrompidos foi escolhido, Figura 30.

Os parâmetros ajustados dos filtros foram L , para o filtro 2D Uniforme e d , dimensão da matriz do filtro de mediana. As Figuras 31, 32, 33 e 34 mostram, respectivamente, os resultados para $L = 3/d = 3$, $L = 5/d = 5$, $L = 7/d = 7$ e $L = 9/d = 9$. Analisando o resultado do filtro de

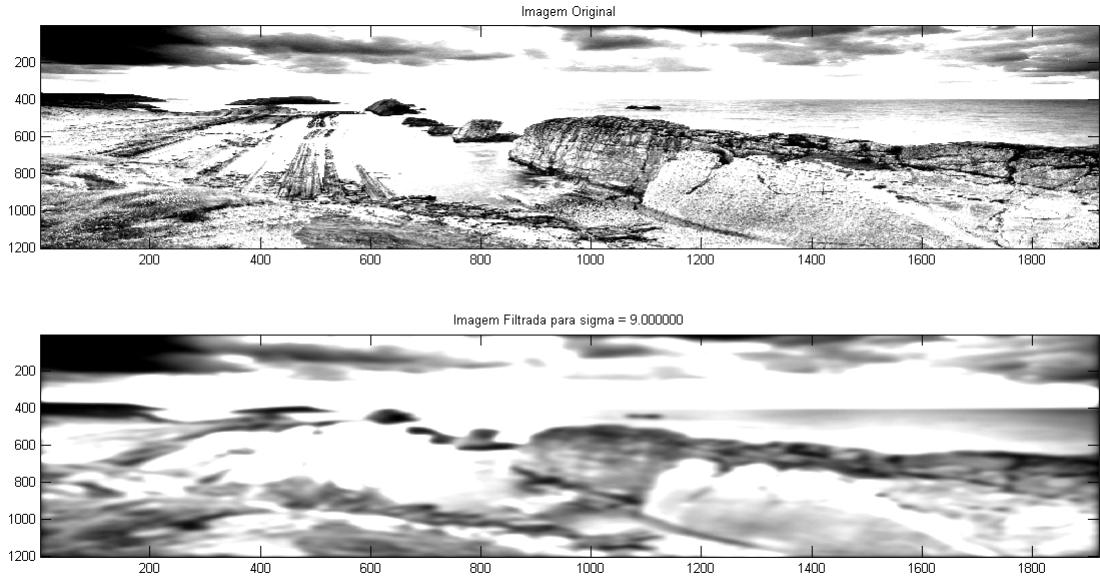


Figure 17: Filtragem utilizando filtro gaussiano com $\sigma = 9$

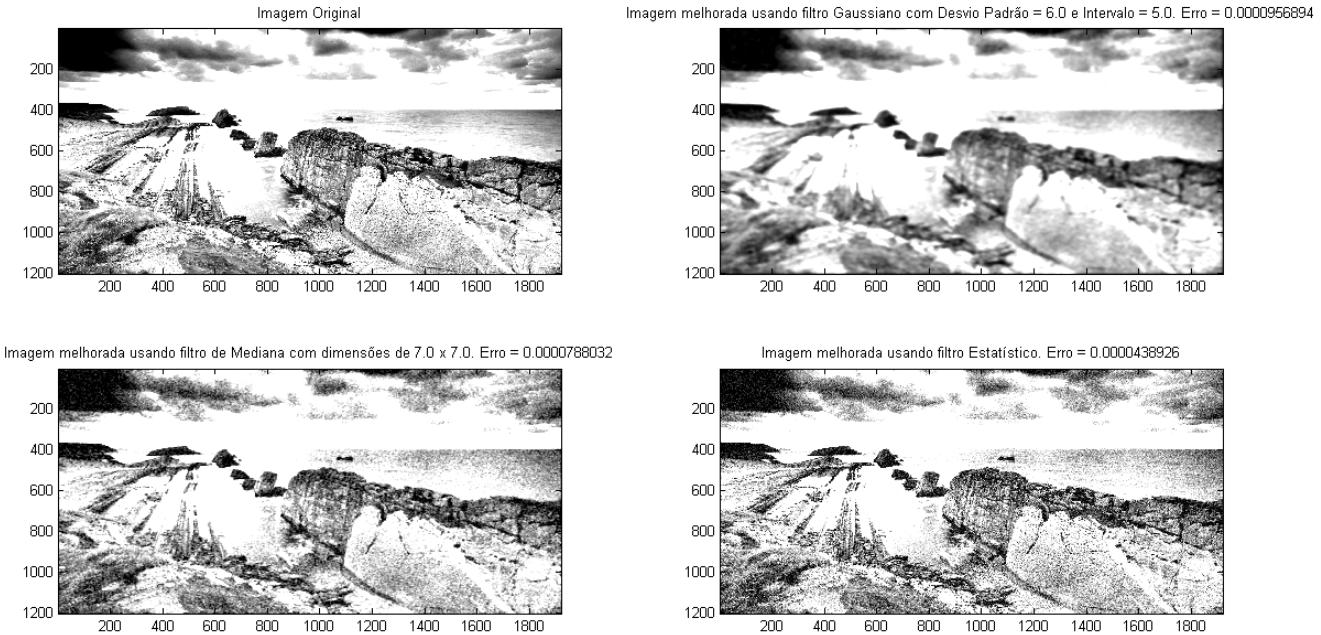


Figure 18: Comparação dos resultados de filtragem com 10 iterações ($count = 10$)

mediana, nota-se que a partir da Figura 33 se obtém um resultado satisfatório do ponto de vista visual e embora as duas imagens subsequentes apresentem melhorias significativas em relação à filtragem do ruído, elas também filtram as altas frequências da imagem fazendo com que esta perca suas informações de borda, causando assim uma suavização na imagem, o que em alguns casos é indesejado. Para esta imagem específica o último filtro utilizado filtrou quase 100% do ruído e causou uma suavização na imagem sem perda de informação.

O filtro 2D uniforme não apresentou resultado satisfatório, pois embora conseguisse filtrar o ruído pimenta, não é capaz de filtrar o ruído sal com nenhum dos parâmetros utilizados, resultando em imagens degradadas com ruído e para os altos valores de L , em imagens sem definições de borda devido à filtragem das altas frequências.

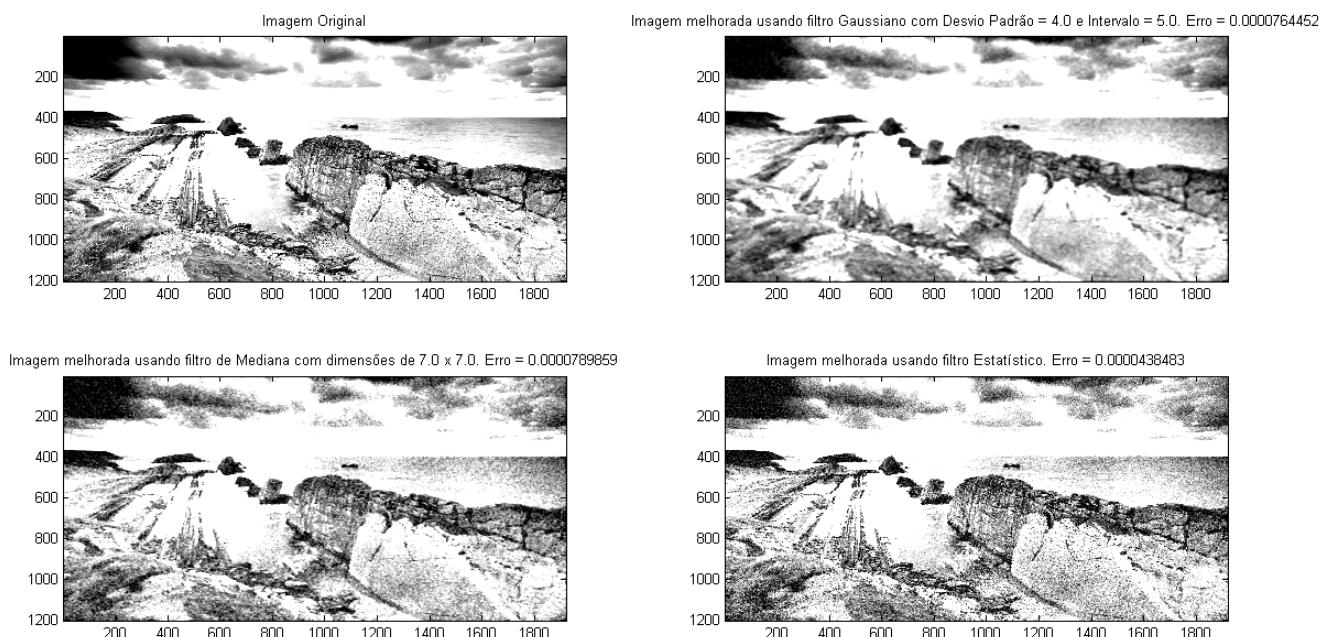


Figure 19: Comparação dos resultados de filtragem com 15 iterações (*count* = 15)

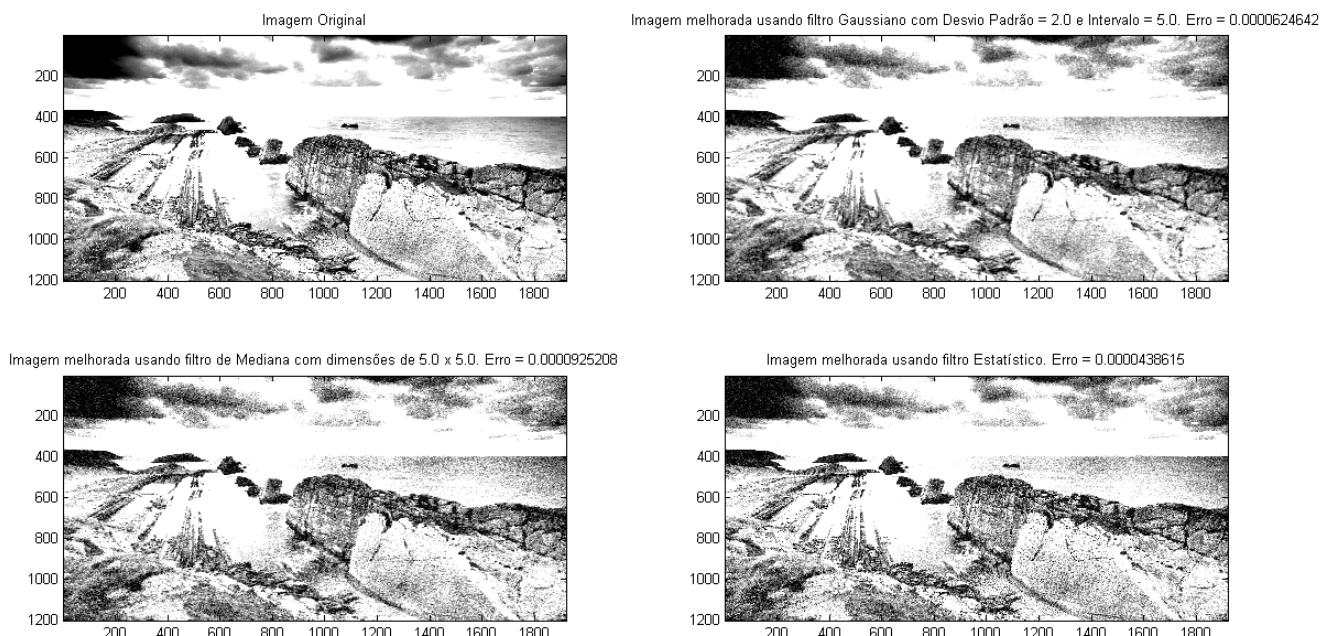


Figure 20: Comparação dos resultados de filtragem com 20 iterações (*count* = 20)

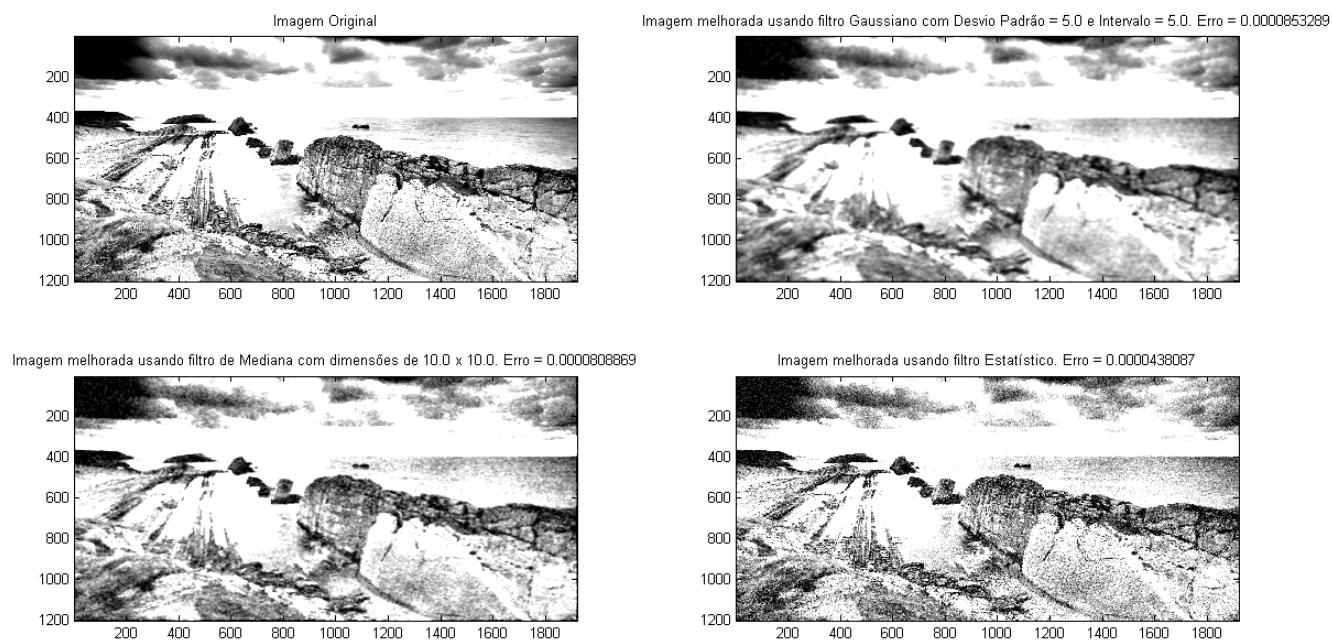


Figure 21: Comparação dos resultados de filtragem com 25 iterações (*count* = 25)

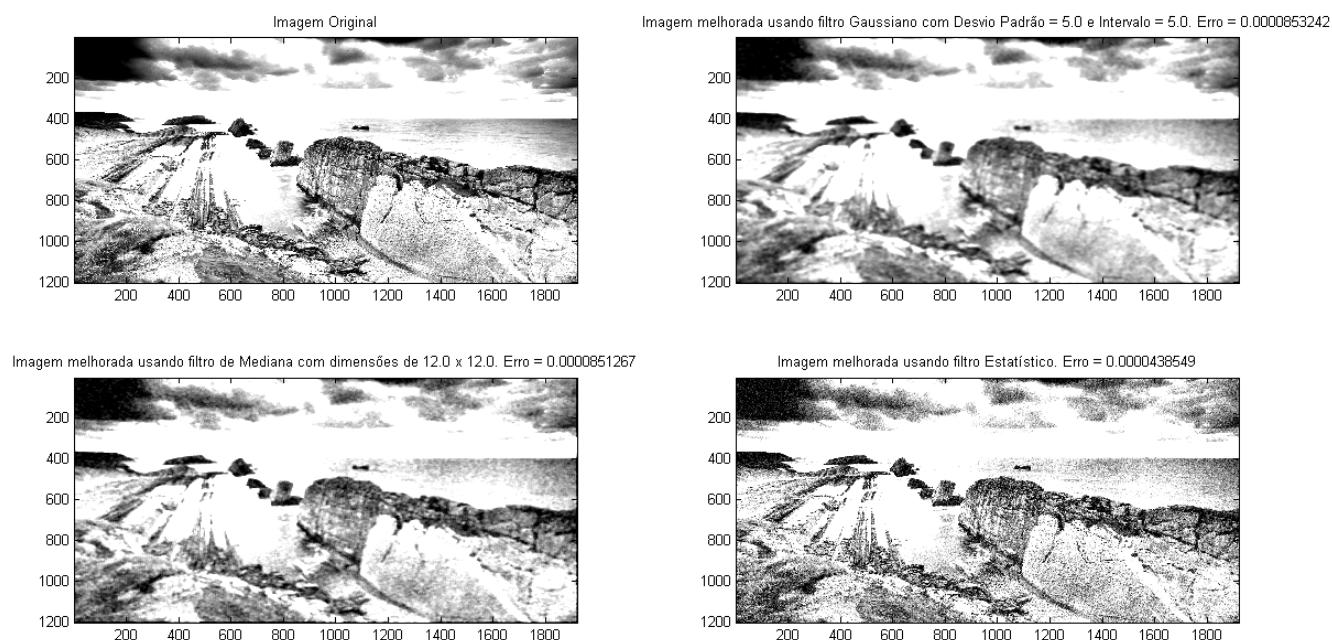


Figure 22: Comparação dos resultados de filtragem com 30 iterações (*count* = 30)

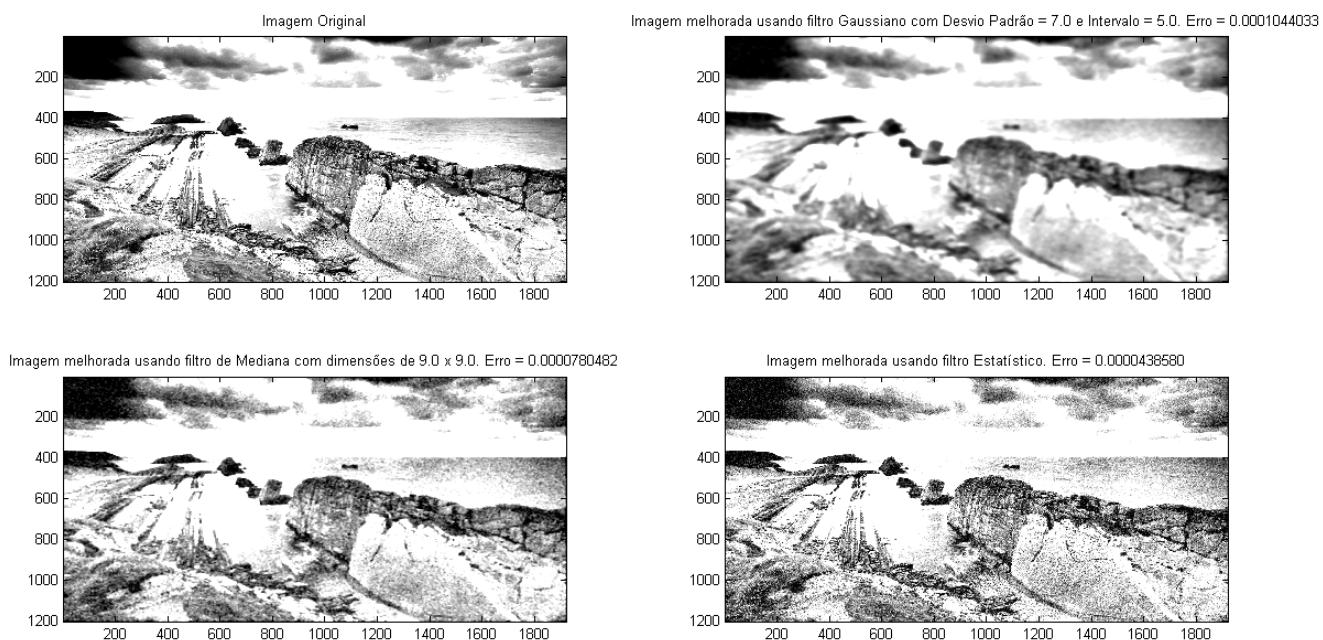


Figure 23: Comparação dos resultados de filtragem com 35 iterações (*count* = 35)

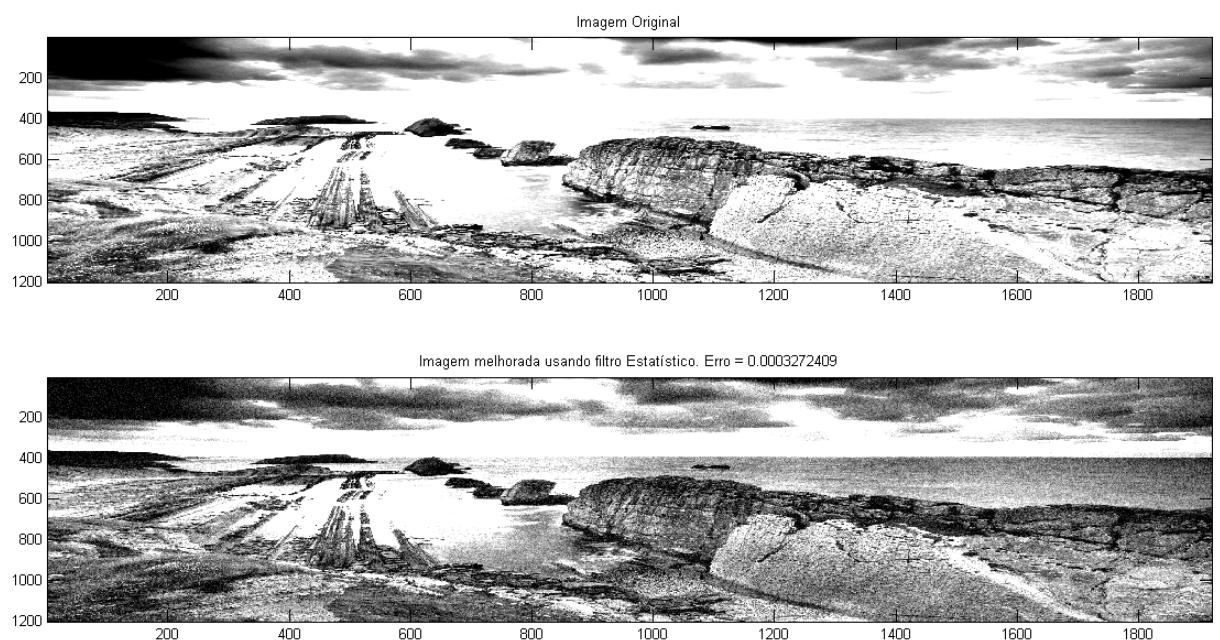


Figure 24: Comparação dos resultados de filtragem com 30 imagens ruidosas

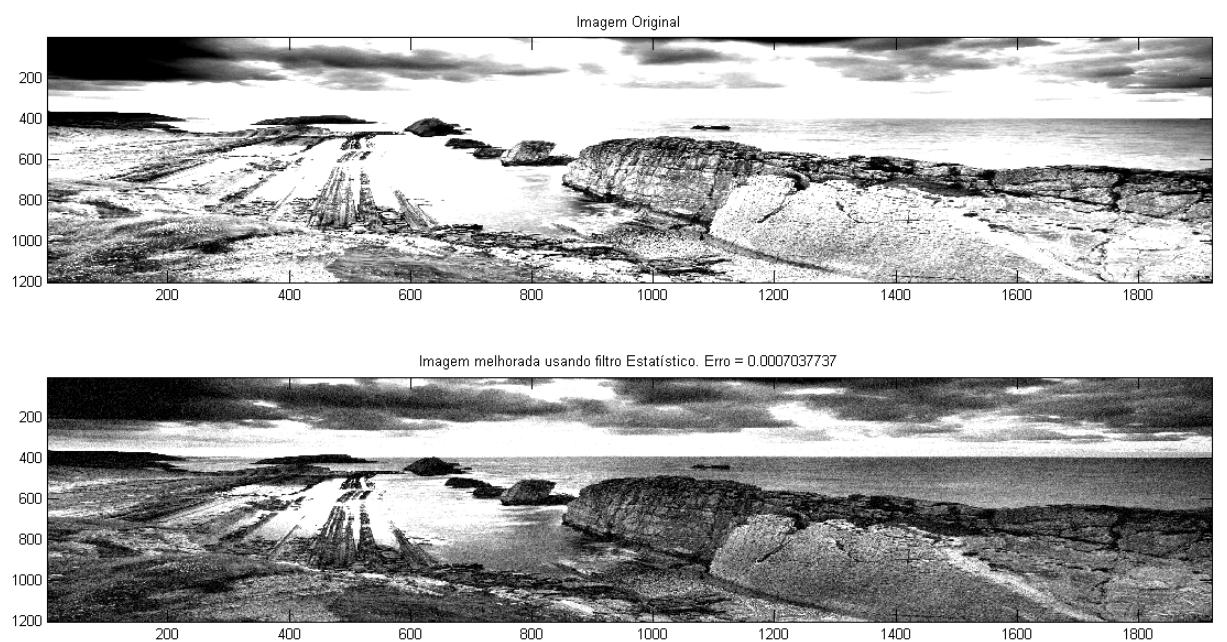


Figure 25: Comparação dos resultados de filtragem com 40 imagens ruidosas

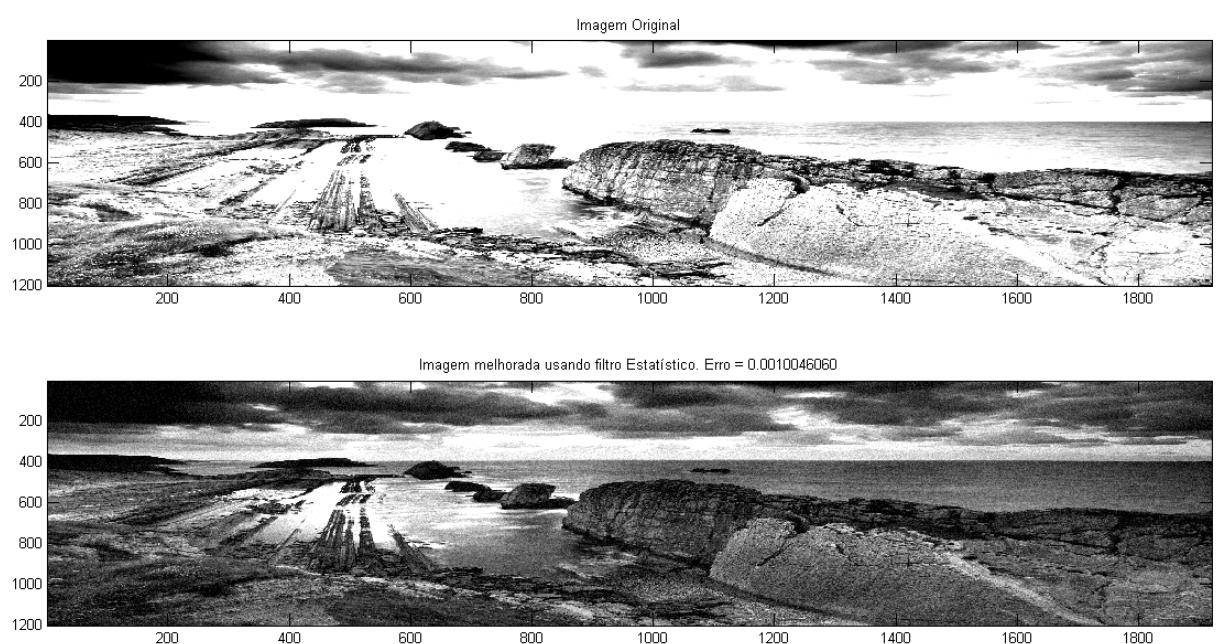


Figure 26: Comparação dos resultados de filtragem com 50 imagens ruidosas

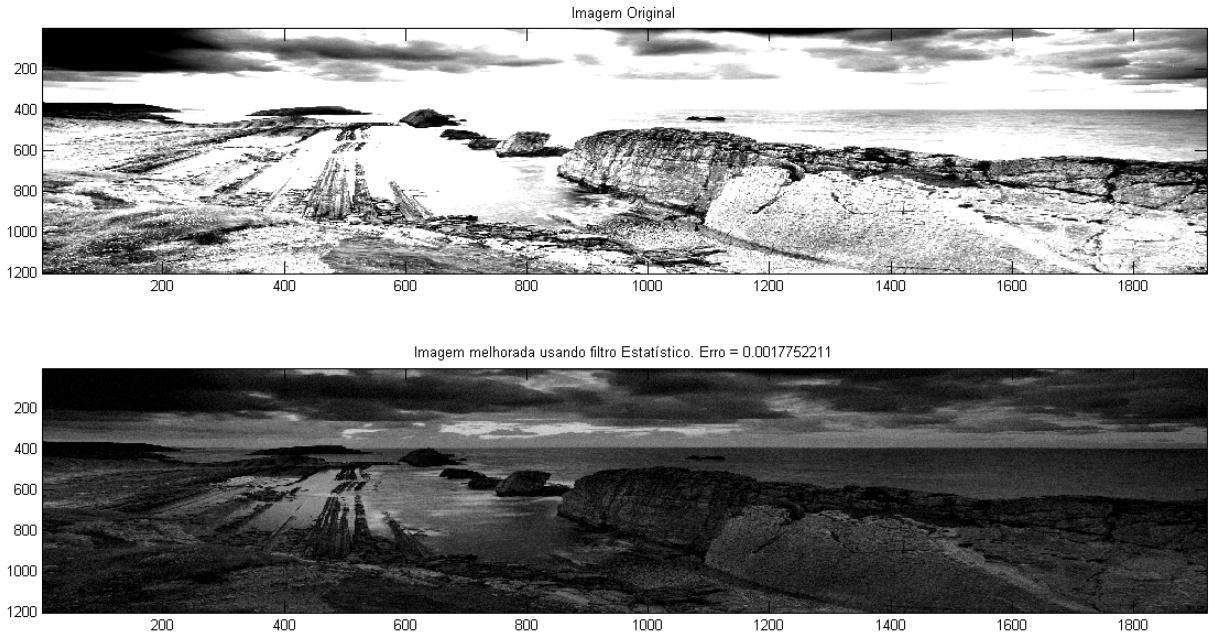


Figure 27: Comparação dos resultados de filtragem com 100 imagens ruidosas

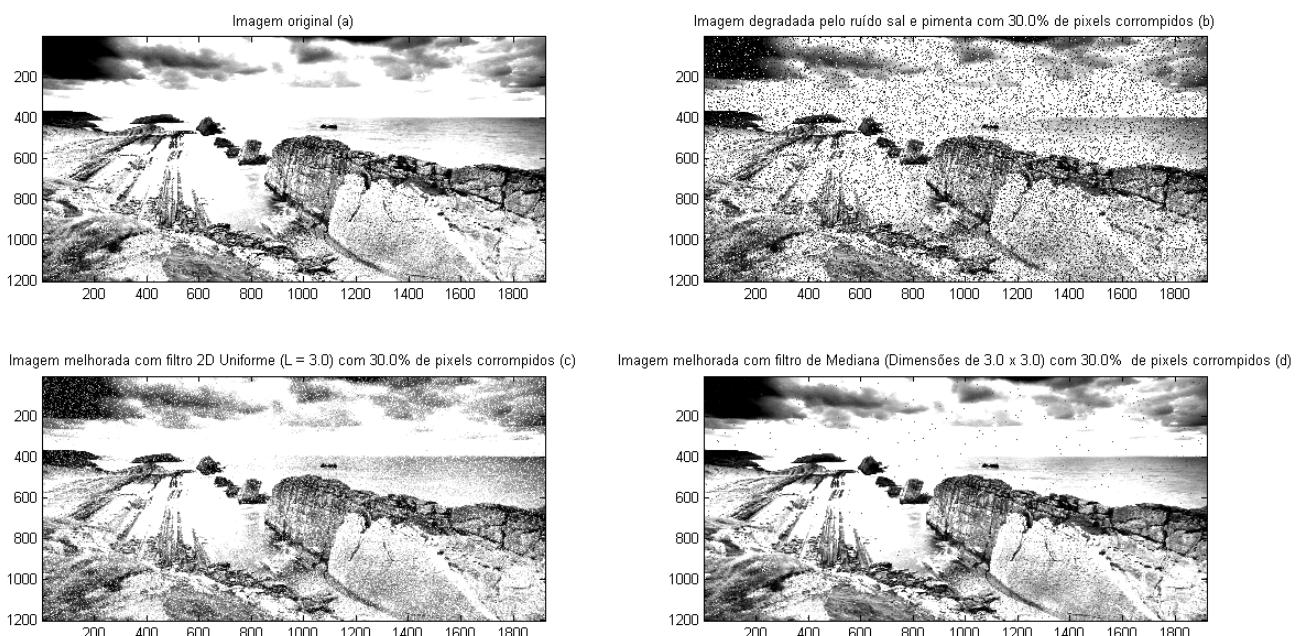


Figure 28: Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 30% dos pixels corrompidos

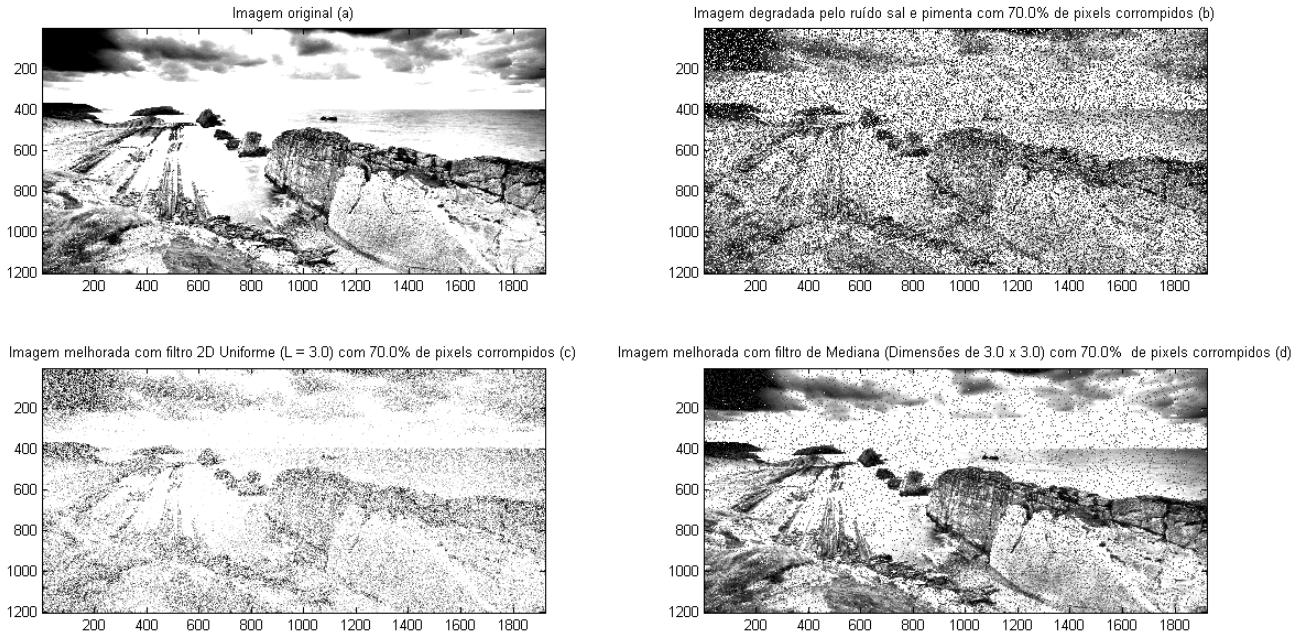


Figure 29: Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 70% dos pixels corrompidos

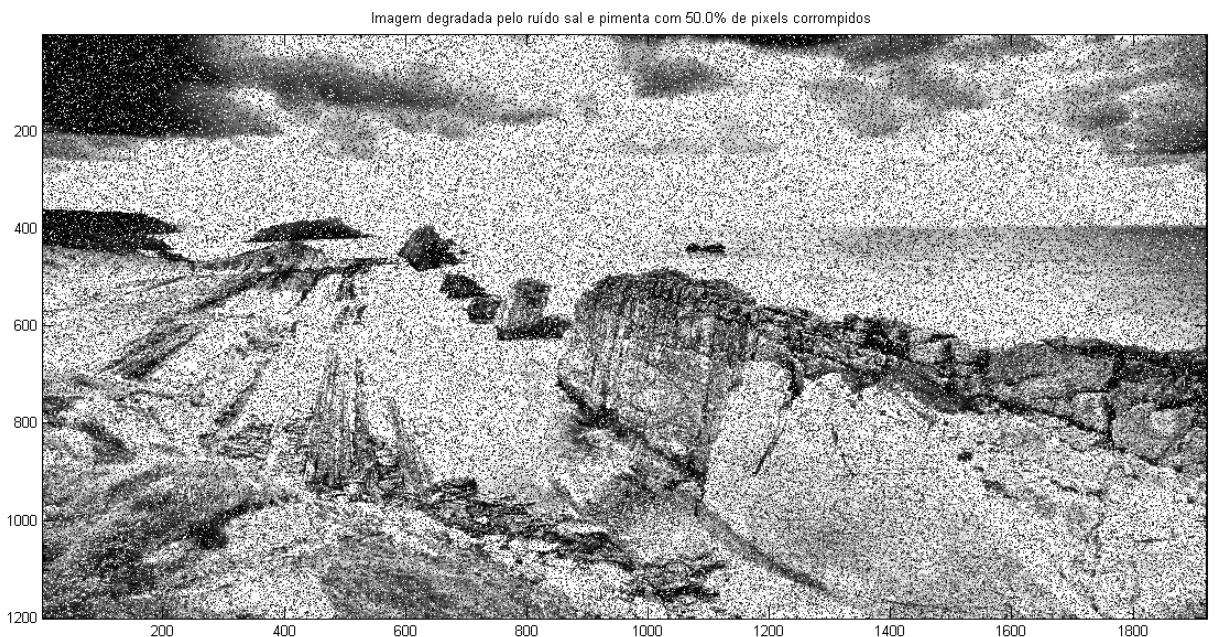


Figure 30: Imagem com 50% dos pixels corrompidos

Imagen melhorada com filtro 2D Uniforme ($L = 3.0$) com 50.0% de pixels corrompidos (c)

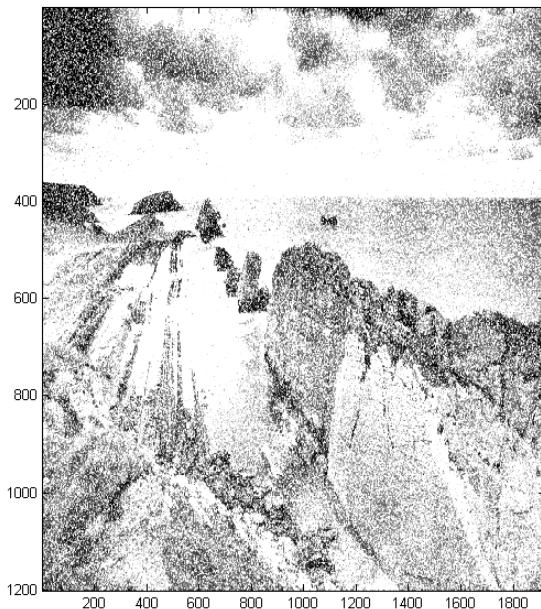


Imagen melhorada com filtro de Mediana (Dimensões de 3.0 x 3.0) com 50.0% de pixels corrompidos (d)

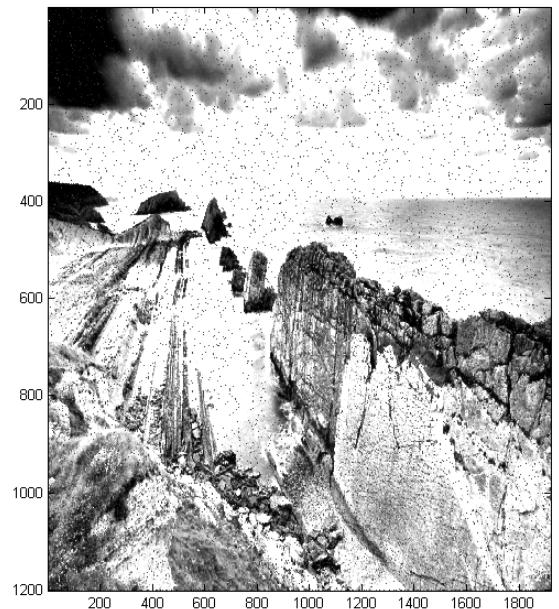


Figure 31: Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 50% dos pixels corrompidos

Imagen melhorada com filtro 2D Uniforme ($L = 5.0$) com 50.0% de pixels corrompidos (c)

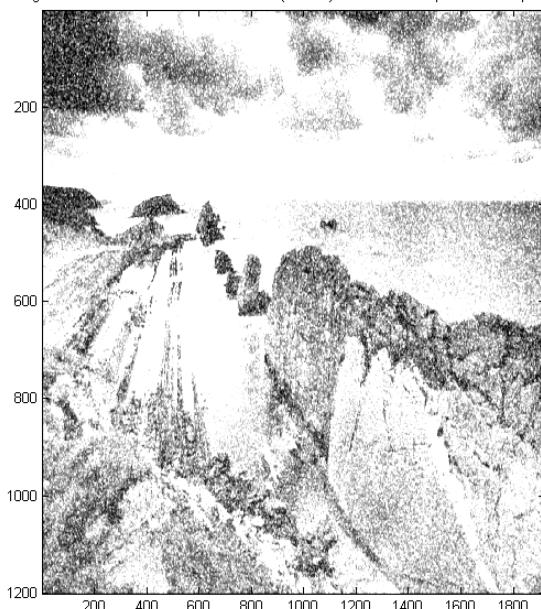


Imagen melhorada com filtro de Mediana (Dimensões de 5.0 x 5.0) com 50.0% de pixels corrompidos (d)

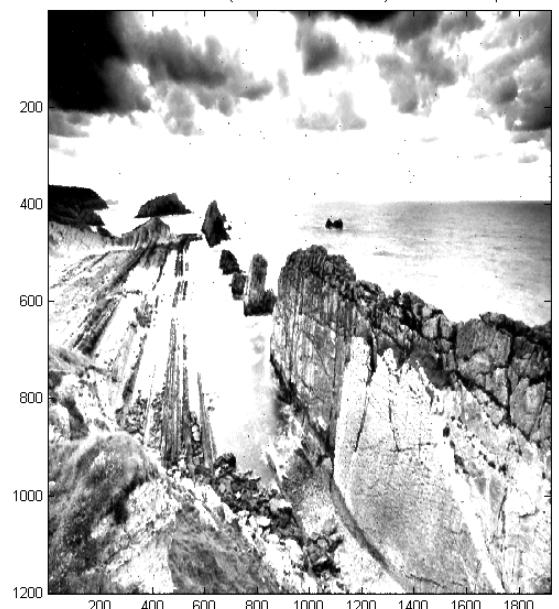


Figure 32: Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 50% dos pixels corrompidos

Imagen melhorada com filtro 2D Uniforme ($L = 7.0$) com 50.0% de pixels corrompidos (c)

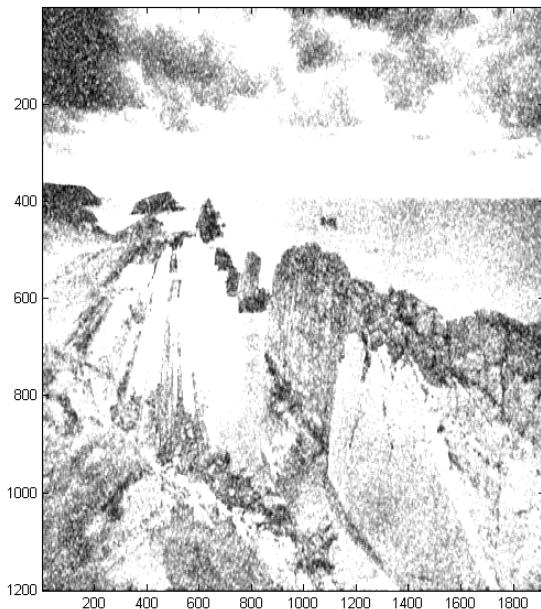


Imagen melhorada com filtro de Mediana (Dimensões de 7.0 x 7.0) com 50.0% de pixels corrompidos (d)

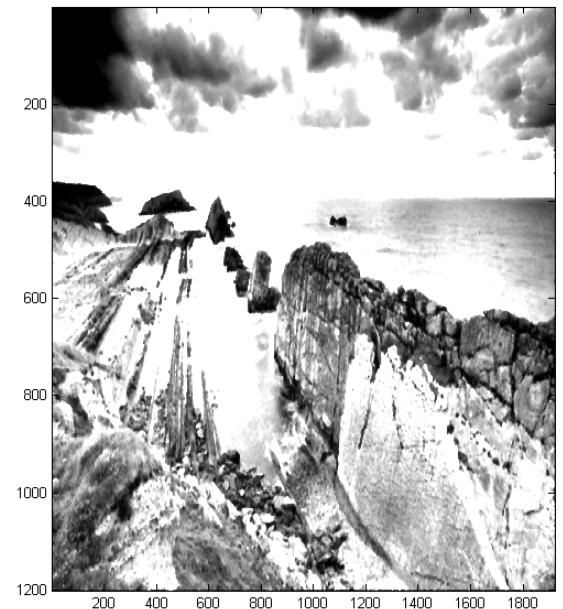


Figure 33: Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 50% dos pixels corrompidos

Imagen melhorada com filtro 2D Uniforme ($L = 9.0$) com 50.0% de pixels corrompidos (c)

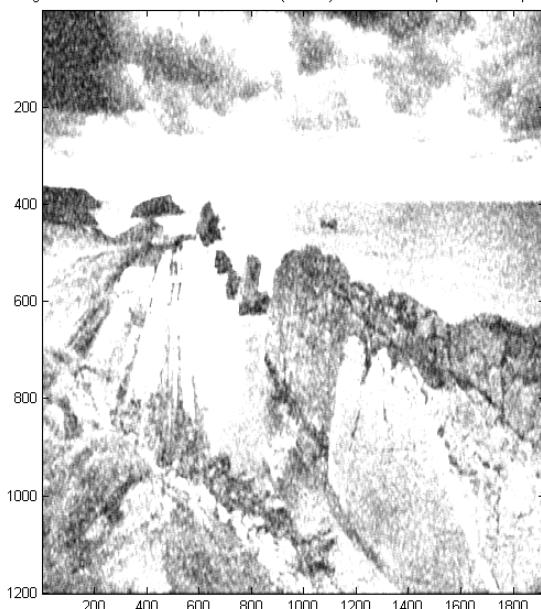


Imagen melhorada com filtro de Mediana (Dimensões de 9.0 x 9.0) com 50.0% de pixels corrompidos (d)

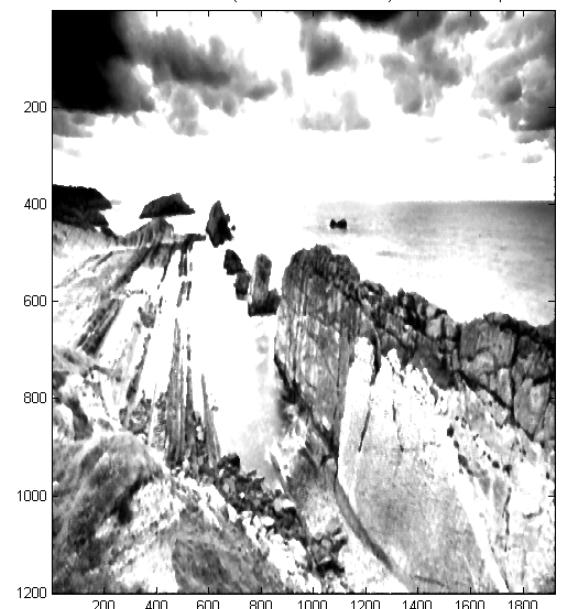


Figure 34: Comparação dos resultados de filtragem do ruído sal e pimenta usando filtro de mediana e 2D uniforme com 50% dos pixels corrompidos