Aula 8.1

Restauração de Imagens

Restauração

DEFINIÇÃO

- 1 - O problema da restauração consiste na tarefa de estimar uma imagem que sofreu um processo de degradação, que envolve algum tipo de espalhamento da luz e contaminação por ruído. (Mascarenhas)

- 2 - Restauração é uma técnica especial de filtragem, que corrige uma imagem degradada para aproximá-la da imagem original (Teuber)

OBJETIVO

- Um processo de restauração de imagens tem por objetivo obter a imagem original, a partir da imagem degradada
- Em geral isto não é possível de ser feito, mas uma melhora da imagem degradada já é muito bom.

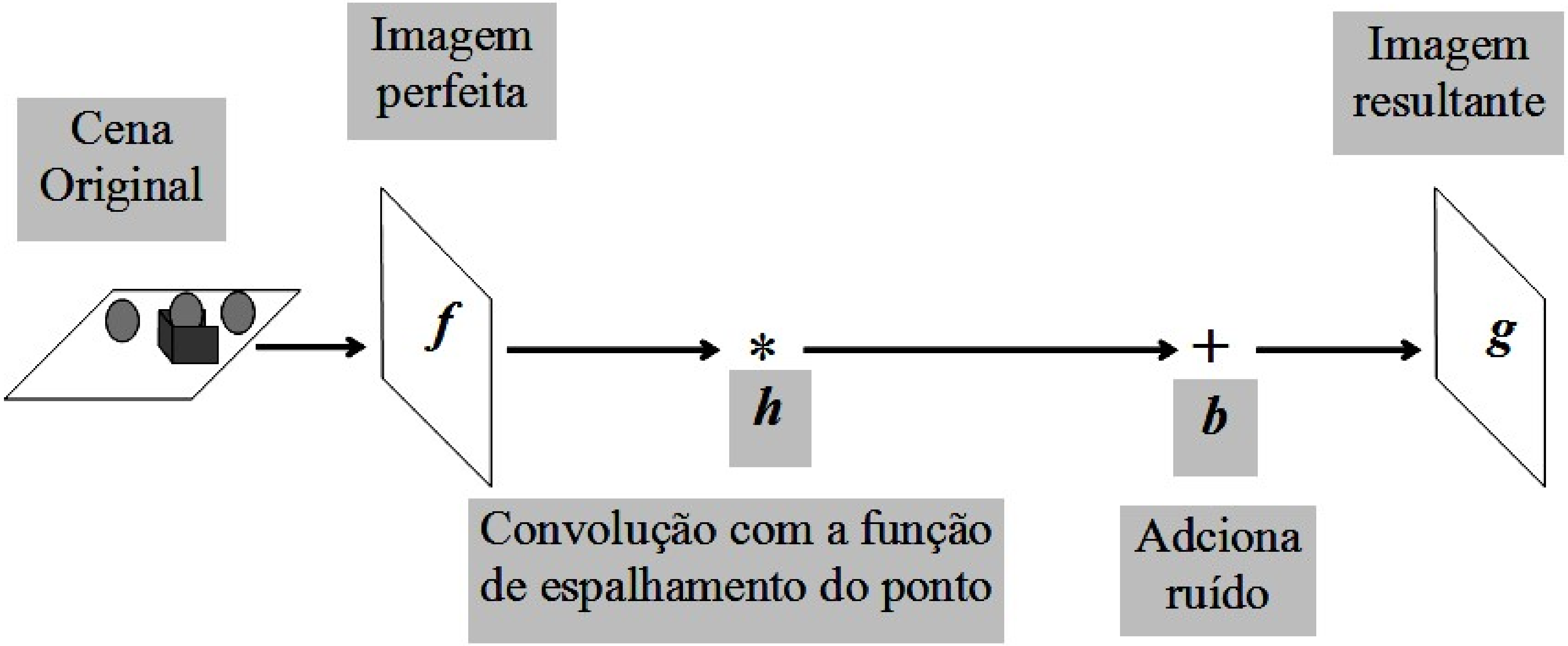
Restauração

APLICAÇÕES

- Astronomia;
- Quando o Hubble Space Telescope foi lançado, as imagens apresentavam uma degradação e, foi preciso fazer correções nas imagens, até a conclusão dos reparos no telescópio
- Radioastronomia
- Microscopia eletrônica
- Imageamento por satélite
- Imageamento Médico

Restauração

MODELO DO PROBLEMA A SER RESOLVIDO



Modelo de degradação (espalhamento da luz + contaminação por ruído)

Restauração

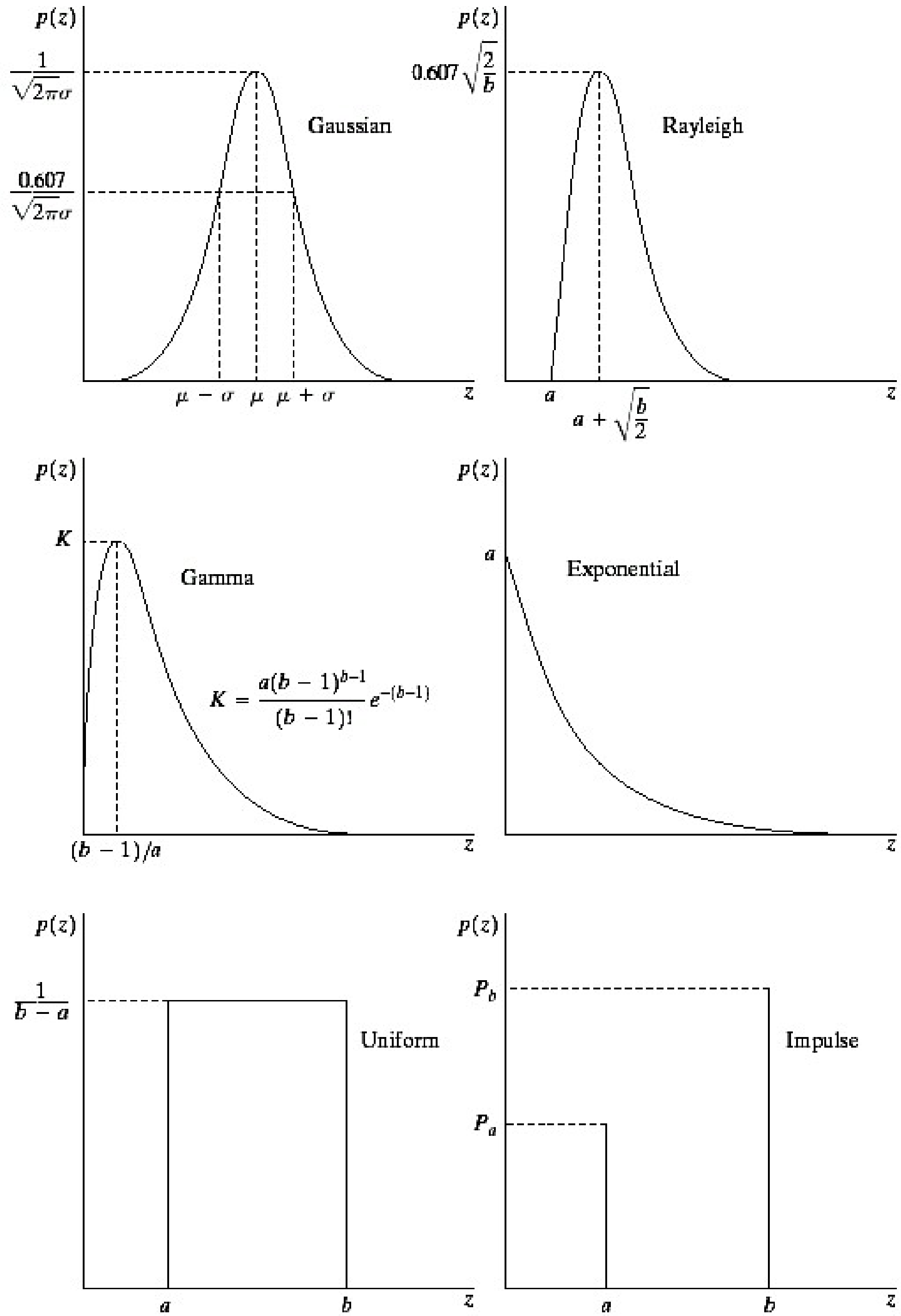
Para simplificar o problema, supõe-se que H seja a identidade, ficando apenas a adição do ruído

RUÍDO

- O ruído nunca é conhecido perfeitamente, mas pode ser caracterizado estatisticamente (média e variância são normalmente os parâmetros mais importantes quando na análise de imagens)
- **Ruído Branco** - tem espectro de frequência uniforme, ou seja, todas as freqüências estão presentes.
- **Ruído Gaussiano** - Possui uma distribuição de frequência não-uniforme.

Restauração

Importantes funções densidade de probabilidade



Restauração

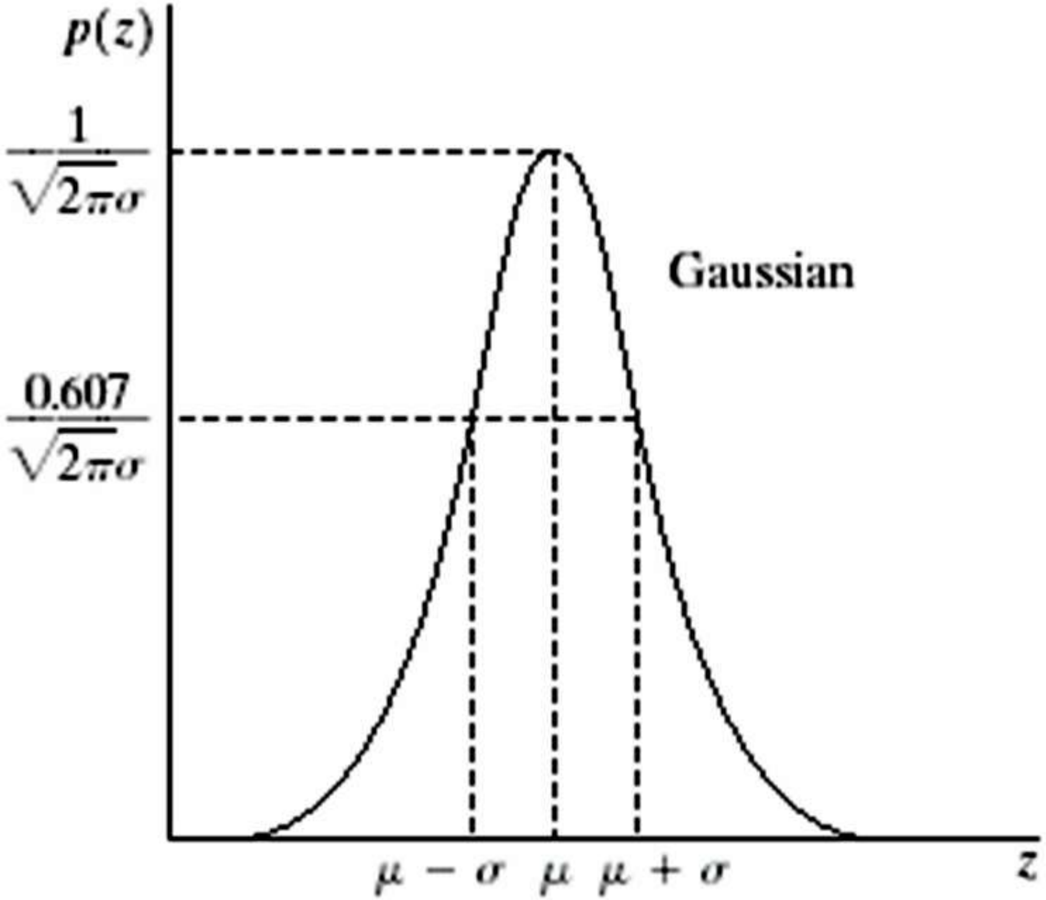
A pdf (Função Densidade de Probabilidade) de uma variável aleatória gaussiana z é dada por:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-(z-\mu)^2/2\sigma^2}$$

Onde: z é a intensidade
μ é o valor médio
σ é o desvio padrão

70% dos valores estarão no intervalo: [μ-σ, μ+σ]

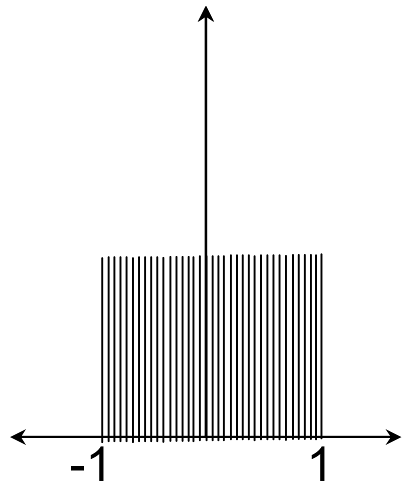
95% dos valores estarão no intervalo: [μ-2σ, μ+2σ]

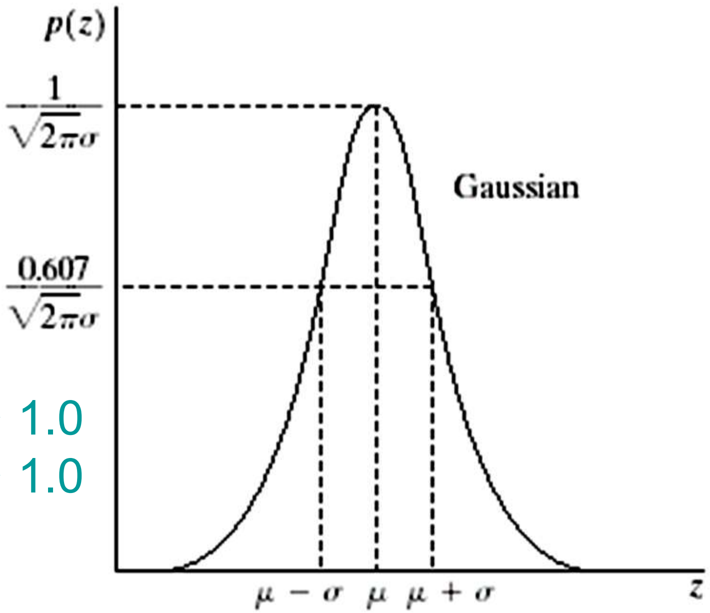


Restauração

```
float uniform(int faixa)
{
  float x1;
  x1 = 2.0 * random(10000)/10000.0; // 0 → 2,0000
  x1 = x1 – 1.0; //   -1,0 → 1,0
  return x1;
}

float GaussianRandom(int faixa)
{
  float x1, x2, w, y1, y2;           int i;
  do
   {
     x1 = 2.0 * random(10000)/10000.0 - 1.0;  //  -1.0 → 1.0
     x2 = 2.0 * random(10000)/10000.0 - 1.0;  //  -1.0 → 1.0
     w = x1 * x1 + x2 * x2;
   } while ( w >= 1.0 );
  w = sqrt( (-2.0 * log( w ) ) / w );
  y1 = x1 * w;
  return y1;
}
```





A partir da quantidade de ruído desejada, gere aleatoriamente as coordenadas x,y e, então, some um valor obedecendo a distribuição desejada

Restauração

Outras funções densidade de probabilidade

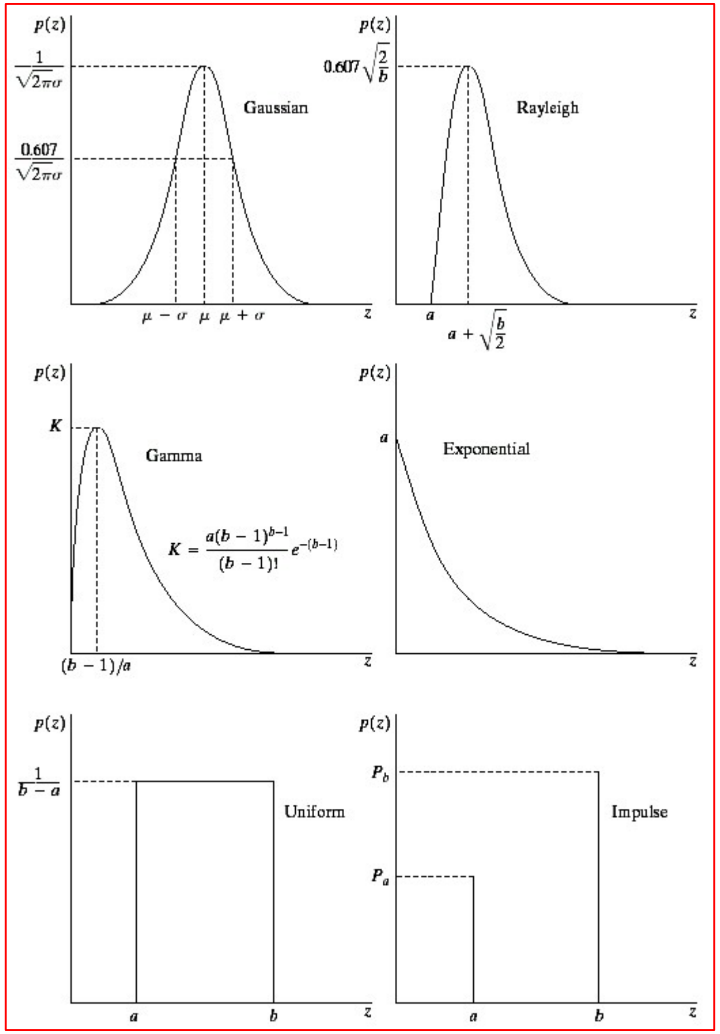
Rayleigh $$p(z) = \begin{cases} \frac{2}{b}(z-a)e^{-(z-a)^2/b} & \text{for } z \geq a \\ 0 & \text{for } z < a. \end{cases}$$

Erlang (Gama) $$p(z) = \begin{cases} \frac{a^b z^{b-1}}{(b-1)!}e^{-az} & \text{for } z \geq 0 \\ 0 & \text{for } z < 0 \end{cases}$$

Exponencial $$p(z) = \begin{cases} ae^{-az} & \text{for } z \geq 0 \\ 0 & \text{for } z < 0 \end{cases}$$

Uniforme $$p(z) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & \text{if } a \leq z \leq b \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Impulsivo (sal e pimenta) $$p(z) = \begin{cases} P_a & \text{for } z = a \\ P_b & \text{for } z = b \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



Imagens com ruído sal e pimenta

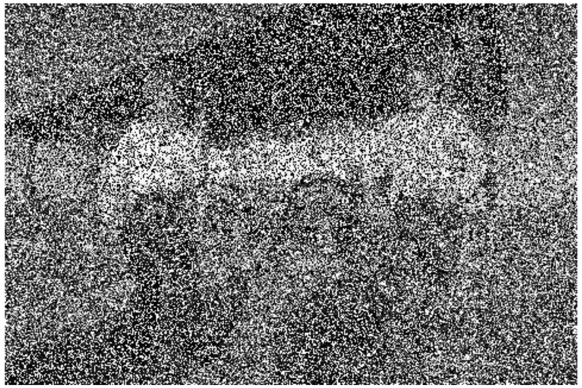
Original

5%

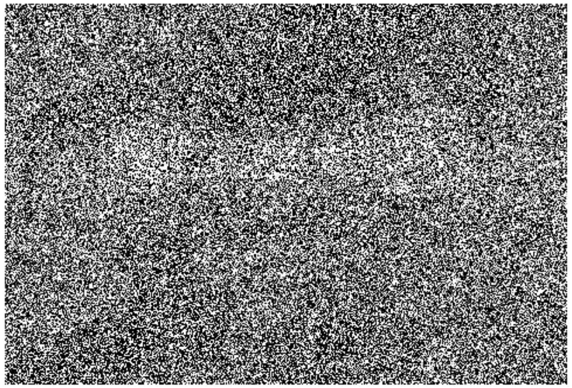
10%

20%

40%



60%



80%

Sal = branco
Pimenta = preto
Geralmente, com 50% de probabilidade para cada

Imagens com ruído sal e pimenta

Como gerar o ruído:

Pegue a área da imagem = largura x altura

```
for i = 1 to área*%
  x = random(largura)
  y = random(altura)
  cor = random (0 ou 1)
  pixel(x,y) = cor
```

<u>Exemplo:</u>

Adicionar 5% de ruído sal e pimenta em uma imagem 1000 x 1000

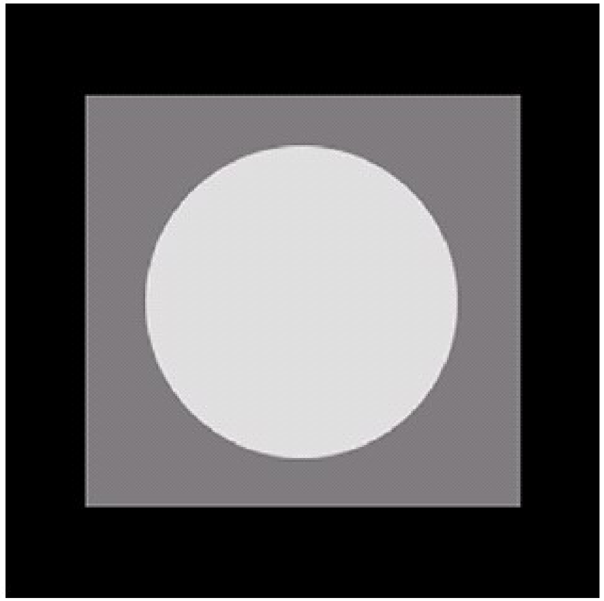
solução: área = 1.000 x 1.000 = 1.000.000

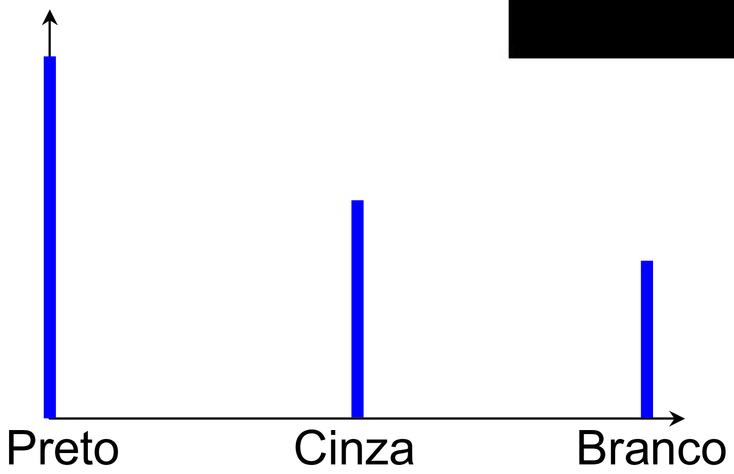
5% de 1.000.000 é 50.000

```
for i=1 to 50.000
  ...
  ...
```

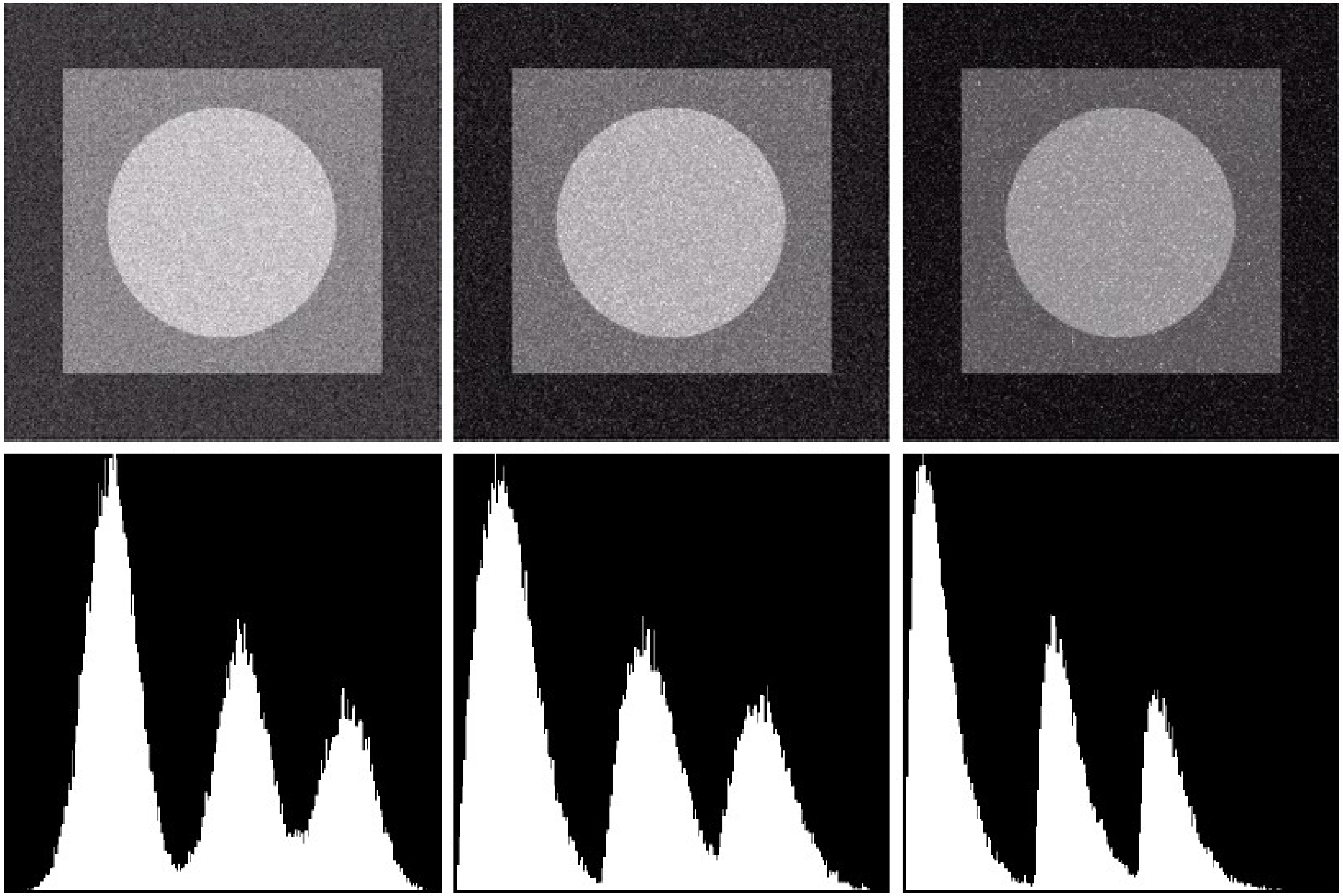
Restauração

A imagem ao lado apresenta três regiões com cores diferentes, o que simplifica a análise do seu histograma, após a imagem ter sido corrompida por ruído





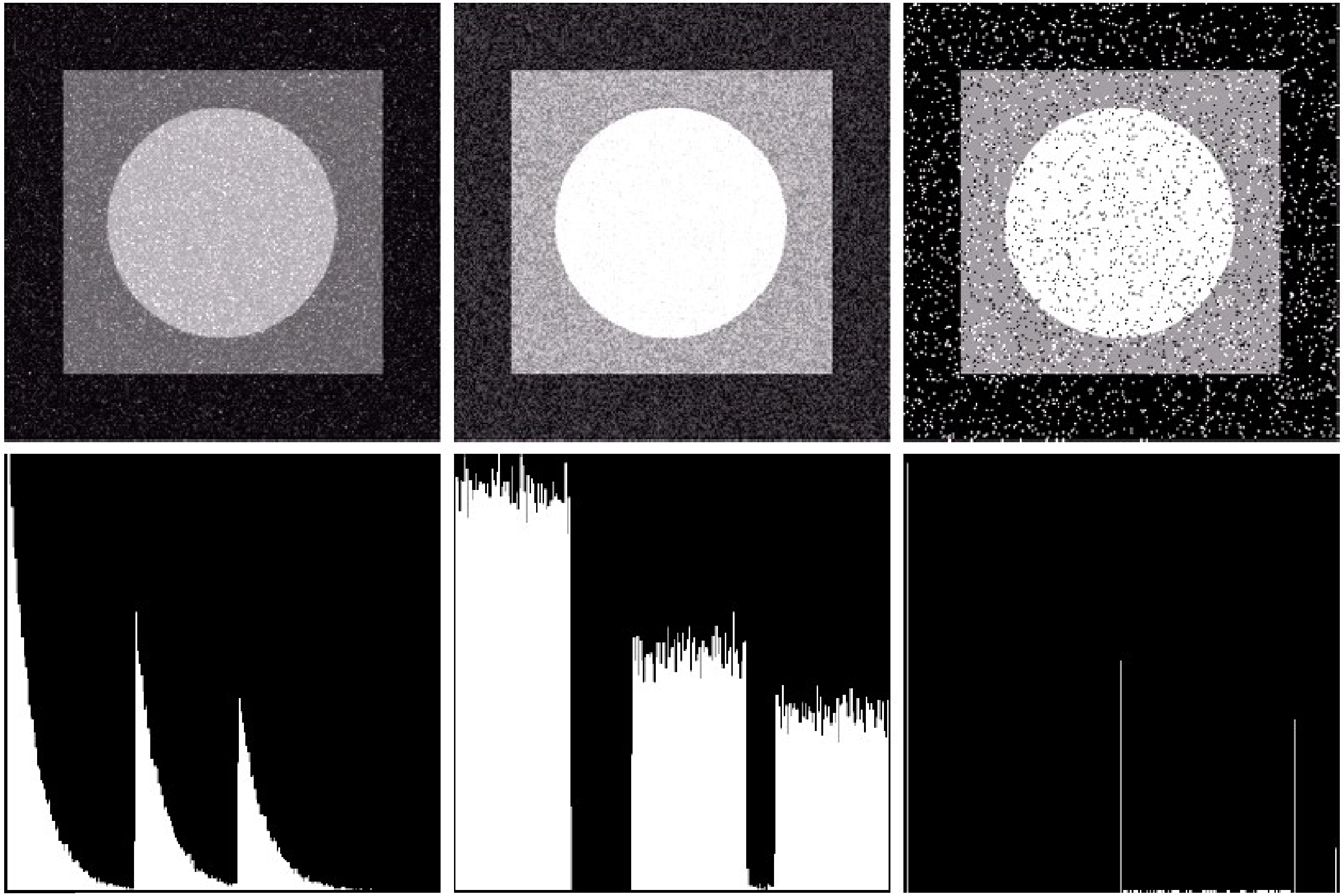
Restauração



Gaussiano Rayleigh Gamma

Imagens e histogramas resultantes da adição de ruído gaussiano, rayleigh e gamma

Restauração



Exponencial Uniforme Sal e Pimenta

Imagens e histogramas resultantes da adição de ruído exponencial, uniforme e sal e pimenta

Restauração

•**Ruído com um padrão regular (Periódico)** - Devido a interferência de um motor elétrico por exemplo, o ruído apresenta um padrão que se repete periodicamente, proporcional à velocidade do motor interferente.

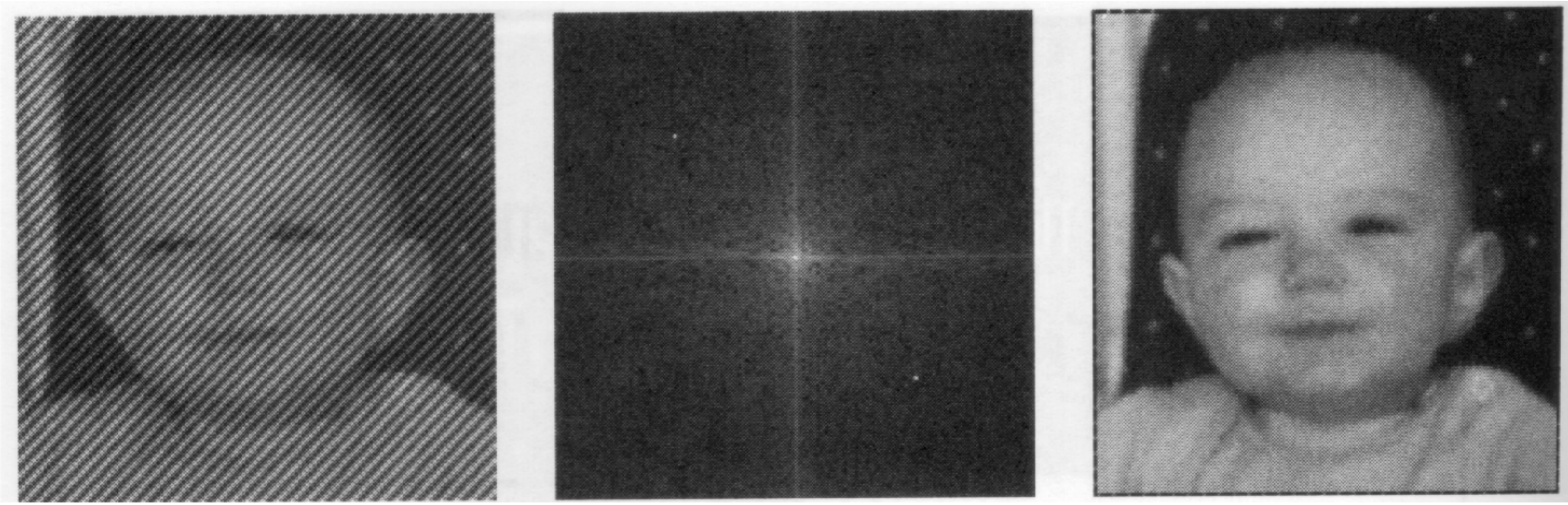


Imagem contaminada por ruído com um padrão regular e sua restauração

Restauração

Estimativa de parâmetros de ruído

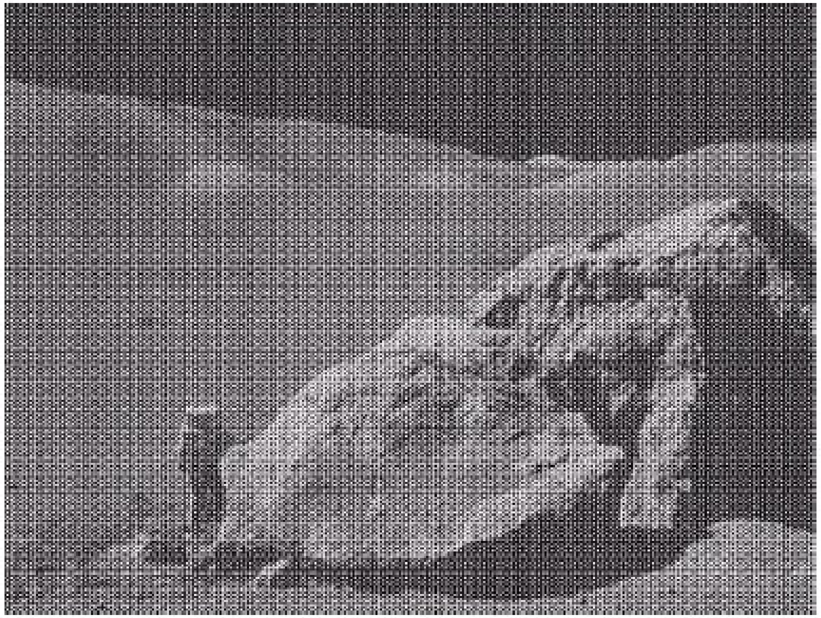
Os parâmetros de ruído periódico normalmente são estimados usando a inspeção do espectro de Fourier da imagem

O ruído periódico tende a produzir picos de frequência que muitas vezes podem ser detectados por análise visual

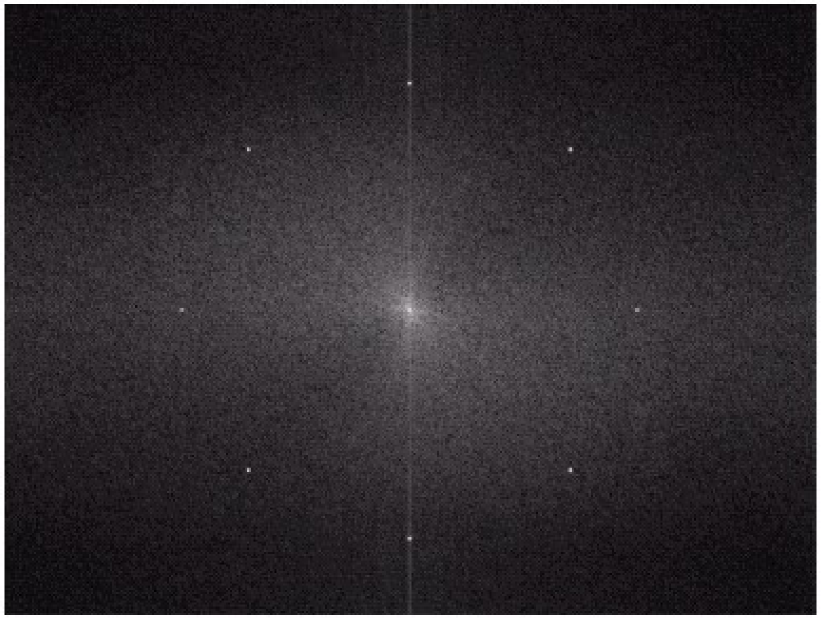
A análise automatizada é possível quando os picos são muito acentuados ou se tem conhecimento da localização das componentes de frequência da interferência

Restauração

Imagem corrompida por ruído periódico e o seu espectro



Calcula-se a Transformada de Fourier, elimina-se os picos incomuns, calcula-se a transformada inversa de Fourier



Restauração

Restauração na presença somente de ruído – filtragem espacial

Quando a única degradação presente em uma imagem é o ruído, tem-se:

$$g(x,y) = f(x,y) + \eta(x,y)$$

e

$$G(u,v) = F(u,v) + N(u,v)$$

A filtragem espacial é o método preferido quando se tem apenas o ruído aleatório

Restauração

Filtragem apenas de ruído no domínio do espaço

Filtro da média Aritmética – é o mais simples dos filtros de média

$S_{x,y}$ é o conjunto de coordenadas em uma janela de subimagem retangular (vizinhança) de tamanho m x n, centrada no pixel x,y

$$\hat{f}(x,y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t)\in S_{xy}} g(s,t)$$

Atenua variações locais e o ruído é reduzido pelo borramento que ocorre

Restauração

Filtragem apenas de ruído no domínio do espaço

Filtro da média Geométrica

$$\hat{f}(x,y) = \left[\prod_{(s,t)\in S_{xy}} g(s,t) \right]^{\frac{1}{mn}}$$

Obtém um resultado mais coerente quando os níveis apresentam uma progressão geométrica

Exemplo: sejam os valores 3, 9, 27, 81 e 243 que constituem uma P.G. de razão 3

a média geométrica é 27

Obtém uma suavização comparável ao fitlro da média arimtmética, mas tende a perder menos detalhes da imagem

Restauração

<u>Filtragem apenas de ruído no domínio do espaço</u>

Filtro da média Harmônica

$$\hat{f}(x,y) = \frac{mn}{\displaystyle\sum_{(s,t)\in S_{xy}} \frac{1}{g(s,t)}}$$

Funciona bem para o ruído de sal, mas falha para o ruído de pimenta

Também apresenta bom desempenho para outros tipos de ruído, como o gaussiano

Restauração

Filtragem apenas de ruído no domínio do espaço

Filtro da média Contra-harmônica

$$\hat{f}(x, y) = \frac{\displaystyle\sum_{(s,t)\in S_{xy}} g(s, t)^{Q+1}}{\displaystyle\sum_{(s,t)\in S_{xy}} g(s, t)^{Q}}$$

Q é chamado de ordem do filtro
Para valores positivos de Q, o filtro elimina ruídos de pimenta
Para valores negativos de Q, o filtro elimina ruídos de sal
Não pode reduzir os dois tipos simultaneamente

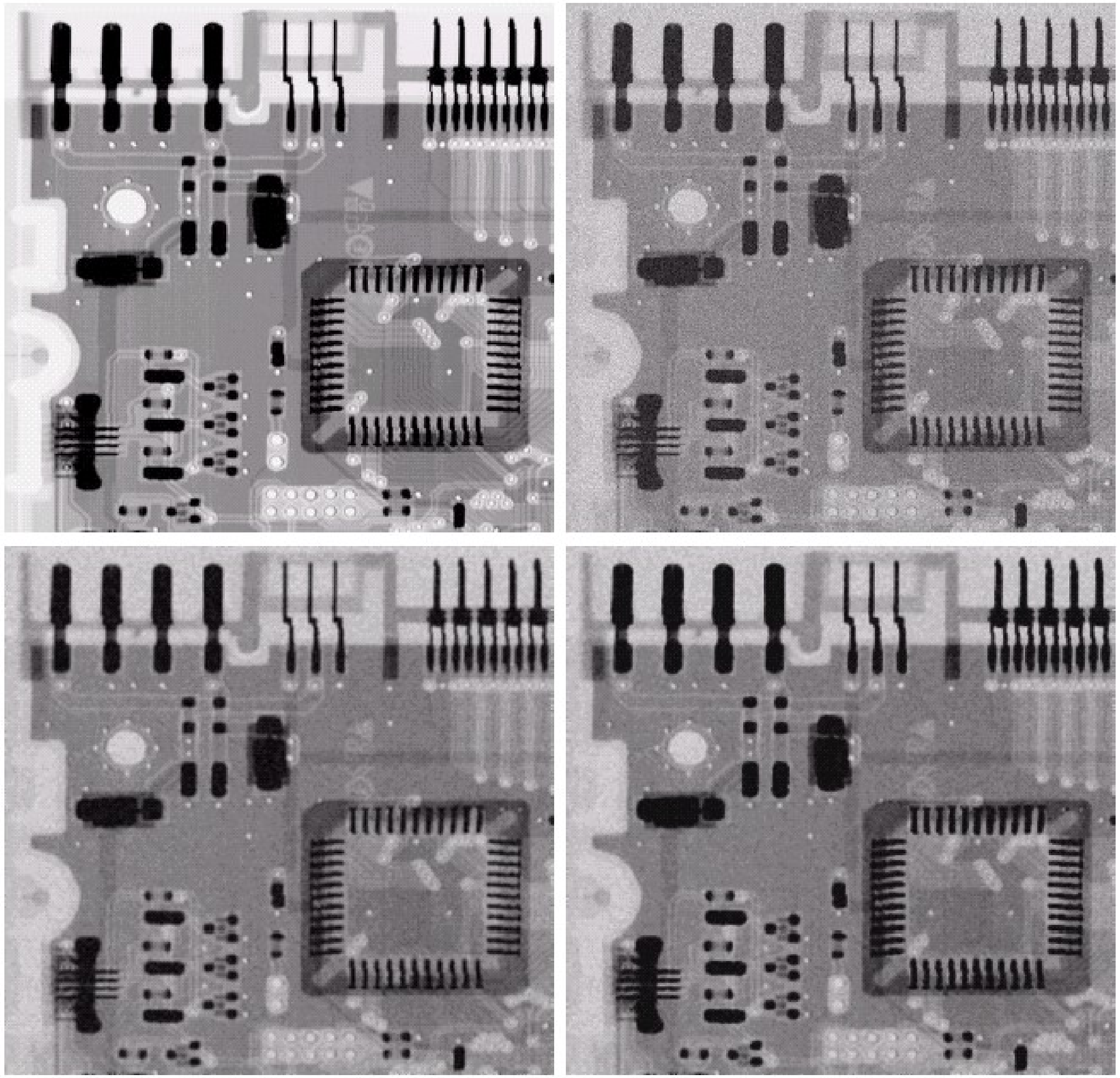
Quando Q = 0 este filtro se reduz ao filtro da média
Quando Q = -1se torna o filtro da média harmônica

Restauração

<u>Filtragem apenas de ruído no domínio do espaço</u>

ORIGINAL

CORROMPIDA
POR RUÍDO
ADTIVO
GAUSSIANO

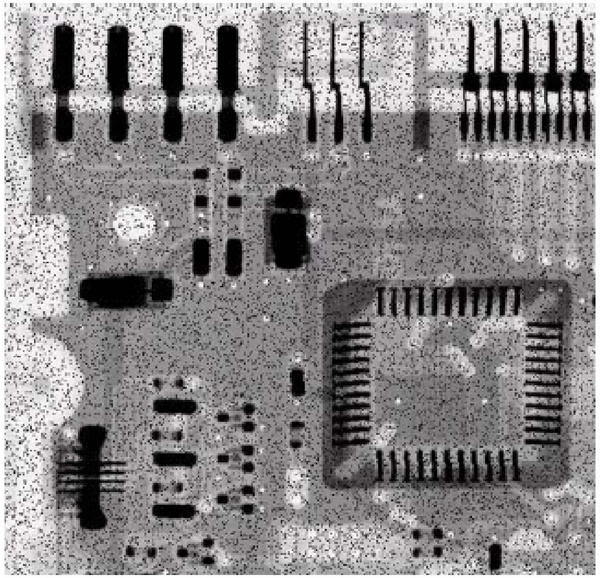


MÉDIA
ARITMÉTICA
3x3

MÉDIA
GEOMÉTRICA
3x3

Restauração

Imagem
com
pimenta



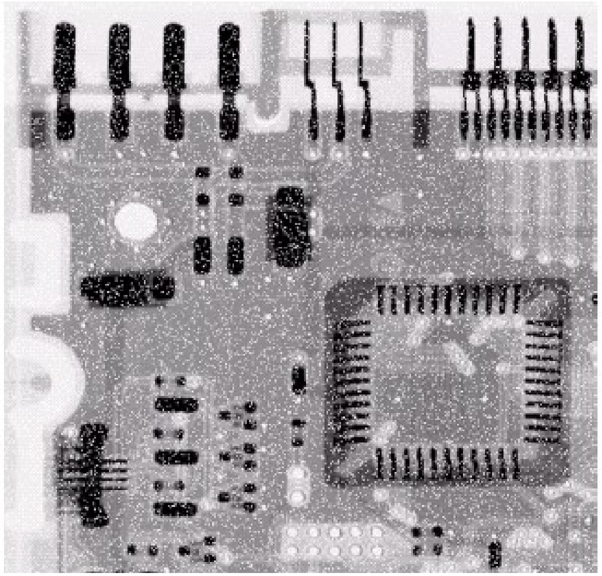
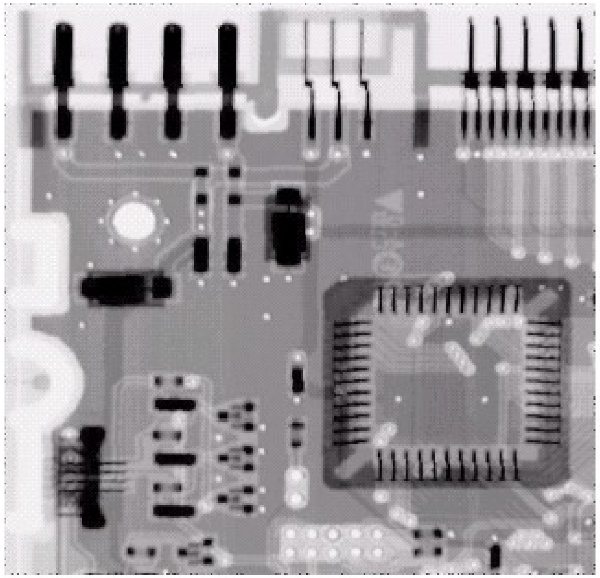
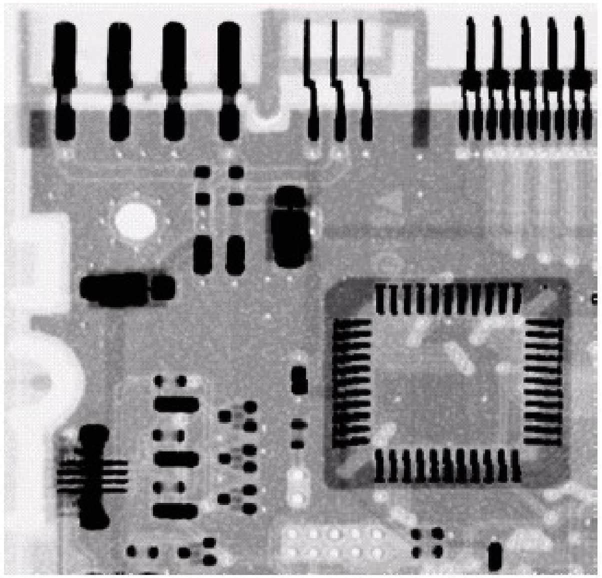


Imagem
com sal

Filtragem
contra-
harmônica
3x3 com
Q=1.5





Filtragem
contra-
harmônica
3x3 com
Q=-1.5

Restauração

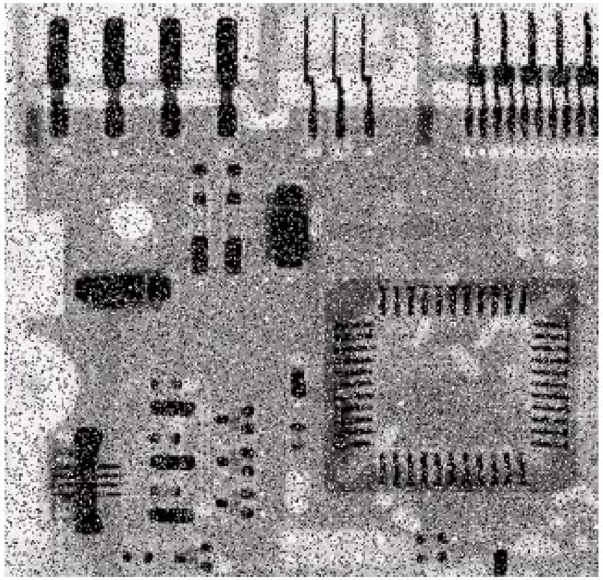
Filtragem apenas de ruído no domínio do espaço

Filtro da mediana – O filtro de estatística de ordem mais conhecido o filtro da mediana, que substitui o valor do pixel pela mediana dos níveis de intensidade na vizinhança deste pixel

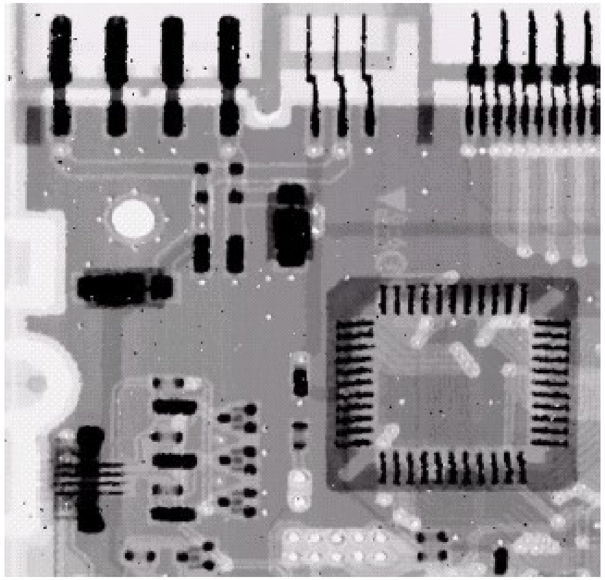
$$\hat{f}(x,y) = \underset{(s,t)\in S_{xy}}{\text{mediana}} \{g(s,t)\}$$

Consegue reduzir bastante o ruído aleatório, sem causar o borramento das imagens

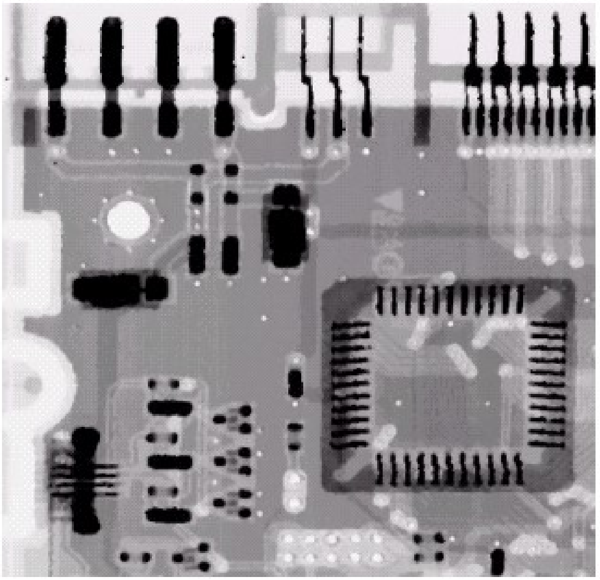
Restauração



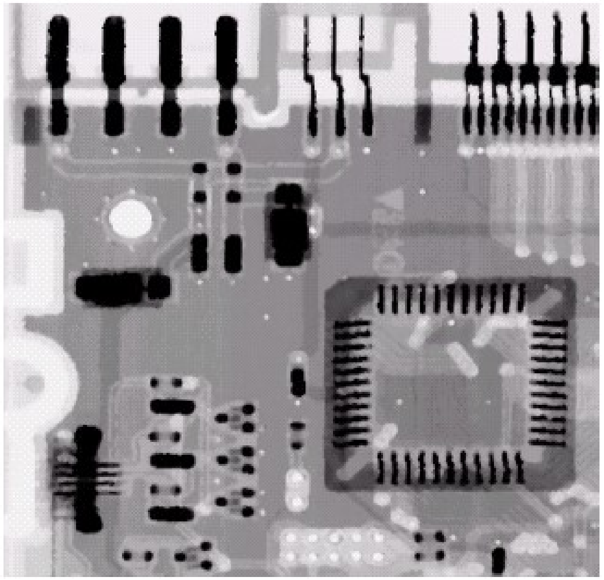
a) Imagem com sal e pimenta



b) Mediana 3x3 de (a)



c) Mediana 3x3 de (b)



d) Mediana 3x3 de (c)

Restauração

Filtragem apenas de ruído no domínio do espaço

Filtro de Máximo – O filtro de máximo é útil para localizar os pixels mais claros da imagem, reduzindo o ruído de pimenta

$$\hat{f}(x,y) = \max_{(s,t)\in S_{xy}} \{g(s,t)\}$$

Restauração

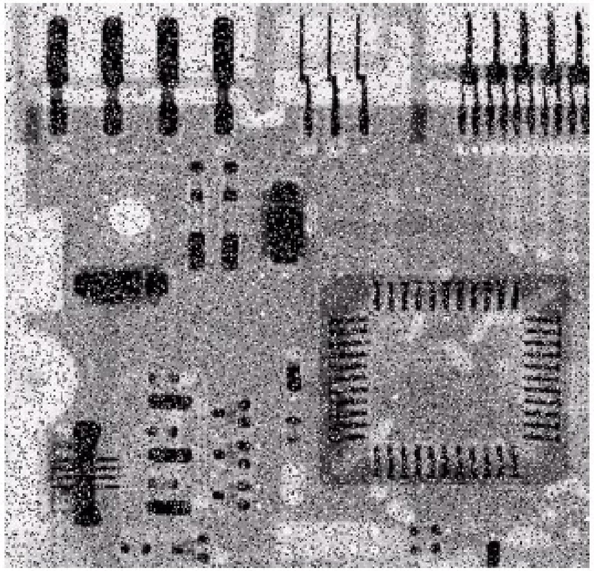
Filtragem apenas de ruído no domínio do espaço

Filtro de Mínimo – O filtro de mínimo é útil para localizar os pixels mais escuros da imagem, reduzindo o ruído de sal

$$\hat{f}(x, y) = \min_{(s,t) \in S_{xy}} \{g(s,t)\}$$

Restauração

Imagem
com
pimenta



Filtro do Mínimo

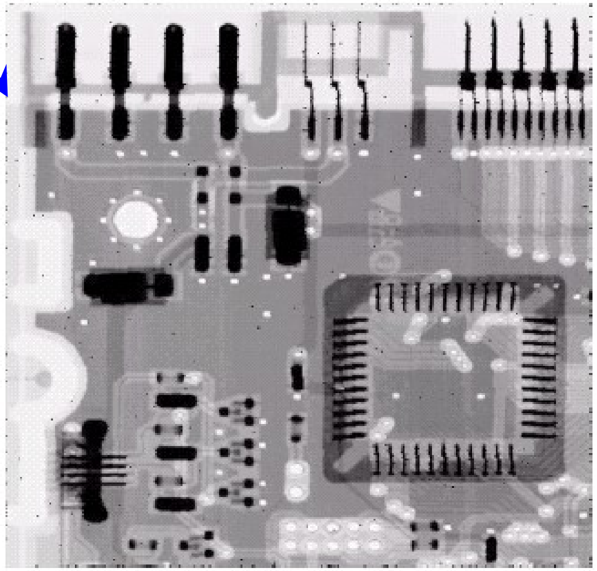
pixel = mínimo da região 3x3

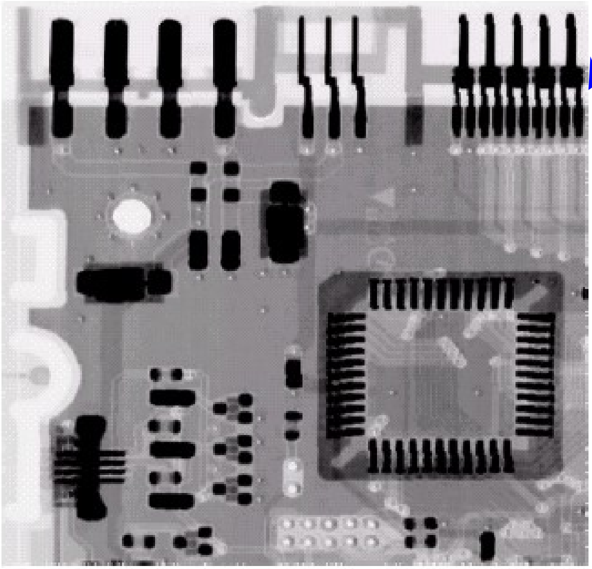
Filtro do Máximo

pixel = máximo da região 3x3

predomina
áreas claras

Filtro do
máximo
3x3





predomina
áreas escuras

Filtro do
mínimo
3x3

Restauração

<u>Filtro do Ponto Médio</u>

Calcula o ponto médio entre o máximo e o mínimo, dentro da área do filtro

$$\hat{f}(x,y)=\frac{1}{2}\left[\max_{(s,t)\in S_{xy}}\{g(s,t)\}+\min_{(s,t)\in S_{xy}}\{g(s,t)\}\right]$$

Funciona melhor para ruído aleatoriamente distribuído, como o ruído gaussiano ou o uniforme

Restauração

Filtro da Média Alfa Cortada

Elimina os valores de intensidade d/2 mais baixos e d/2 mais altos de g(s,t) na vizinhança de $S_{x,y}$, mantendo apenas os mn-d restantes

$$\hat{f}(x,y) = \frac{1}{mn-d} \sum_{(s,t)\in S_{xy}} g_r(s,t)$$

O valor de d está entre 0 e mn-1

Se d=0, o filtro se torna o filtro da média

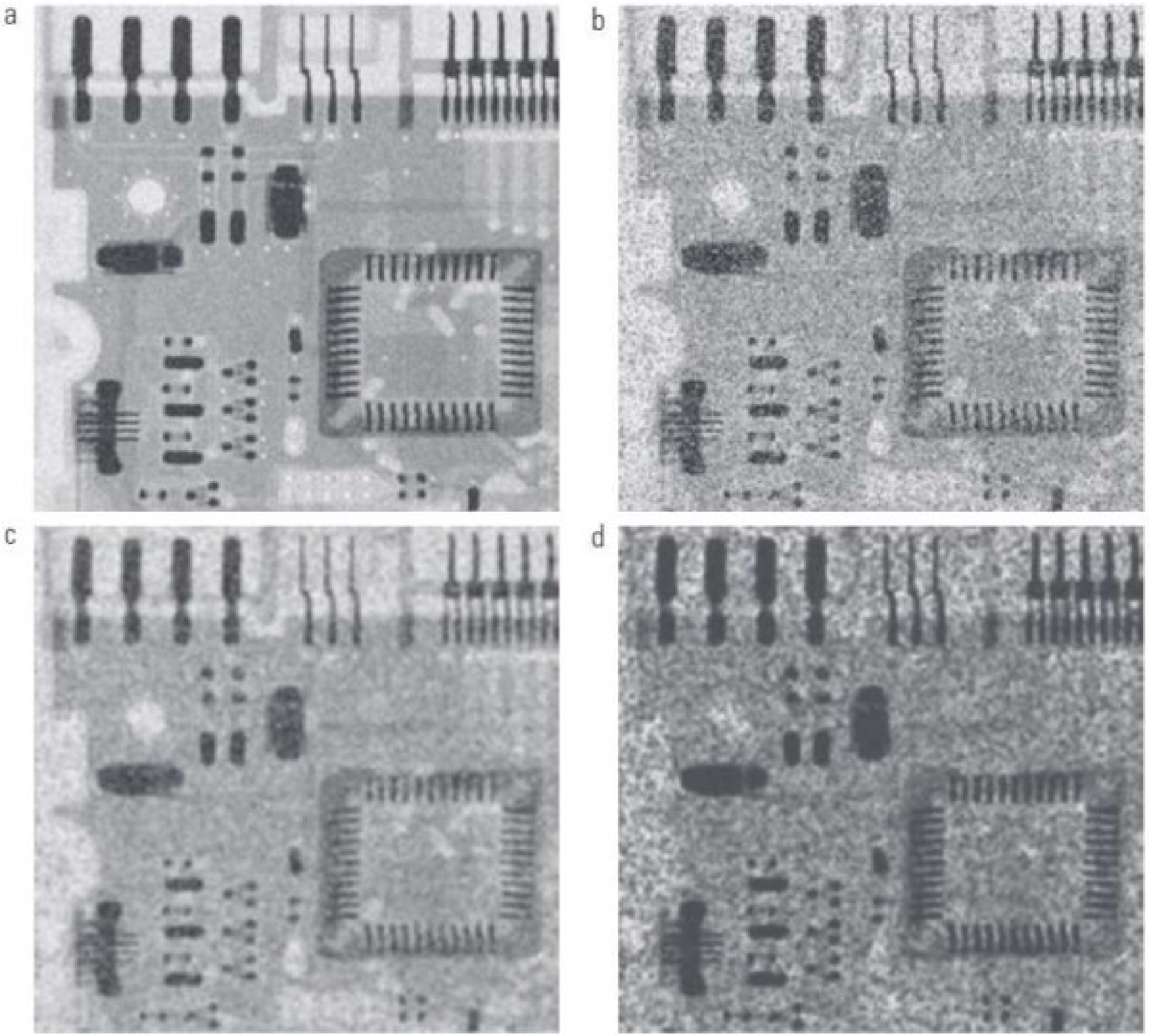
Se d=mn-1, o filtro se torna o filtro da mediana

Este filtro é útil quando a imagem possui ruídos variados, como sal e pimenta e também gaussiano

Restauração

Imagem com ruído uniforme

Imagem (a) acrescenta do sal e pimenta



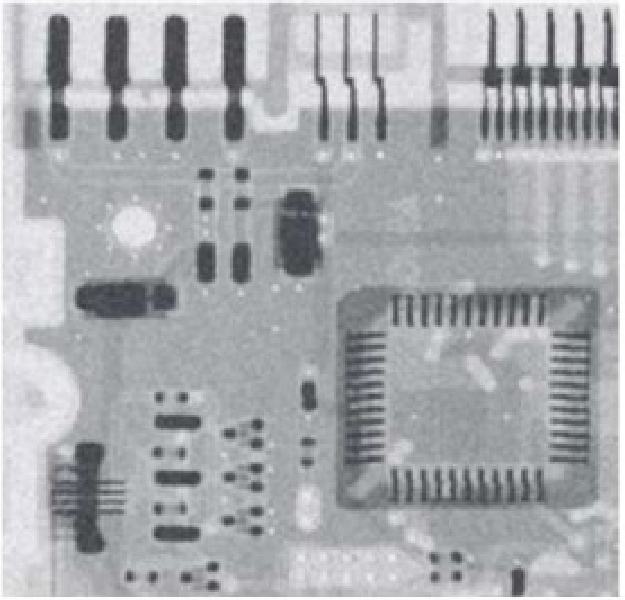
filtro da média aritmética

filtro da média geomética

Restauração

Imagem com ruído uniforme

a



b

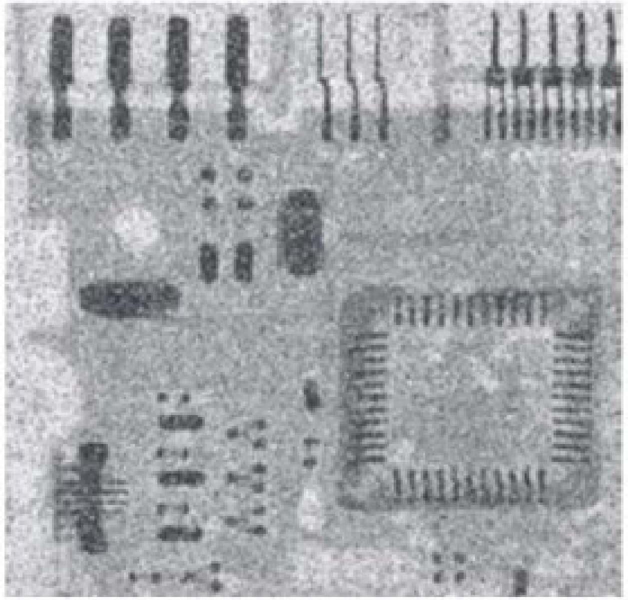
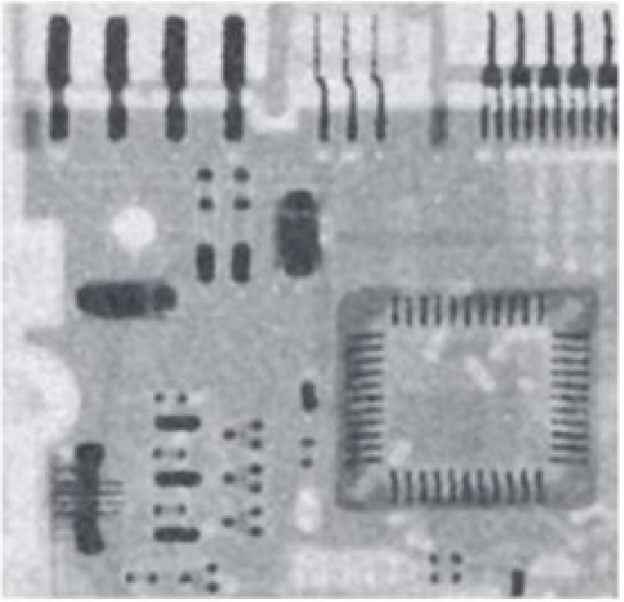


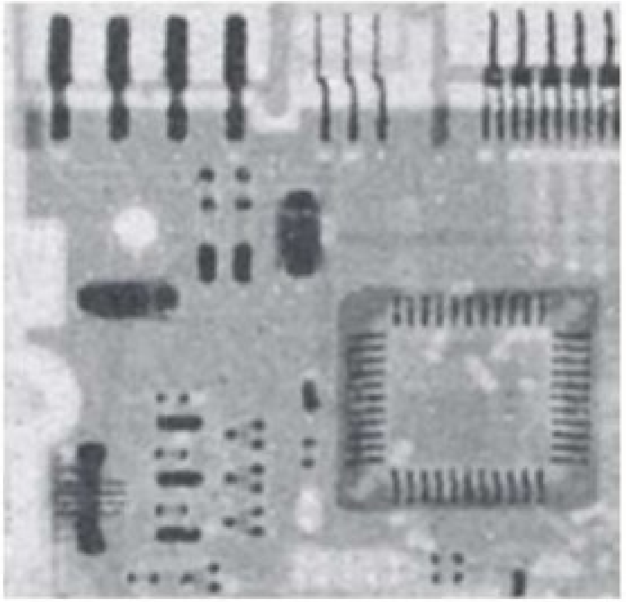
Imagem (a) acrescentado sal e pimenta

e



Filtro da Mediana

f



Filtro da Media alfa cortada d=5

Todos 5 x 5

PRÁTICA

Implementar os filtros do Mínimo, do Máximo e do Ponto Médio

→ Próximo slide: exercício para fazer e entregar agora

Restauração

Exercício

Dada a imagem de entrada f, calcule o pixel 2,2 na imagem de saída g, usando:

a)Média Aritmética

b)Média Geométrica

c)Média Harmônica

d)Média Contra-harmônica Q=-1.5 e 1.5

e)Mediana

f)Máximo

g)Mínimo

h)Ponto Médio

	0	1	2	3
0	80	40	30	10
1	100	60	20	10
2	180	140	70	30
3	255	200	110	50

f

$S_{xy} = 3 \times 3$