

SEL 0449 - Processamento Digital de Imagens Médicas

SEL 5895 – Introdução ao Processamento Digital de Imagens

Aula 8 – Restauração de Imagens Parte 1

Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira

mvieira@sc.usp.br

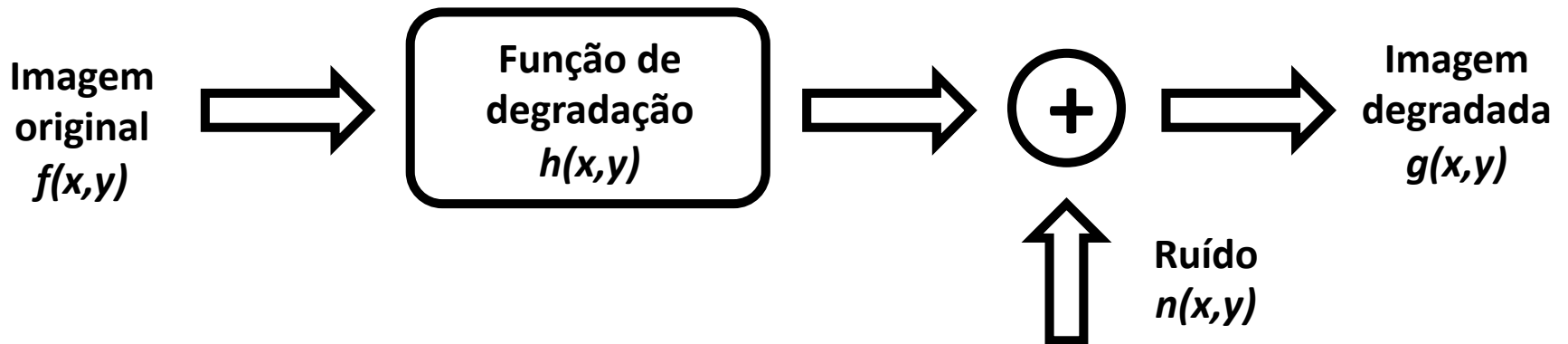
Realce X Restauração

- **Realce de imagens:**
 - Processar a imagem para obter um resultado mais apropriado para uma determinada aplicação;
 - Processo subjetivo.
- **Restauração de imagens:**
 - Recuperar a imagem corrompida com base em conhecimento *a priori* do fenômeno de degradação;
 - Processo objetivo.

Restauração

- O sucesso da restauração depende de alguns fatores:
 - A acurácia do modelo de degradação adotado;
 - A precisão na estimativa dos parâmetros de degradação do sistema.

Modelo clássico de degradação



$$g(x, y) = h(x, y) * f(x, y) + n(x, y)$$

← Domínio do espaço

$$G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v) + N(u, v)$$

← Domínio da frequência

Restauração



$$G(u, v) = H(u, v) \cdot F(u, v) + N(u, v)$$

$$\hat{F}(u, v) = \frac{G(u, v) - N(u, v)}{H(u, v)}$$

Tipos de restauração

- Imagens corrompidas apenas pelo ruído;
- Imagens corrompidas apenas pela função de degradação;
- Imagens corrompidas pelo ruído e pela função de degradação.

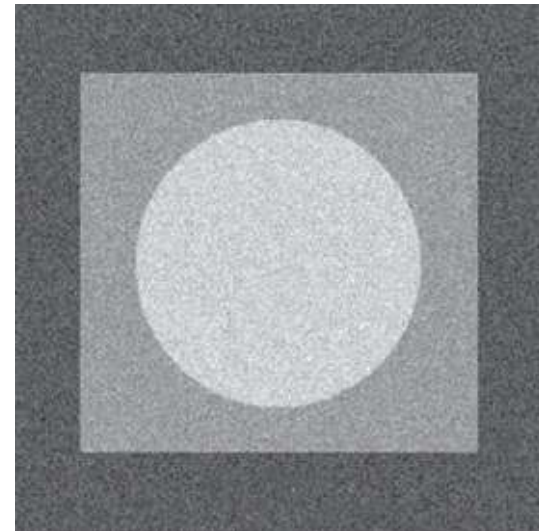
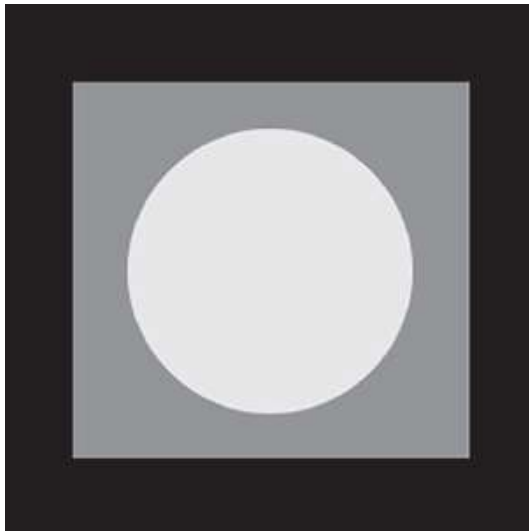
Restauração de imagens corrompidas apenas pelo ruído

O que é ruído em uma imagem?



O que é ruído em uma imagem?

- Ruído é uma variação aleatória ou sistemática das informações de brilho ou cor presentes em uma imagem;
- Geralmente é gerado no processo de captura da imagem e é originário dos sensores e componentes eletrônicos do sistema de aquisição.



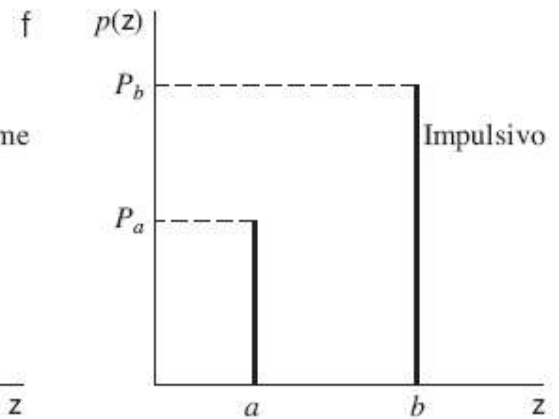
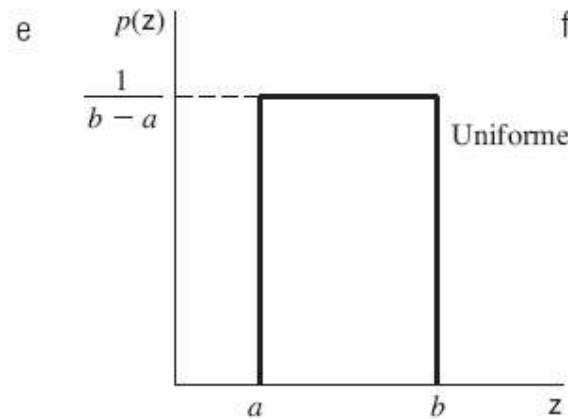
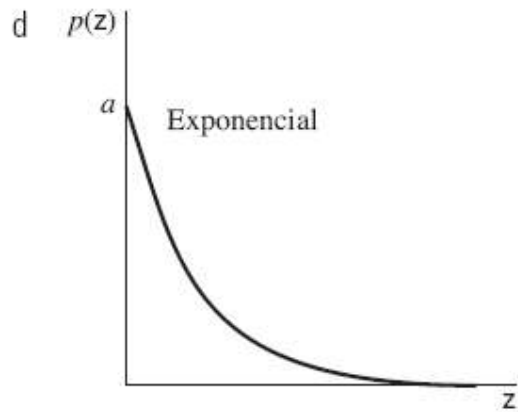
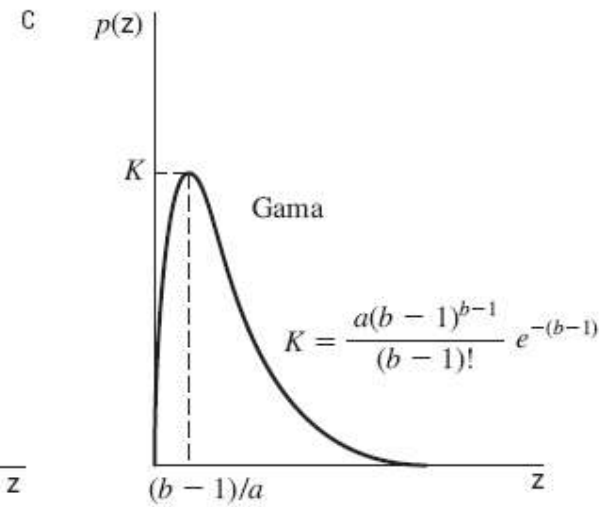
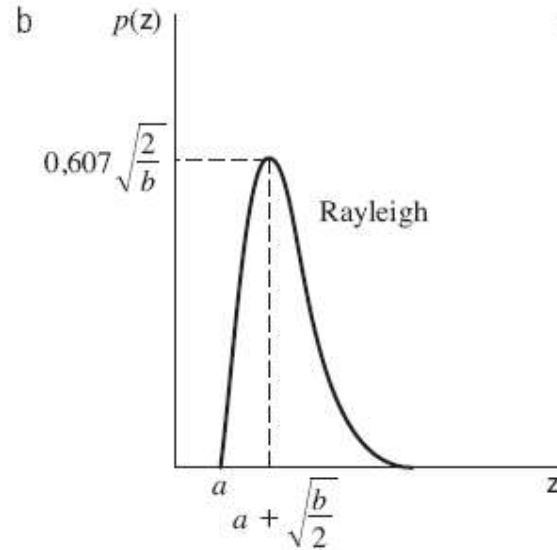
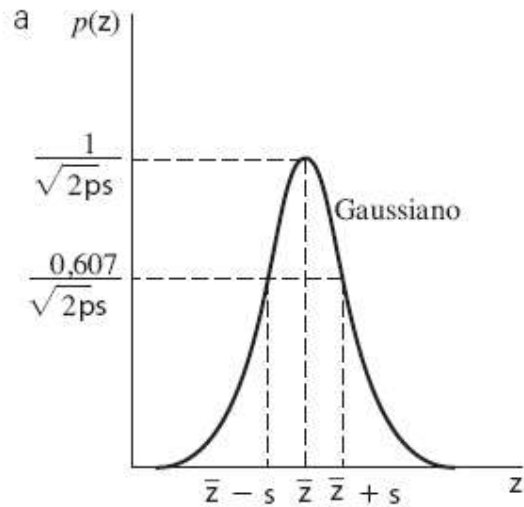
Tipos de Ruído

- Ruído Eletrônico ou Térmico
- Ruído Impulsivo
- Ruído Periódico
- Ruído Estrutural
- Ruído Quântico
- Ruído *speckle*

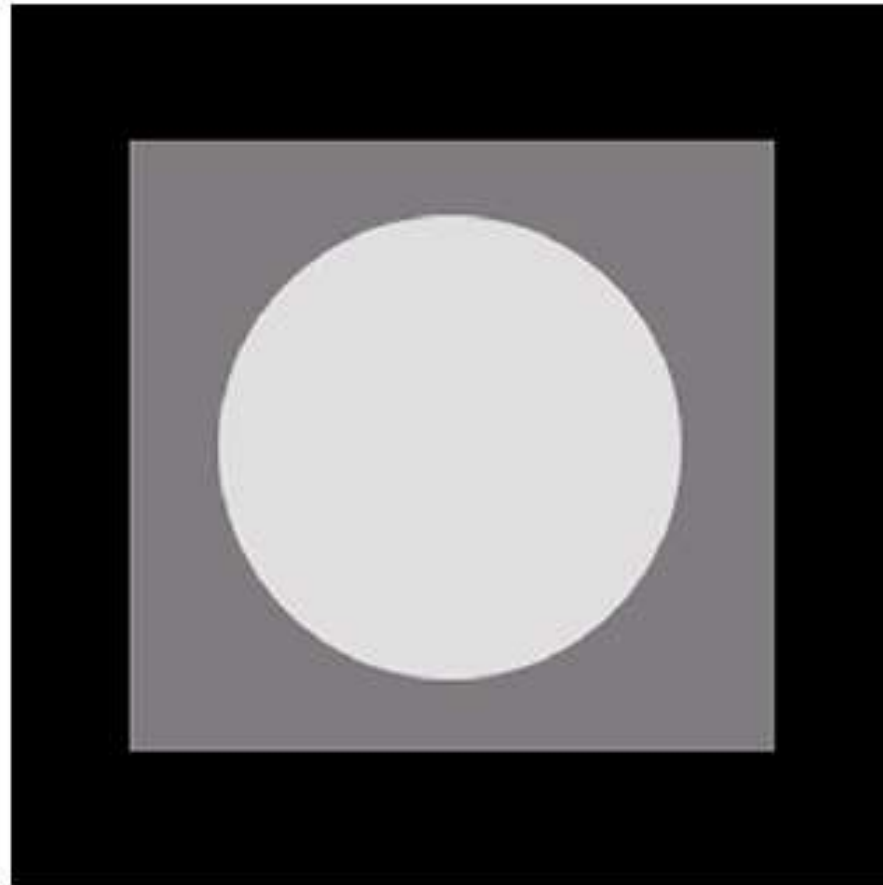
Classificação dos Ruídos

- Distribuição Estatística
- Aleatório ou Sistemático
- Se há Correlação Espacial
- I.I.D. (Independente e igualmente distribuído)
- Estacionário ou não-estacionário
- Homoscedástico ou Heteroscedástico
- Dependência ou não do Sinal
- Dependência ou não do Espaço

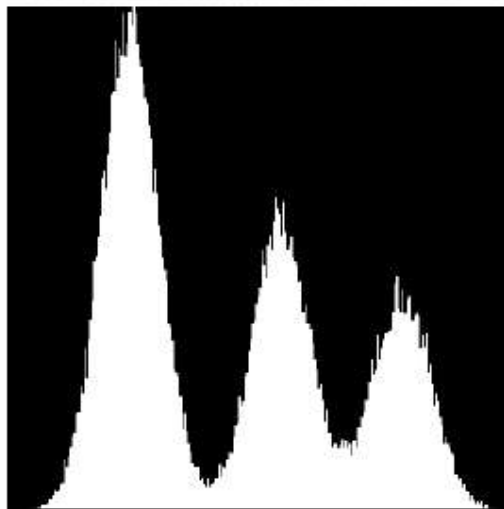
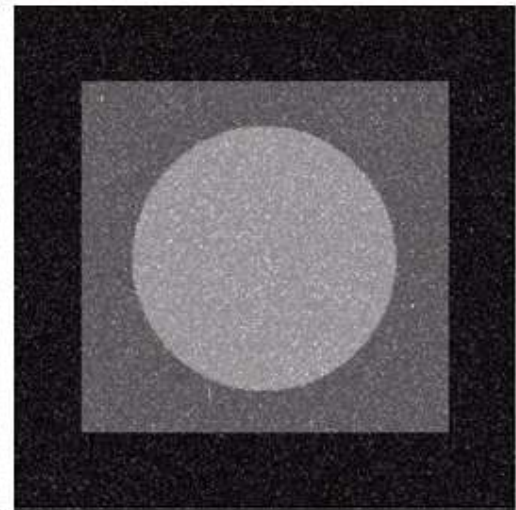
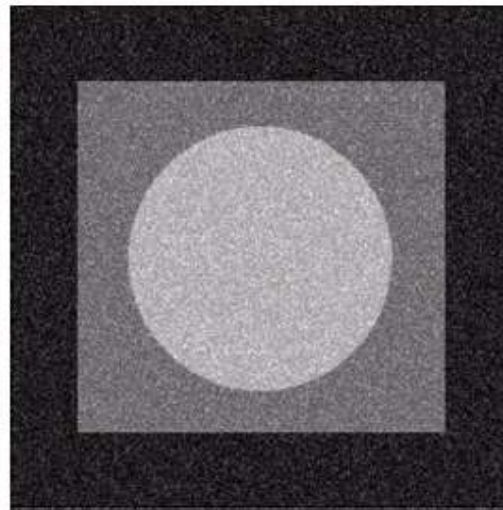
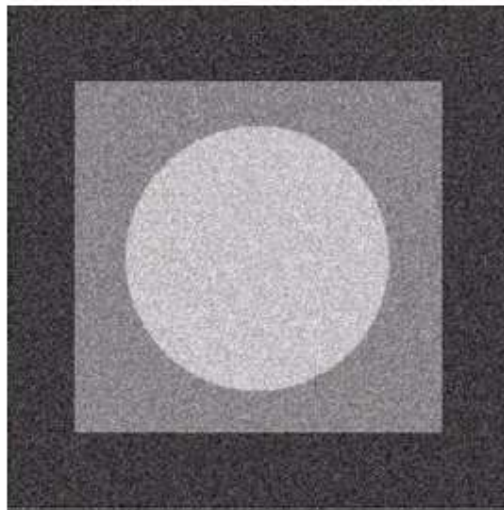
Distribuições Estatísticas do Ruído



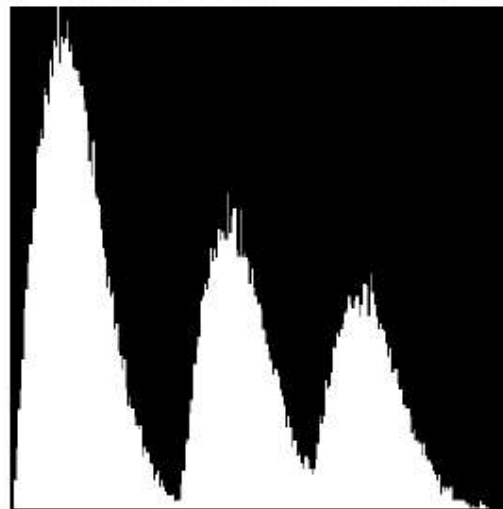
Distribuições Estatísticas do Ruído



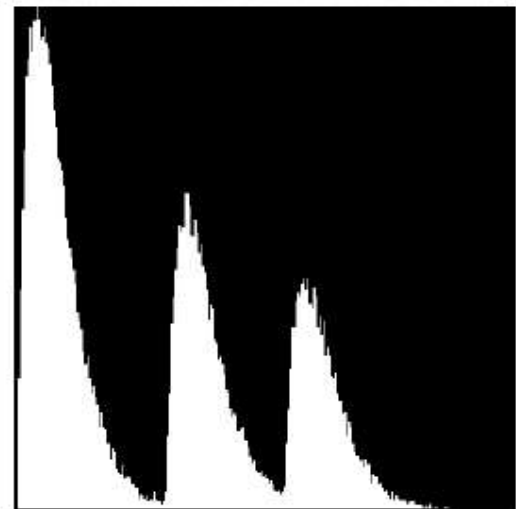
Distribuições Estatísticas do Ruído



Gaussian

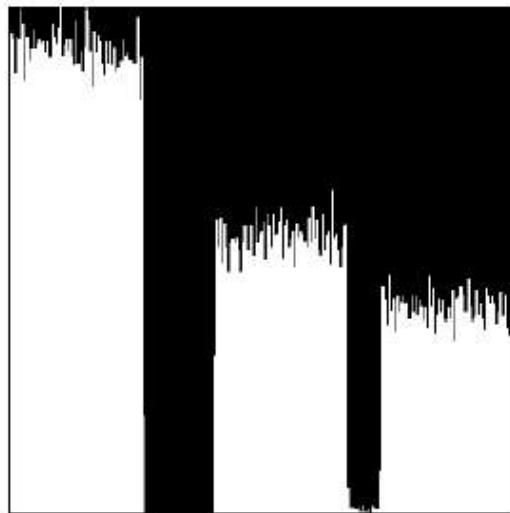
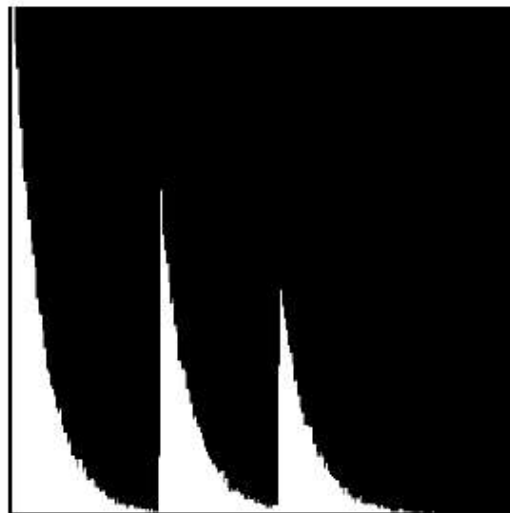
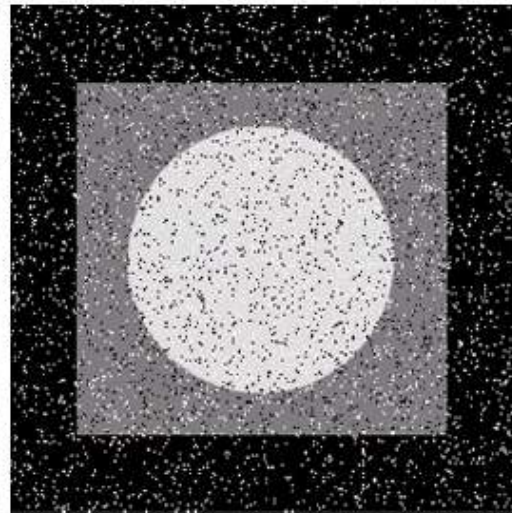
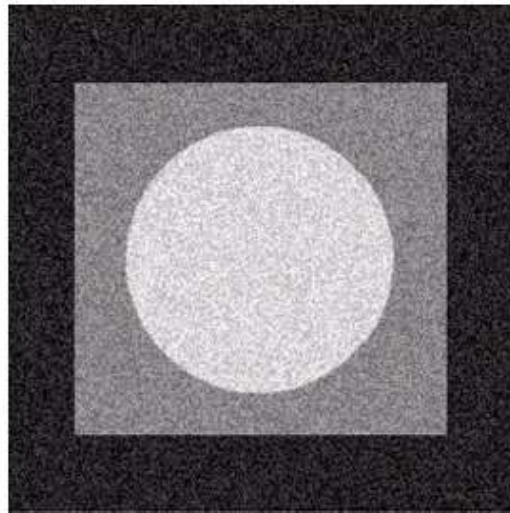
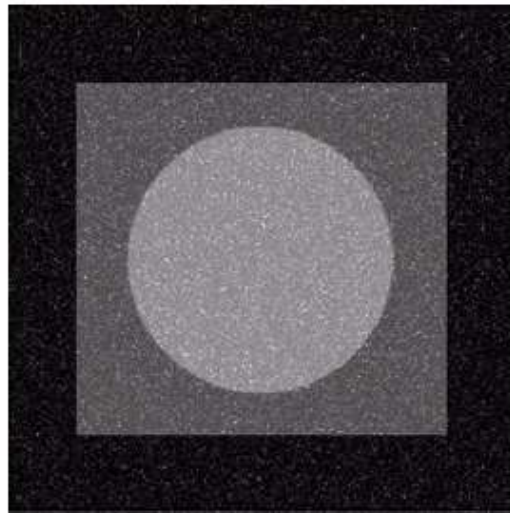


Rayleigh



Gamma

Distribuições Estatísticas do Ruído



Exponential

Uniform

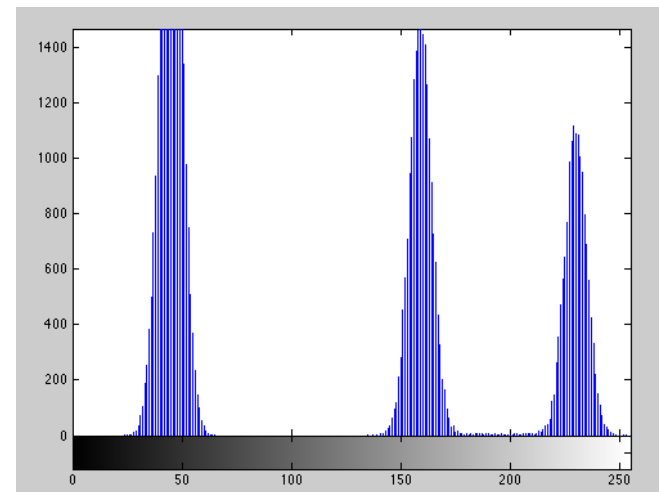
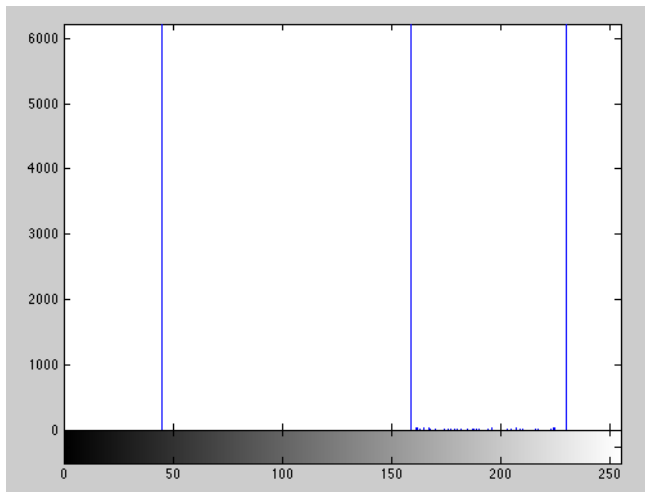
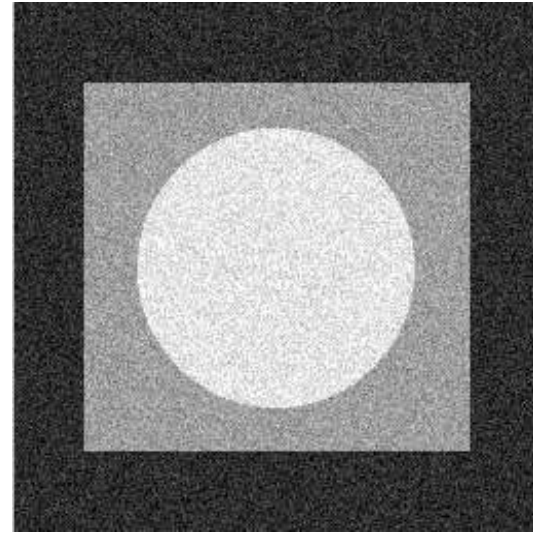
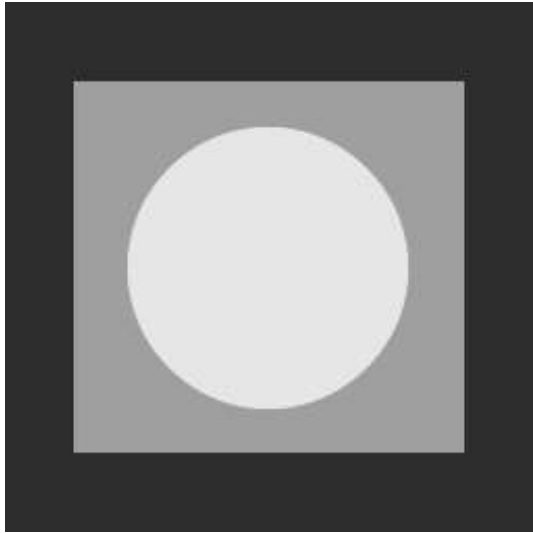
Salt & Pepper

Ruído AWGN

Ruído AWGN

- Gerado na aquisição da imagem
- Usado para modelar o ruído eletrônico (térmico)
- Aleatório
- Aditivo, estacionário, homoscedástico, I.I.D.
- Independente do sinal e do espaço
- Sem correlação espacial: possui espectro de Fourier constante (ruído branco)
- **AWGN** – *Additive White Gaussian Noise*

Ruído AWGN

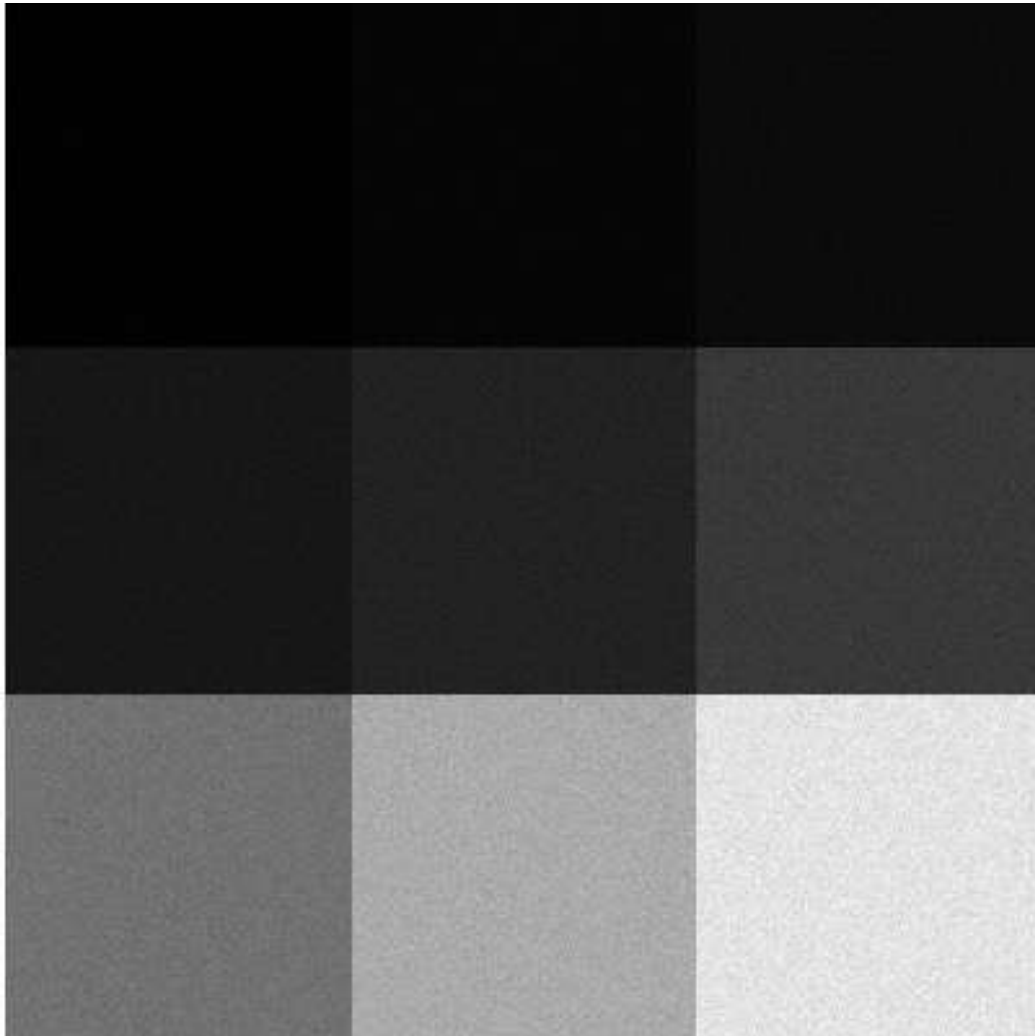


Dependência do sinal

Imagem sem ruído



Imagem com ruído AWGN



Ruído AWGN

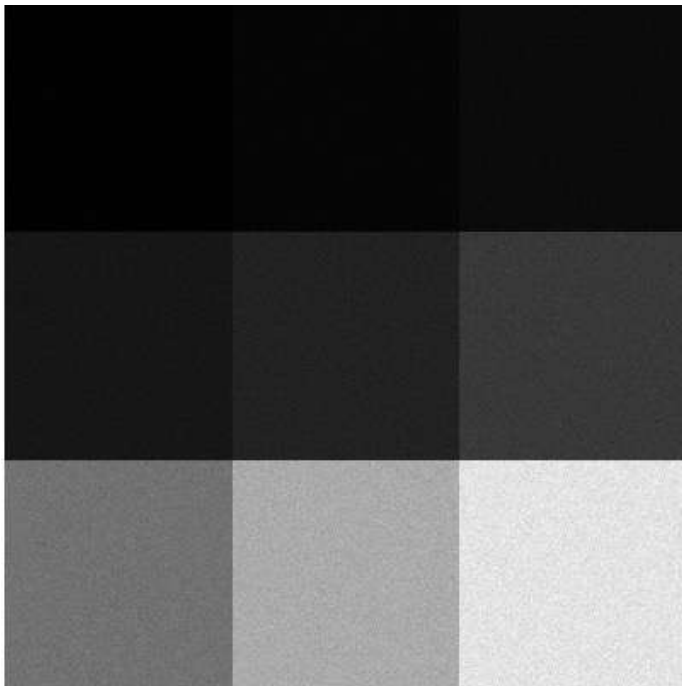
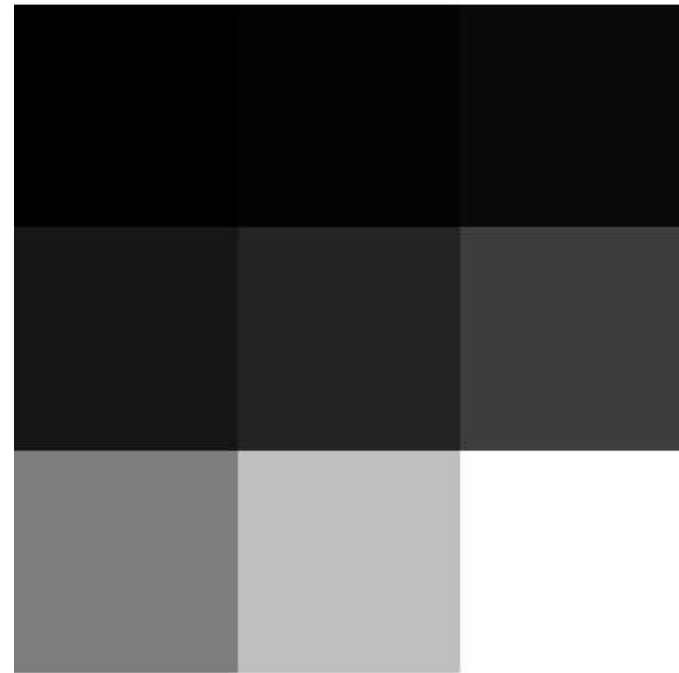


Imagem ruidosa

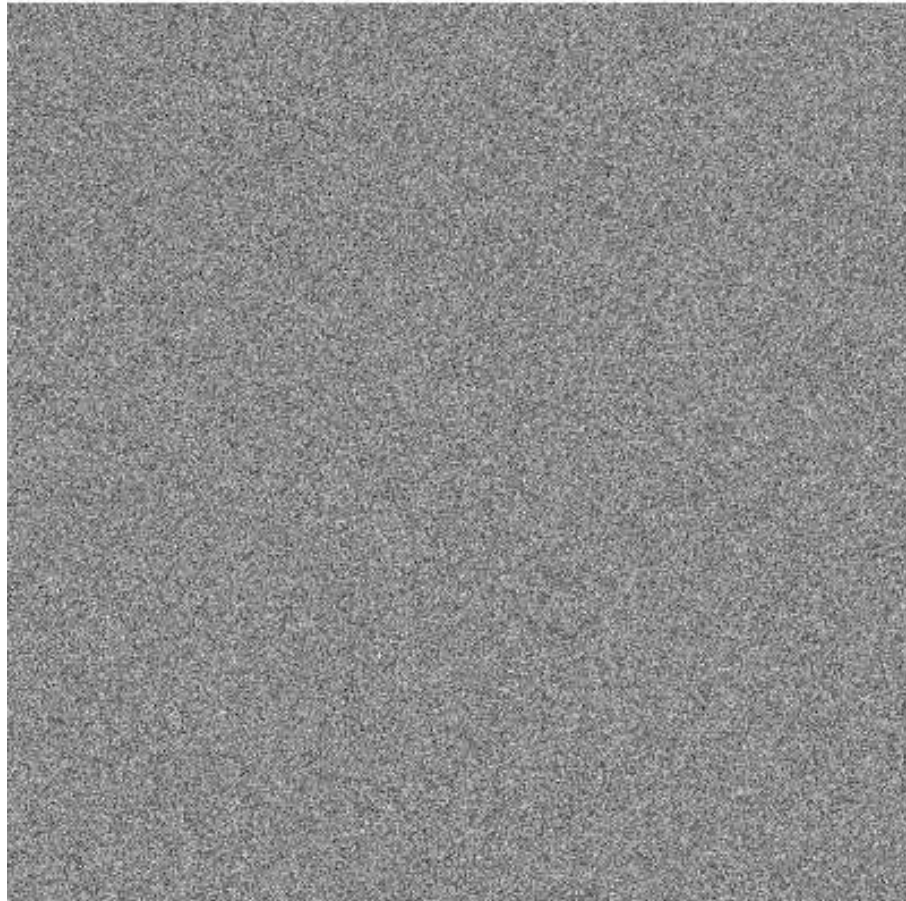
−



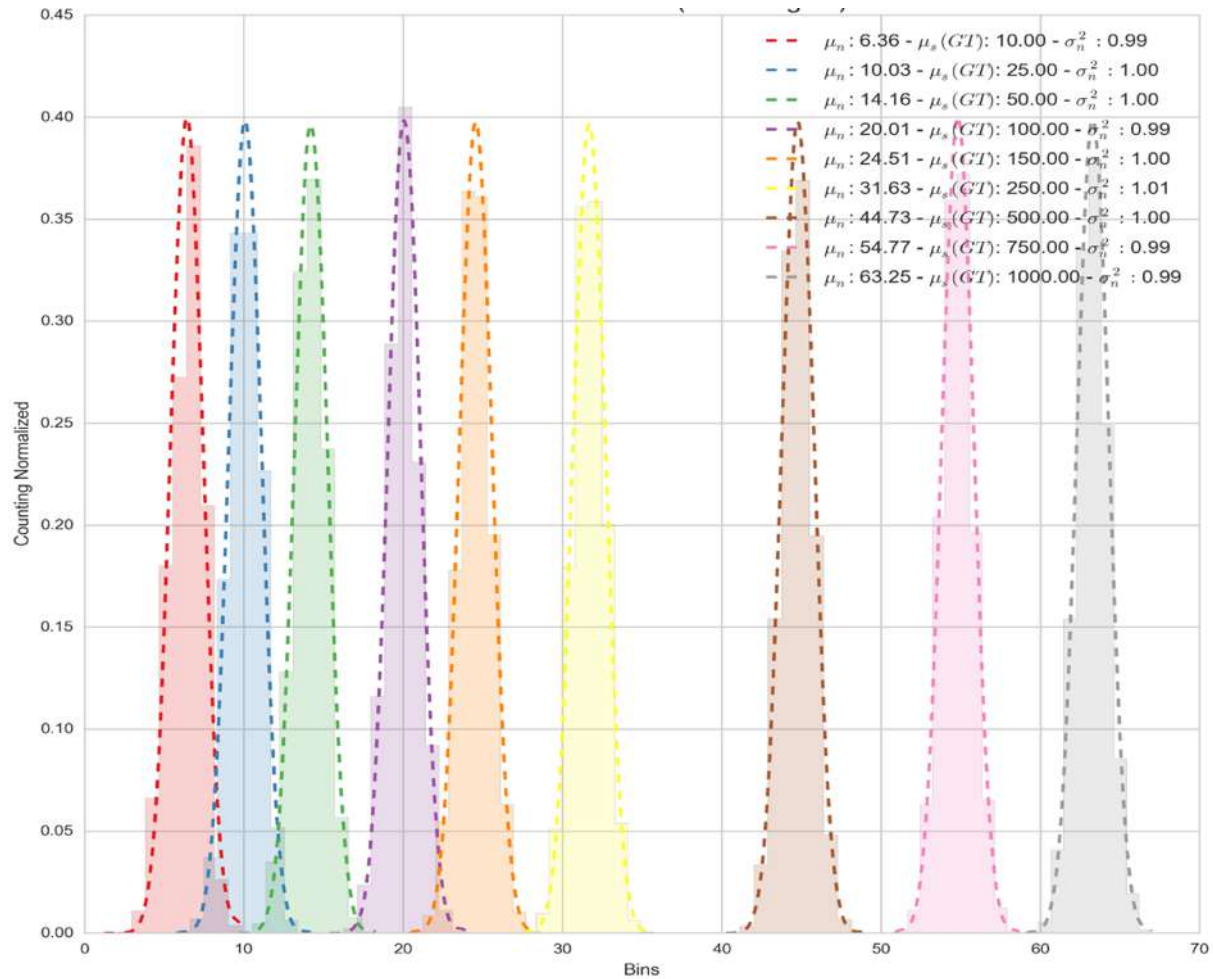
=

Imagem sem ruído

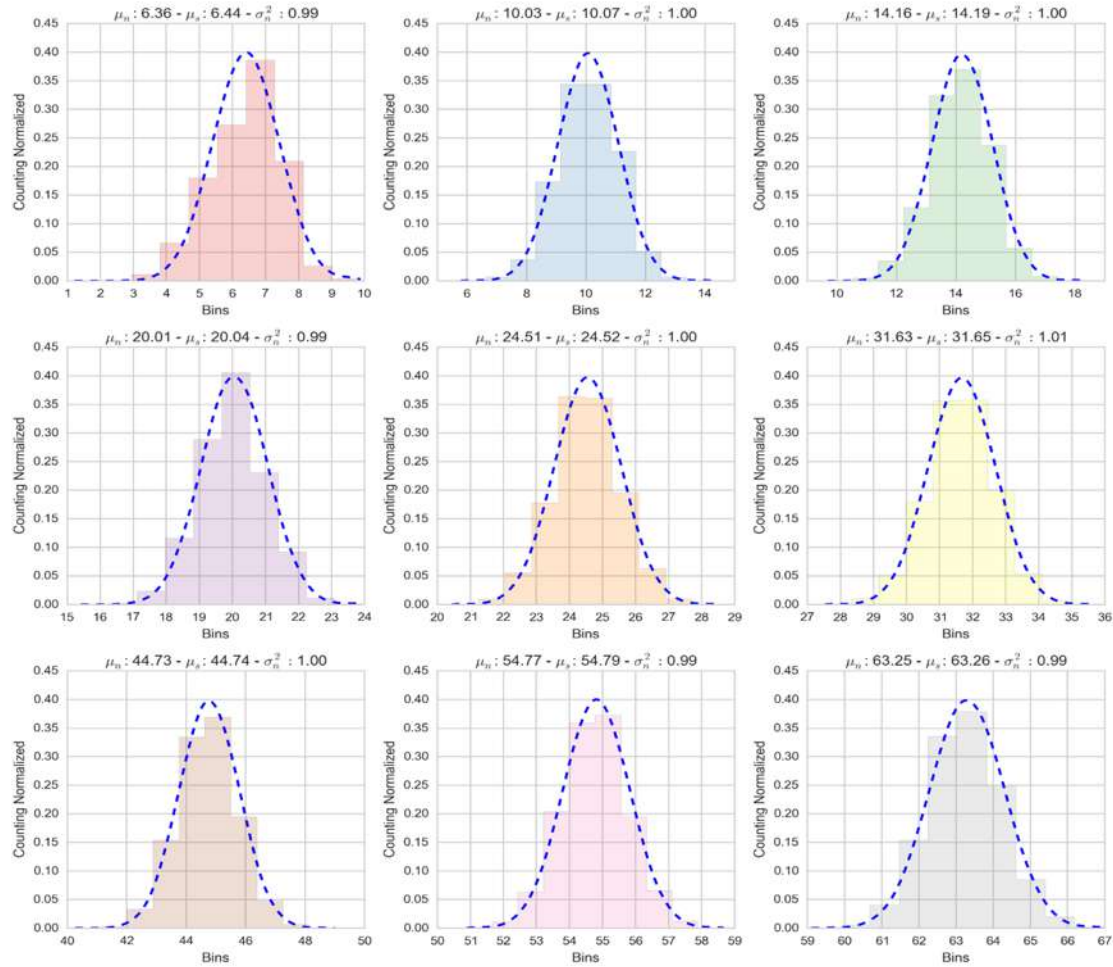
Ruído AWGN



Histograma

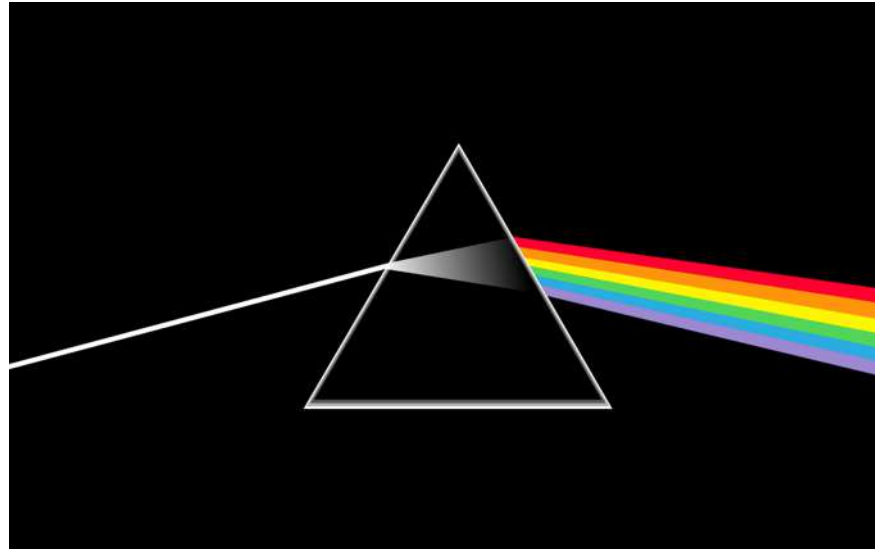


Histograma



Ruído branco

Ruído branco



- É um sinal aleatório com igual intensidade em diferentes frequências;
- Densidade espectral de potência do ruído (NPS) é constante;
- Termo deriva das propriedades da luz branca.

Ruído AWGN



Imagem uniforme
Sem ruído

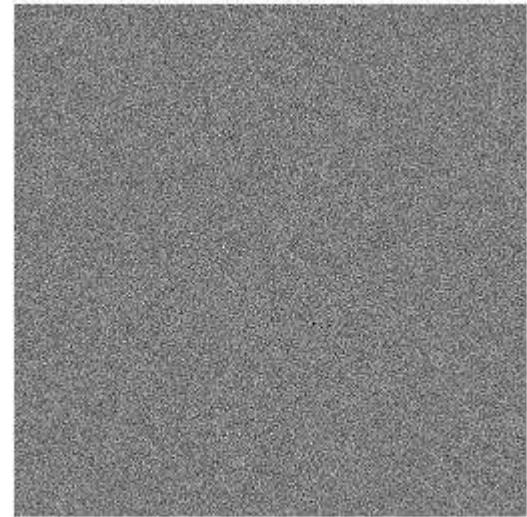


Imagem uniforme
Com ruído AWGN

Histogramas

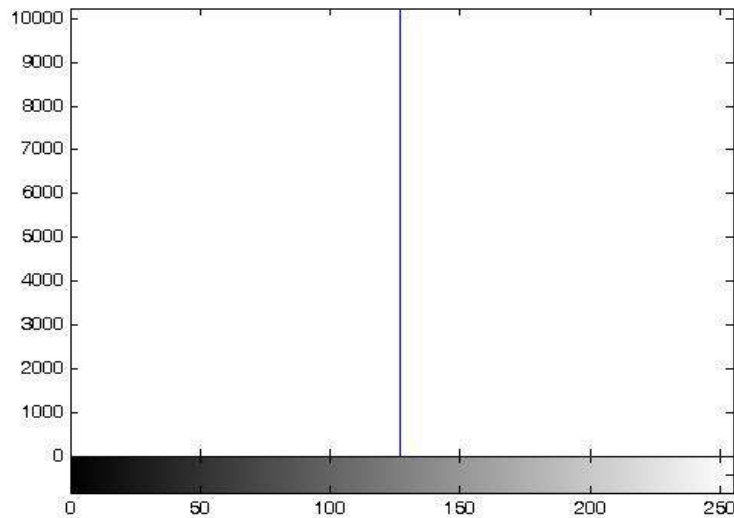


Imagem uniforme
Sem ruído

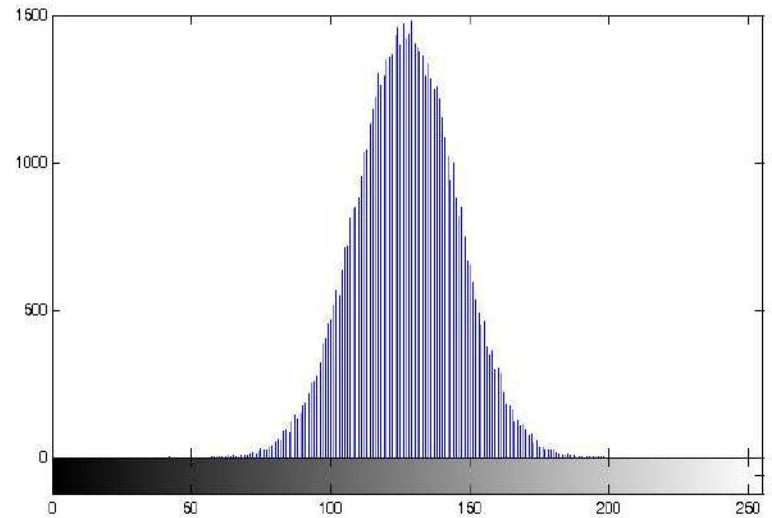


Imagem uniforme
Com ruído AWGN

Espectro de Fourier

No domínio da frequência

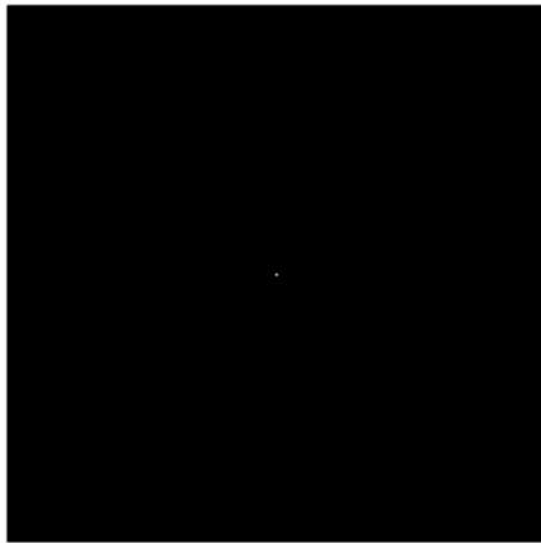


Imagem uniforme
Sem ruído

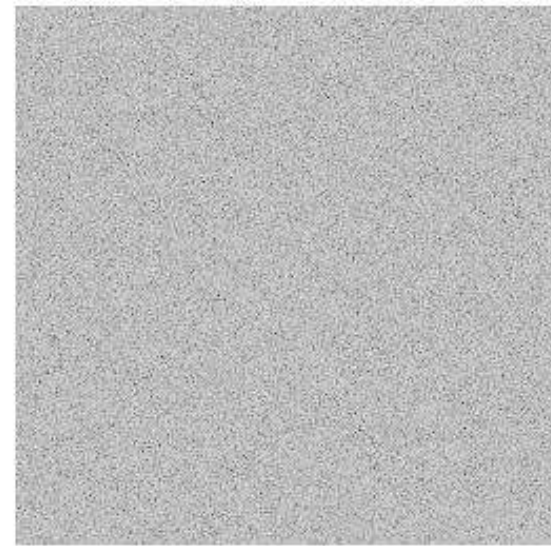
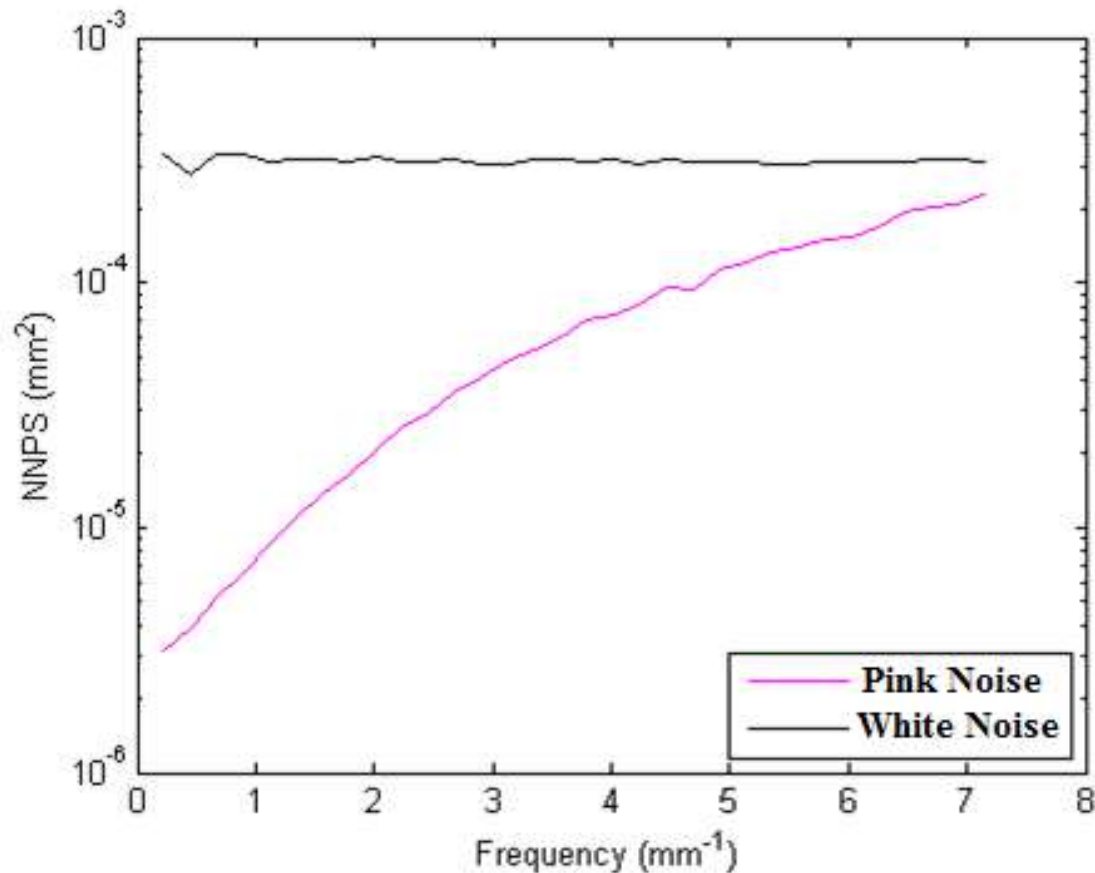


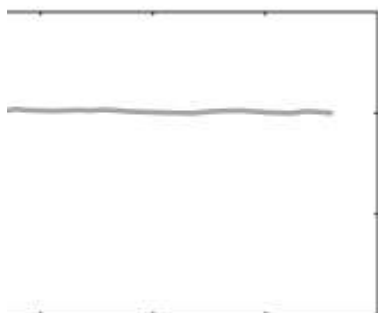
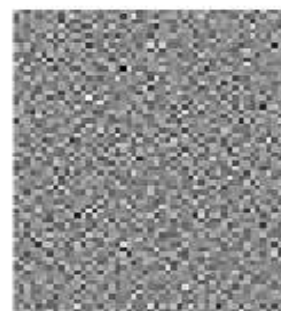
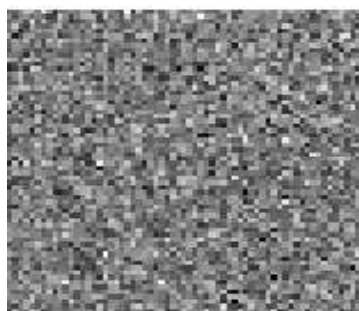
Imagem uniforme
Com ruído AWGN

Densidade espectral de potência

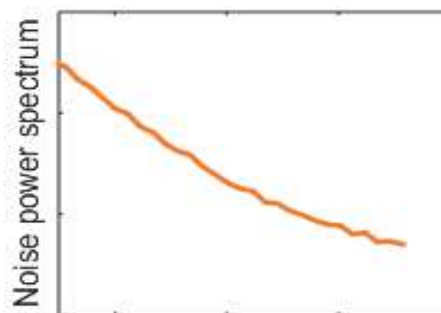


Ruído branco x Ruído colorido

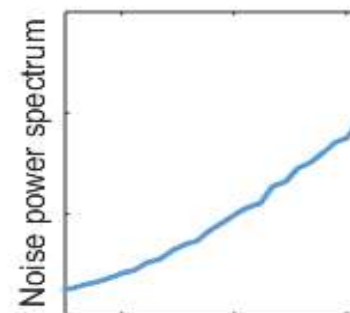
Todas as imagens foram contaminadas por ruído gaussiano aditivo com média zero e variância unitária



Frequency



Frequency



Frequency

Como remover o ruído AWGN?



Restauração apenas do ruído

$$g(x, y) = h(\cancel{x}, y) * f(x, y) + n(x, y)$$

$$g(x, y) = f(x, y) + n(x, y) \longrightarrow \hat{f}(x, y) = g(x, y) - n(\cancel{x}, y)$$

$$G(u, v) = F(u, v) + N(u, v) \longrightarrow \hat{F}(u, v) = G(u, v) - N(\cancel{u}, v)$$

Ruído AWGN



Imagem uniforme
Sem ruído

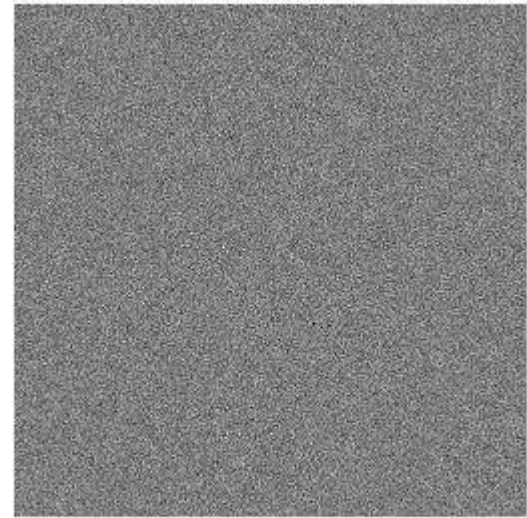


Imagem uniforme
Com ruído AWGN

Histogramas

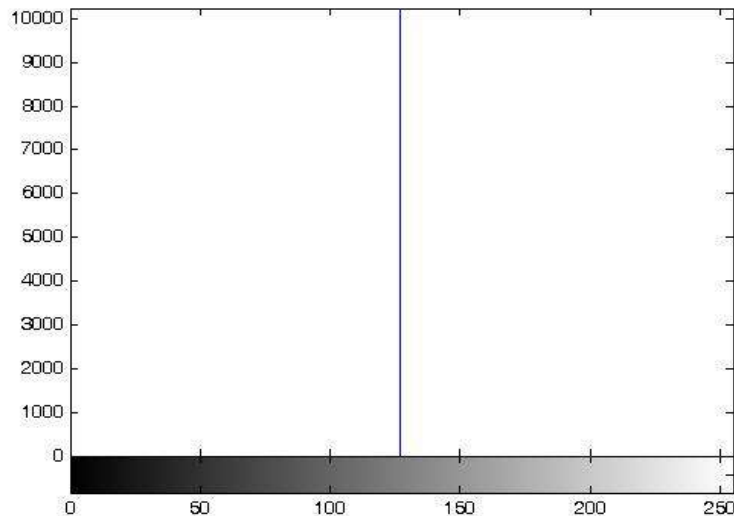


Imagem uniforme
Sem ruído

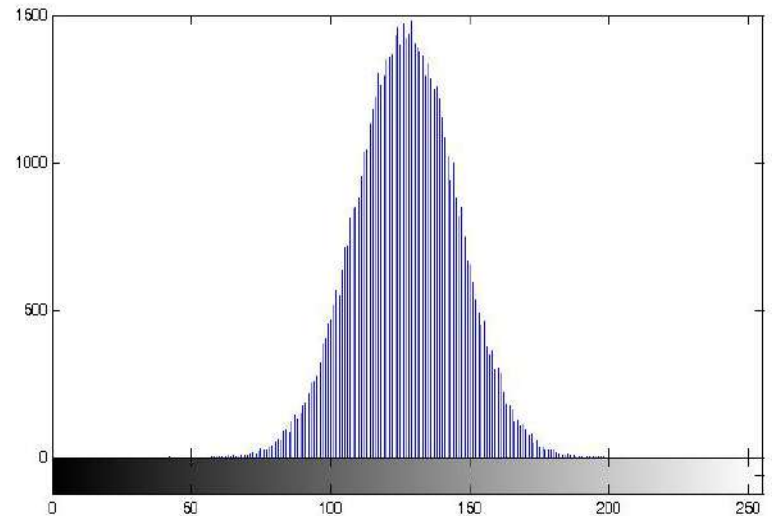


Imagem uniforme
Com ruído AWGN

Realizar a **MÉDIA** do sinal ruidoso!

Filtro da média (aritmética)

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

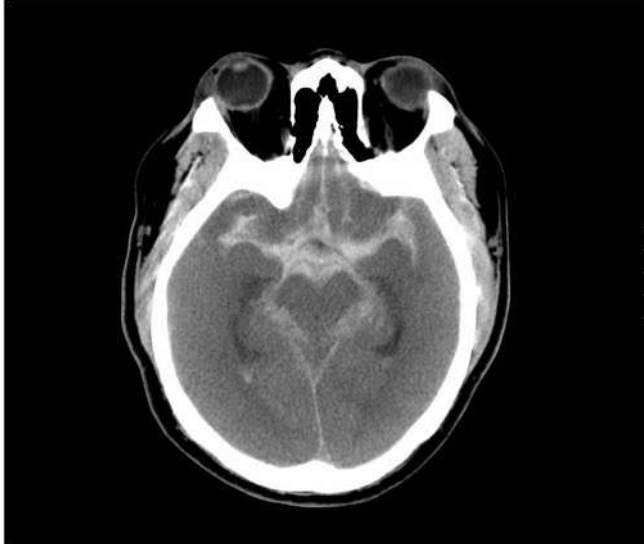
Exemplo:

10	20	20
20	13	20
20	25	100

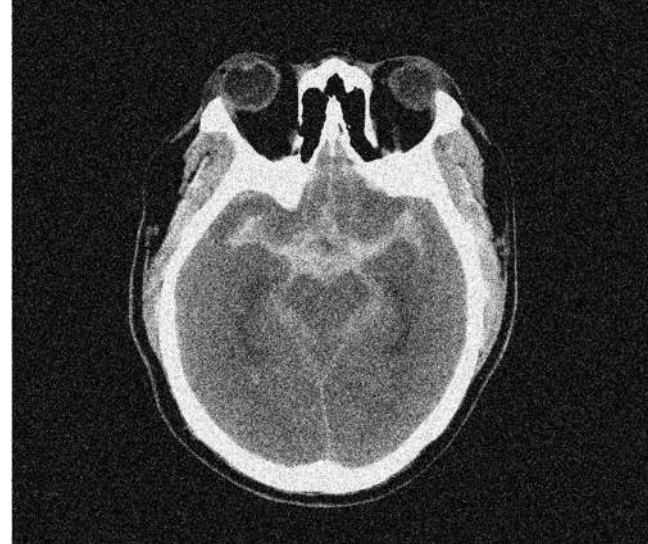
$$\begin{aligned}\hat{f}(x, y) &= \frac{10 + 20 + 20 + 20 + 13 + 20 + 20 + 25 + 100}{9} \\ &= 27,55 \sim \mathbf{28}\end{aligned}$$

Filtro da média (aritmética)

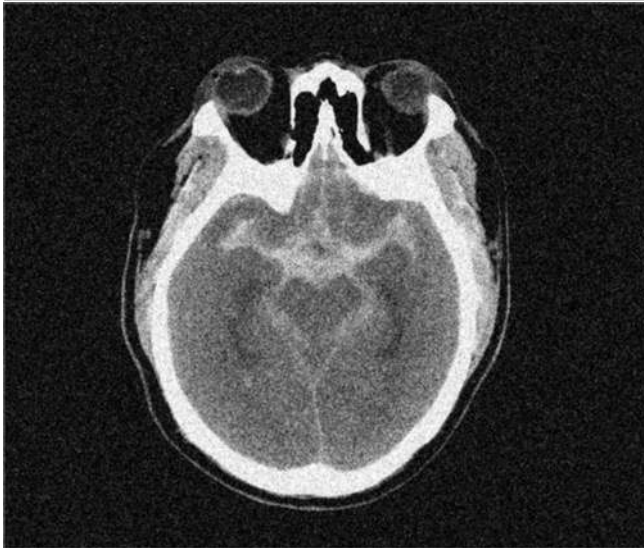
Original



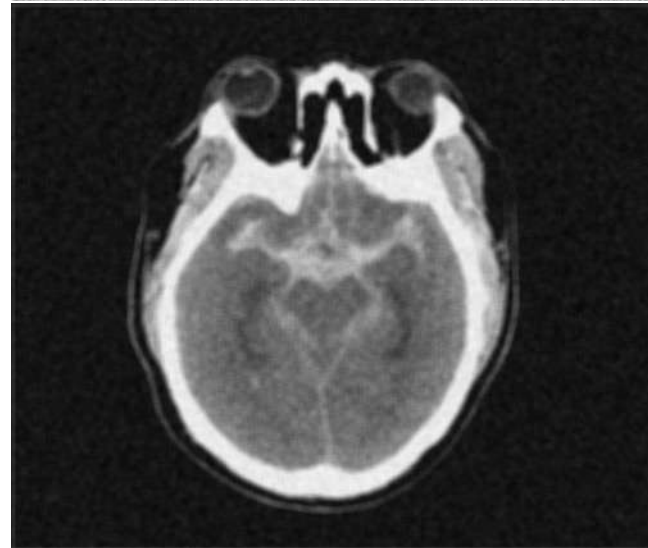
Ruidosa



Média 3x3



Média 9x9



Filtro da média (aritmética)

- Processamento no domínio do espaço
- Filtragem espacial por vizinhança (convolução)
- Filtro espacial passa-baixa é implementado através de uma máscara (*kernel*) que realiza a média da vizinhança:

$$\frac{1}{5} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{32} \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 3 & 16 & 3 \\ 1 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$



Média Aritmética

Filtros de Média Geométrica

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

Exemplo:

10	20	20
20	13	20
20	25	100

$$\begin{aligned} \hat{f}(x, y) &= [10 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 13 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 25 \cdot 100]^{\frac{1}{9}} \\ &= 21,64 \sim \mathbf{22} \end{aligned}$$

Imagem Original

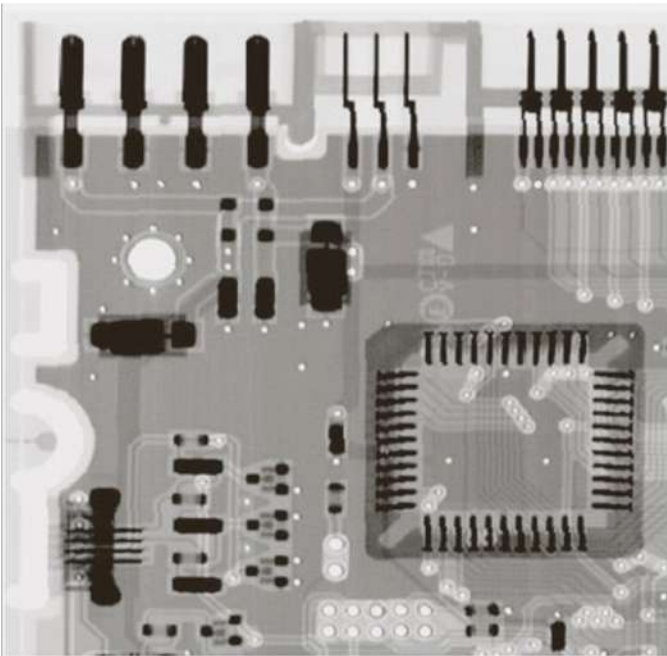
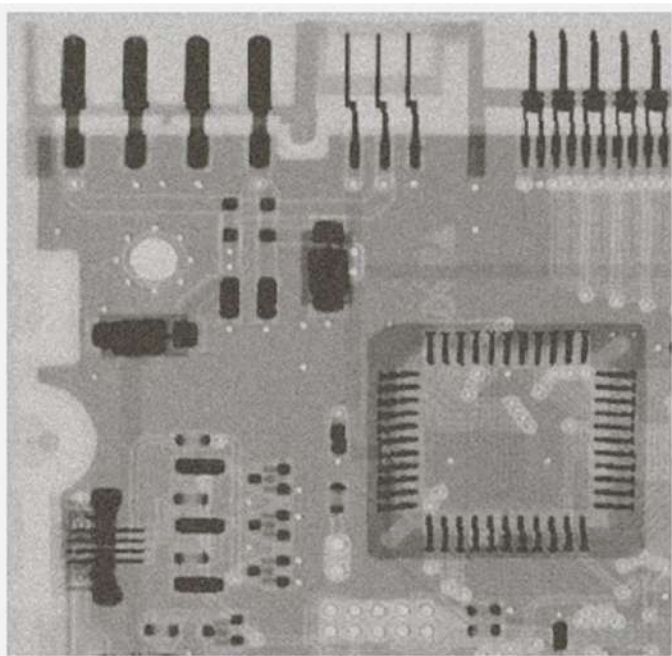
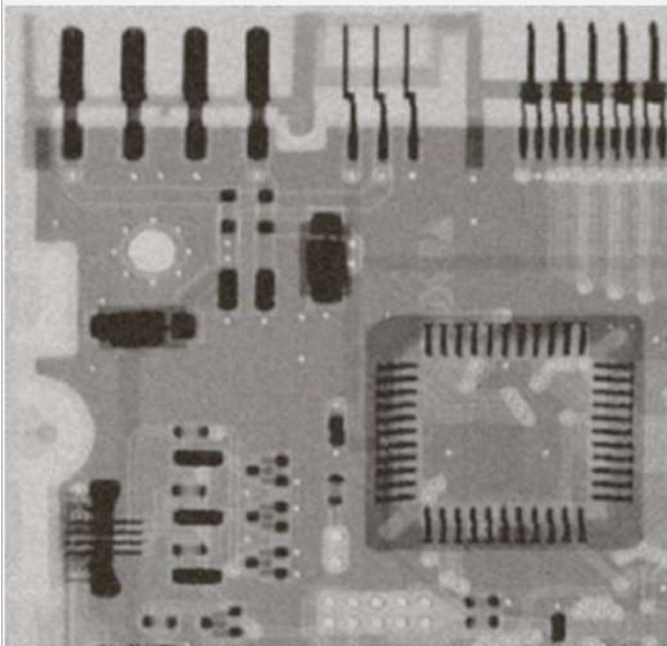


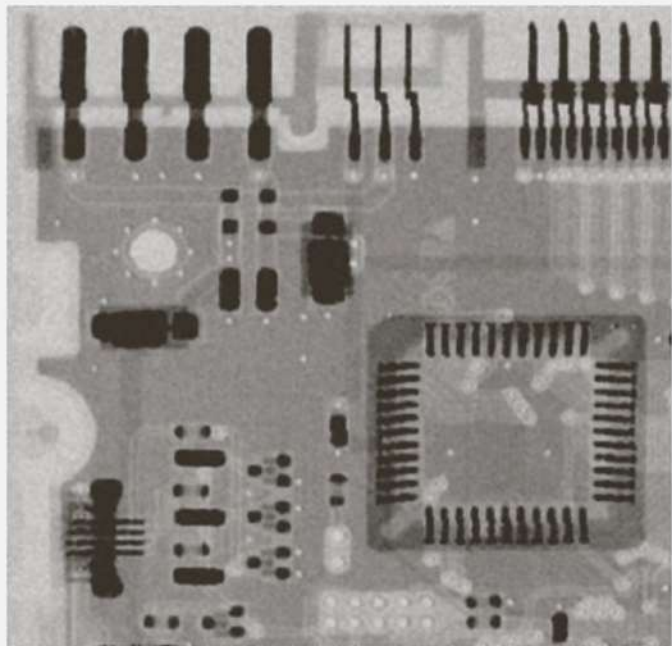
Imagem Corrompida por ruído Gaussiano Aditivo



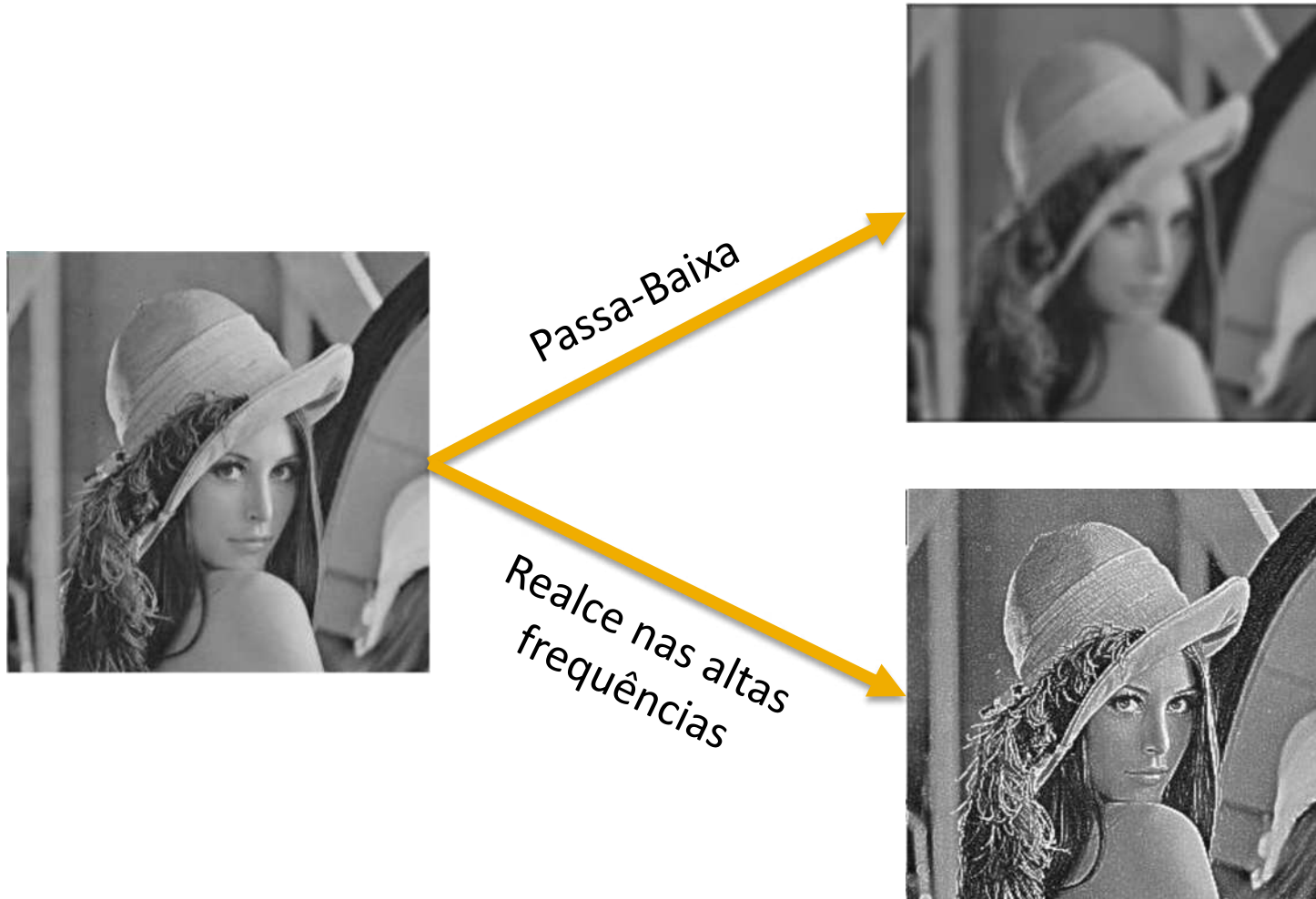
Filtragem pela Média Aritmética com janela 3x3



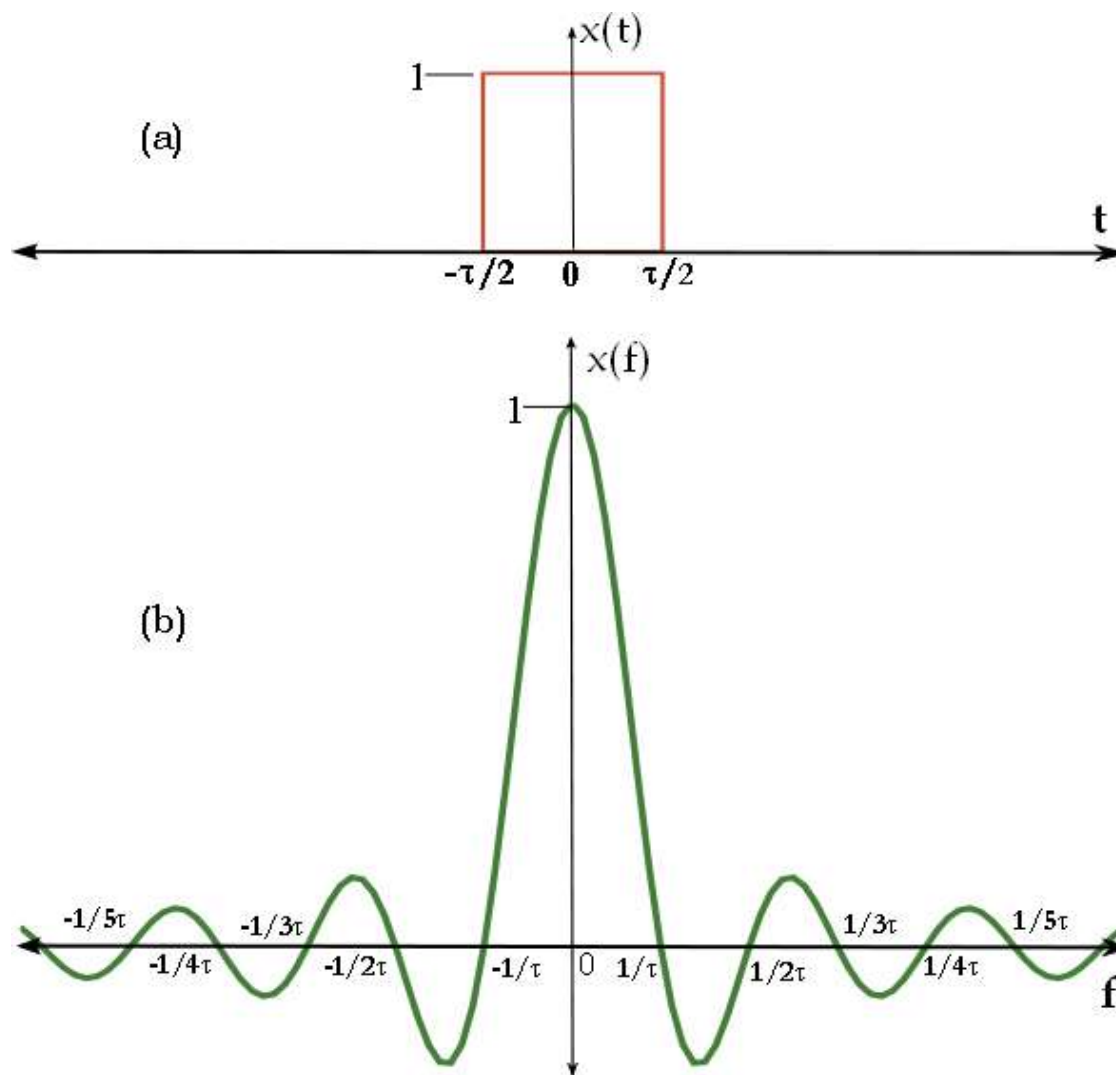
Filtragem pela Média Geométrica com janela 3x3



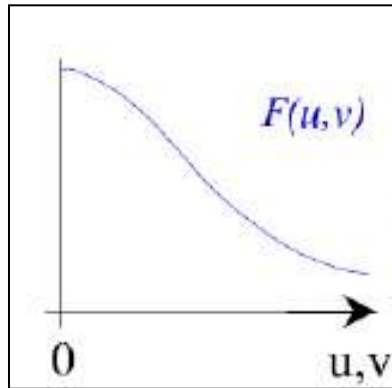
O ruído é componente de alta frequência?



Processo de aquisição – passa-baixas

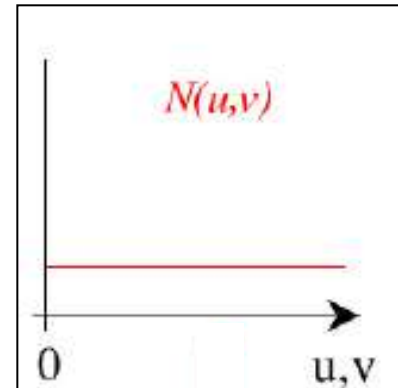


Sinal x Ruído

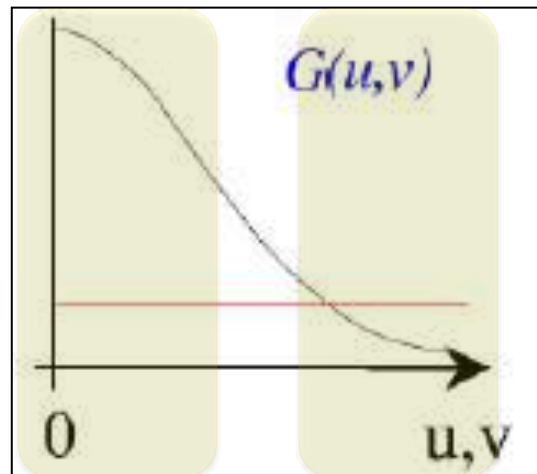


Sinal

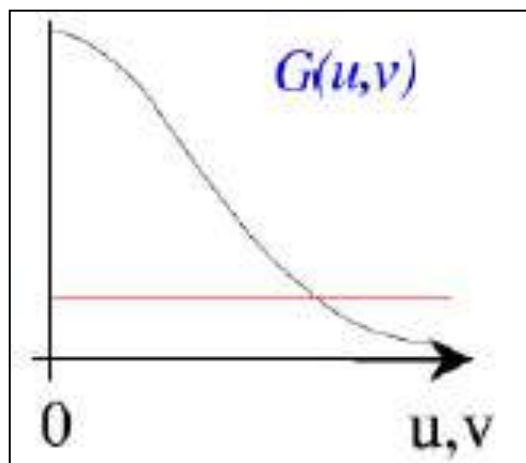
+



Ruído branco



Sinal x Ruído



Passa-Baixa

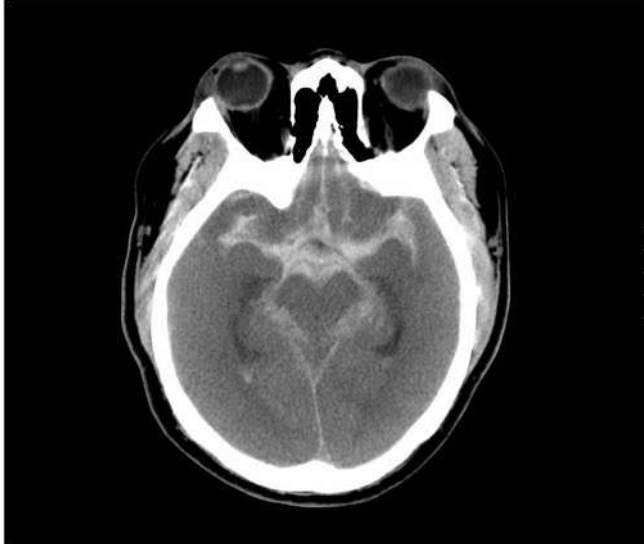


Realce nas altas frequências

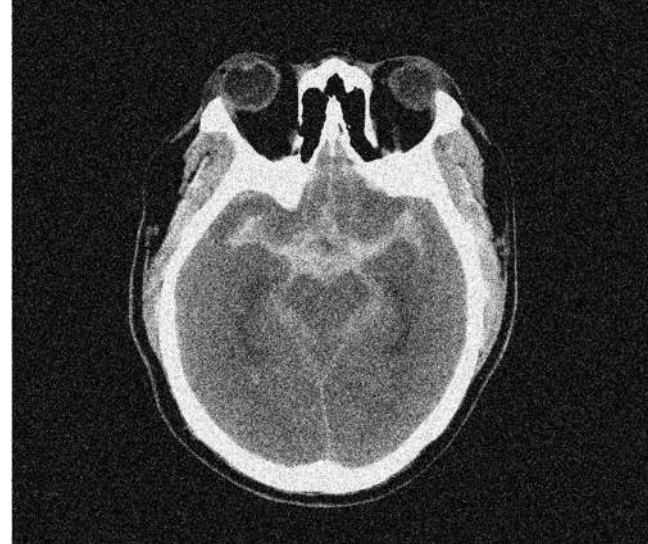


Filtro da média (aritmética)

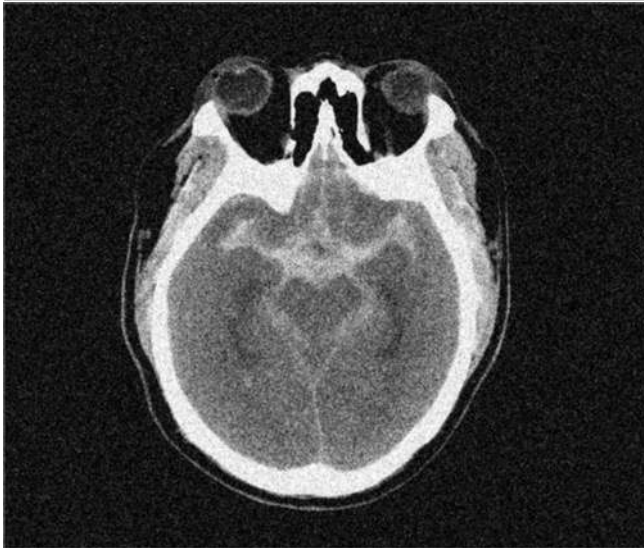
Original



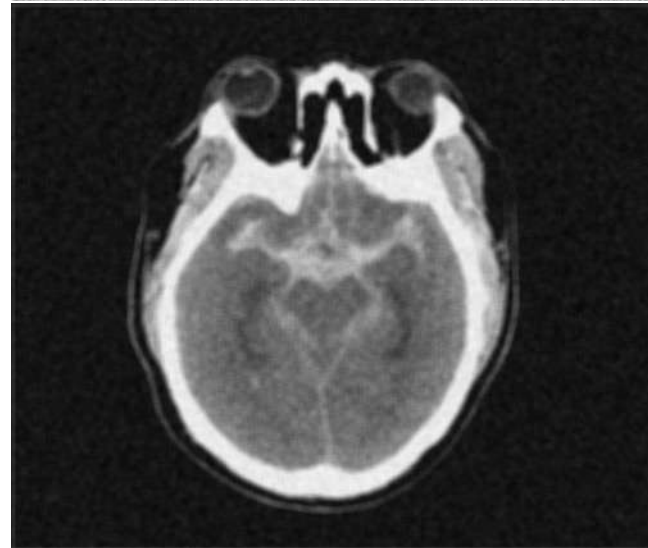
Ruidosa



Média 3x3



Média 9x9



Por que não funciona tão bem?



Ruído AWGN



Imagem sem ruído

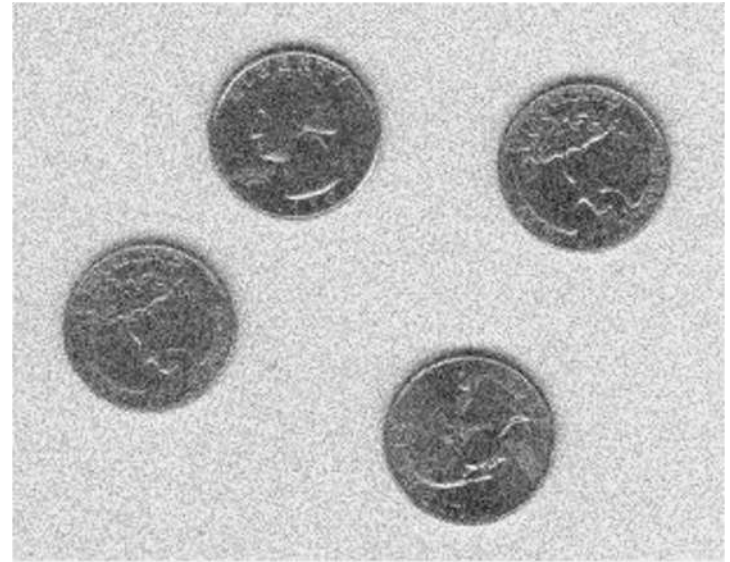


Imagem com ruído
AWGN

Histogramas

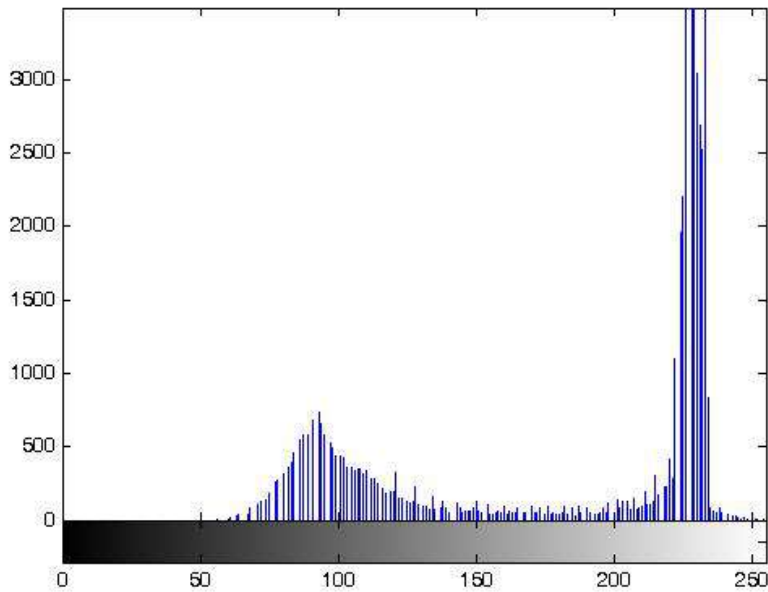


Imagem sem ruído

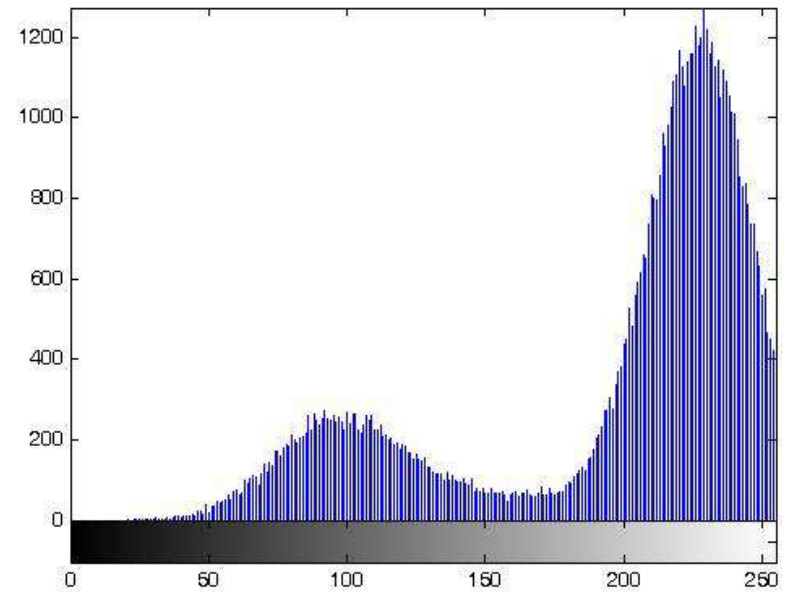


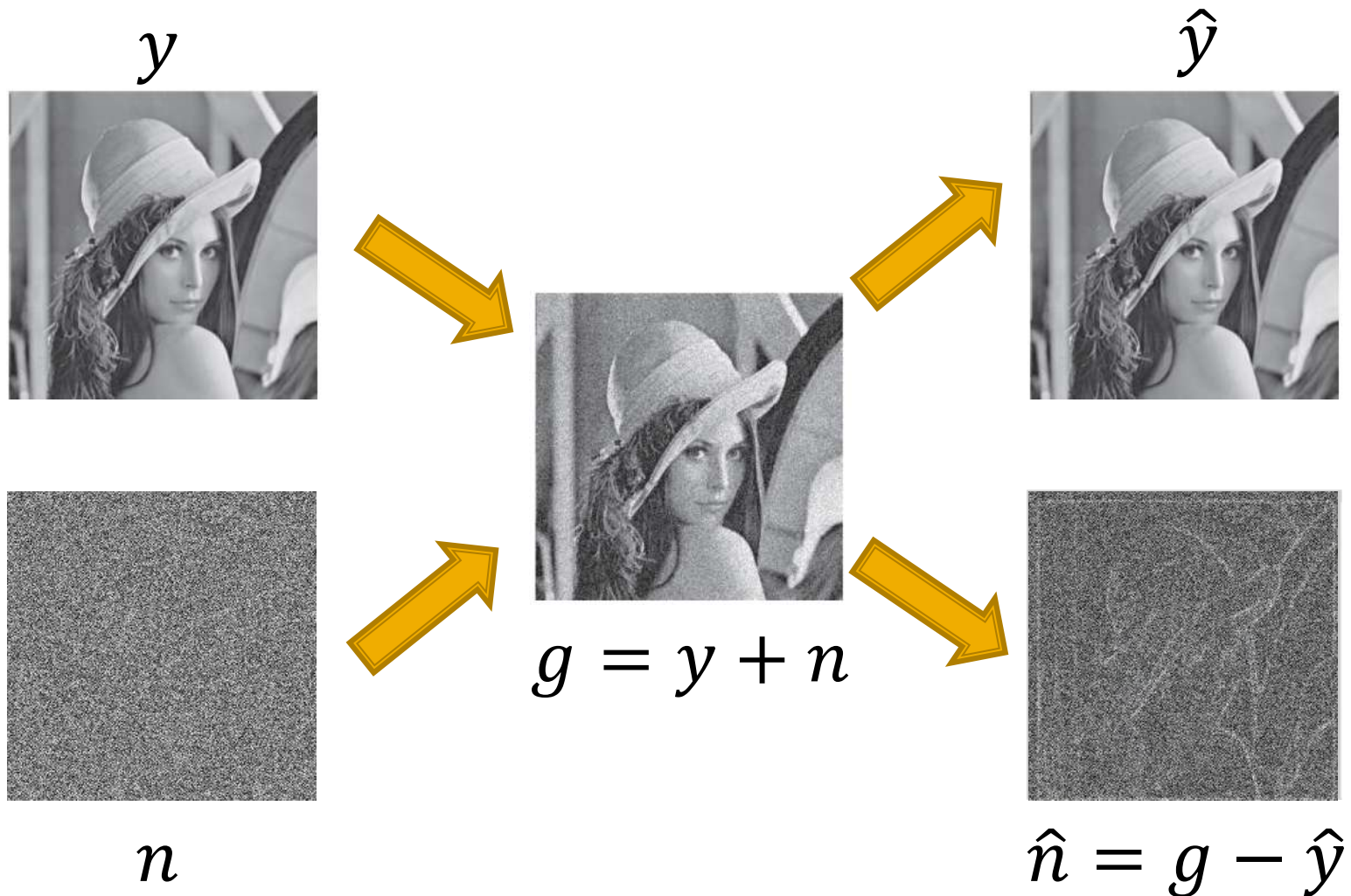
Imagem com ruído
AWGN

O sinal e o ruído são misturados!

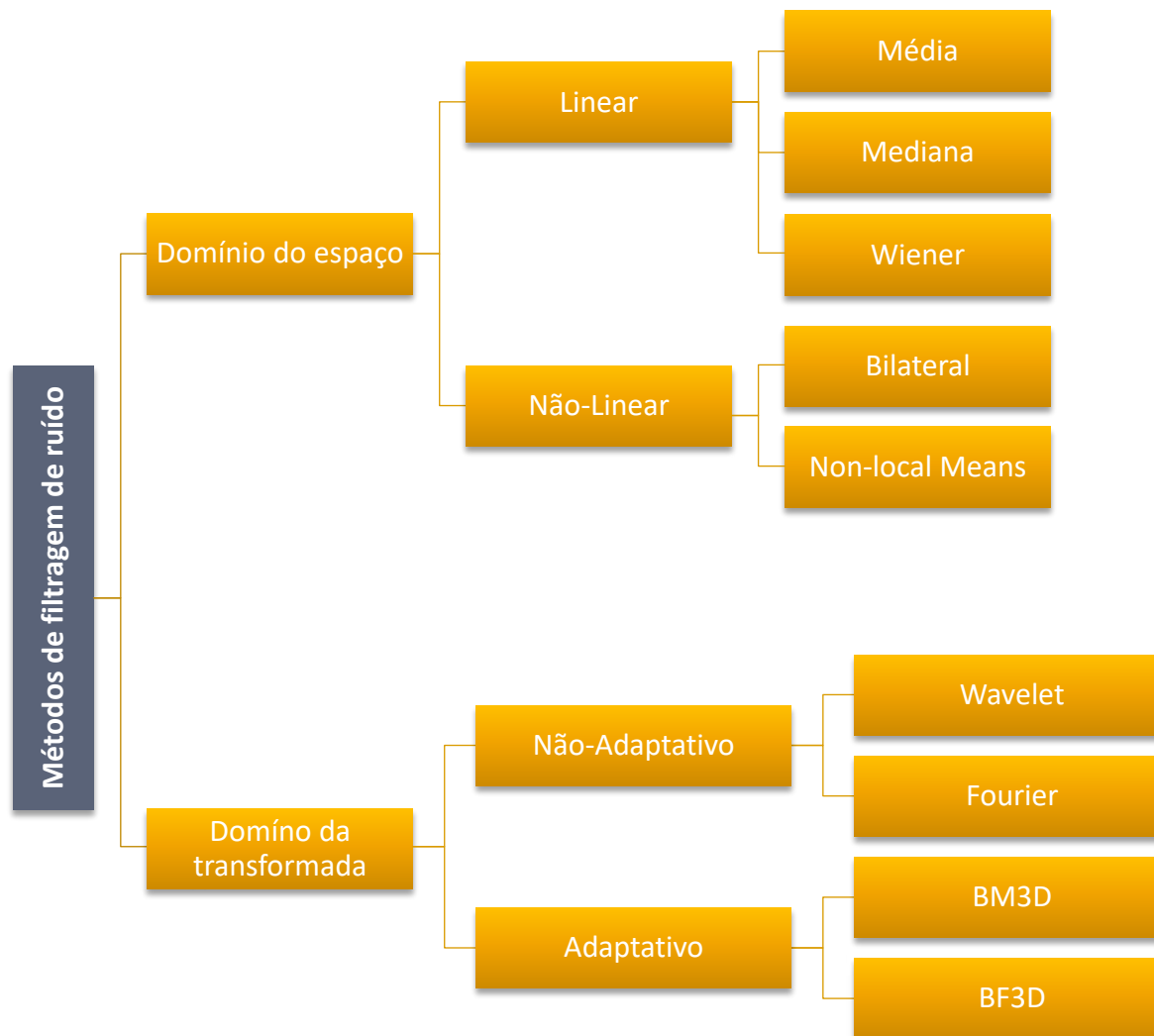
Filtros de média local

- Quando calculamos a média do ruído, fazemos também a média do sinal;
- Em regiões uniformes funciona bem;
- Em regiões com detalhes não funciona;
- Causa borramento (perda de detalhes).

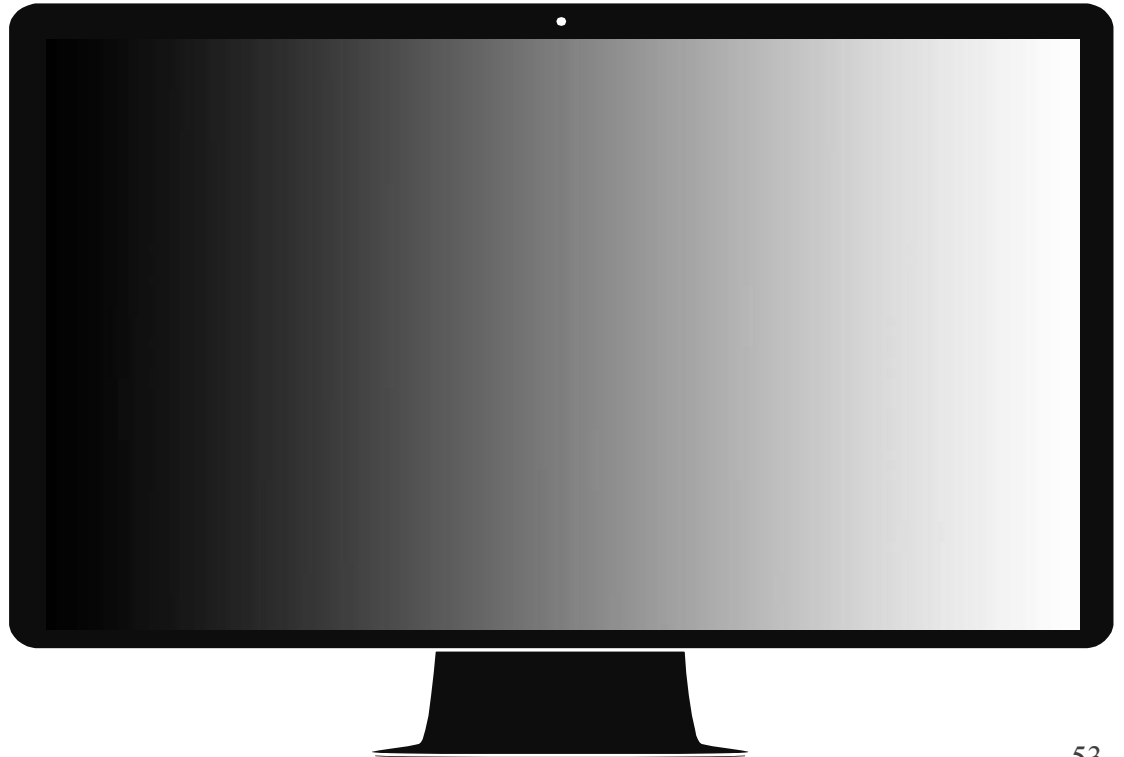
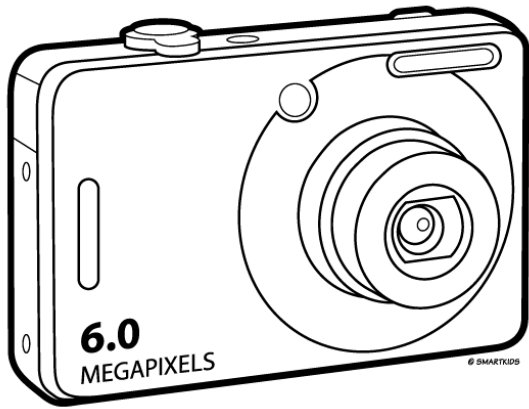
Problema da filtragem de ruído



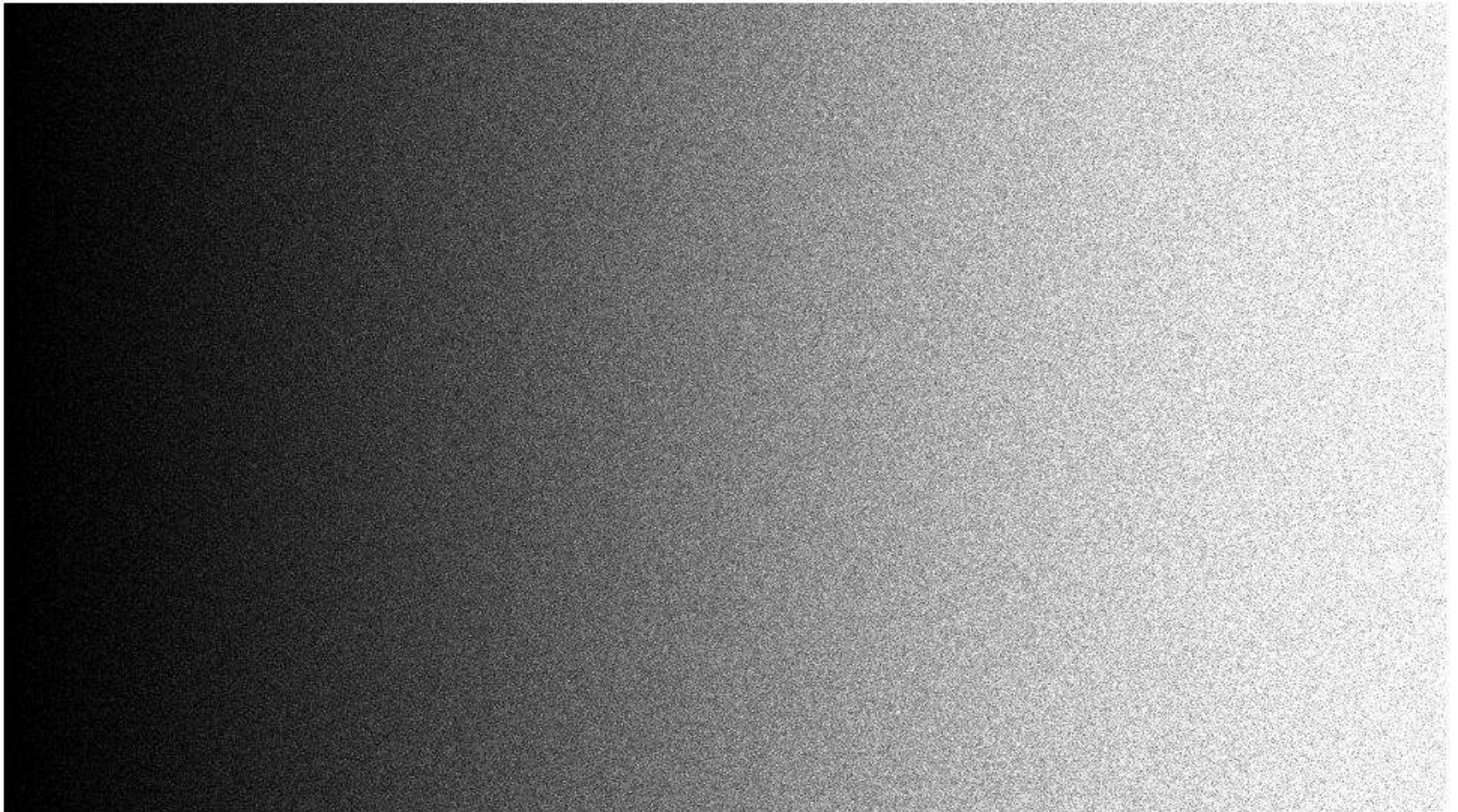
Métodos para filtragem de ruído



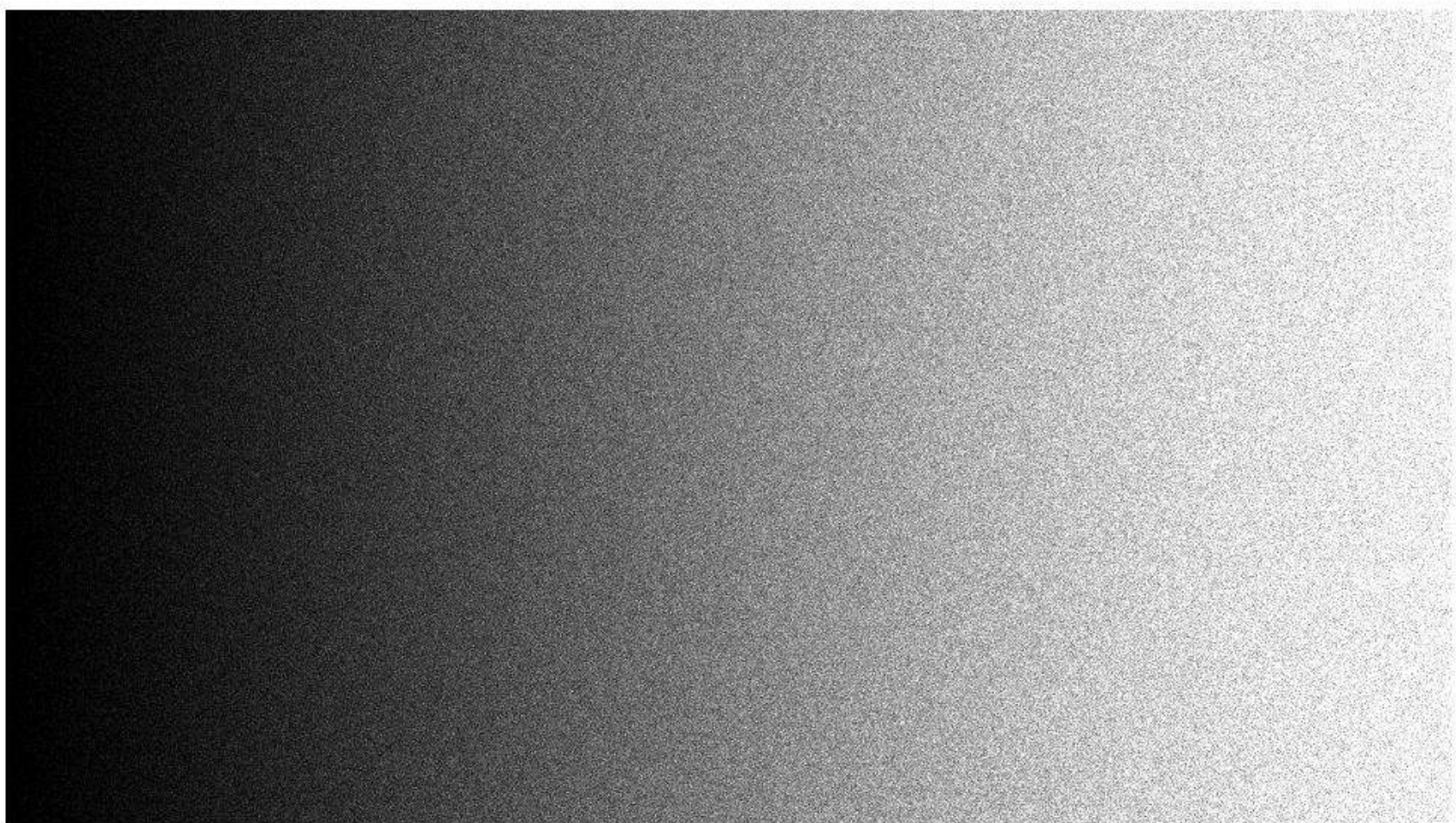
Método ideal filtragem de ruído



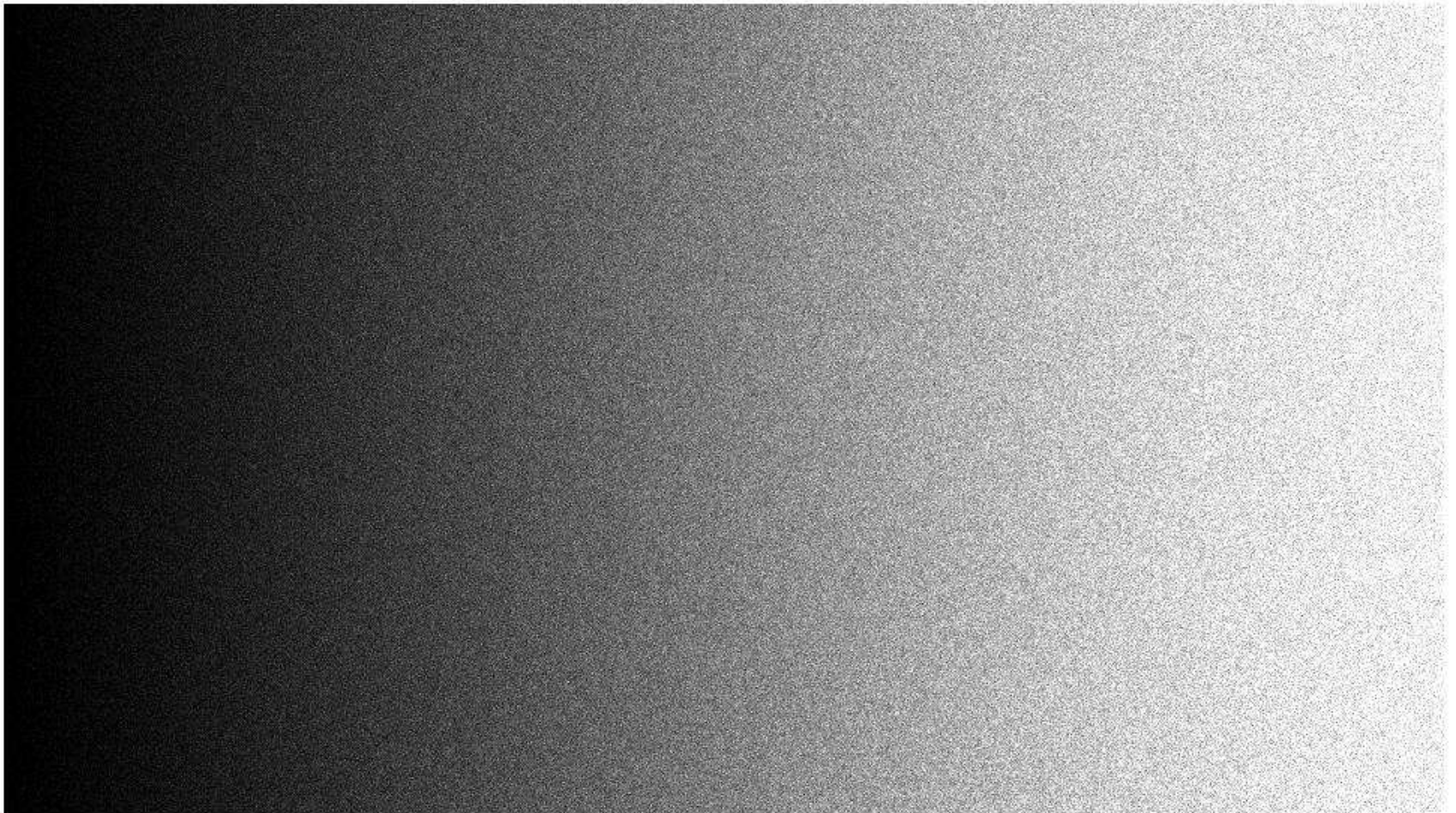
Fotografia #1



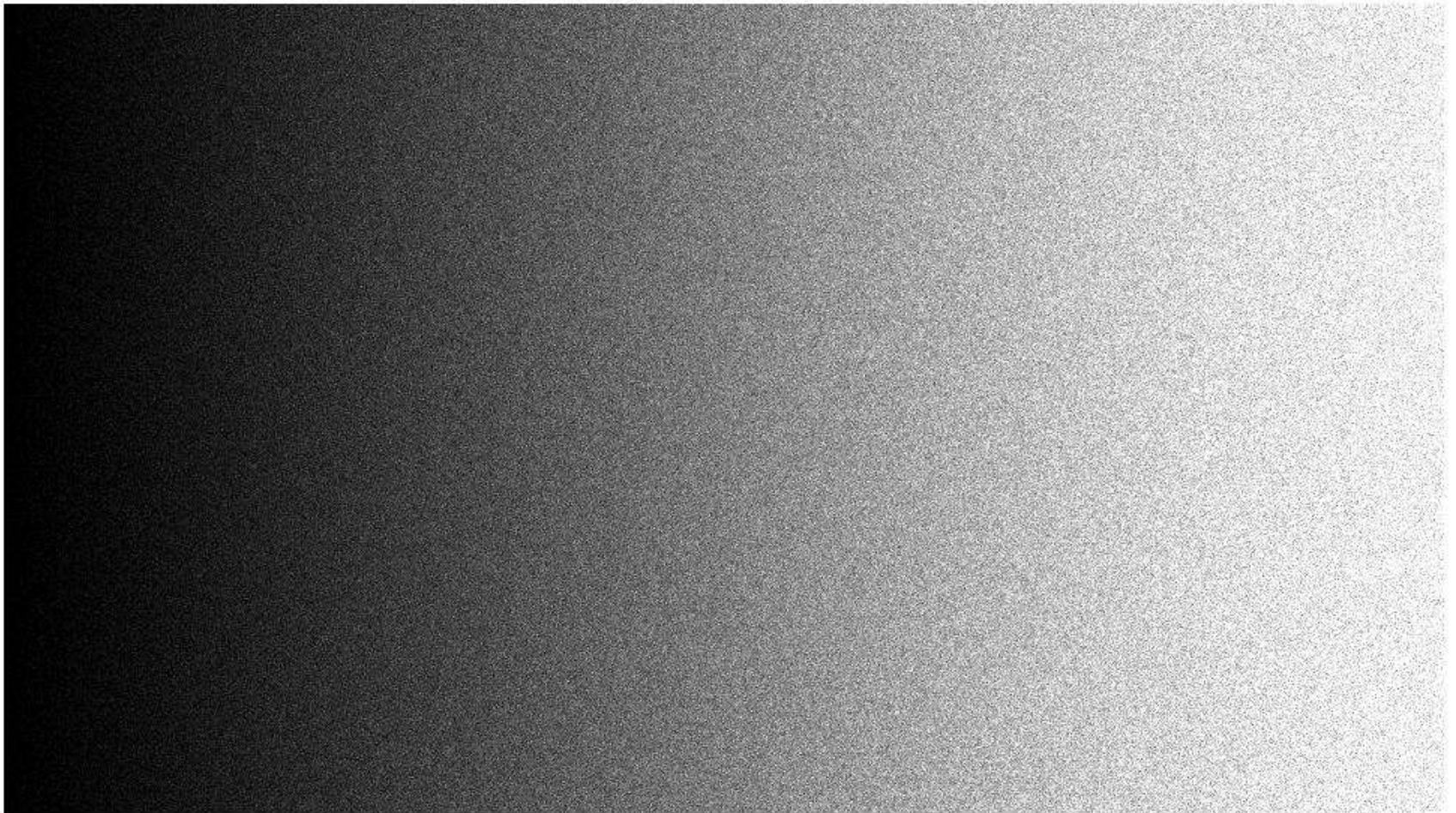
Fotografia #2



Fotografia #3



Fotografia #4



Média de todas as exposições

$$\frac{1}{N} \sum \text{[Image 1]} + \text{[Image 2]} + \dots + \text{[Image N]}$$

=



Imagem filtrada

Problemas?

- Só é útil para ruído de média zero;
- Nem sempre é possível obter várias exposições da mesma cena;
- Movimento – causa "borramento";
- Imagens médicas – exposição à radiação;

Desafio:

- Filtrar o ruído a partir de uma única imagem com o mínimo borramento

Filtro de média não-local

Filtro de média não-local



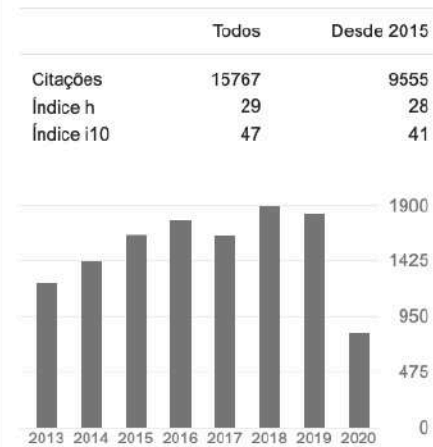
A. Buades

Afiliação desconhecida
E-mail confirmado em uib.es - [Página inicial](#)

SEGUIR

Citado por [VISUALIZAR TODOS](#)

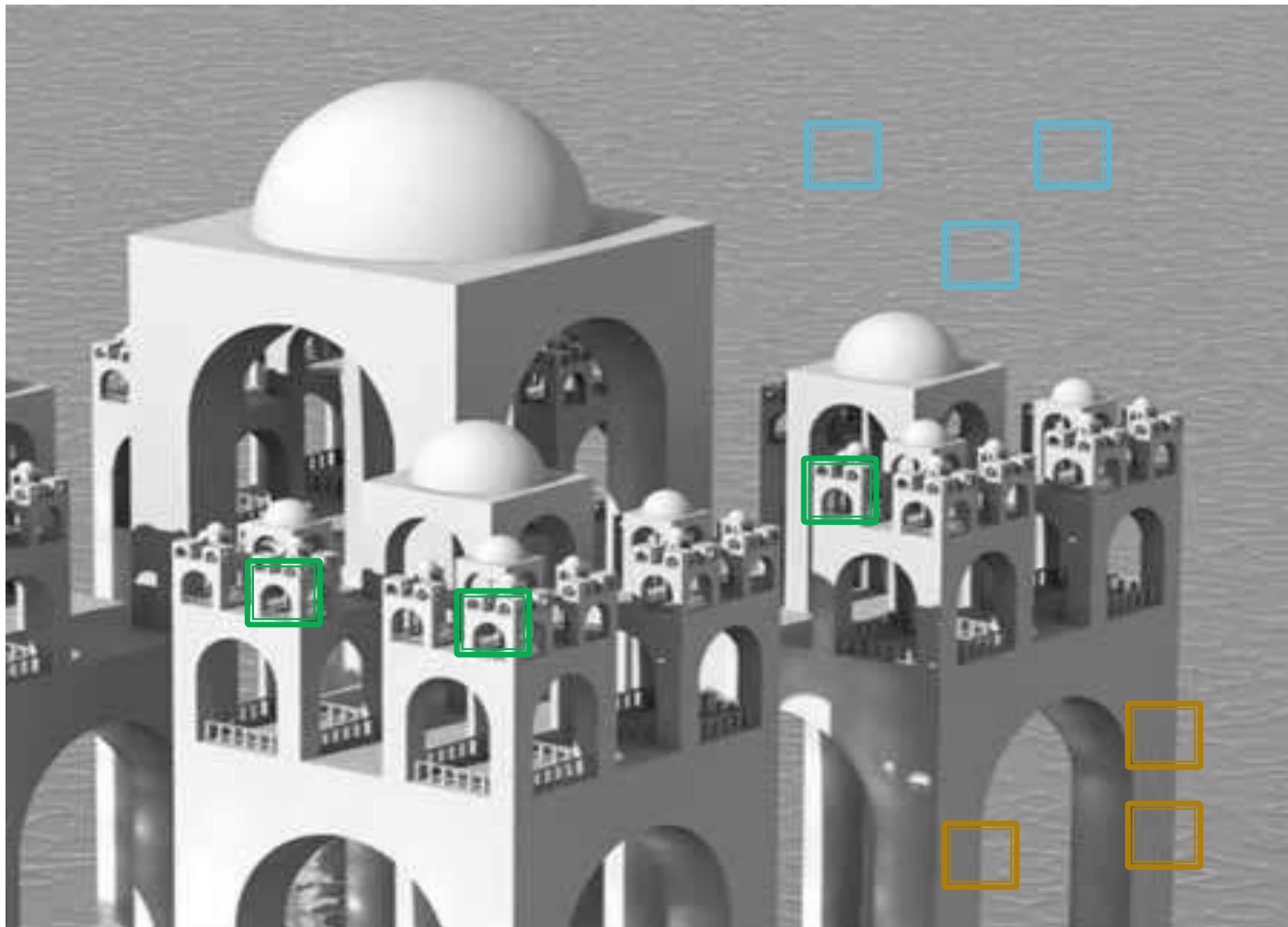
TÍTULO	CITADO POR	ANO
A non-local algorithm for image denoising A Buades, B Coll, JM Morel 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern ...	5973	2005
A review of image denoising algorithms, with a new one A Buades, B Coll, JM Morel Multiscale Modeling & Simulation 4 (2), 490-530	4690	2005
Nonlocal image and movie denoising A Buades, B Coll, JM Morel International journal of computer vision 76 (2), 123-139	804	2008
Image denoising methods. A new nonlocal principle A Buades, B Coll, JM Morel SIAM review 52 (1), 113-147	387	2010
Non-local means denoising A Buades, B Coll, JM Morel Image Processing On Line 1, 208-212	323	2011
The staircasing effect in neighborhood filters and its solution A Buades, B Coll, JM Morel IEEE transactions on Image Processing 15 (6), 1499-1505	278	2006



Algoritmo Non-Local Means

- **Premissa principal:** Imagem é redundante.
 - Pequenas regiões tendem a se repetir ao longo da imagem, não necessariamente próximas umas das outras.
- **Portanto:** Buscar por amostras em toda a imagem.
 - Não apenas na vizinhança do pixel sendo processado.

Algoritmo Non-Local Means



Algoritmo Non-Local Means

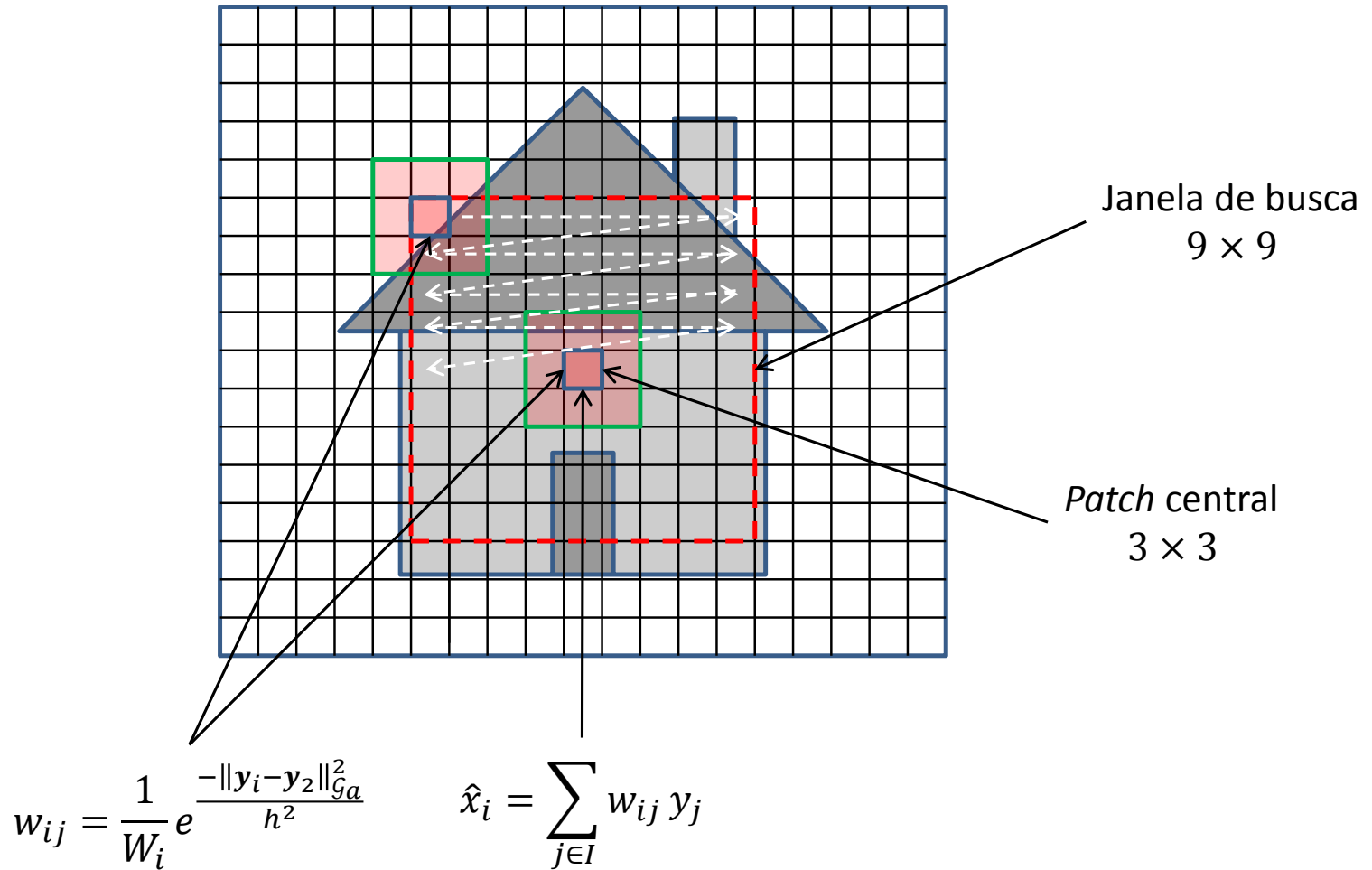
- Estima o valor de um pixel como a média ponderada de todos os outros pixels.

$$\hat{x}_i = \sum_{j \in I} w_{ij} y_j$$

- Os coeficientes do filtro se adaptam aos dados (filtro variante no espaço).

$$w_{ij} = \frac{1}{W_i} e^{\frac{-\|y_i - y_j\|_{G_a}^2}{h^2}}$$

Algoritmo Non-Local Means



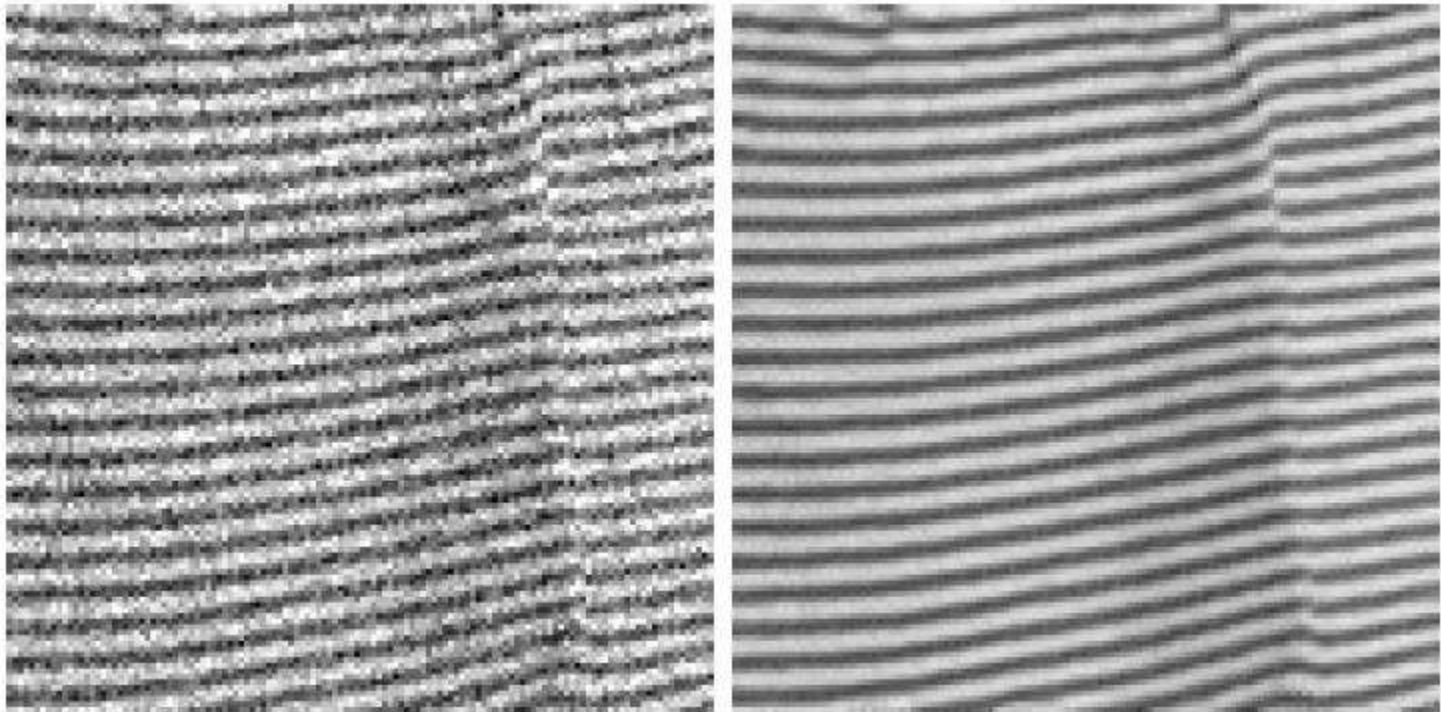
Algoritmo Non-Local Means

- Imagem natural com $\sigma = 20$.



Algoritmo Non-Local Means

Imagem quase periódica com $\sigma = 30$.



Resultados comparativos

Imagem ruidosa



Média local



Filtragem
Anisotrópica



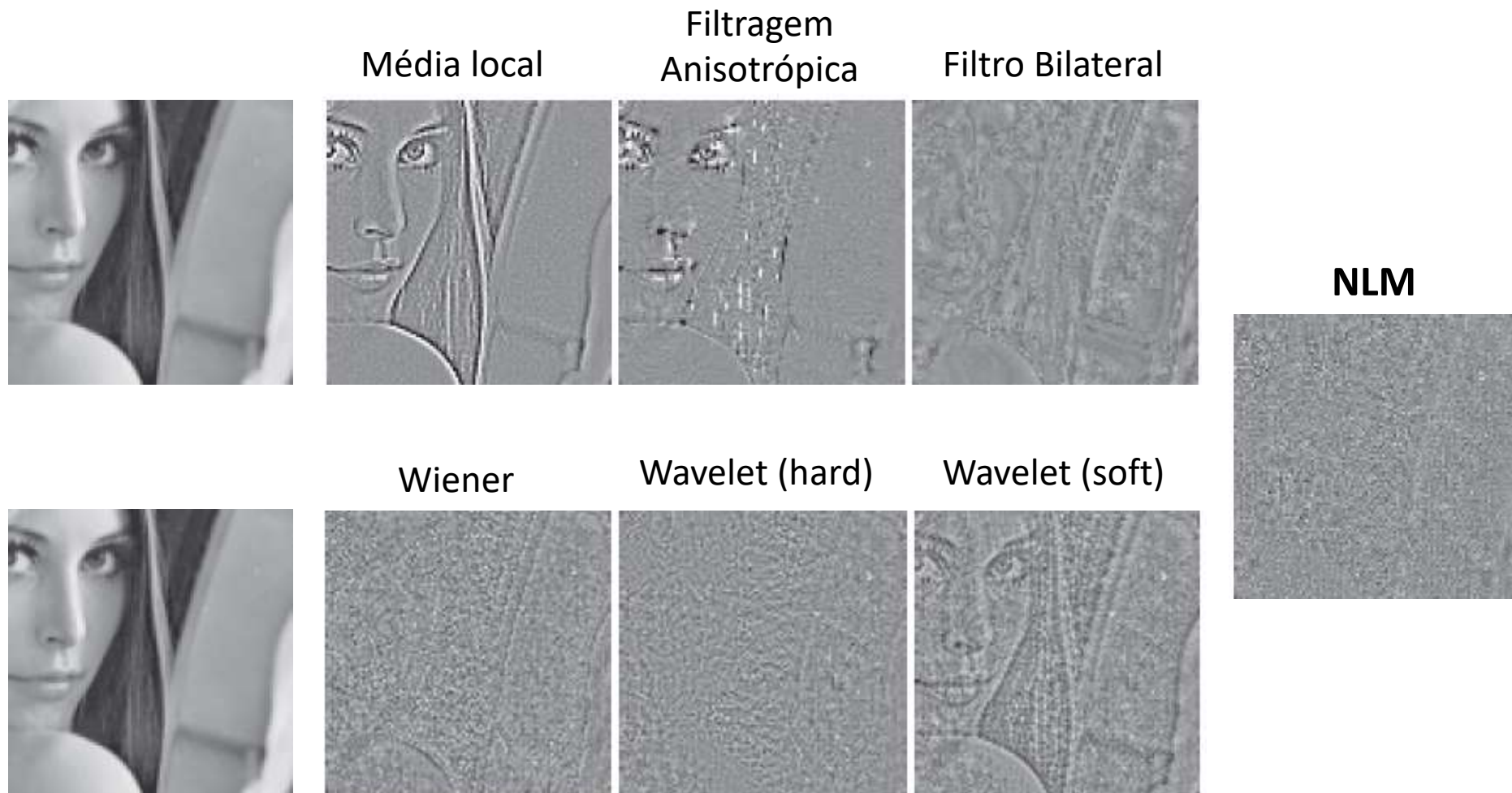
Total Variation



NLM



Resultados comparativos - resíduos



Block-Matching 3D – BM3D



Alessandro Foi

SEGUIR

Professor of Signal Processing at Tampere University (formerly, [Tampere University of Technology](#))

E-mail confirmado em tut.fi - [Página inicial](#)

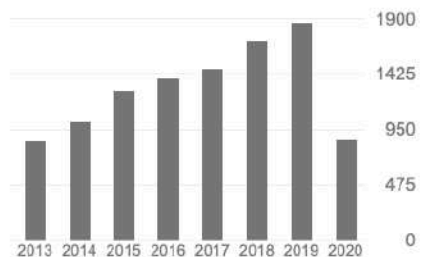
[Imaging](#) [Signal Processing](#) [Noise](#) [Denoising](#) [Applied Statistics](#)

TÍTULO	CITADO POR	ANO
Image denoising by sparse 3-D transform-domain collaborative filtering K Dabov, A Foi, V Katkovnik, K Egiazarian IEEE Transactions on Image Processing 16 (8), 2080-2095	5777	2007
Pointwise shape-adaptive DCT for high-quality denoising and deblocking of grayscale and color images A Foi, V Katkovnik, K Egiazarian IEEE Transactions on Image Processing 16 (5), 1395-1411	632	2007
Image denoising with block-matching and 3D filtering K Dabov, A Foi, V Katkovnik, K Egiazarian Image Processing: Algorithms and Systems, Neural Networks, and Machine ...	541	2006
Practical Poissonian-Gaussian noise modeling and fitting for single-image raw-data A Foi, M Trimeche, V Katkovnik, K Egiazarian IEEE Transactions on Image Processing 17 (10), 1737-1754	521	2008
A Nonlocal Transform-Domain Filter for Volumetric Data Denoising and Reconstruction M Maggioni, V Katkovnik, K Egiazarian, A Foi IEEE Transactions on Image Processing 22 (1), 1057-7149	452	2013
BM3D image denoising with shape-adaptive principal component analysis K Dabov, A Foi, V Katkovnik, K Egiazarian SPARS '09 - Signal Processing with Adaptive Sparse Structured ...	435	2009
From local kernel to nonlocal multiple-model image denoising V Katkovnik, A Foi, K Egiazarian, J Astola International Journal of Computer Vision 86 (1), 1-32	426	2010

Citado por

[VISUALIZAR TODOS](#)

	Todos	Desde 2015
Citações	12683	8548
Índice h	38	27
Índice i10	74	56



Coautores

[VISUALIZAR TODOS](#)

- Karen Egiazarian (Eguiazarian)**
Professor, Signal Processing La... >
- Giacomo Boracchi**
Associate Professor, Politecnico ... >
- Matteo Maggioni**
Imperial College London >
- Markku Mäkitalo**
Tampere University >
- Aram Danielyan**
Tampere University of Technology >

Algoritmo NLM

- Limitações:

- Compara *patches* ruidosos.

$$E \left[\|\mathbf{y}_i - \mathbf{y}_j\|_{2,a}^2 \right] = \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|_{2,a}^2 + 2\sigma^2$$

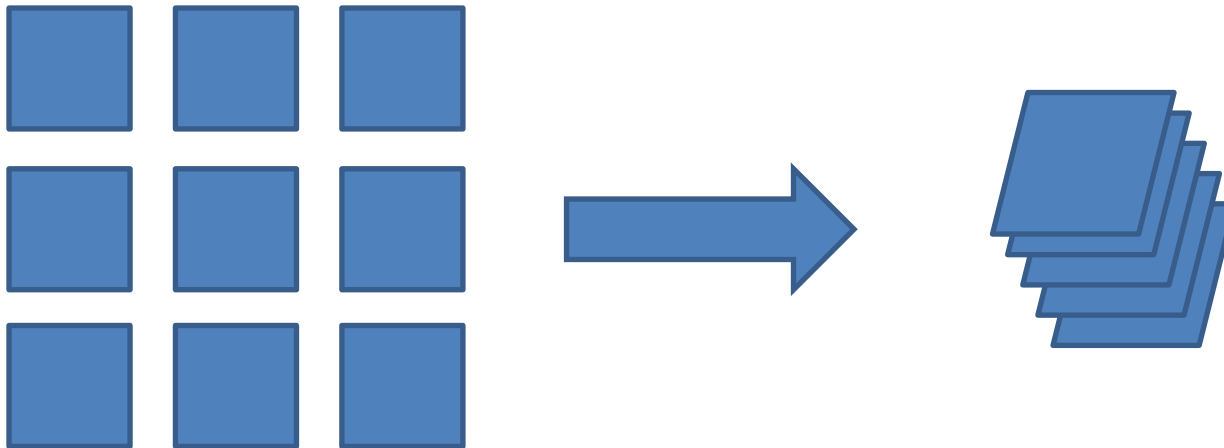
- **Intuitivamente:** Quanto maior a janela de busca, melhor serão os resultados.
 - **Na prática:** Introduce um número maior de amostras não similares com peso não zero na estimativa (SALMON, 2010).
- Resultados tendem a ser inferiores para conteúdo “menos redundante”.

Block Match 3-D

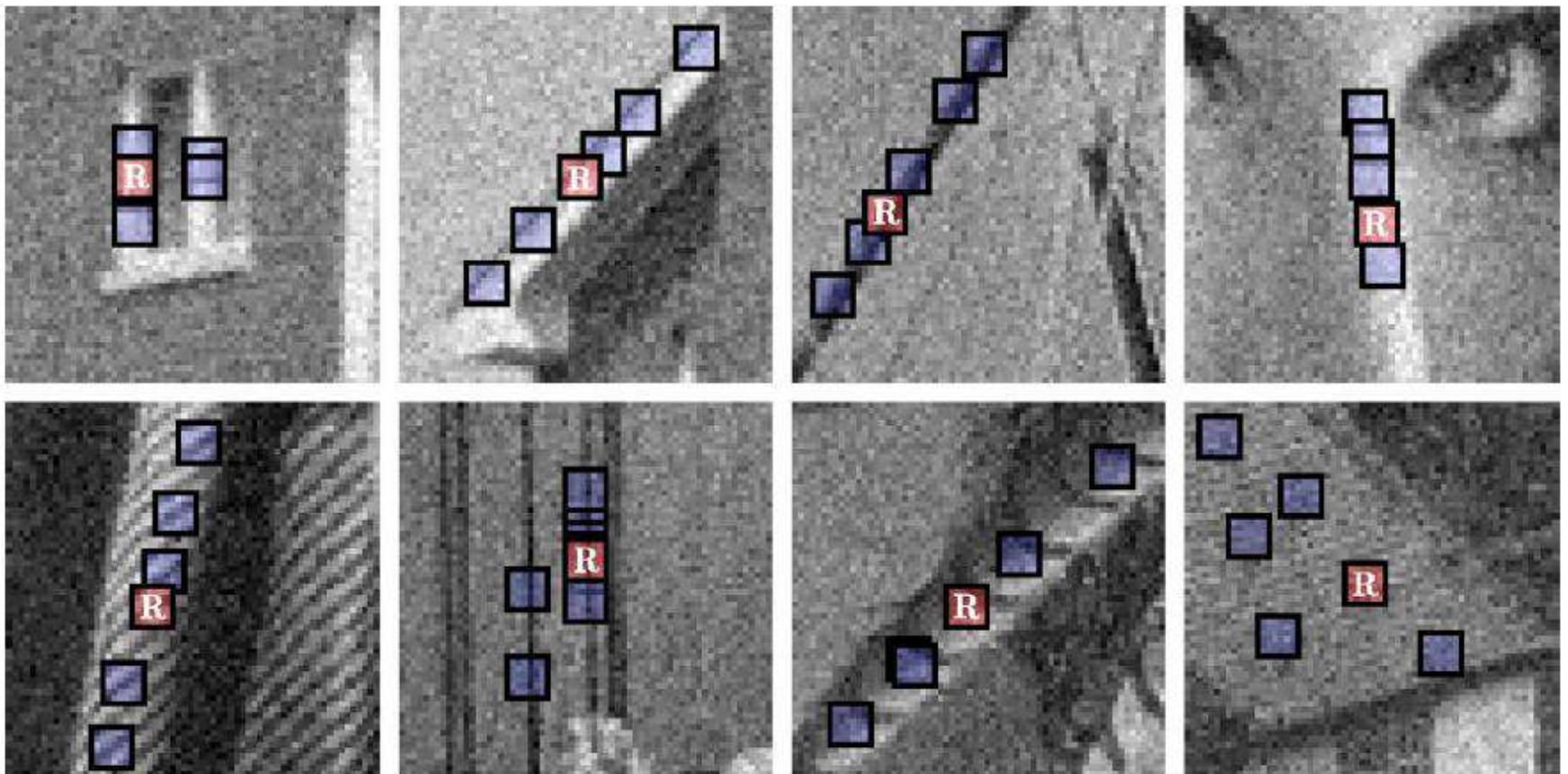
- Proposto por (DABOV et al., 2007).
 - Também explora a redundância inerente de imagens naturais e nos conceitos fundamentais do algoritmo NLM.
 - Se difere por também explorar a esparsidade e a filtragem colaborativa do sinal.
 - É atualmente conhecido como um algoritmo de estado-da-arte.

Block Match 3-D

- **Ideia básica:** Agrupar fragmentos 2-D similares (blocos) em um *array* 3-D (grupo ou pilha).
 - Agrupar fragmentos de um sinal d -dimensional em uma estrutura de dados $d + 1$ -dimensional.
 - Quando os blocos possuem mesmo tamanho e formato, o grupo é conhecido como um cilindro generalizado.



Block-Matching 3D – BM3D



Block-Matching 3D – BM3D

Imagem ruidosa



σ

Pré - Estimativa



#1 – Filtragem
Wavelet

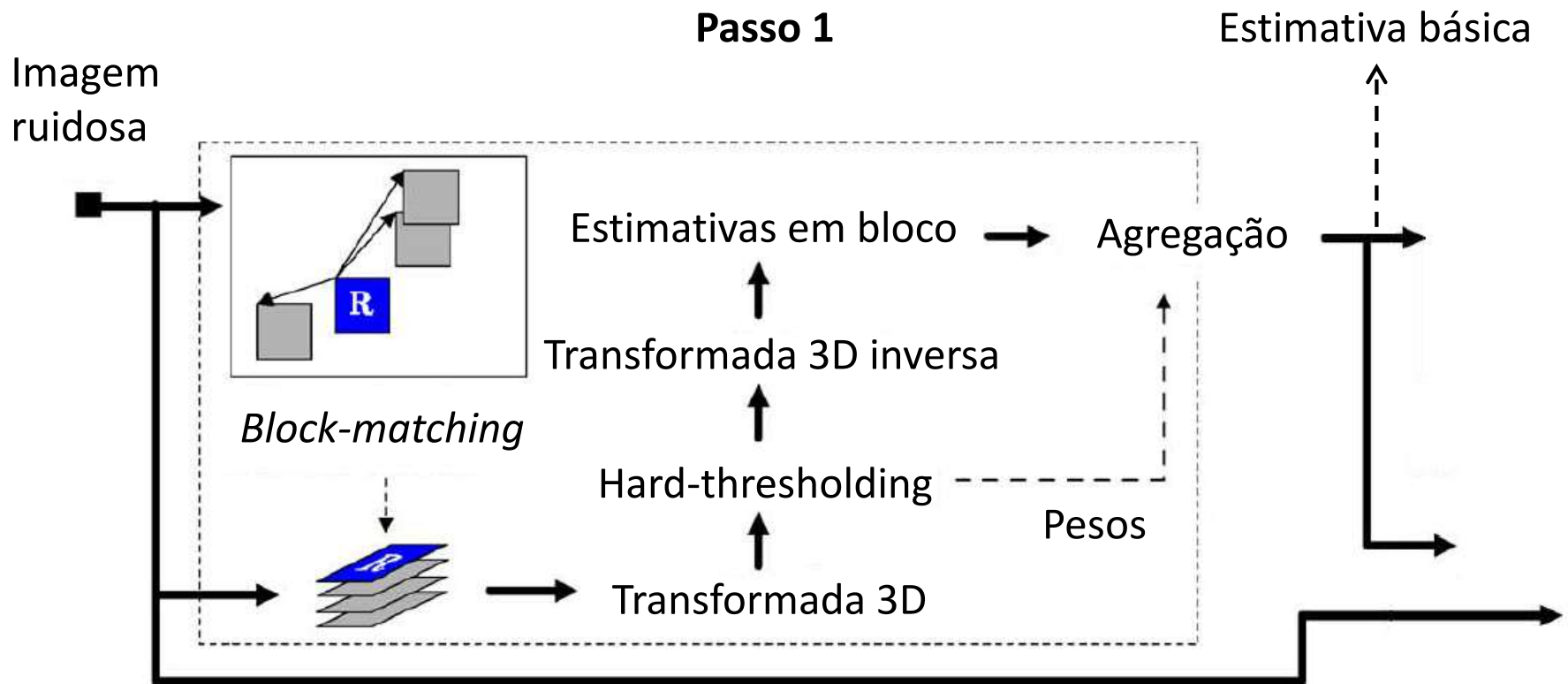
(*Hard thresholding*)

#2 – Filtragem
Wiener

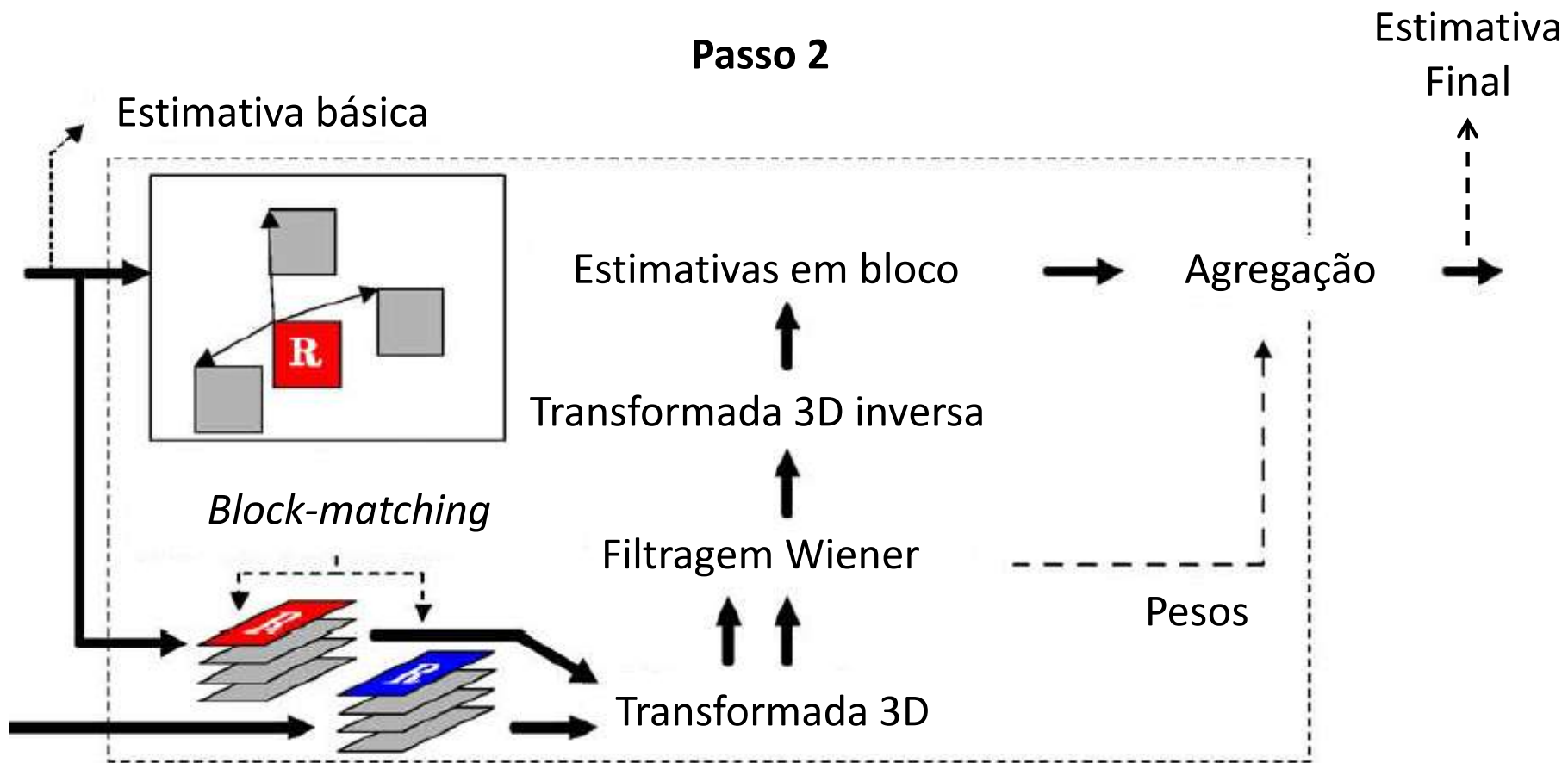
Estimativa final



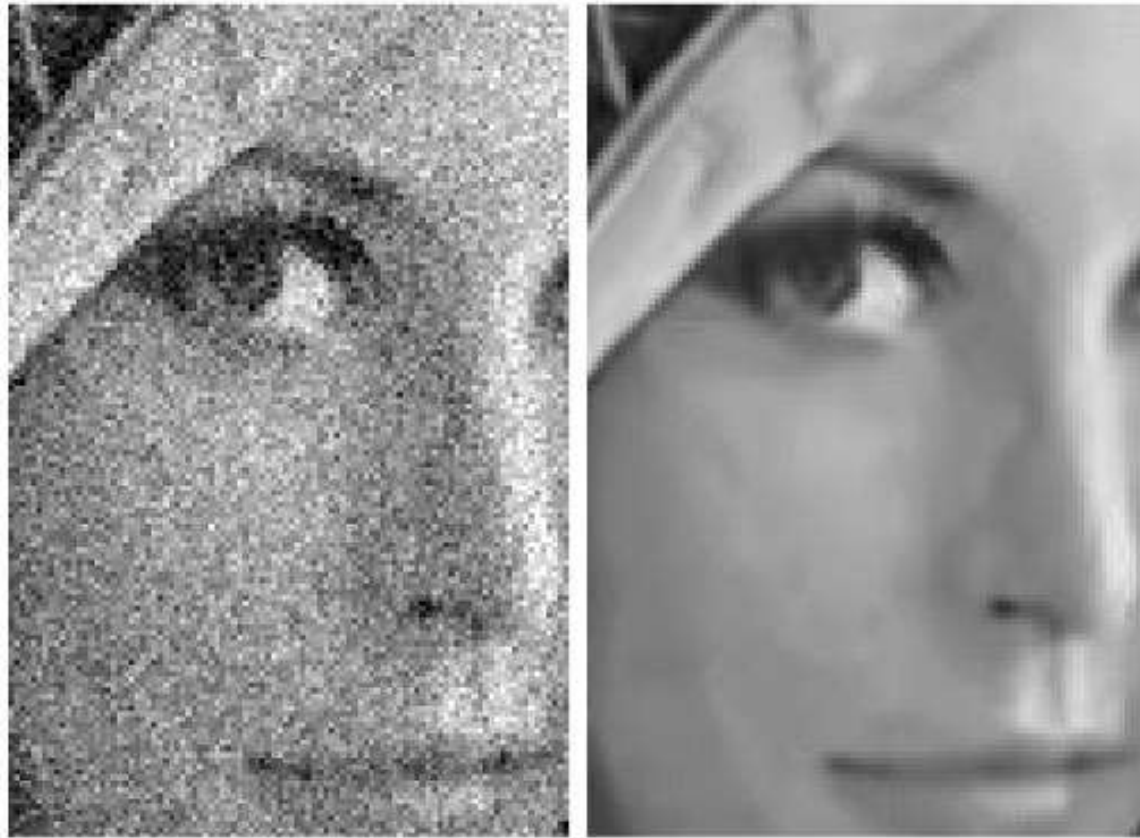
Block-Matching 3D – BM3D



Block-Matching 3D – BM3D



Block-Matching 3D – BM3D



Block-Matching 3D – BM3D

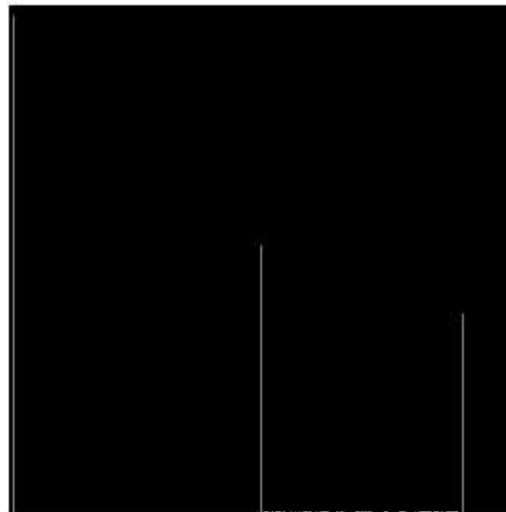
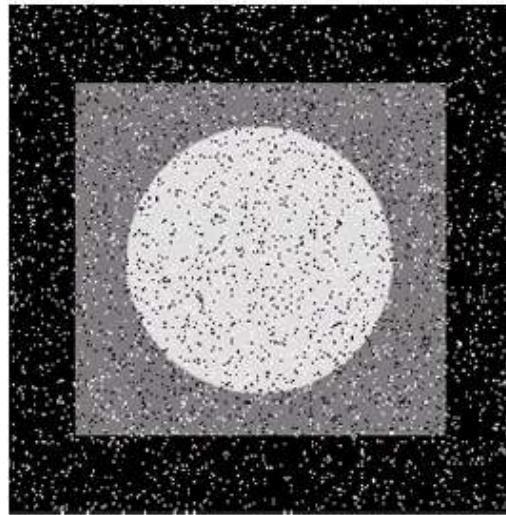


Block-Matching 3D – BM3D



Ruído impulsivo ("sal e pimenta")

Ruído impulsivo



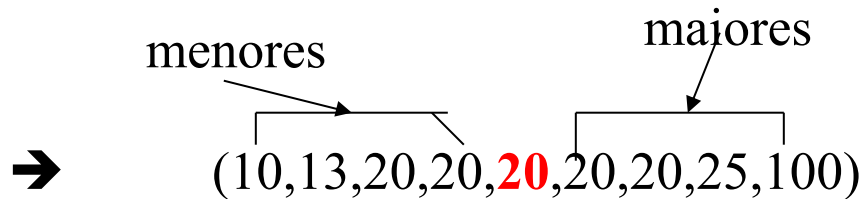
Salt & Pepper

Filtro da Mediana

- ❑ Substitui o nível de cinza de cada pixel pelo nível de cinza mediano em uma vizinhança do pixel.
- ❑ O nível mediano de um conjunto de valores é tal que exista metade dos valores menores e metade dos valores maiores.

Exemplo:

10	20	20
20	13	20
20	25	100

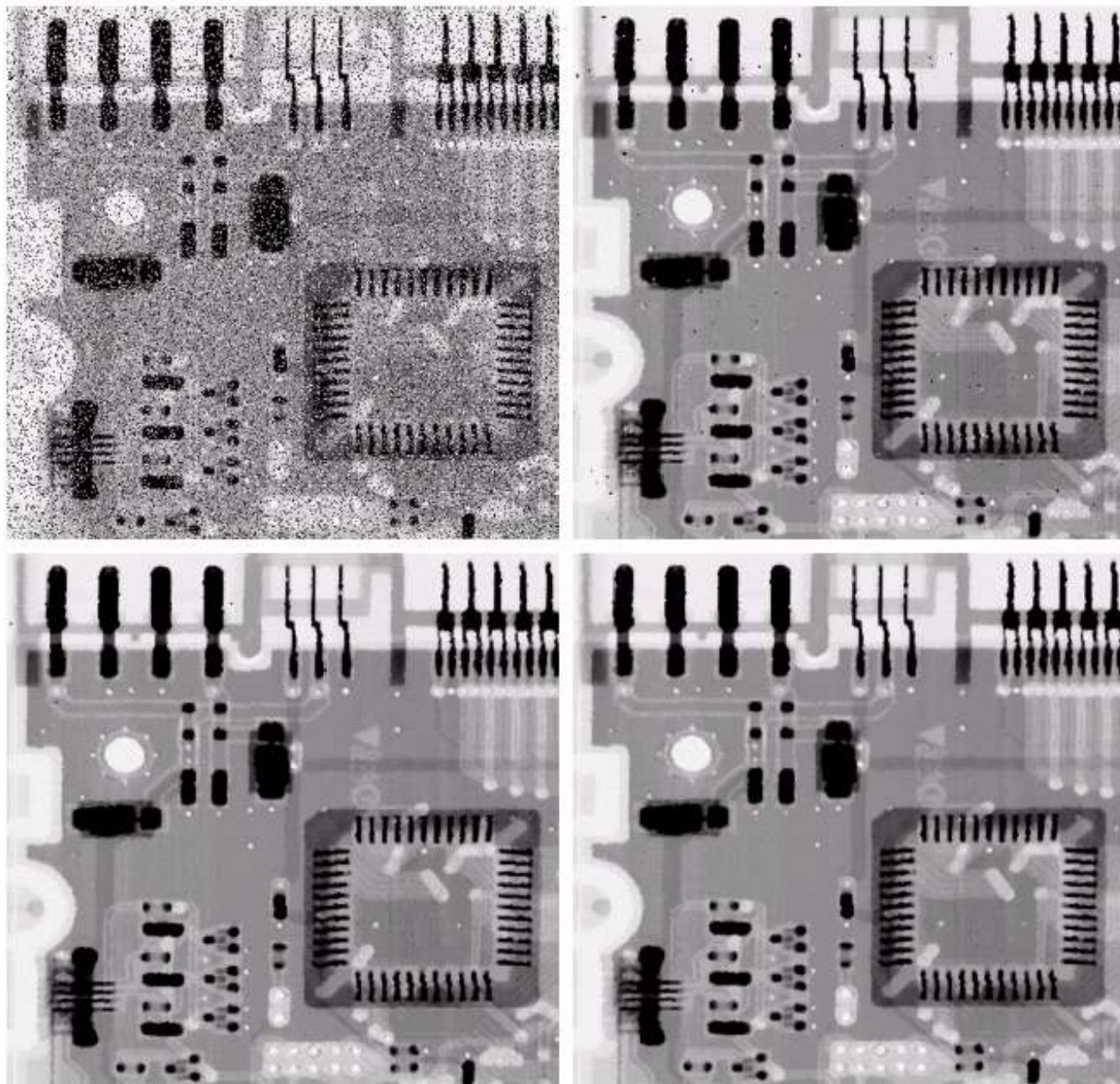


Nível mediano (percentil de 50%)

a b
c d

FIGURE 5.10

(a) Image corrupted by salt-and-pepper noise with probabilities $P_a = P_b = 0.1$.
(b) Result of one pass with a median filter of size 3×3 .
(c) Result of processing (b) with this filter.
(d) Result of processing (c) with the same filter.



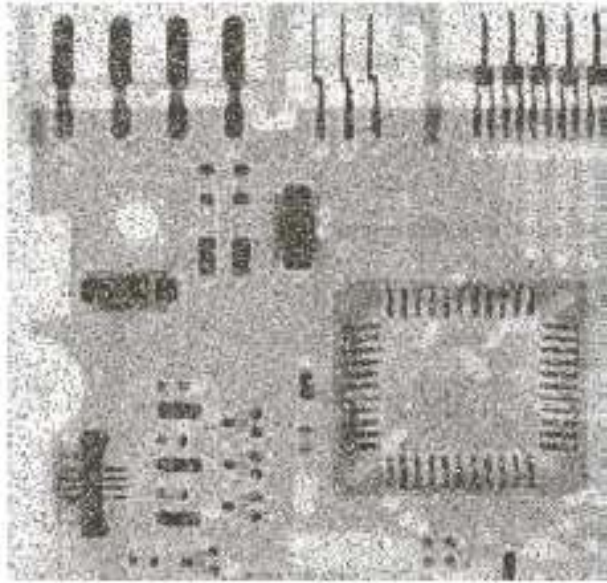
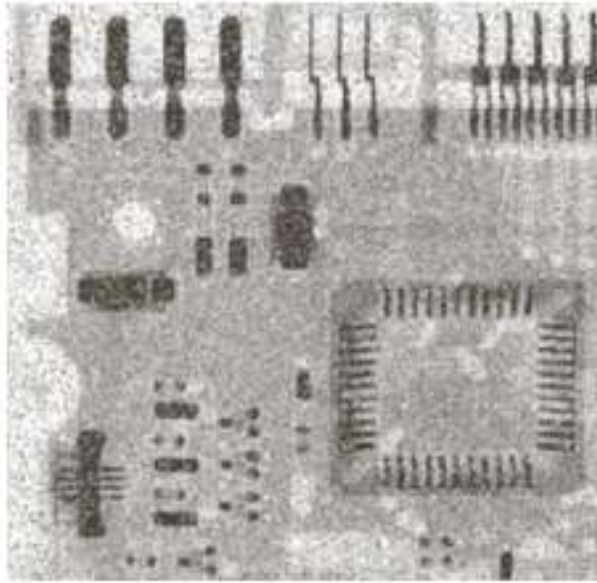
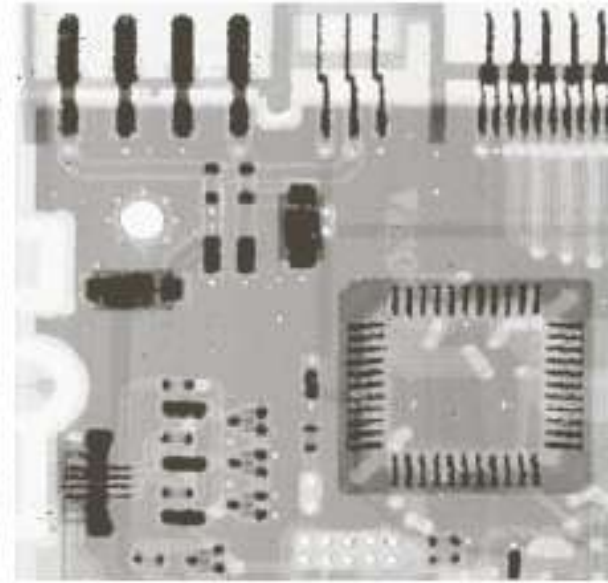


Imagem com ruído
“sal e pimenta”



Média da Vizinhança 3 x 3



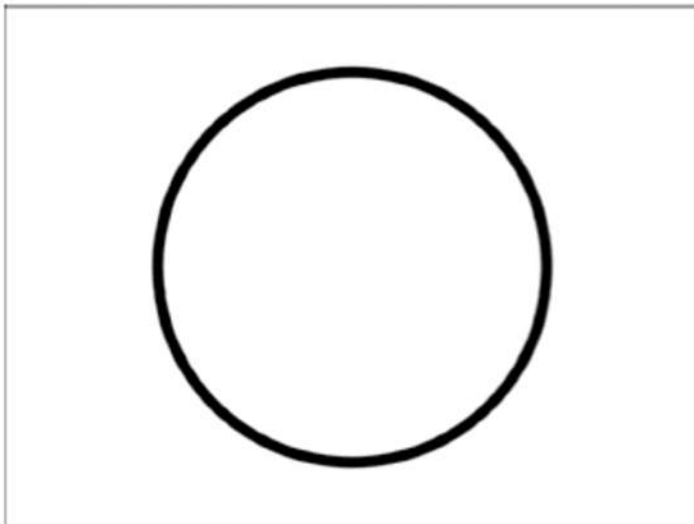
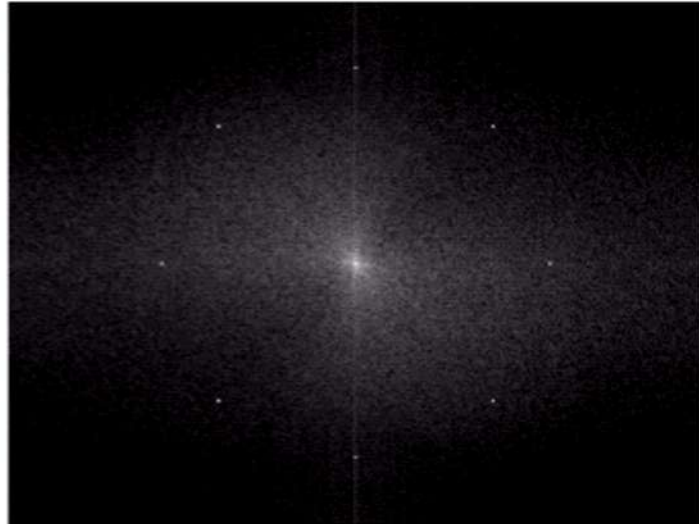
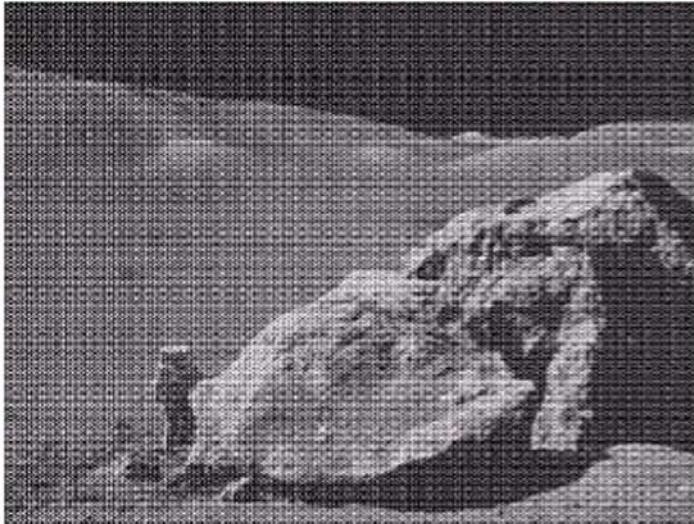
Filtragem Mediana 3 x 3

Ruído periódico

Ruído periódico

- Causado por interferências eletromagnéticas ou mecânicas
- Ruído sistemático: não aleatório
- Remover ruído periódico - filtros no domínio da frequência:
 - Rejeita Banda
 - Notch

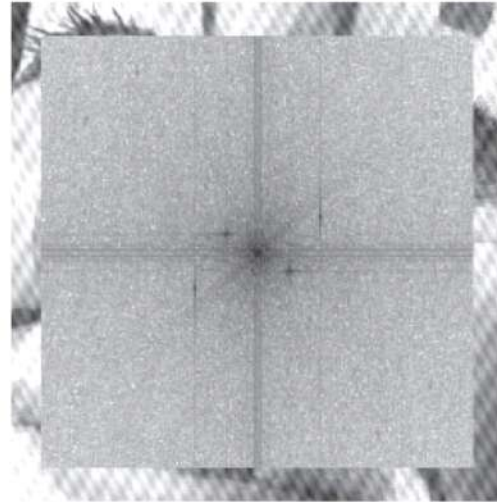
Filtro Rejeita-Banda Ideal



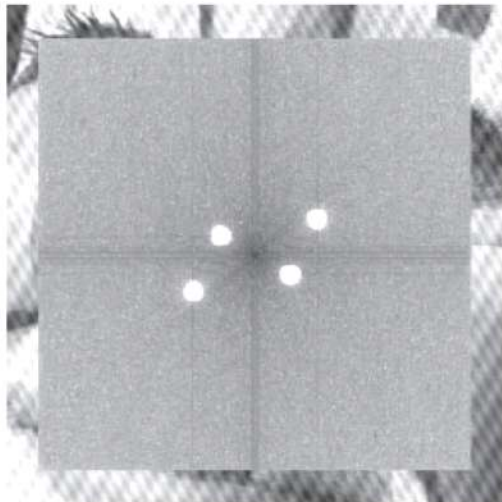
Filtros *Notch Reject*



(a)

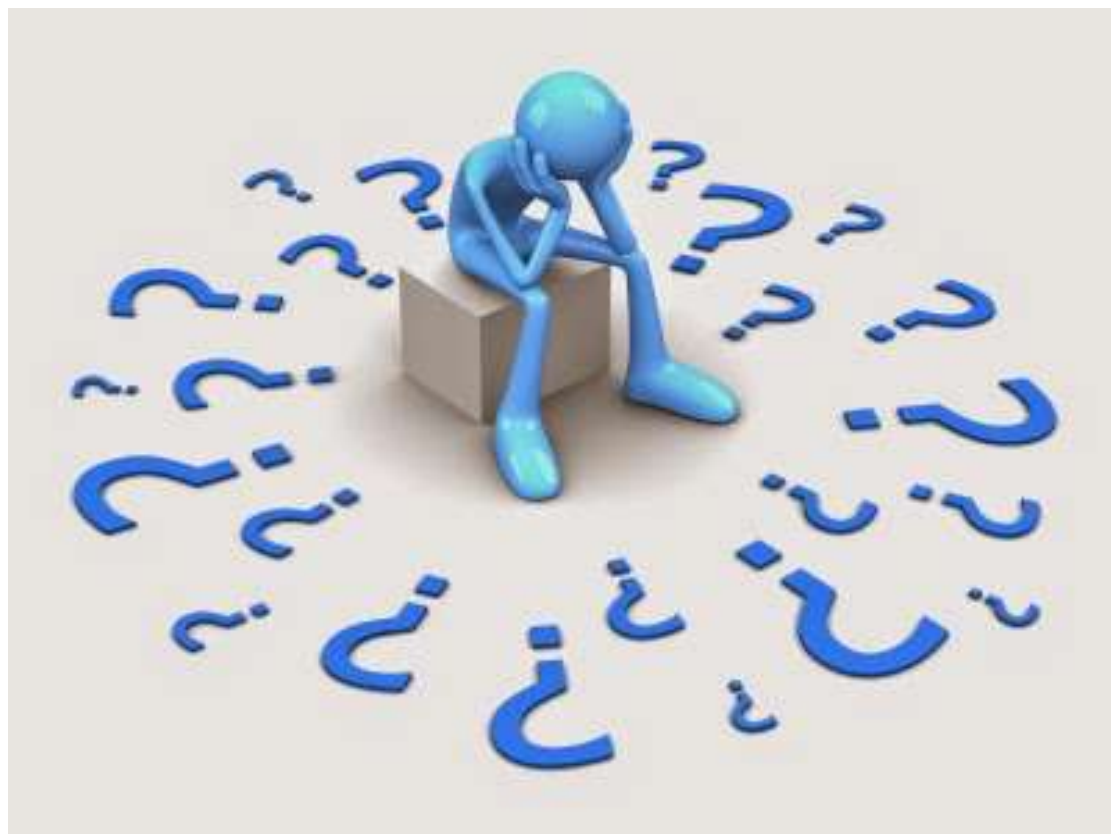


(b)

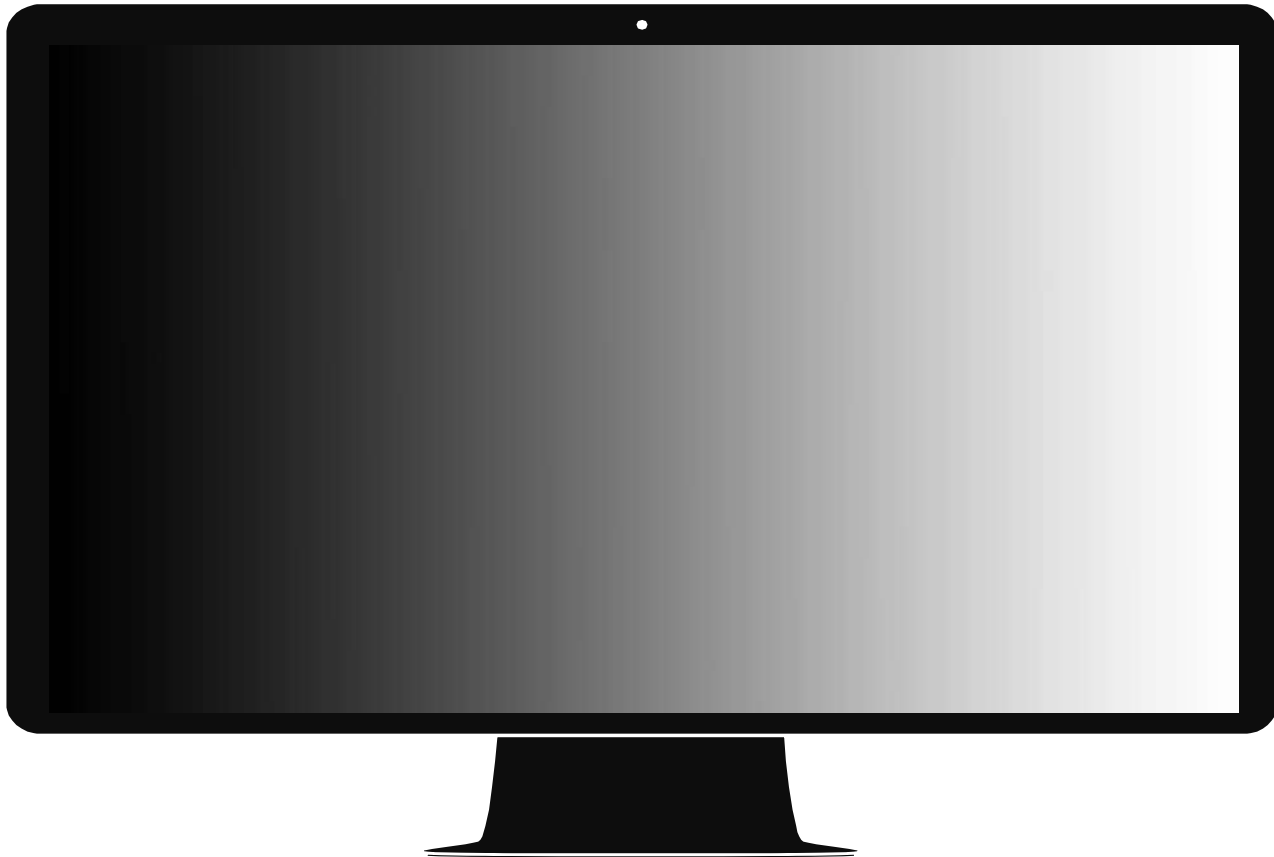


Ruído quântico

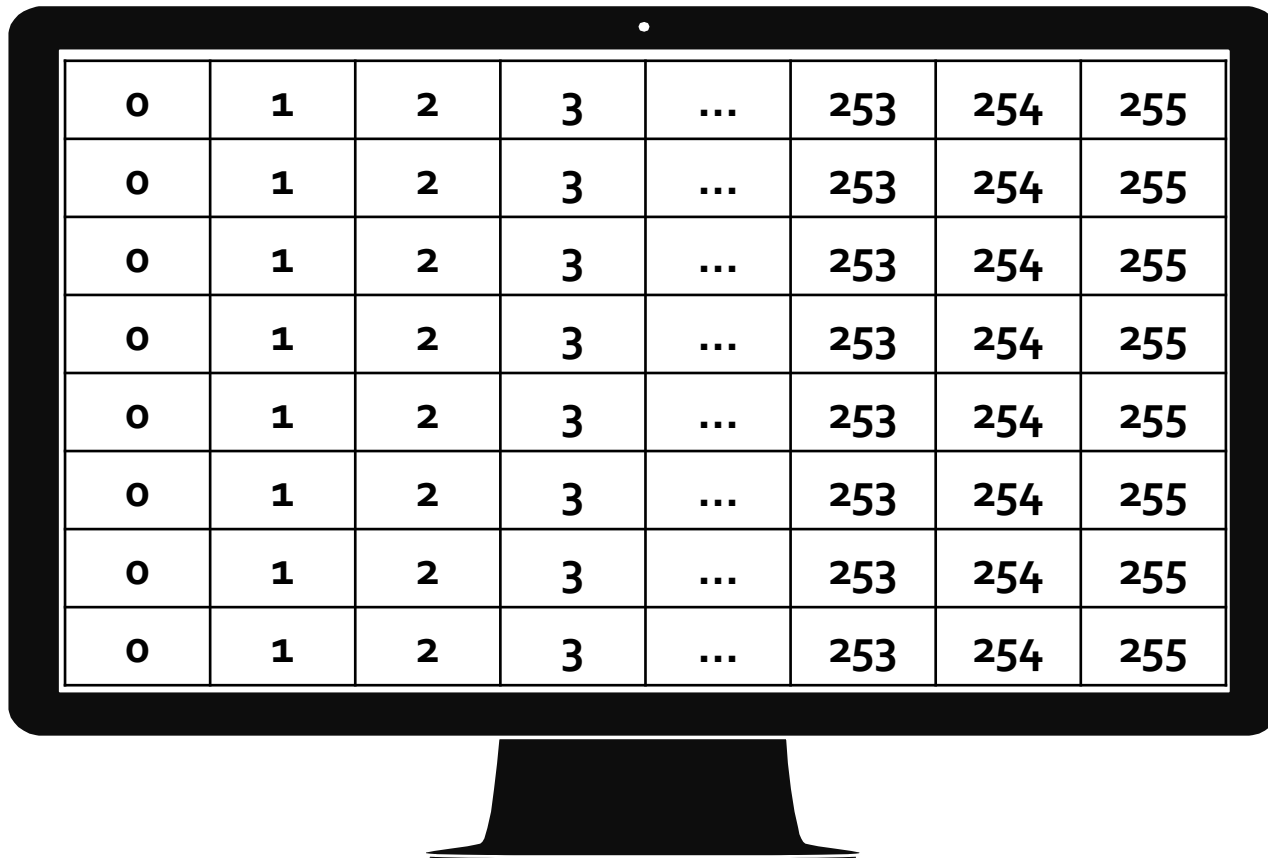
O que é o ruído quântico?



Considere uma imagem digital feita em computador (sintética)



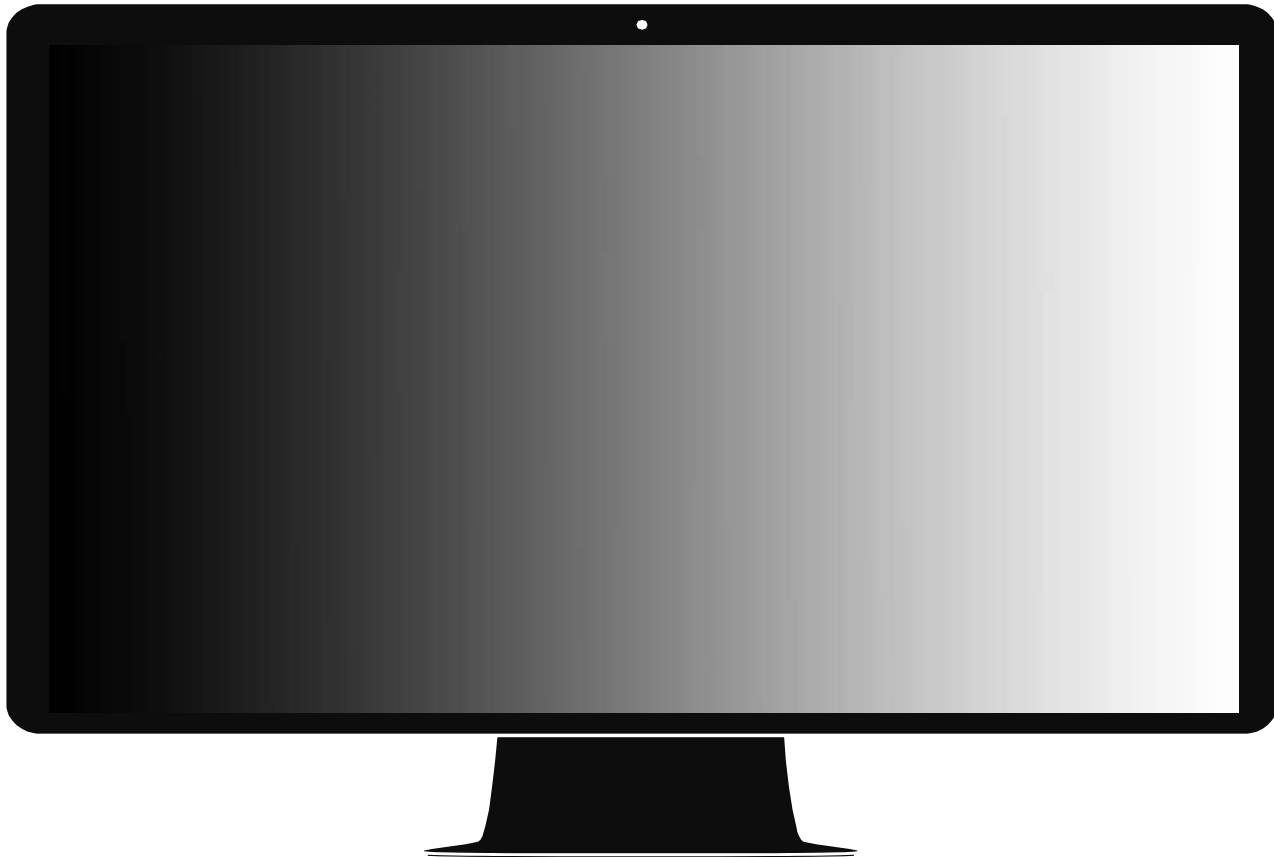
Considere uma imagem digital feita em computador (sintética)



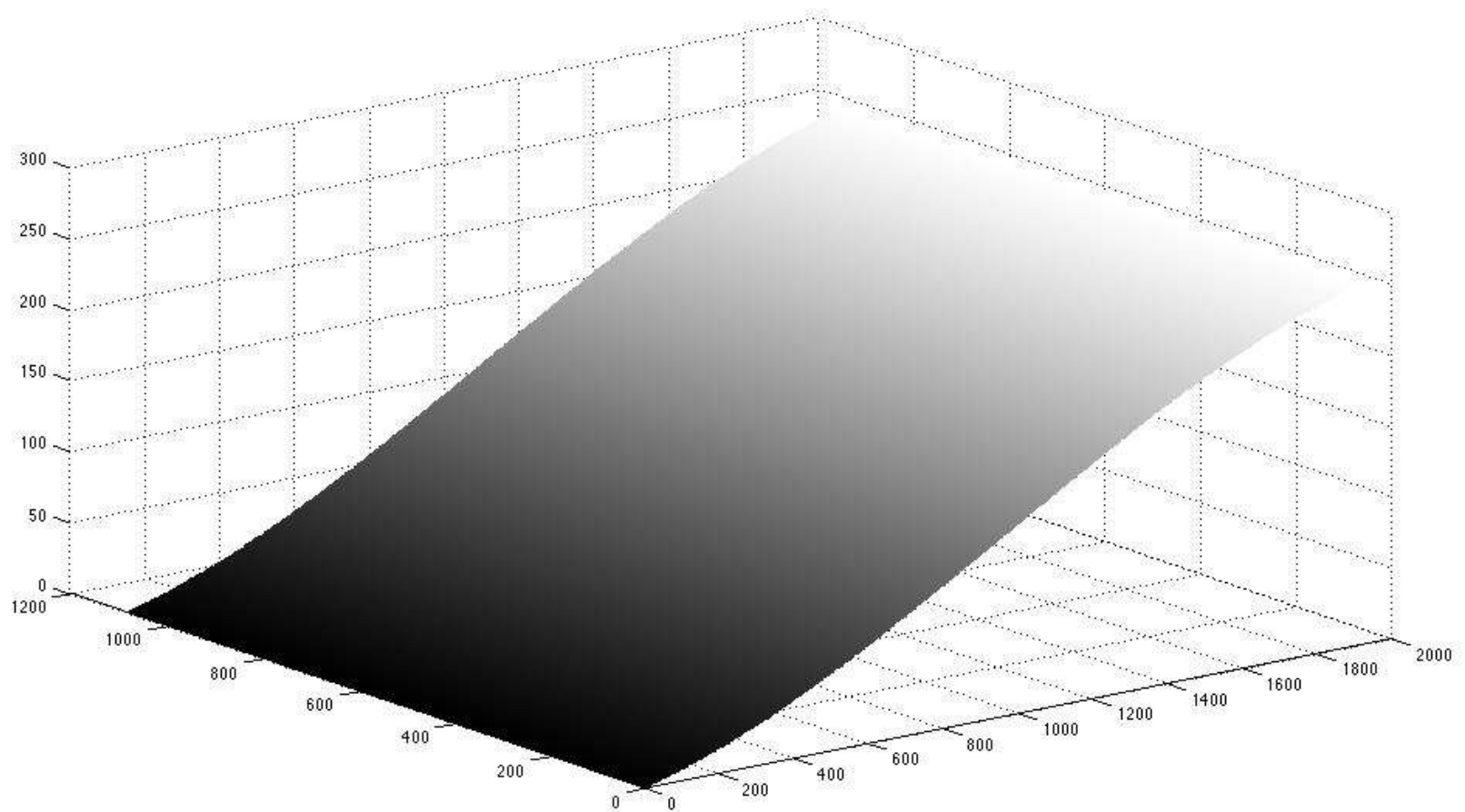
A computer monitor icon is shown, with a grid of numerical values displayed on its screen. The grid consists of 8 rows and 8 columns. The first four columns contain the values 0, 1, 2, and 3, followed by an ellipsis (...). The last three columns contain the values 253, 254, and 255. All values are in bold black text.

0	1	2	3	...	253	254	255
0	1	2	3	...	253	254	255
0	1	2	3	...	253	254	255
0	1	2	3	...	253	254	255
0	1	2	3	...	253	254	255
0	1	2	3	...	253	254	255
0	1	2	3	...	253	254	255
0	1	2	3	...	253	254	255

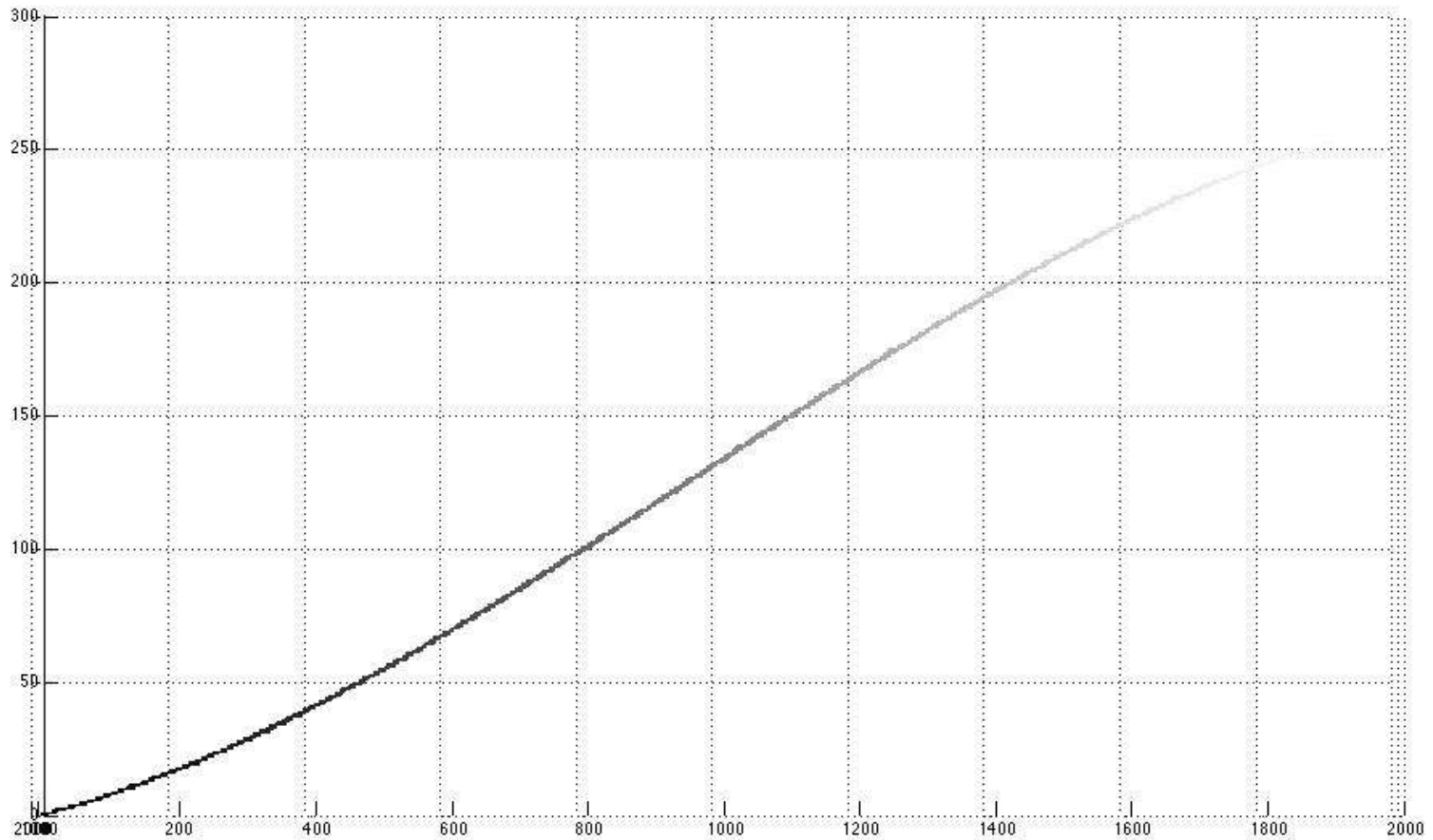
Considere uma imagem digital feita em computador (sintética)



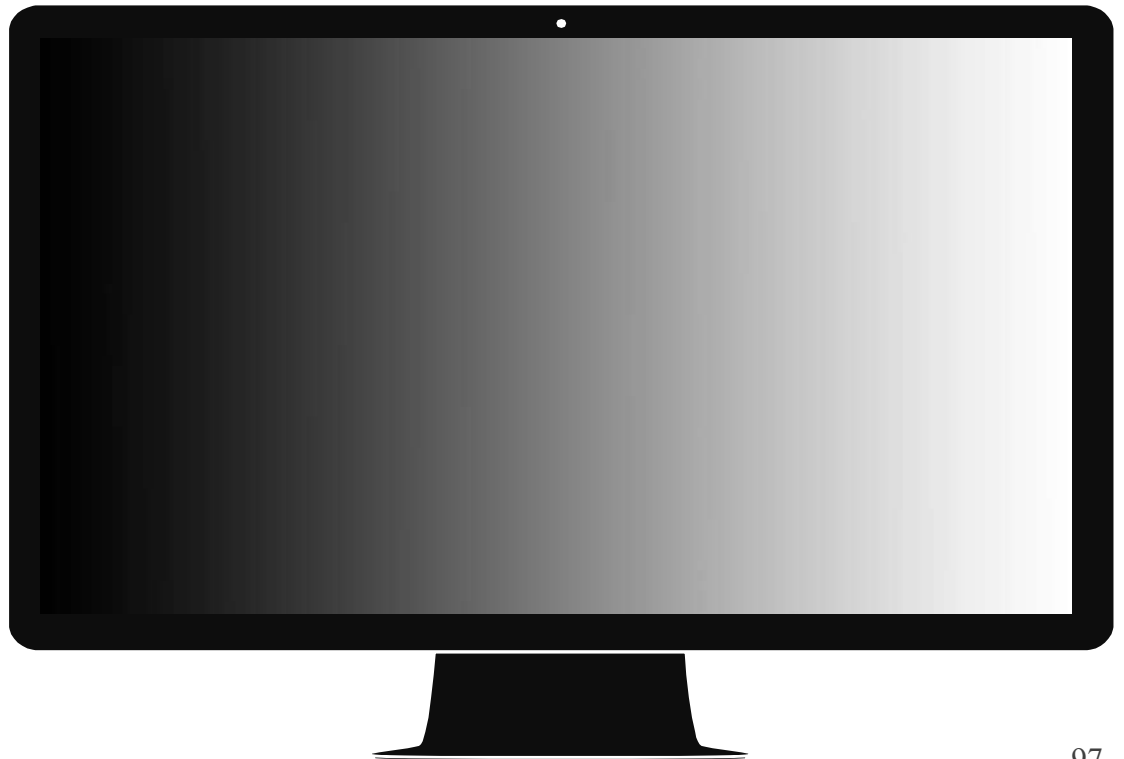
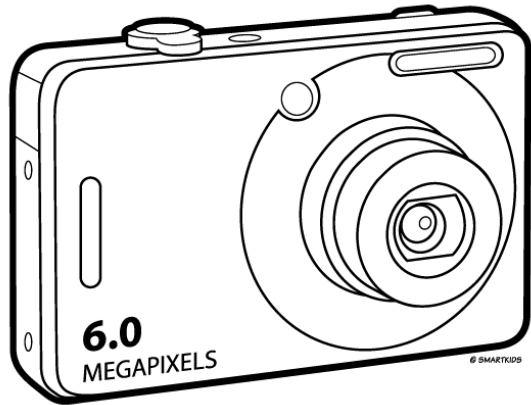
Superfície da imagem digital



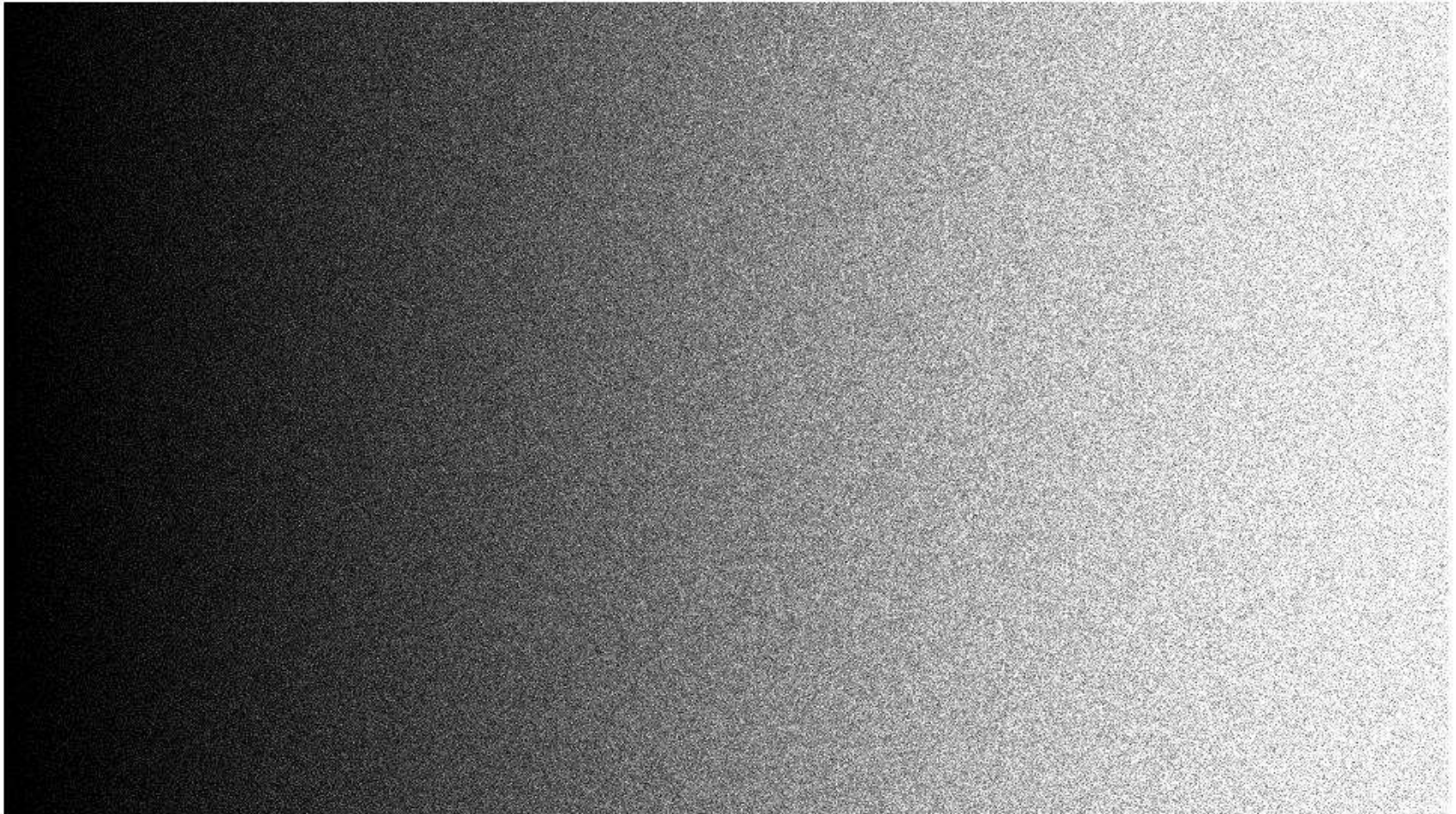
Rampa



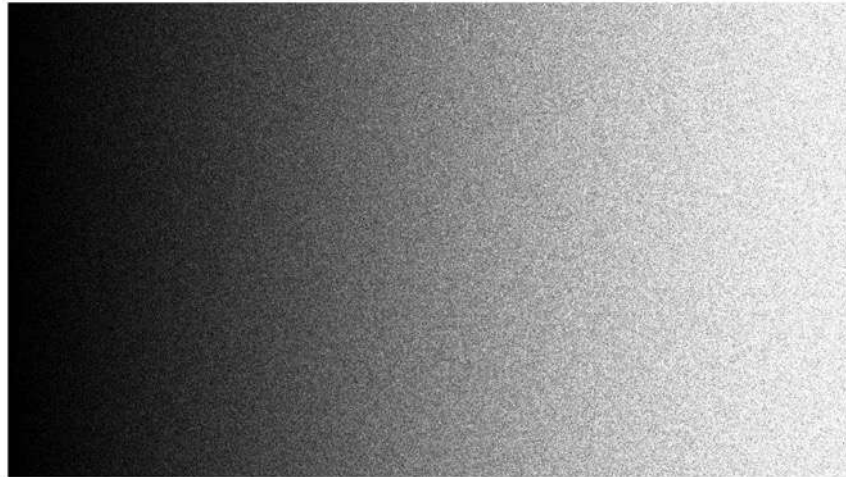
Como é o ruído dessa fotografia?



Fotografia



Subtração

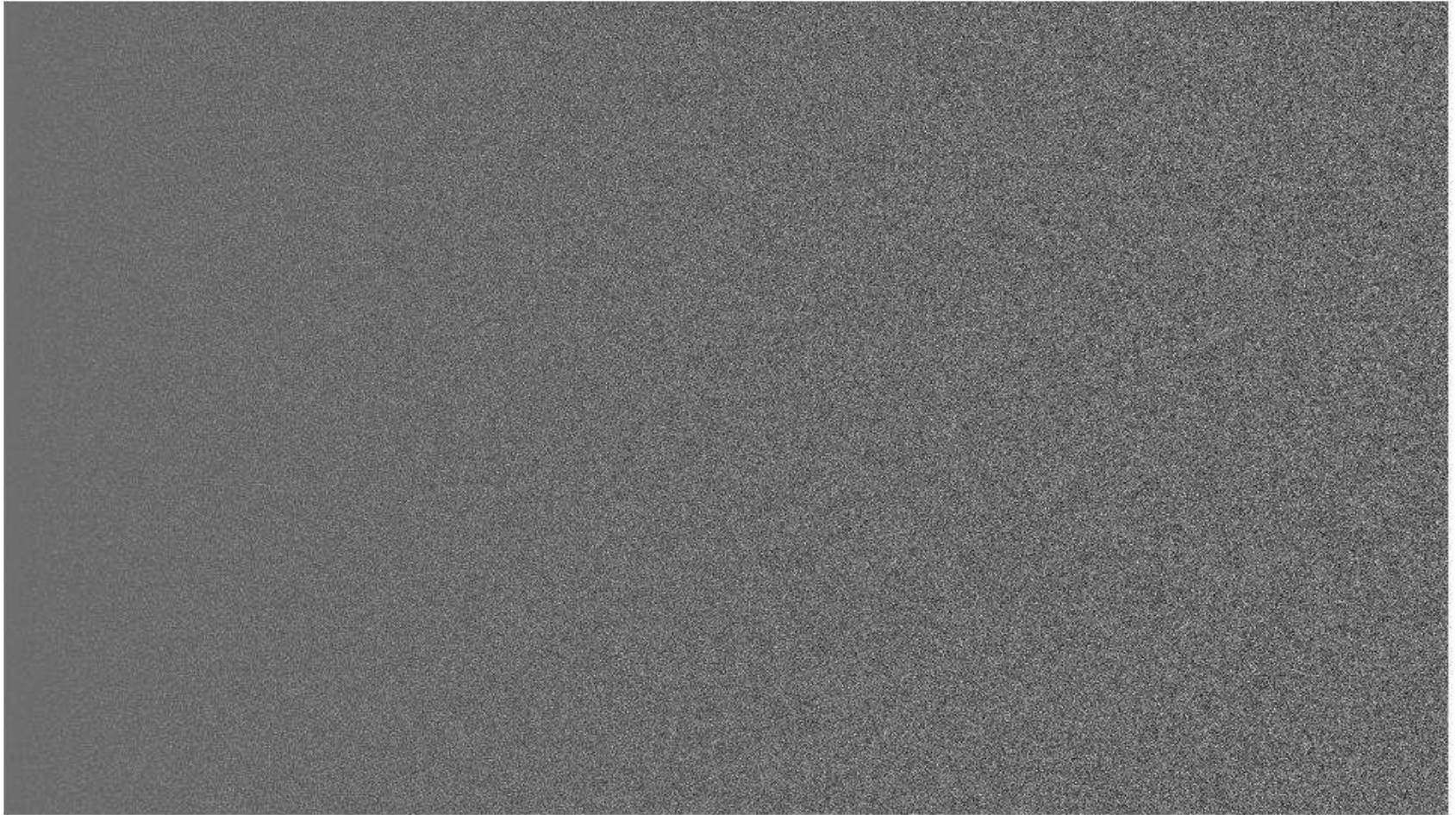


Fotografia

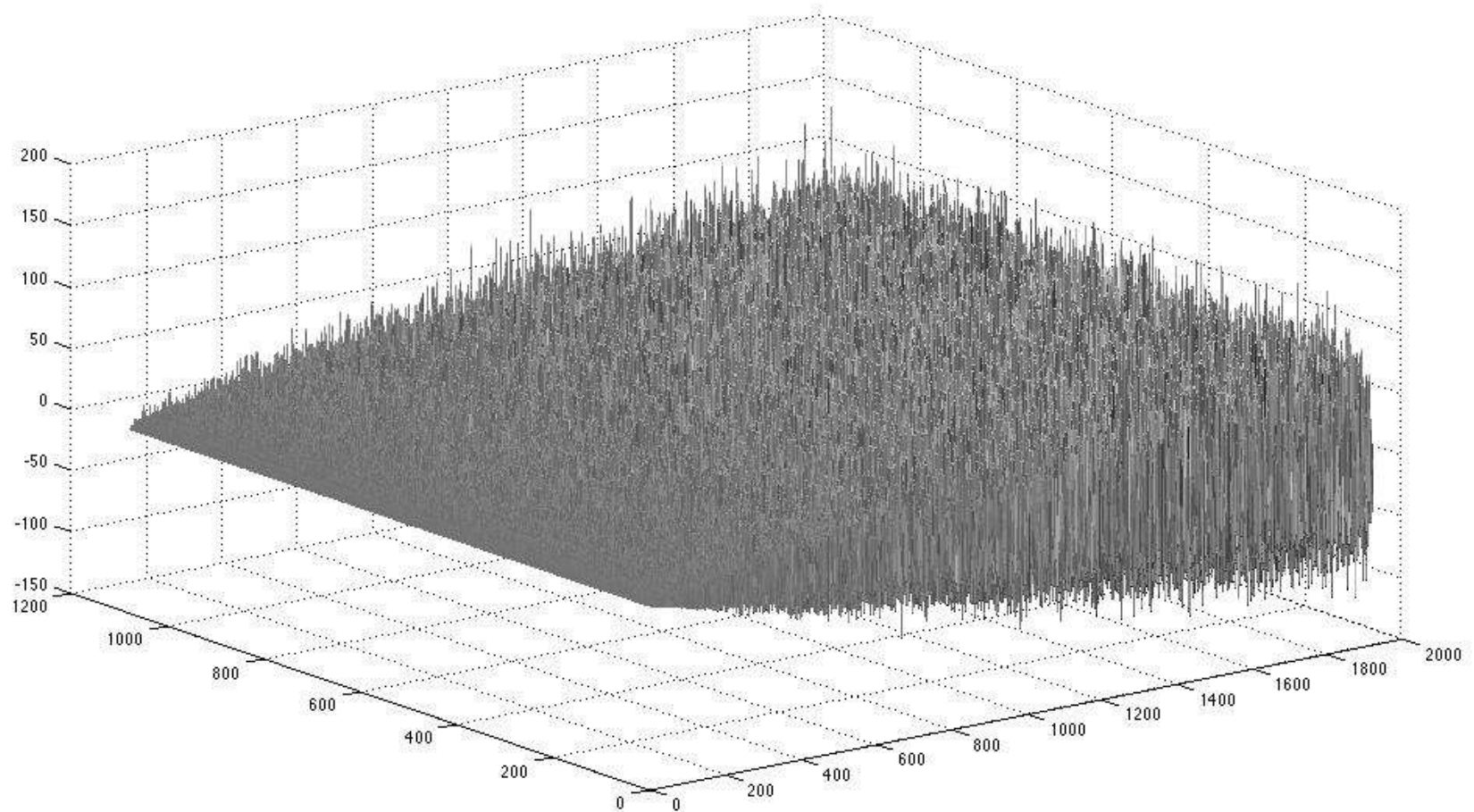


Imagem Sintética

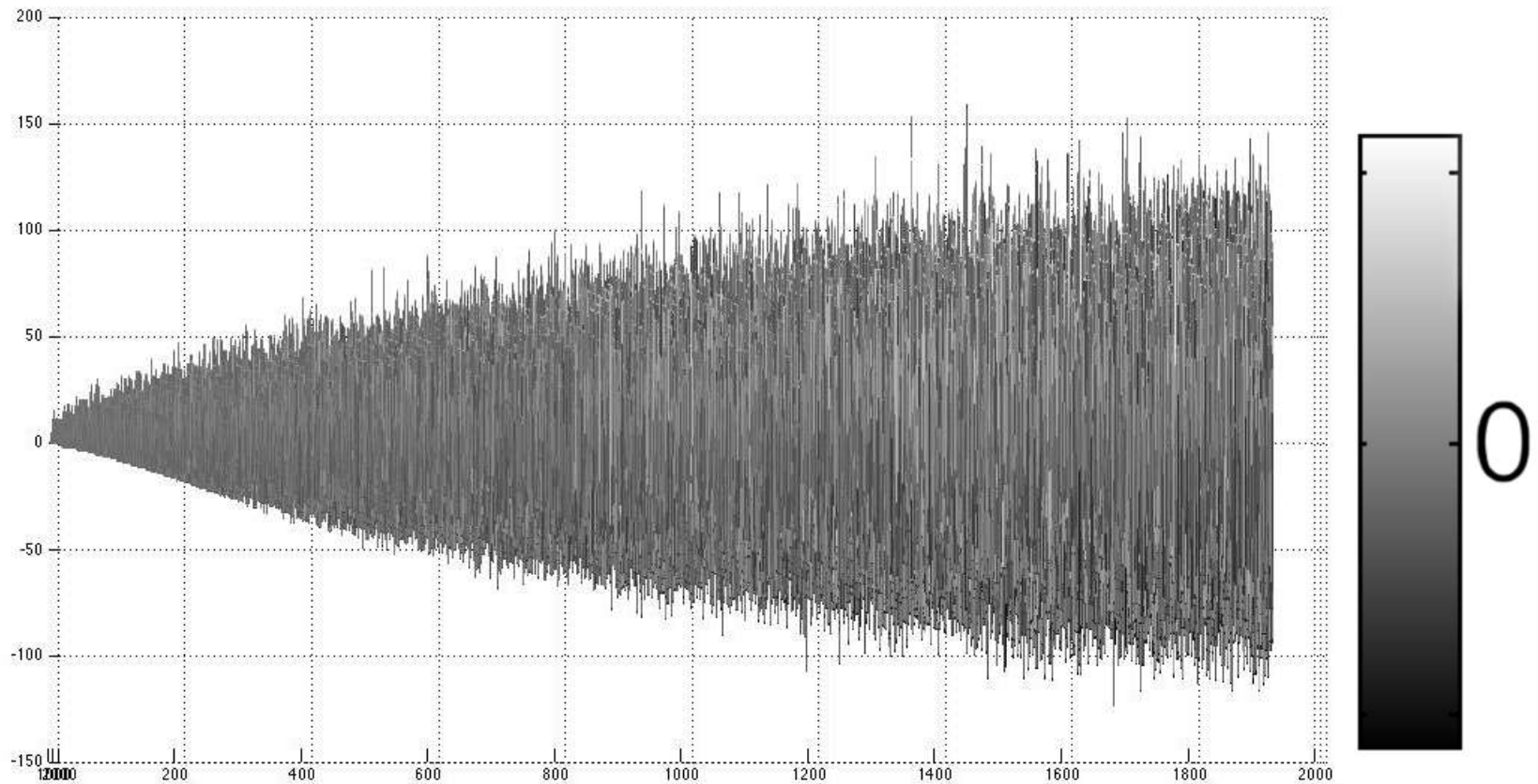
Ruído



Ruído

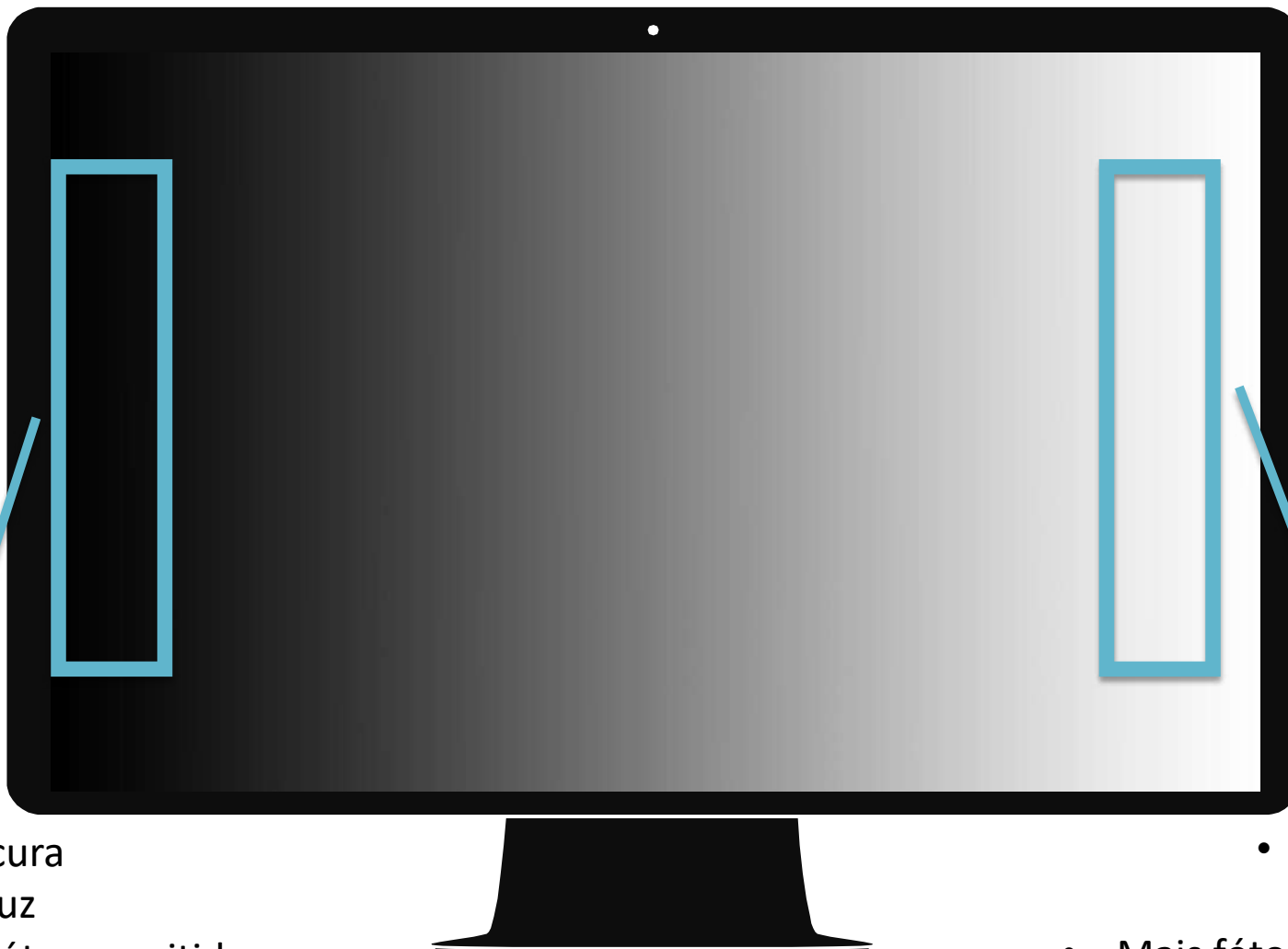


Ruído quântico



Dependente do sinal!

Dependência do Sinal



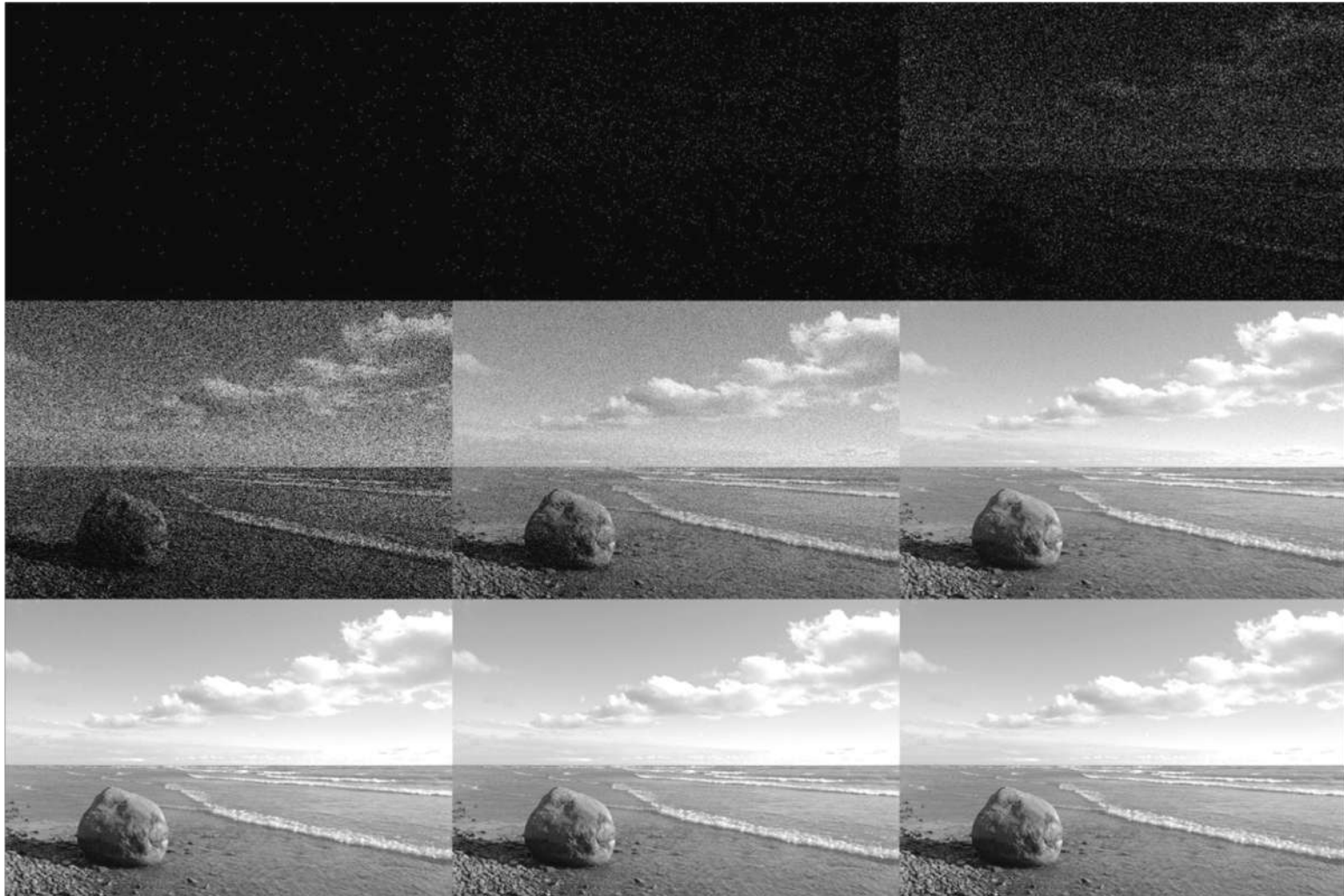
- Mais escura
- Menos luz
- Menos fótons emitidos

- Mais clara
- Mais luz
- Mais fótons emitidos

Características do ruído quântico

- Natureza quântica da luz;
- Segue a distribuição de Poisson;
- Percebido quando há baixa contagem de fótons de luz na aquisição da imagem;
- Chamado de “quantum mottle” ou “shot noise”;
- Muito comum em imagens médicas;
- Aleatório;
- Dependente do sinal (variância do ruído = média do sinal);
- Pode ser branco;
- Mais difícil de ser tratado.

Ruído Quântico



Ruído Quântico



Ruído Quântico



Ruído Quântico



Distribuição de Poisson

- Distribuição de Poisson é uma distribuição de probabilidade aleatória discreta que expressa a probabilidade de um número de eventos ocorrer durante um intervalo contínuo (tempo, espaço, etc.)

$$f(x) = P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \times \lambda^x}{x!}, \quad x = 0, 1, 2, \dots \text{ e } \lambda > 0.$$

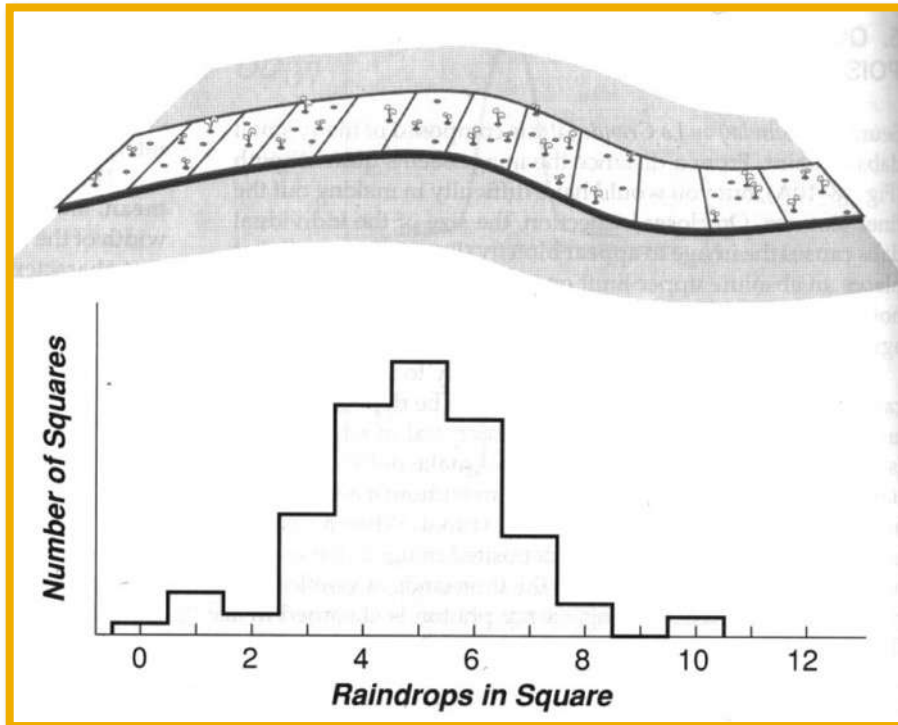
Esperança: $\mu_{(X)} = \lambda$

Variância: $\sigma_{(X)}^2 = \lambda$

λ = frequência média de eventos no intervalo

- Processo de aquisição de imagens: valor do pixel é proporcional ao número de fótons que chegam no detector;
- O ruído quântico depende do valor do pixel na imagem.

Distribuição de Poisson



Média: $\mu = N$

Variância: $\sigma^2 = N$

Desvio Padrão: $\sigma = \sqrt{N}$

Distribuição de Poisson

Variação relativa (ruído)

$$\frac{\sqrt{N}}{N} = \frac{1}{\sqrt{N}}$$

O ruído relativo diminui com o aumento do número de fótons.

Média do sinal (N)	Desvio Padrão (\sqrt{N})	Ruído relativo
10	3,16	31,6%
100	10	10,0%
1000	31,62	3,16%
10000	100	1,00%

Distribuição de Poisson

Relação sinal-ruído (SNR)

$$SNR = \frac{N}{\sqrt{N}} = \sqrt{N}$$

A relação sinal-ruído aumenta com o aumento do número de fótons.

Média do sinal (N)	Desvio Padrão (\sqrt{N})	Ruído relativo
10	3,16	31,6%
100	10	10,0%
1000	31,62	3,16%
10000	100	1,00%

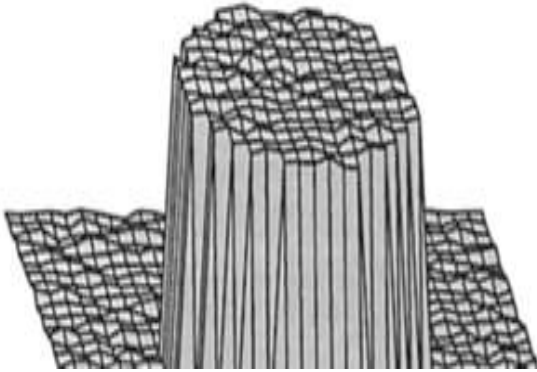
Imagens Médicas

Raios X

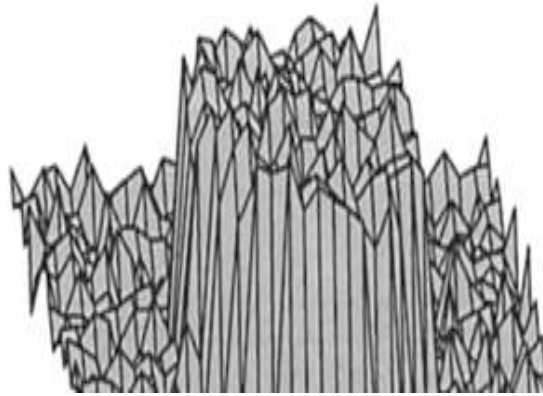


© picture-alliance/prismaarchiv

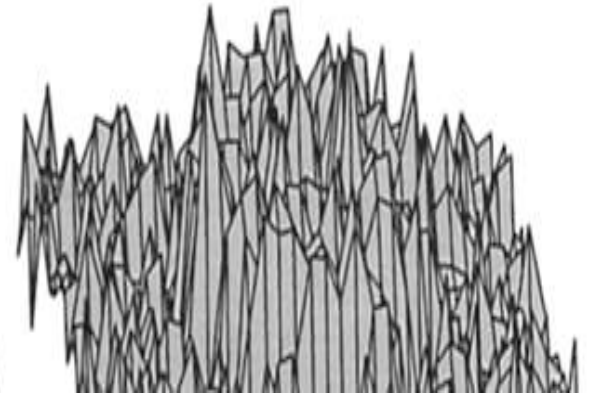
Dose de Radiação x Ruído



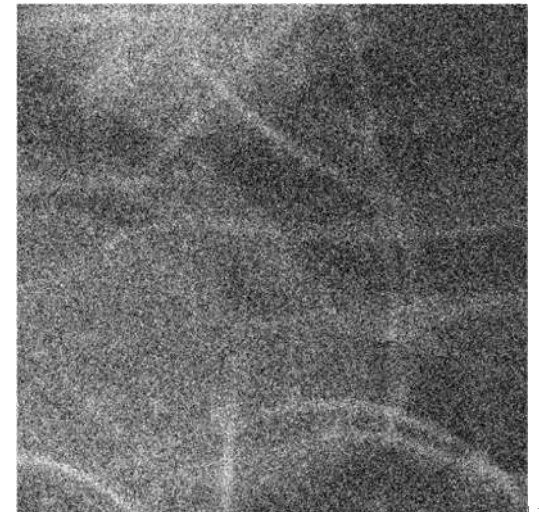
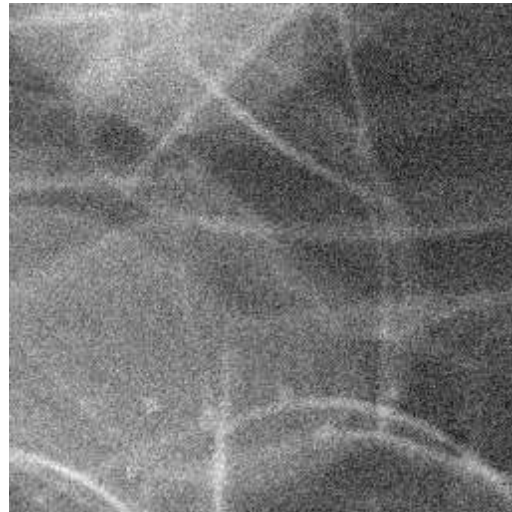
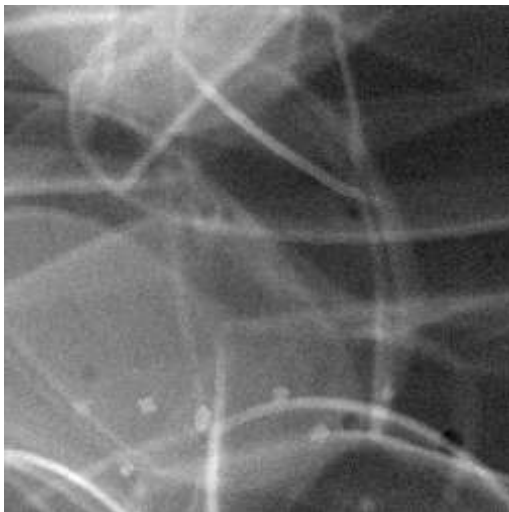
Dose Alta



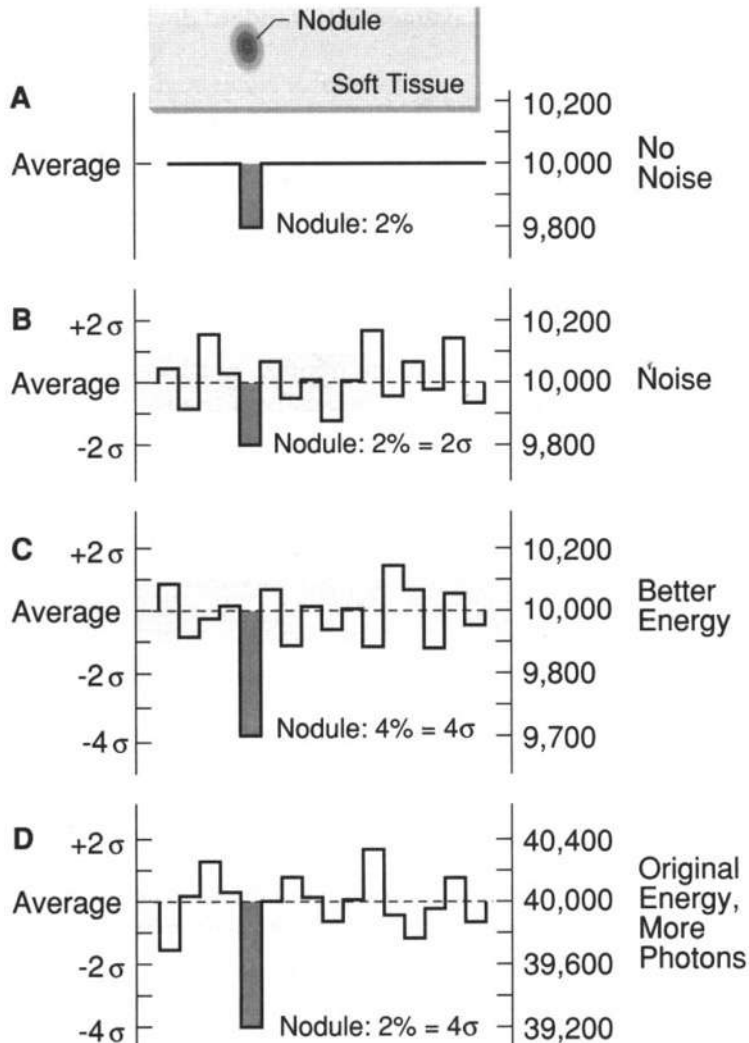
Dose Média



Dose Baixa



Detectabilidade de lesões



$$SNR = \frac{N}{\sqrt{N}} = \sqrt{N}$$

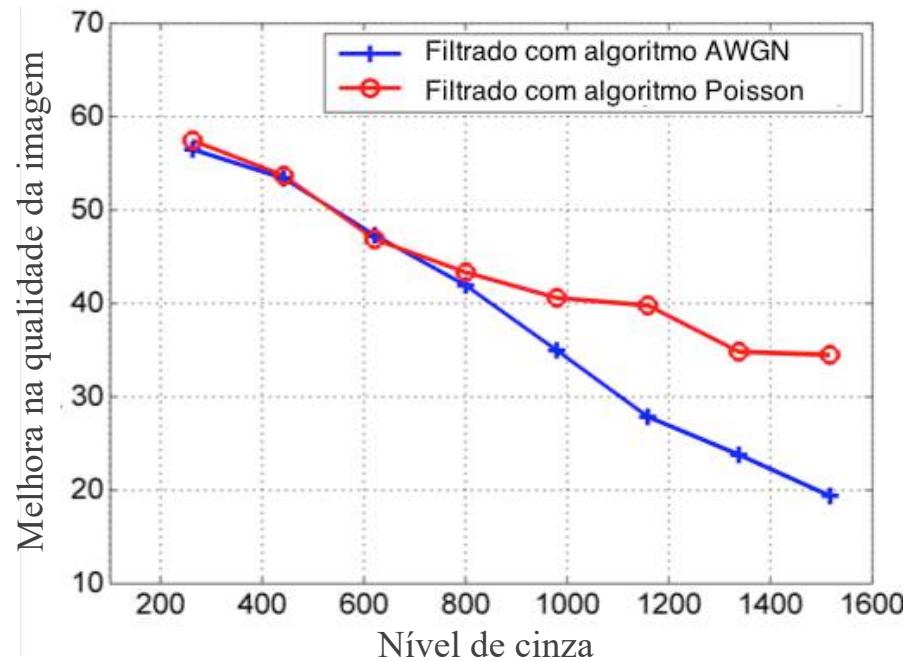
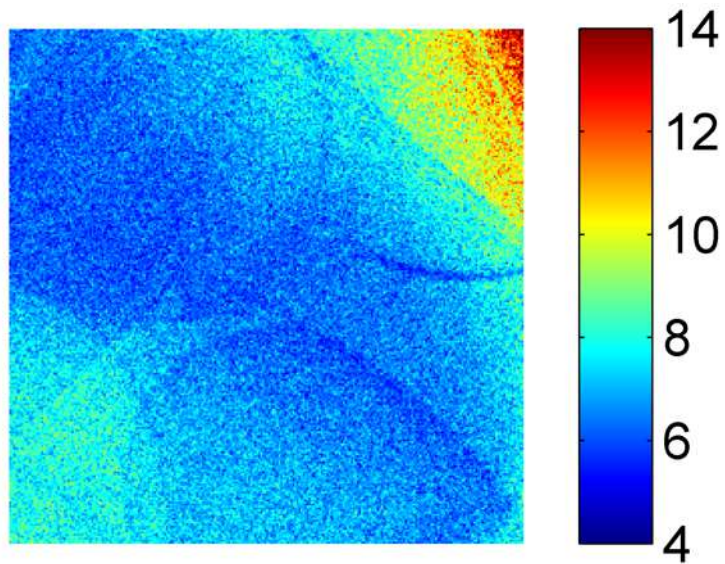
A dose de radiação influencia na detectabilidade de lesões

Filtragem do ruído quântico

Filtragem do ruído quântico

- Os métodos desenvolvidos para filtragem do ruído AWGN não devem ser aplicados diretamente para a filtragem do ruído quântico;
- Como a variância do ruído não é fixa para o ruído quântico, os filtros para ruído AWGN:
 - Borram excessivamente as regiões da imagem onde o ruído era mais baixo;
 - Não filtram corretamente as regiões onde o ruído era mais alto.

Filtragem do ruído quântico



Filtragem do ruído quântico

IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. PAMI-7, NO. 2, MARCH 1985

165

Adaptive Noise Smoothing Filter for Images with

Proceedings of 2010 IEEE 17th International Conference on Image Processing

September 26-29, 2010, Hong Kong

D

POISSON NL M

Signal Processing 90 (2010) 415–427

Charles-Alban De

Institut Telecom
CNI
Pari:



Contents lists available at ScienceDirect

Signal Processing

journal homepage: www.elsevier.com/locate/sigpro



1010

IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS, VOL. 20, NO. 11, NOVEMBER 2013

Fast inter

Florian Luis

^a Biomedical Imaging
^b Department of Elec

A

Signal Processing 144 (2018) 68–76



Contents lists available at ScienceDirect

Signal Processing

journal homepage: www.elsevier.com/locate/sigpro



Poisson Wiener filtering with non-local weighted parameter estimation using stochastic distances

André A. Bindilatti^{a,*}, Marcelo A.C. Vieira^b, Nelson D.A. Mascarenhas^{a,c}

^a Computing Department, Federal University of São Carlos, São Paulo, Brazil

^b Department of Electrical and Computing Engineering, University of São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brazil

^c Faculdade Campo Limpo Paulista, Campo Limpo Paulista, São Paulo, Brazil



Estabilização de variância

- Transformada de Anscombe;
- Converte uma distribuição Poisson em uma distribuição aproximadamente Gaussiana, com média zero e variância unitária;
- Torna a variância do ruído constante independente do valor do pixel.



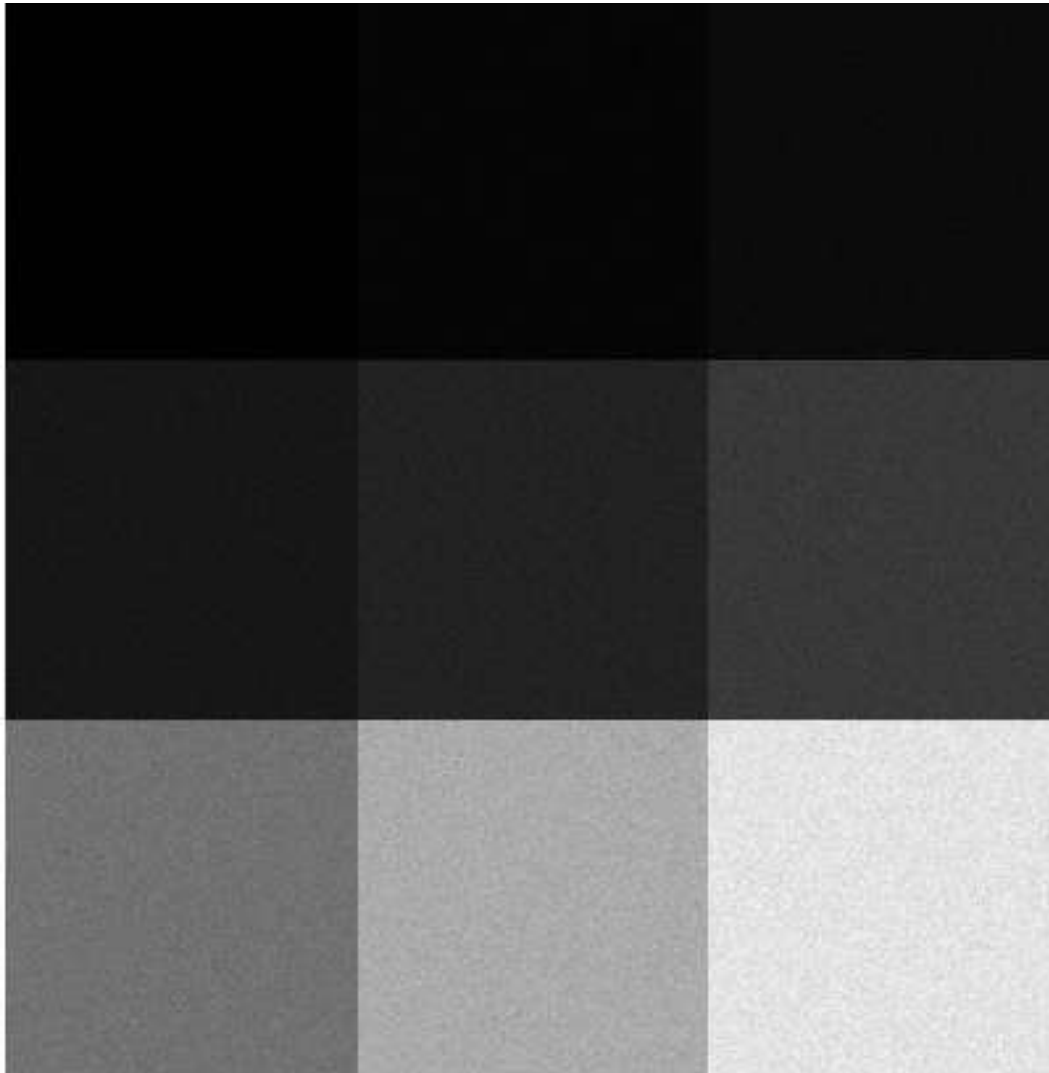
$$f(z) = 2\sqrt{z + \frac{3}{8}}$$

Dependência do sinal

Imagem sem ruído

10	25	50
100	150	250
500	750	1000

Imagem com ruído Quântico



Ruído Quântico

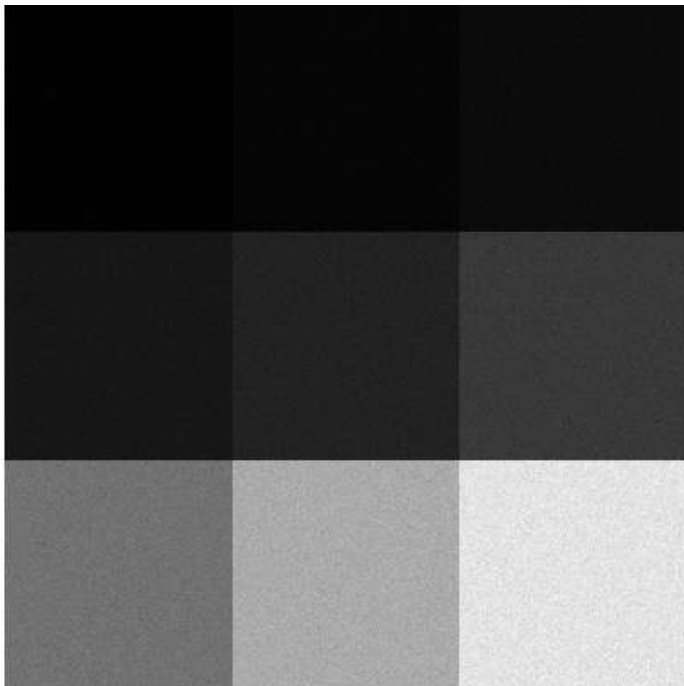


Imagem ruidosa

−

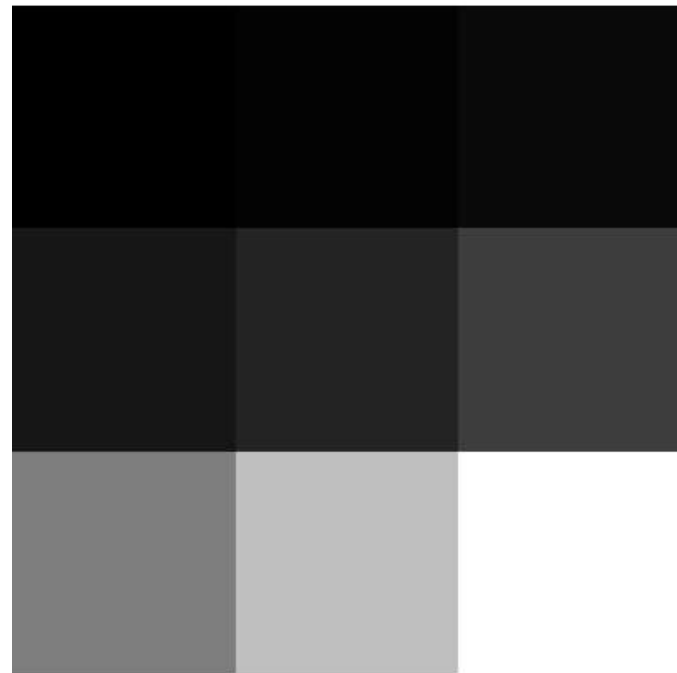
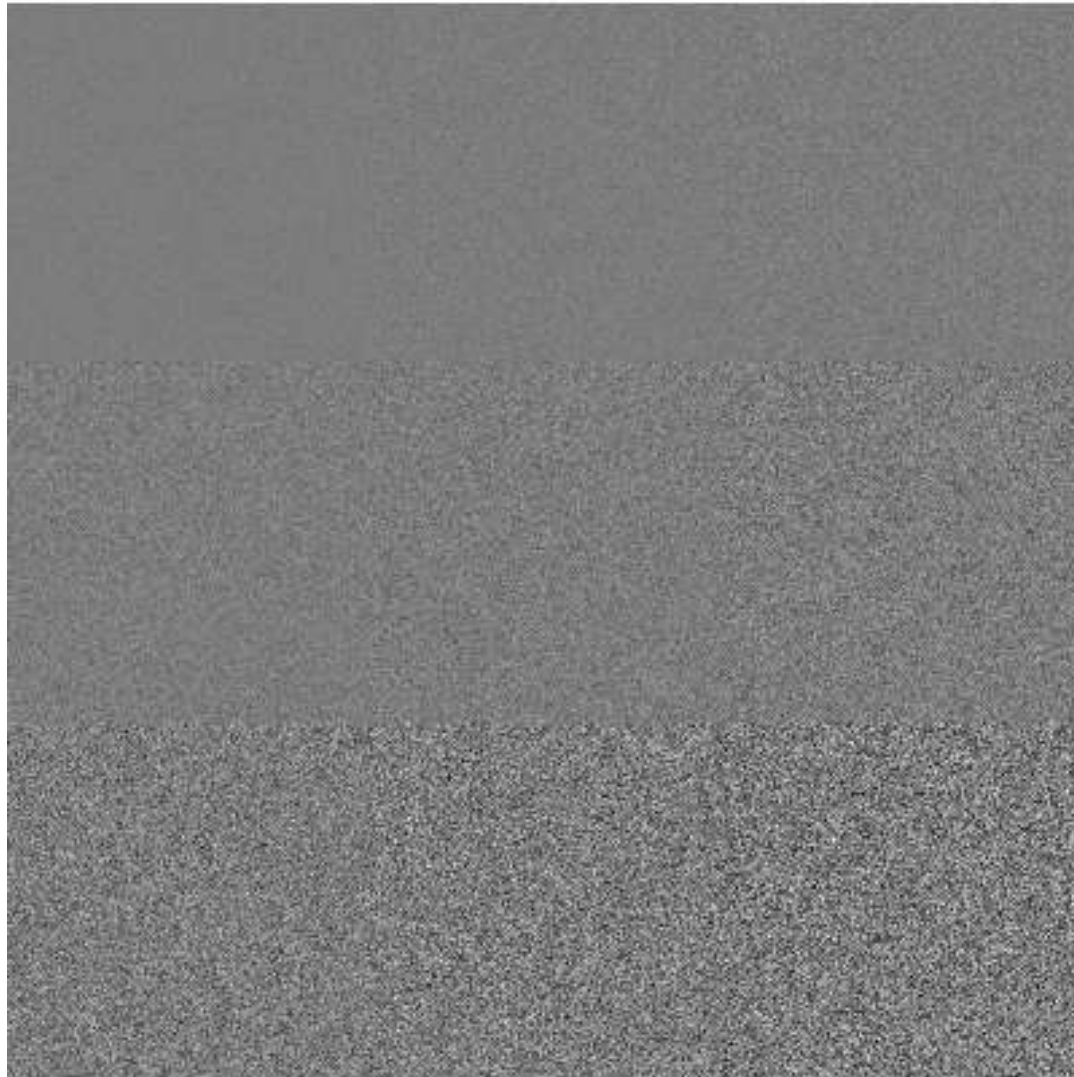


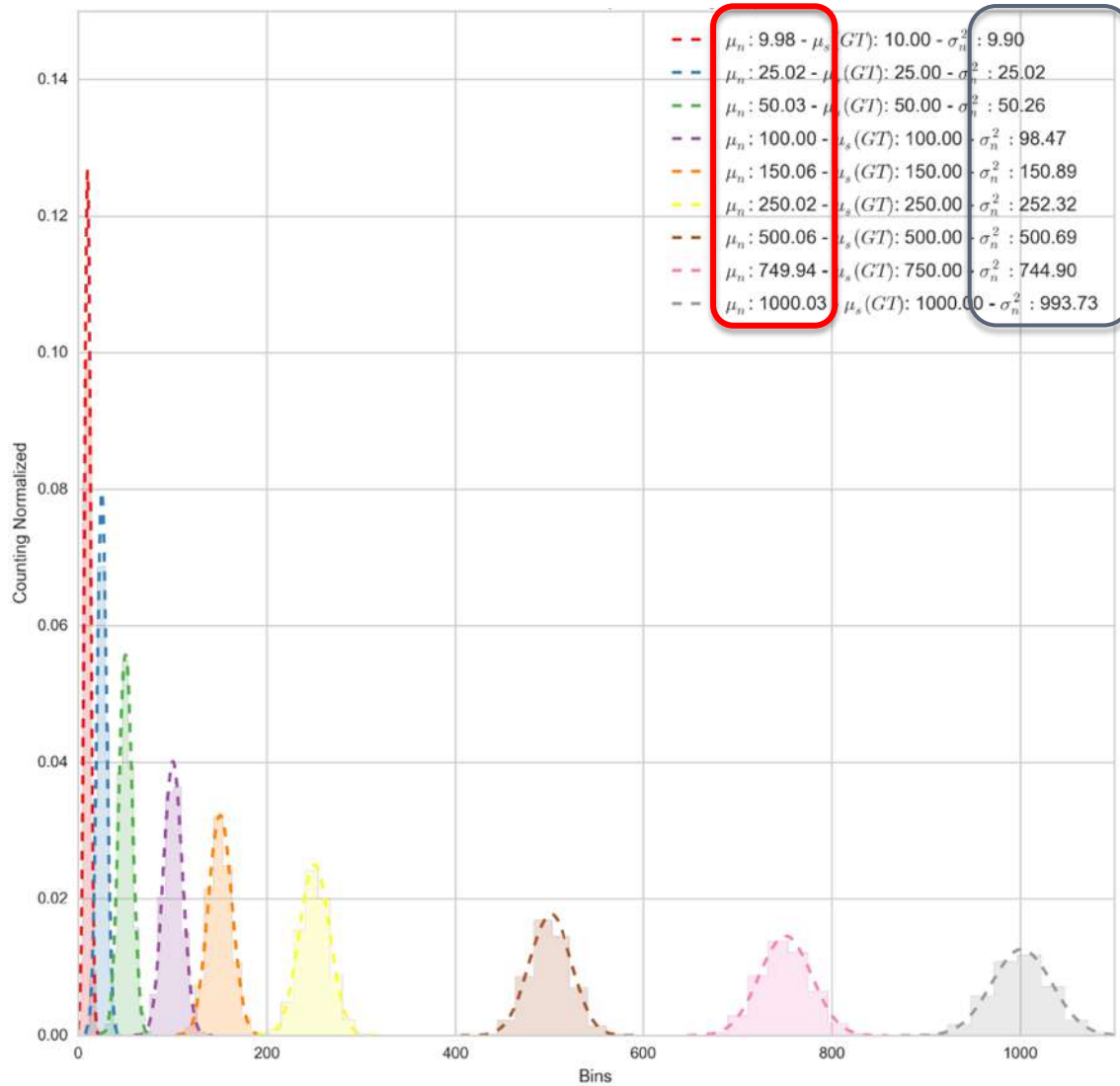
Imagem sem ruído

=

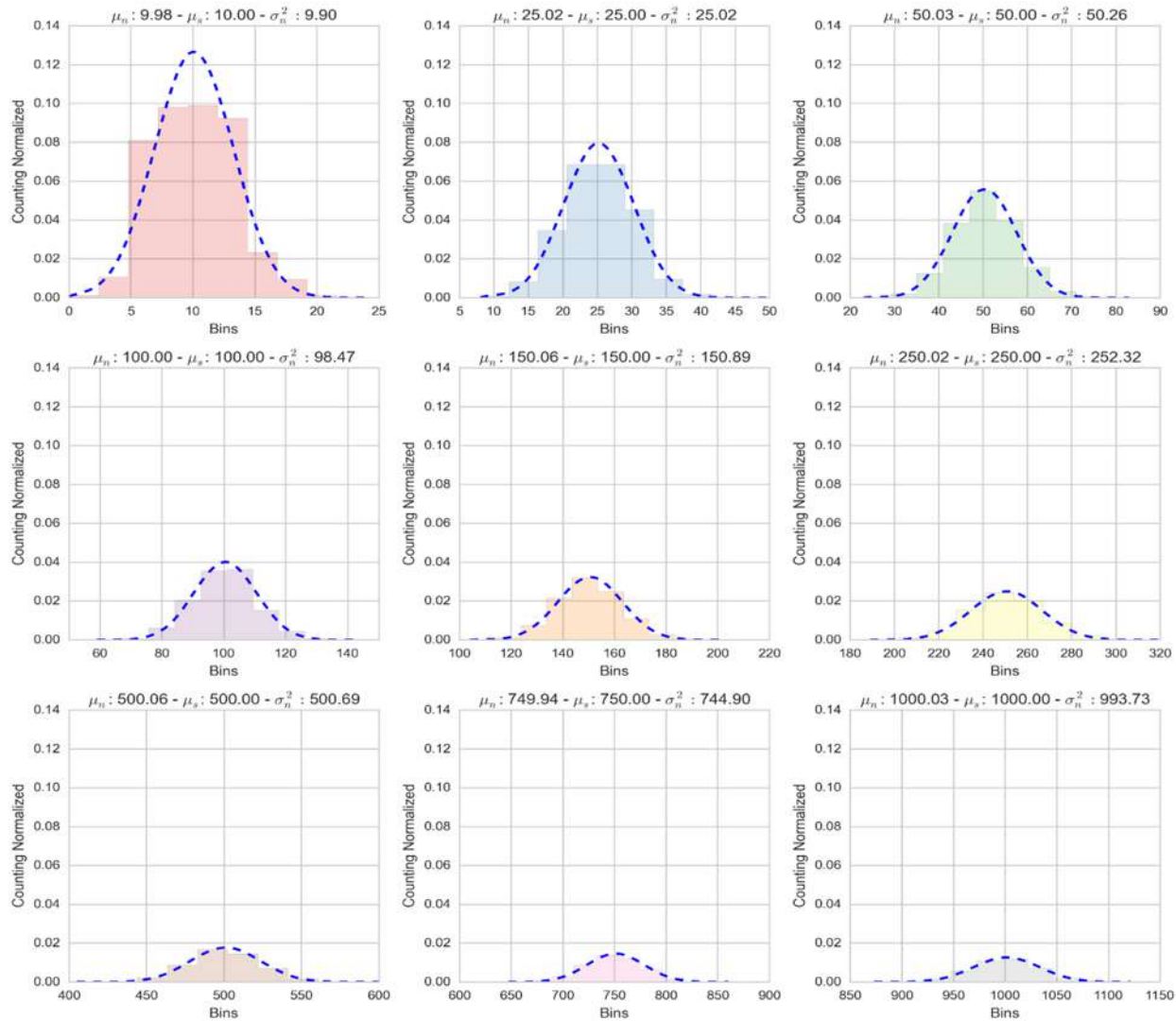
Ruído Quântico



Histograma

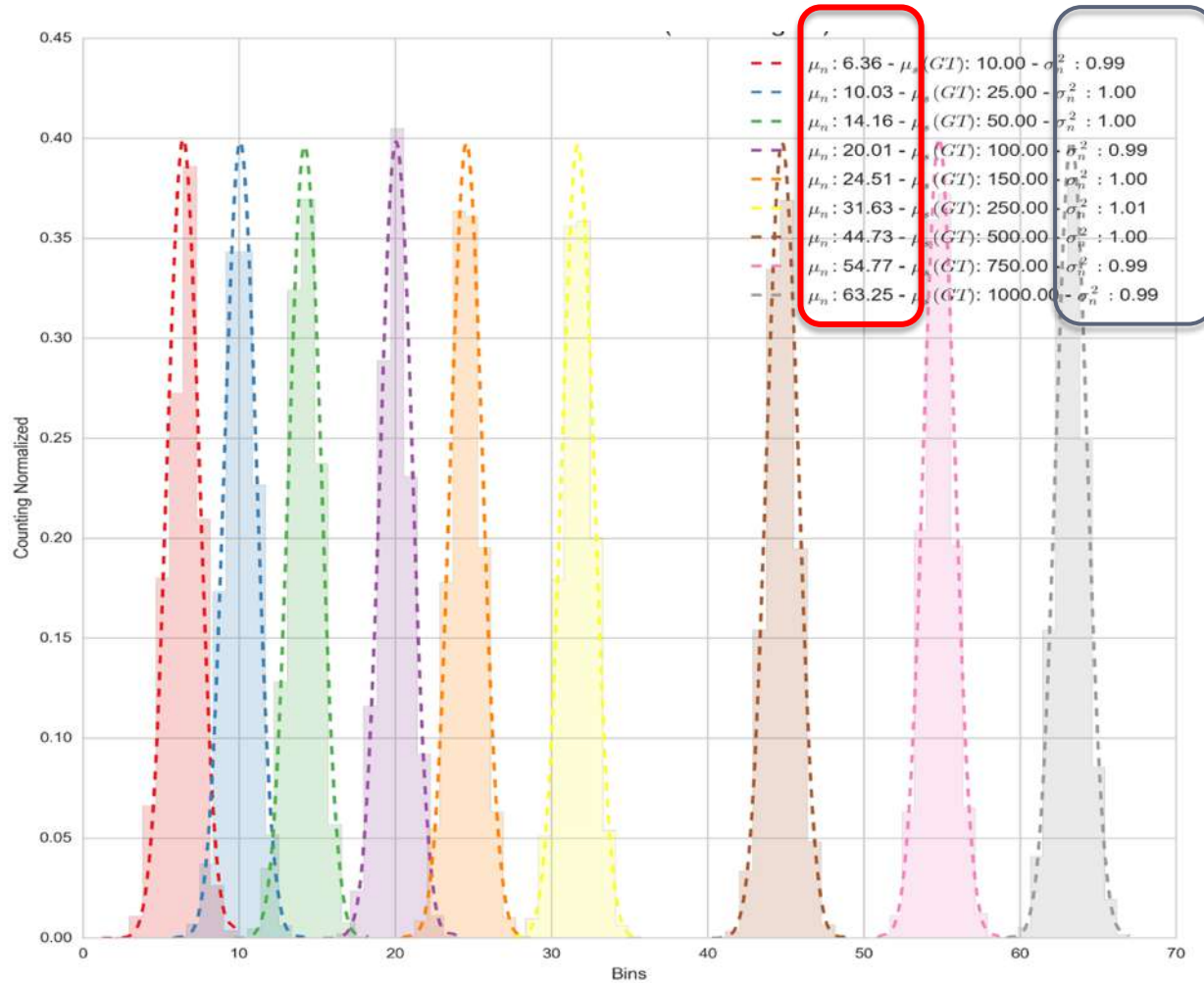


Histograma

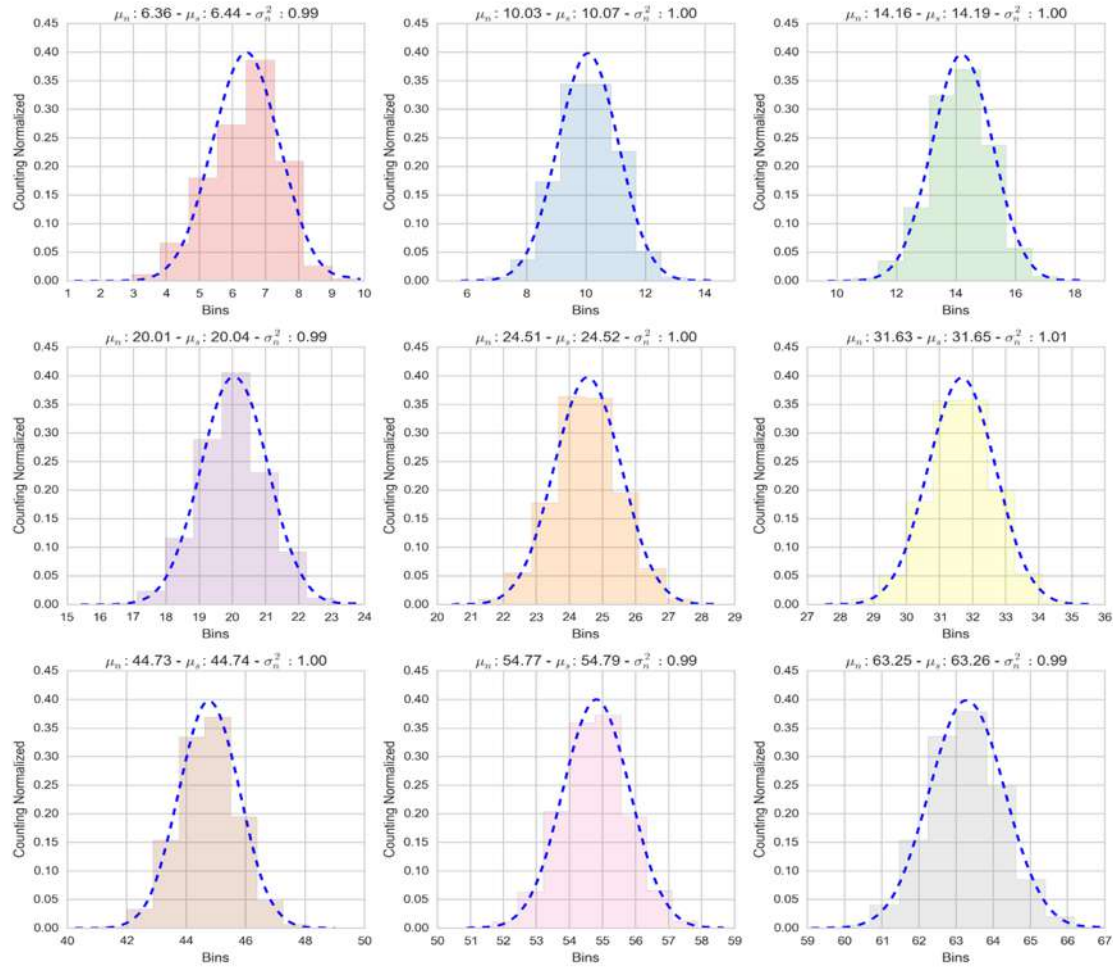


Após a Estabilização da Variância

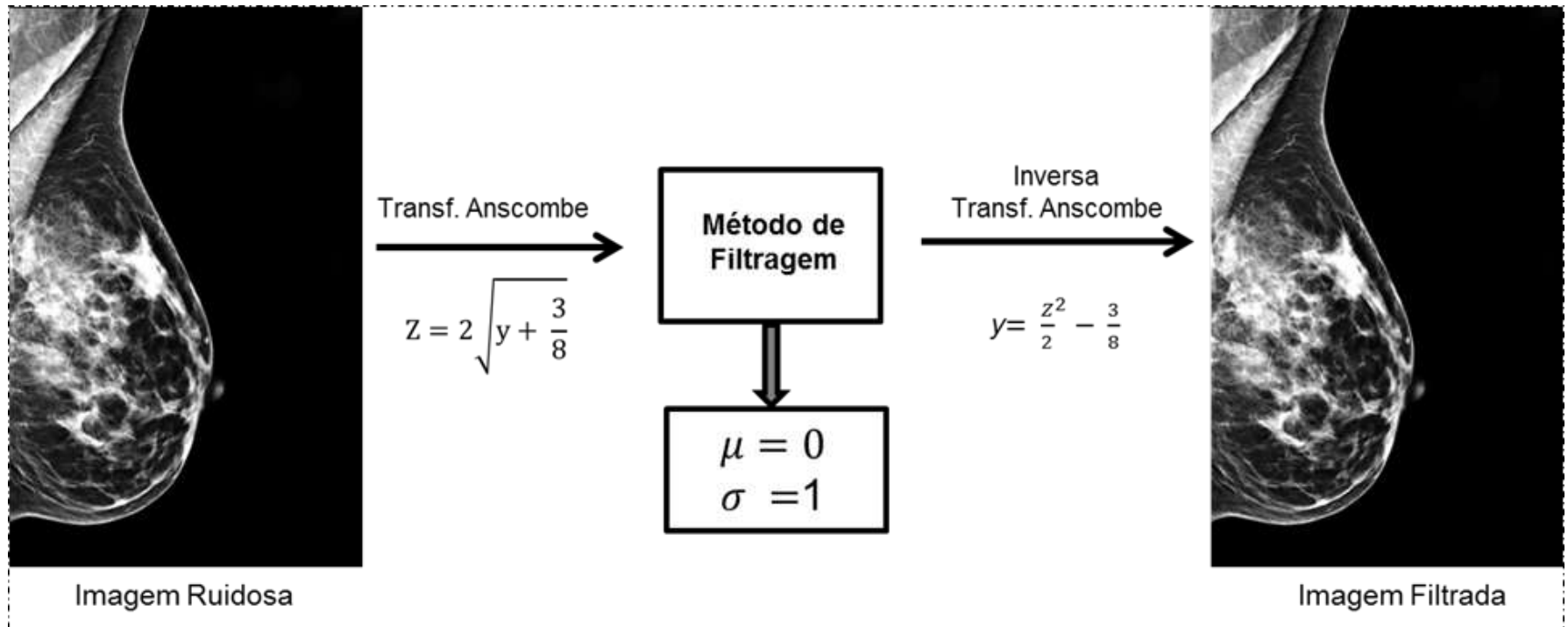
Histograma



Histograma



Transformada de Anscombe



É possível utilizar técnicas de filtragem de ruído AWGN para a filtragem do ruído quântico

Resumo da aula

- Restauração de imagens é um processo objetivo;
- O modelo de degradação utilizado é fundamental para o sucesso da restauração;
- Os parâmetros de degradação devem ser estimados:
 - Função de degradação e o ruído;
- A restauração de imagens degradadas apenas pelo ruído não é uma tarefa trivial;
- Em geral, os métodos de filtragem de ruído “borram” a imagem degradada, pois removem informações do sinal.

Resumo da aula

- Os métodos não-locais são mais eficientes pois preservam melhor os detalhes nas imagens;
- Imagens corrompidas pelo ruído quântico devem ser restauradas por métodos específicos:
 - O uso do modelo AWGN não é adequado;
- O uso da transformada de Anscombe é uma alternativa eficaz e de baixo custo computacional para filtragem do ruído quântico.

FIM