



Parametros físicos para a caracterização de imagens:
PSF, LSF, ESF, MTF, SNR, CNR e DQE

Renato Dimenstein

Disclosure

Declaro não ter conflitos de interesse nesta apresentação

Parametros físicos para a caracterização de imagens

Resolução espacial

Contraste

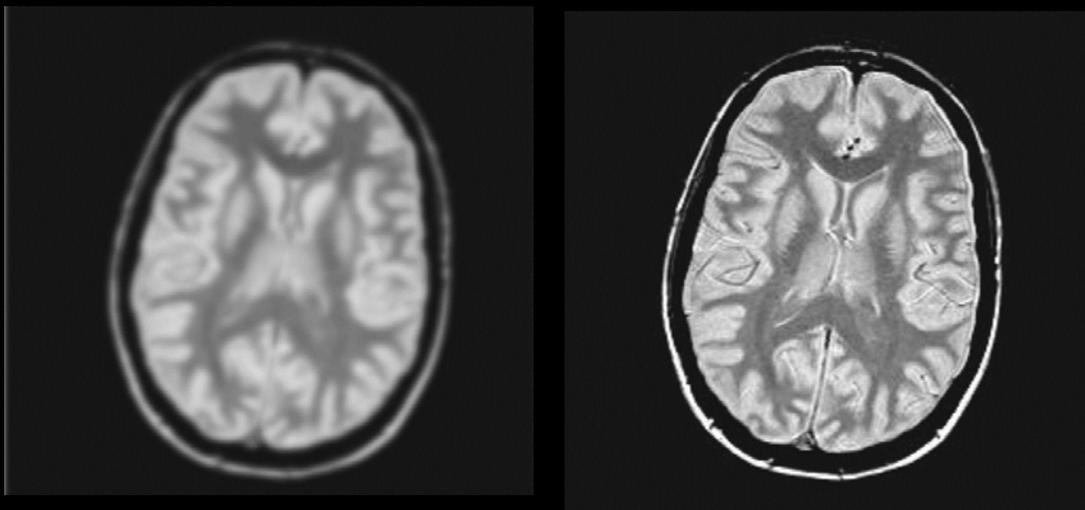
PSF, LSF, ESF, MTF, CNR, SNR e DQE



David Graff – Image Quality of Gama Camera

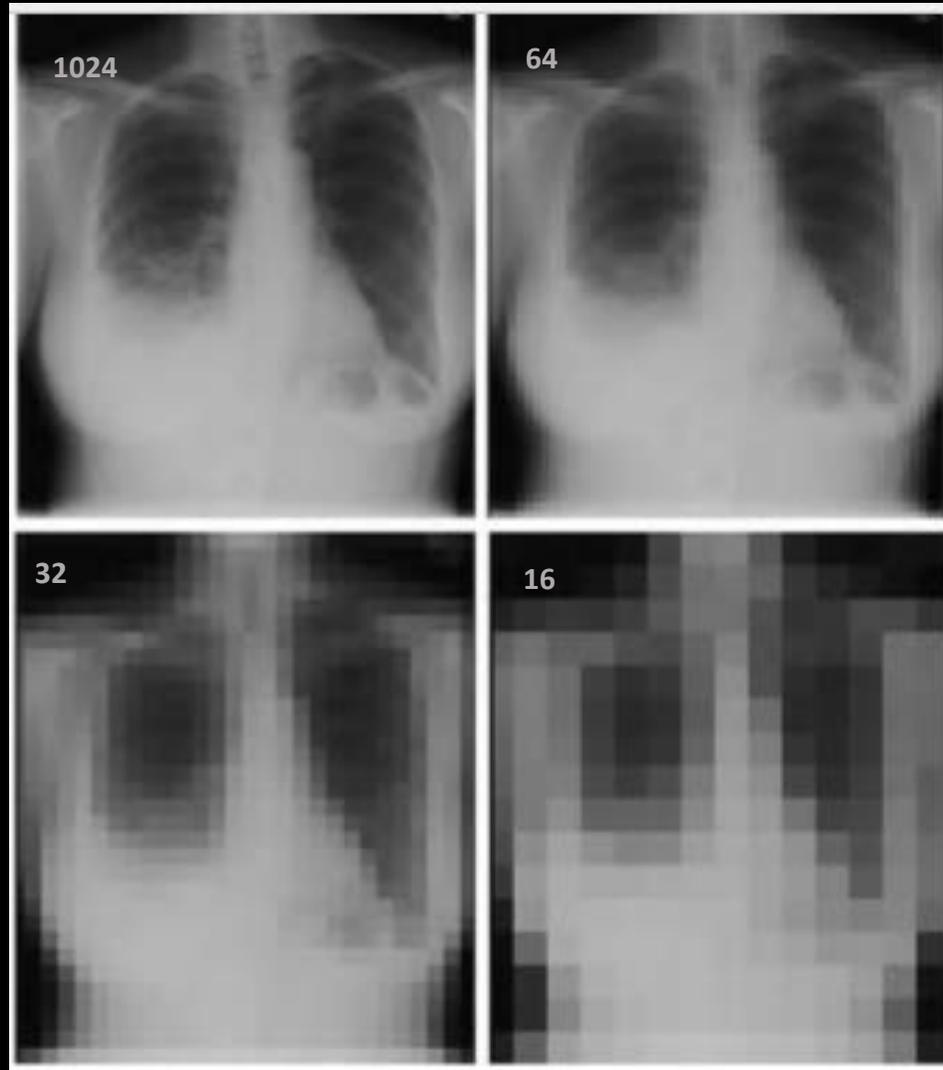
Resolução espacial

- Descreve o nível de detalhes que podemos visualizar na imagem;
- Refere-se quão pequeno um objeto pode ser visto;



Modalidade	Resolução (mm)
RM	1.0
US	0.3
PET	5
DIG RX	0.17
TC	0.3
MAMO	0.05-0.10

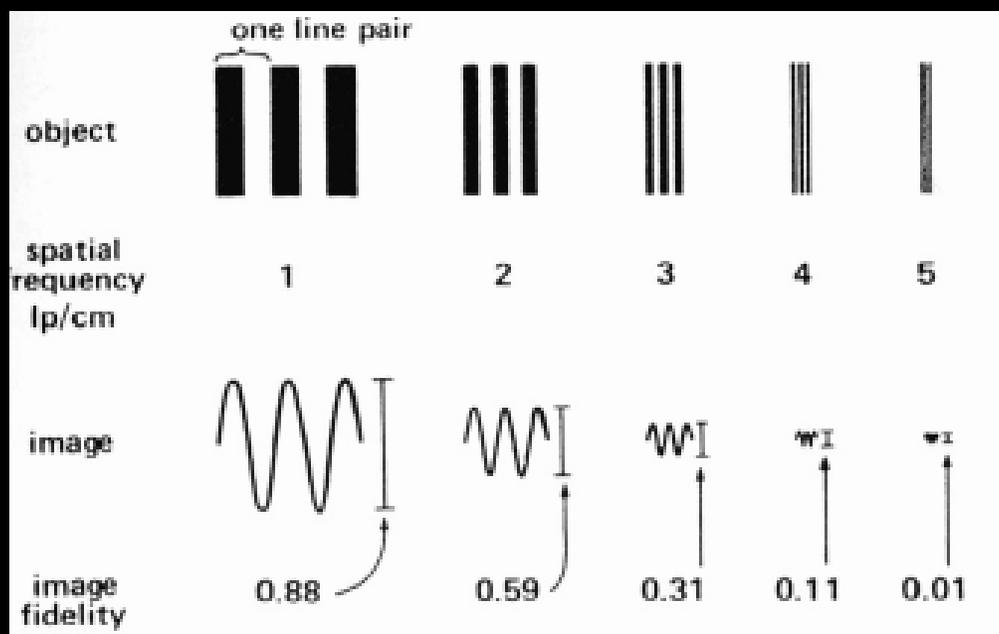
Resolução espacial



borramento



Limite de Resolução Espacial

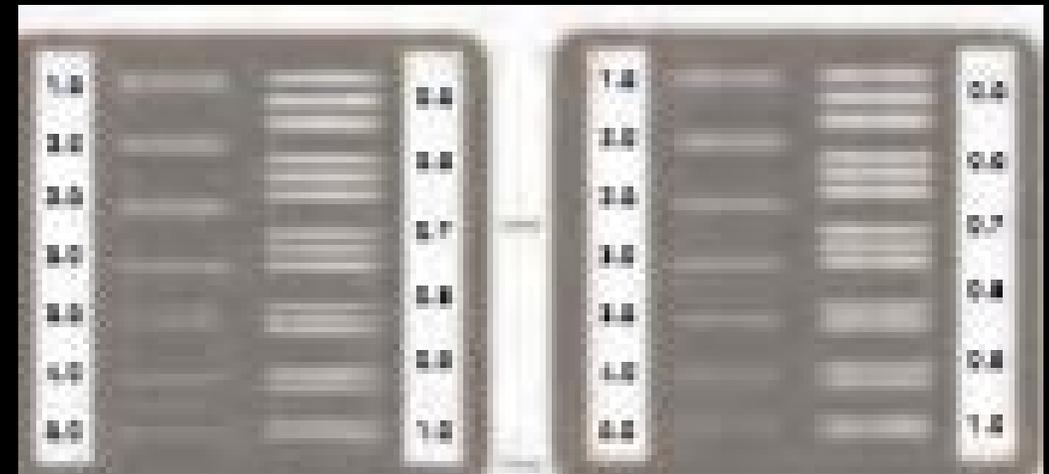
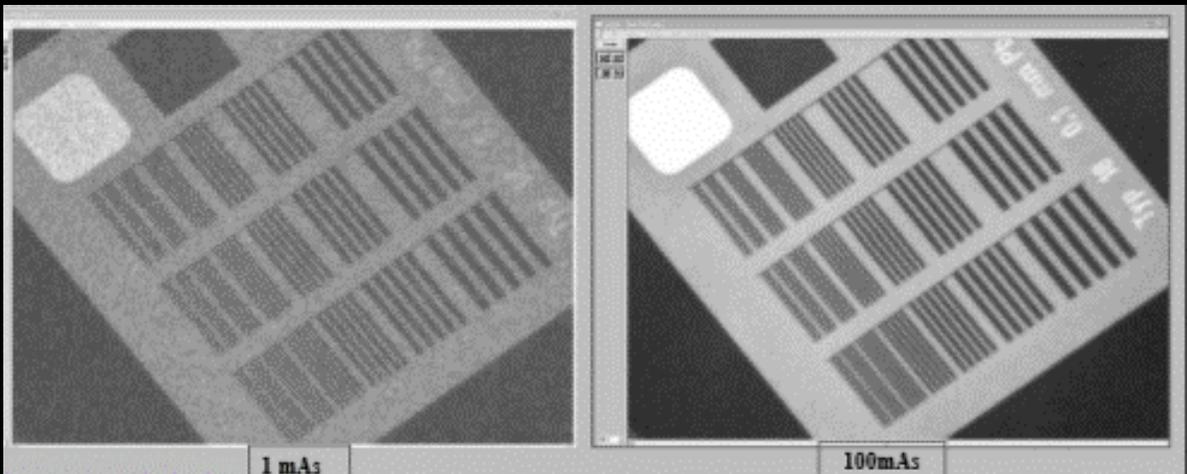


simulador de pares de linha/mm mamografia

Fonte: Walter Huda: review of Radiologic Physics

Limite de Resolução Espacial

- É menor tamanho de objeto que o sistema de imagem consegue resolver;

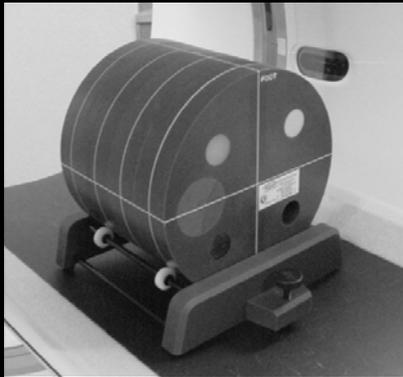


Flat Panel

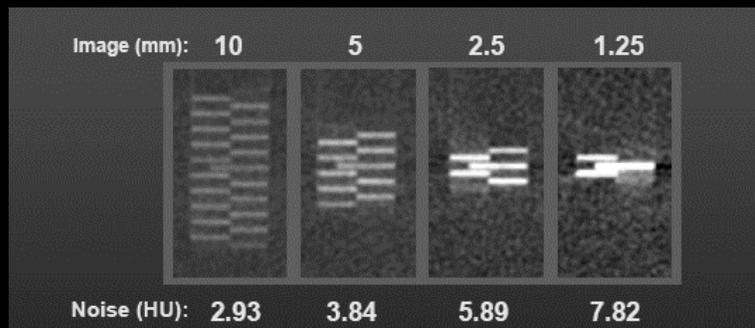
Intesificador de imagem

Limite de Resolução TC

Phantom ACR

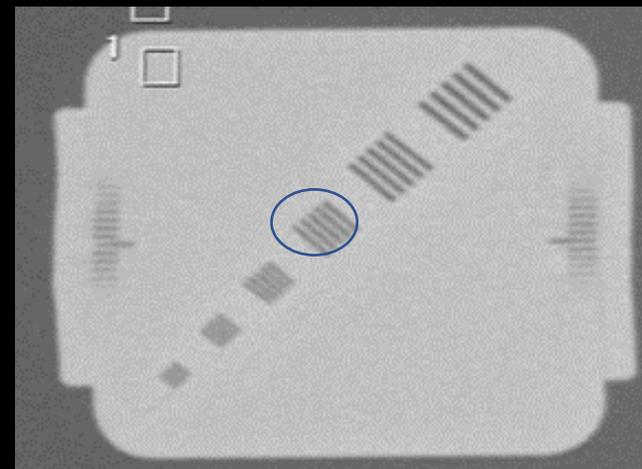


Espessura de Corte



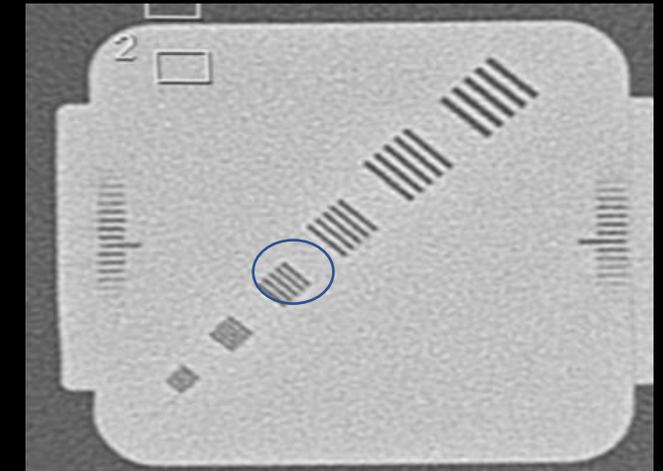
AAPM summer course 2012 –Denver Colorado

Resolução Espacial



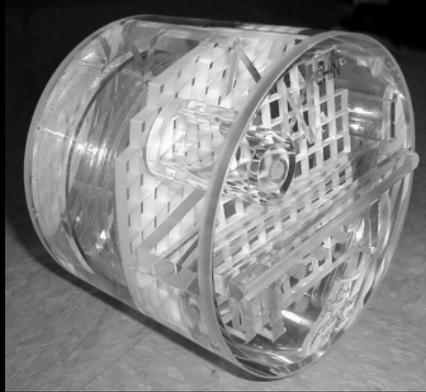
Filtro abdome

Phantom GE

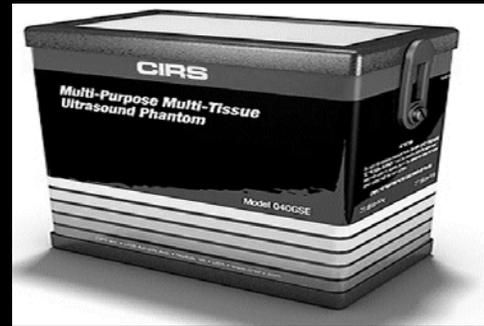
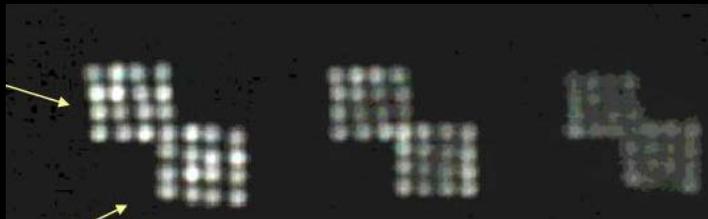


Filtro de Osso

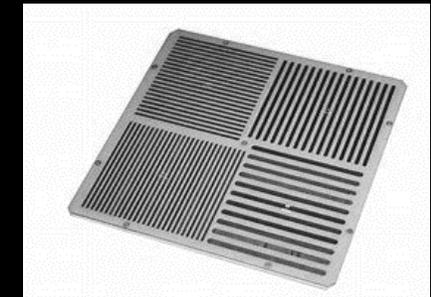
Limite de Resolução Espacial



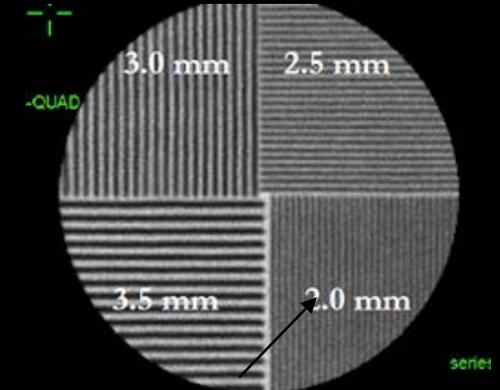
RM Phantom



US Phantom



Bar Phantom MN

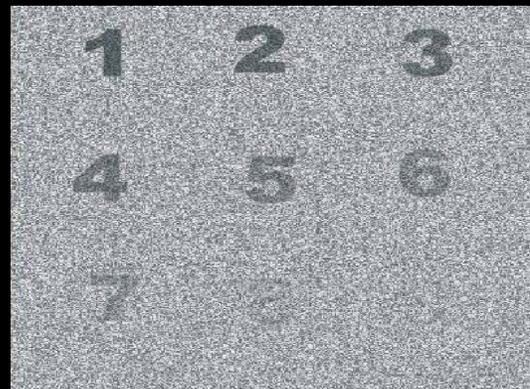


Contraste

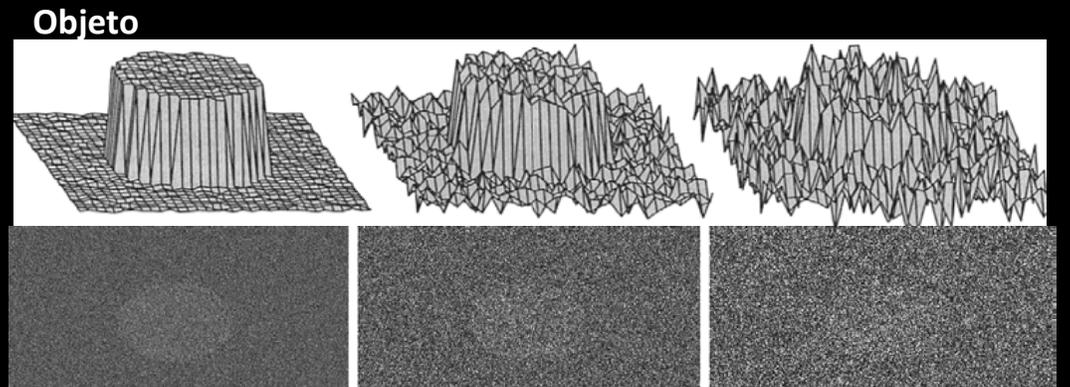
É a habilidade do sistema em detectar sutis mudanças na escala de cinzas na presença do ruído da imagem



Baixo ruído



Elevado ruído

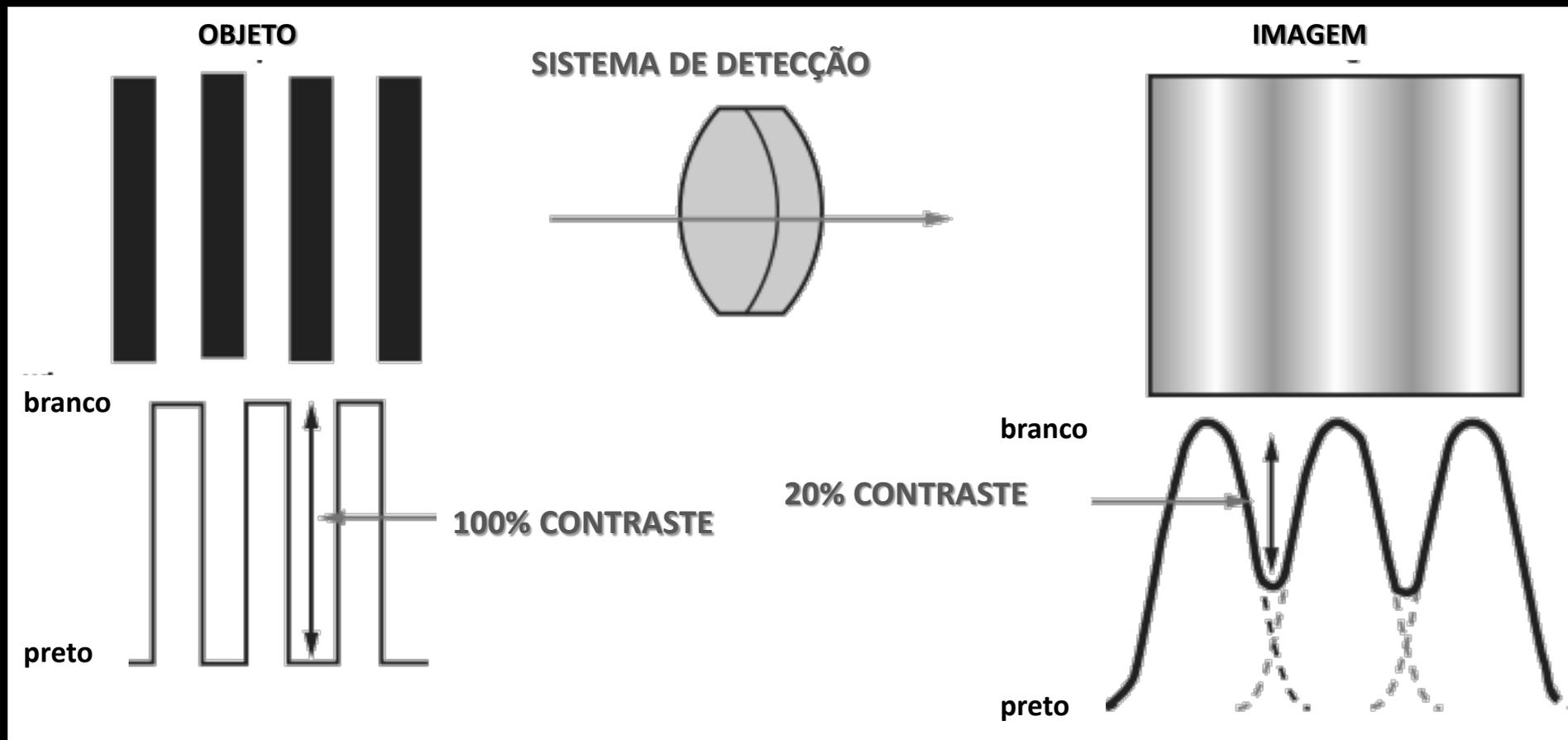


BAIXO RUIDO

MODERADO

ELEVADO

Contraste



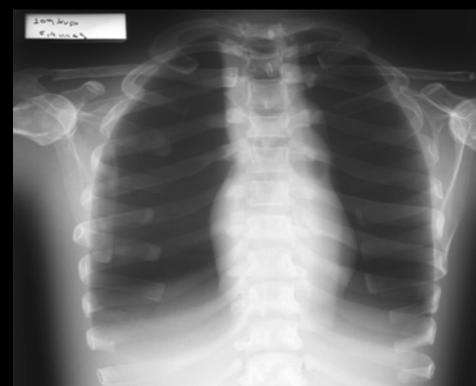
Influência kVp no contraste



Phantom Tórax



73 kVp 6,4 mAs



109 kVp 6,4 mAs



**109 kVp 6,4 mAs
Sem grade antidifusora**

Influência do mAs contraste

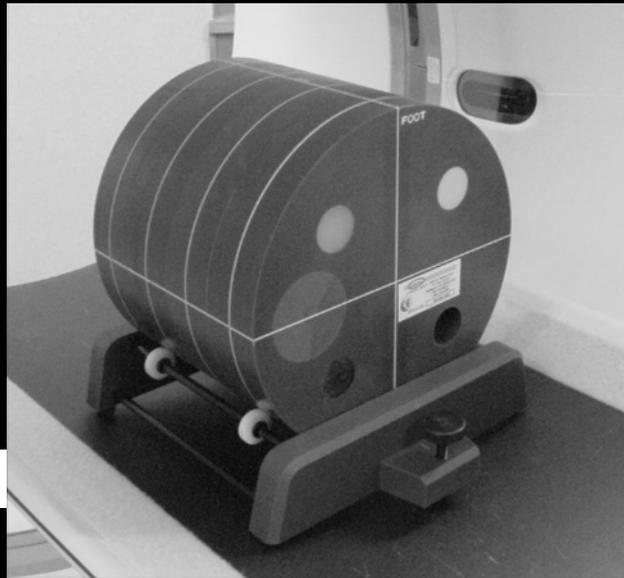


BAIXO RUÍDO (elevado mAs)

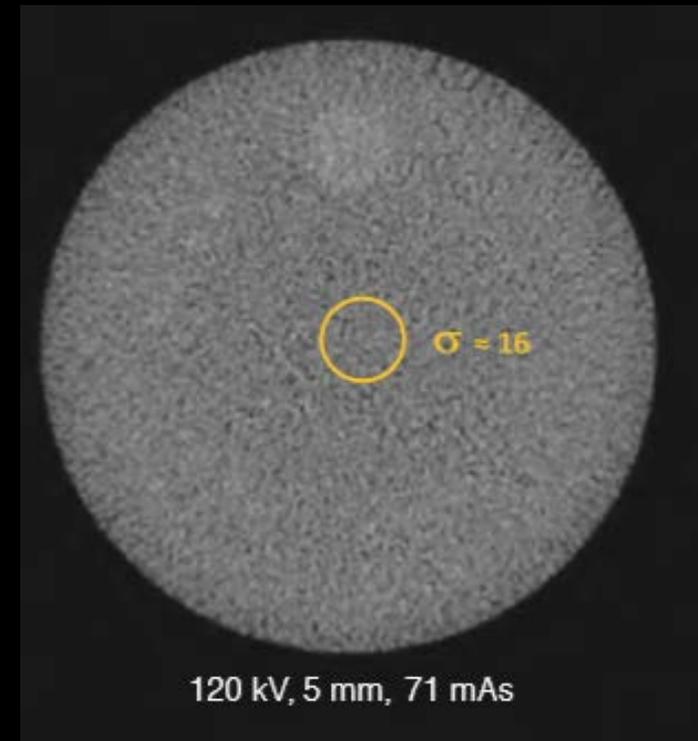
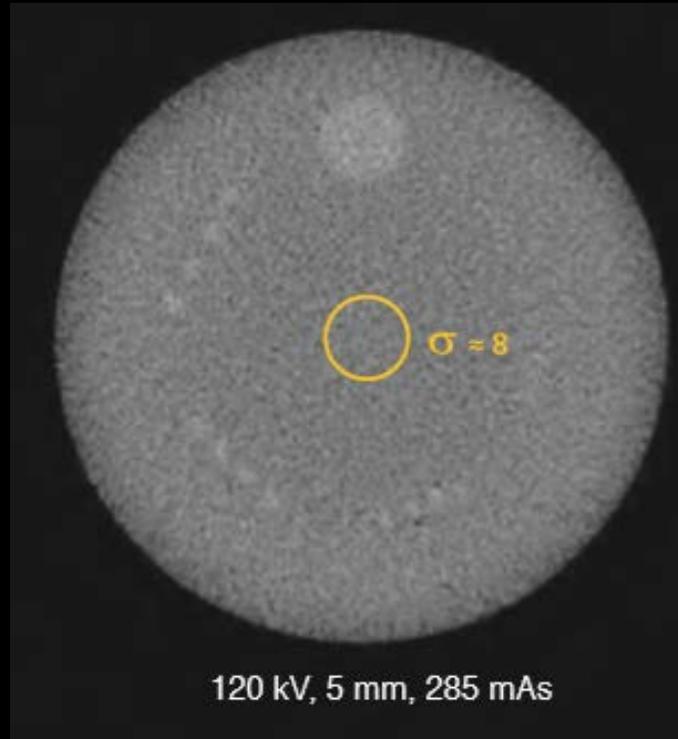


ELEVADO RUÍDO (reduzido mAs)

Influência mAs baixo contraste

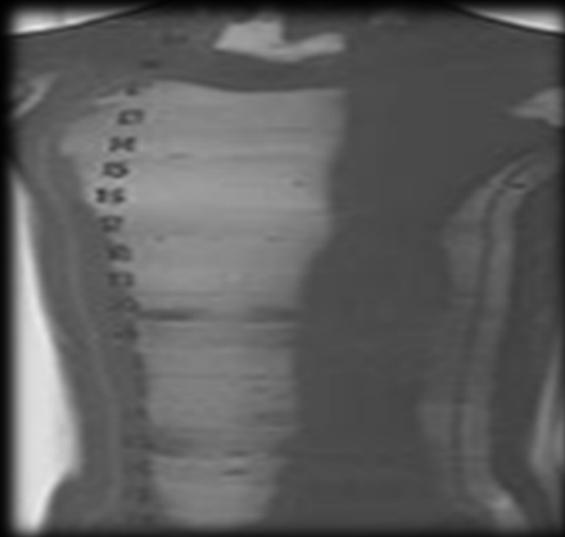


Simulador de TC



$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (HU_i - \overline{HU})^2}{N-1}}$$

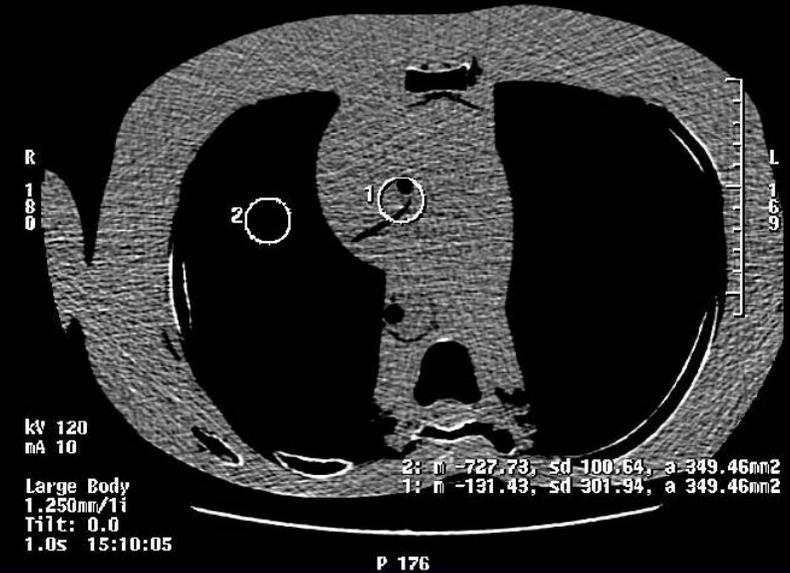
Influência mAs alto contraste



Phantom Tórax



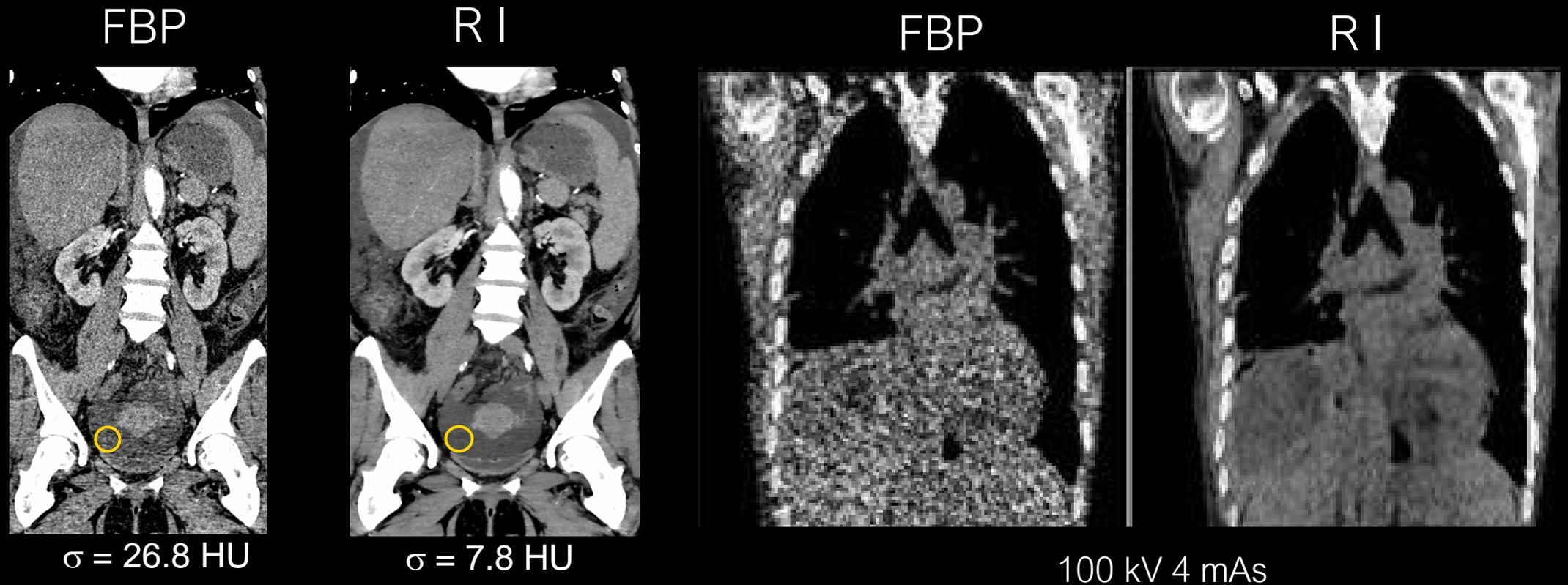
250 mAs S.D = 67



10 mAs S.D = 301,9

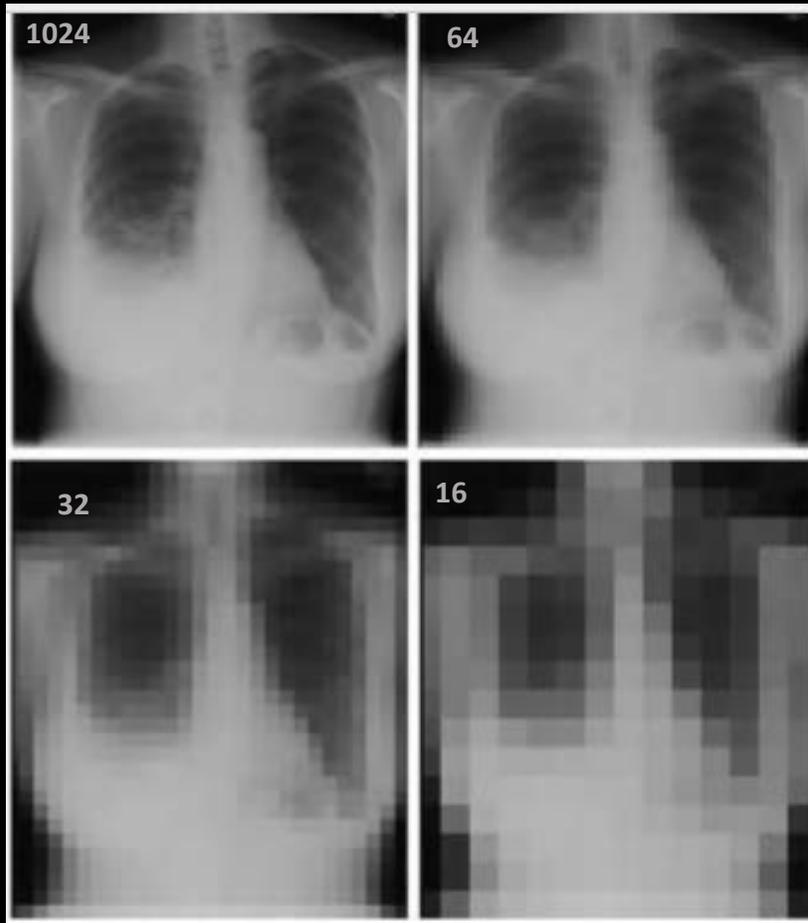
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (HU_i - \overline{HU})^2}{N-1}}$$

Influência do algoritmo reconstrução



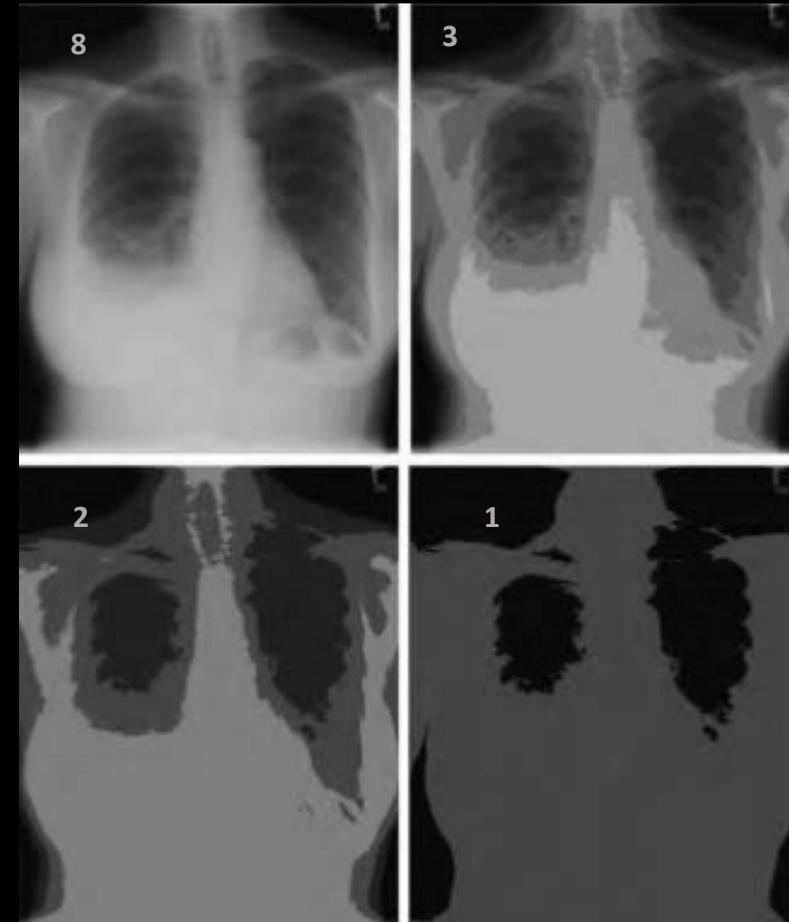
Resolução

Tamanho do pixel



contraste

Bit/pixel

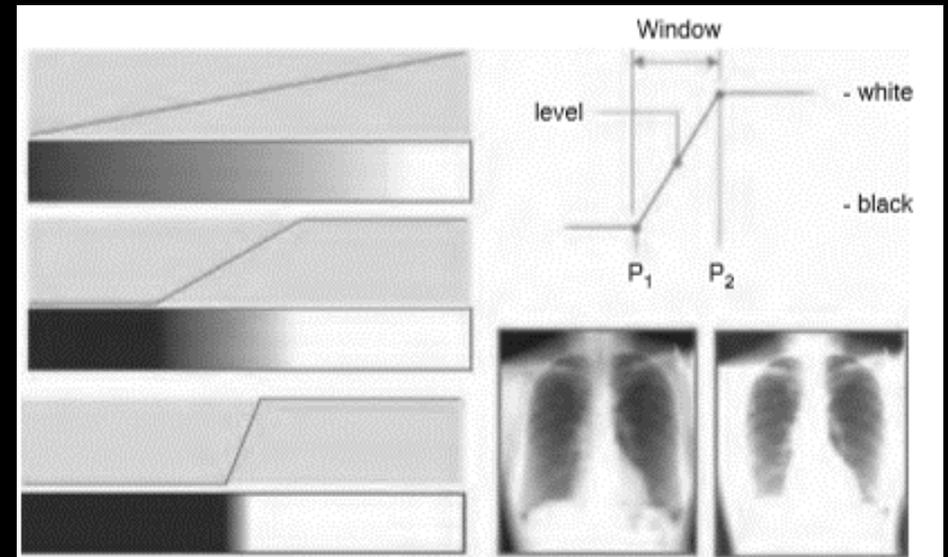


Influência display no contraste

Imagens de 10 a 14 bits

1024 a 16384 níveis de cinza

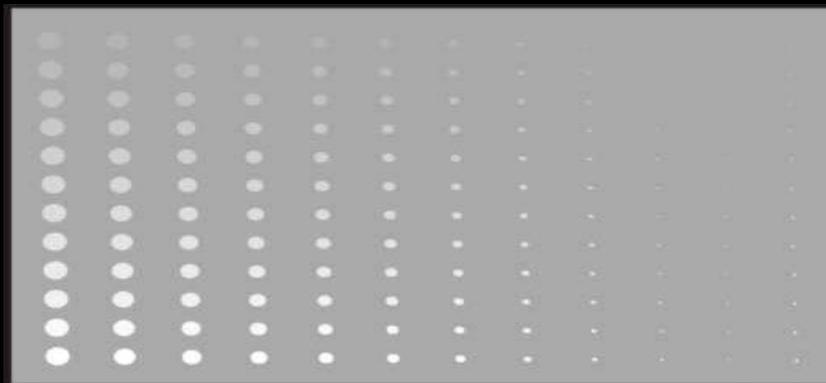
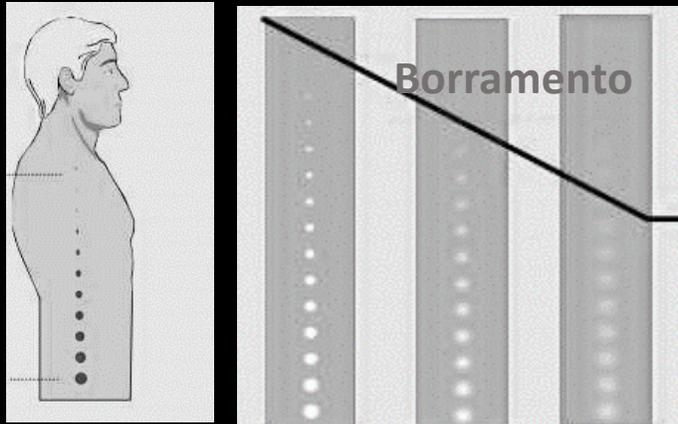
Monitor 8 a 10 bit (256 a 1,024 tons de cinza)



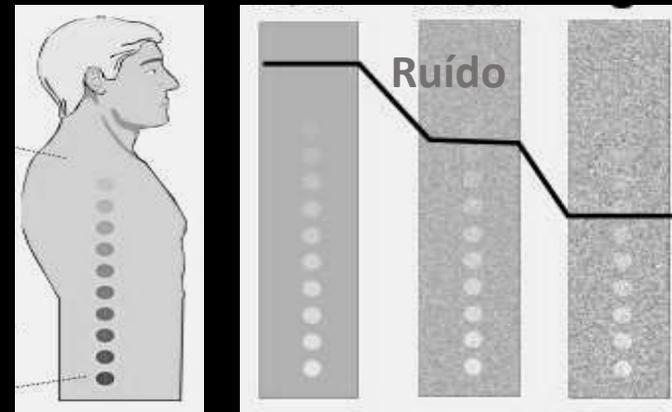
A conversão look-up table (LUT)

Resolução de Contraste

Resolução



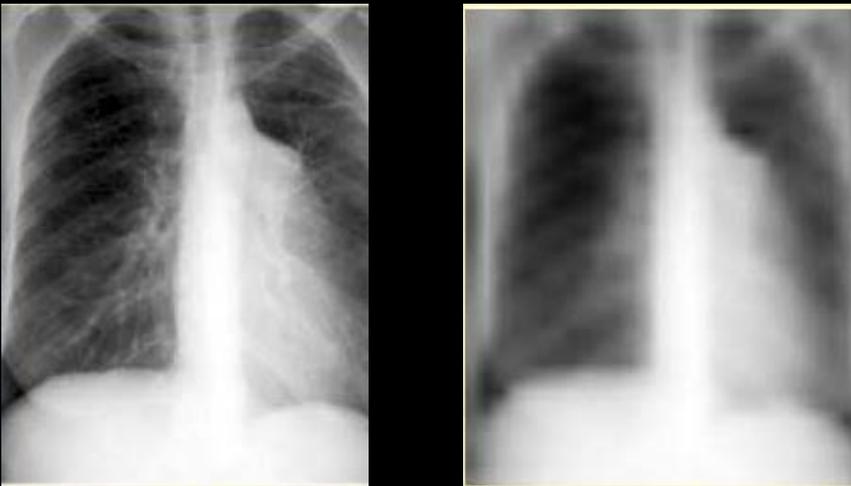
Contraste



Resolução espacial

Contraste

Tamanho do pixel

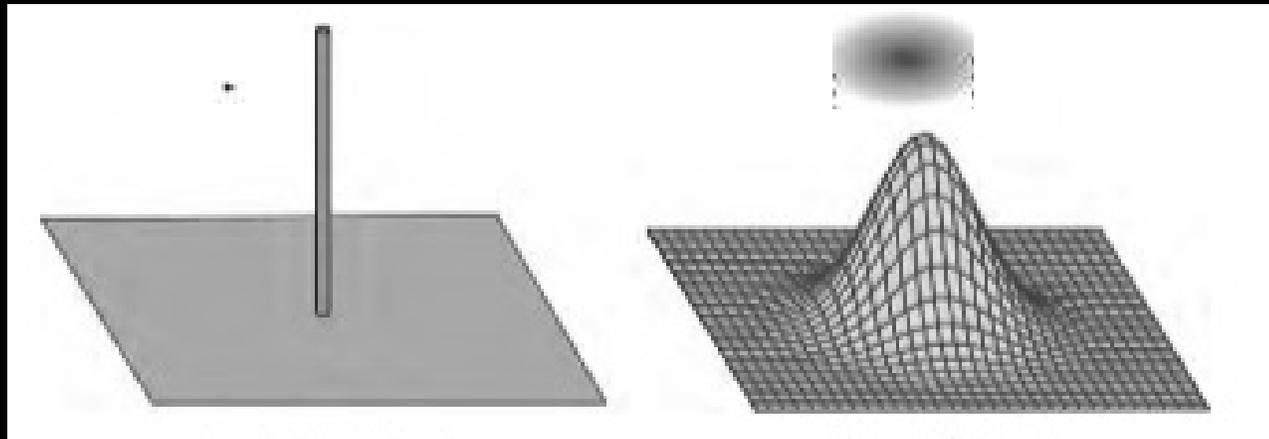


Presença de ruído



Parametros físicos para a caracterização de imagens

Point Spread Function (PSF)



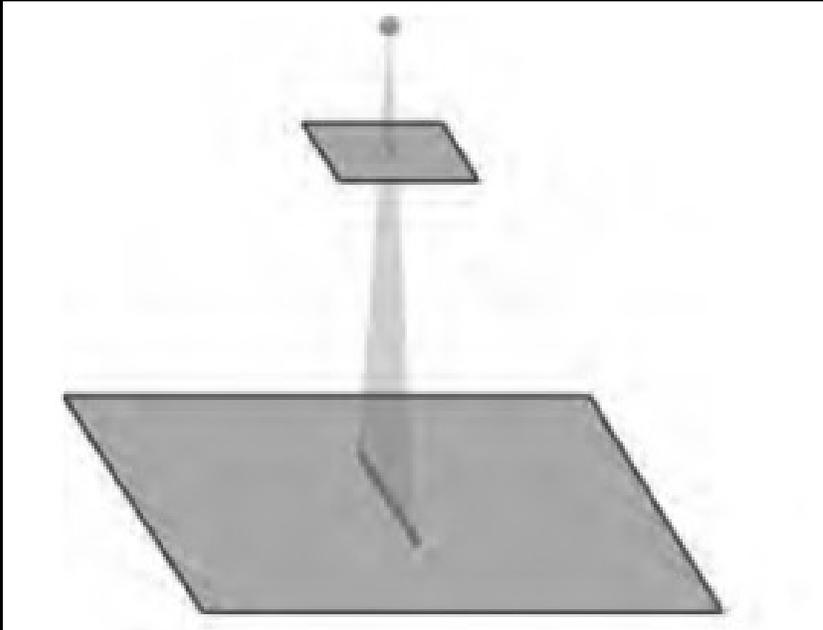
Sinal de entrada Puntiforme

Sinal de Saida PSF (x,y)

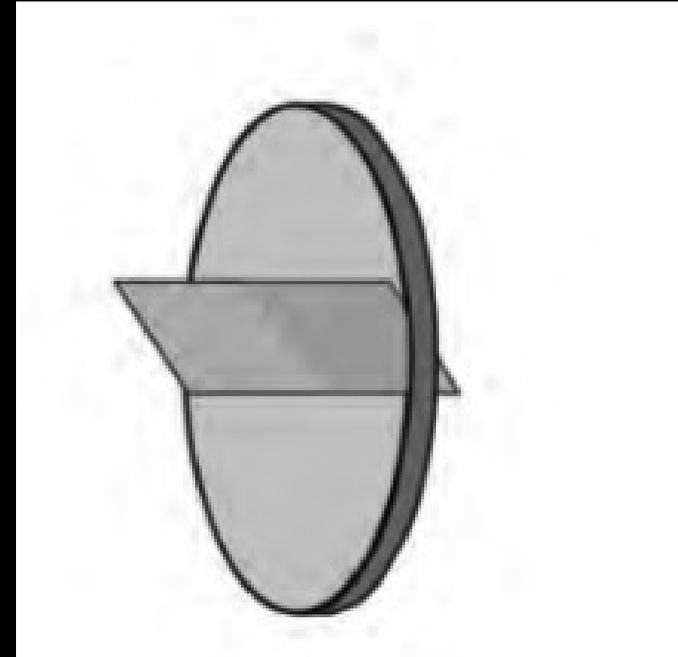
Descreve a extensão do borramento que é introduzido pelo sistema de imagem quando da aquisição
É o impulso de resposta do sistema de imagens para um ponto;

Parâmetros físicos para a caracterização de imagens

Line Spread Function (LSF)



Projeção radiográfica de uma fenda

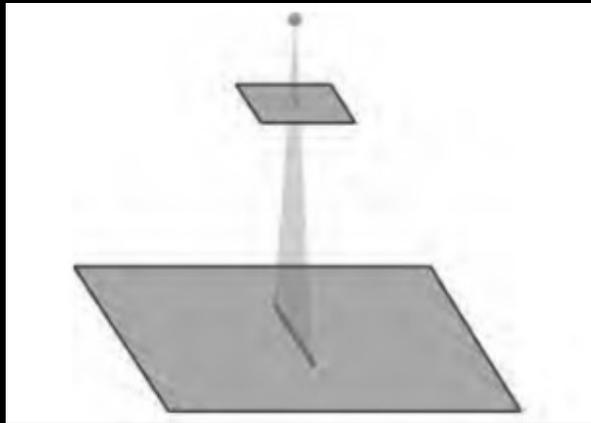


Projeção tomográfica

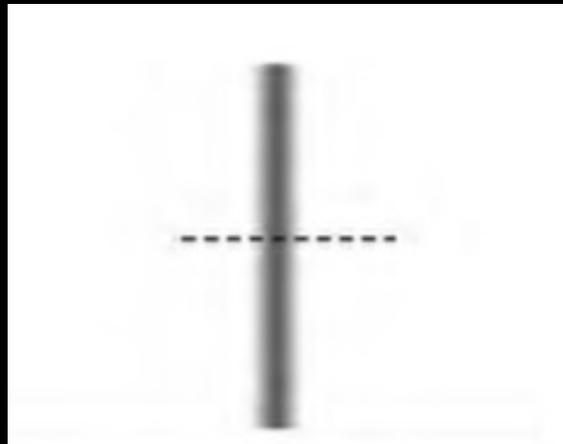
Parametros físicos para a caracterização de imagens

Line Spread Function (LSF)

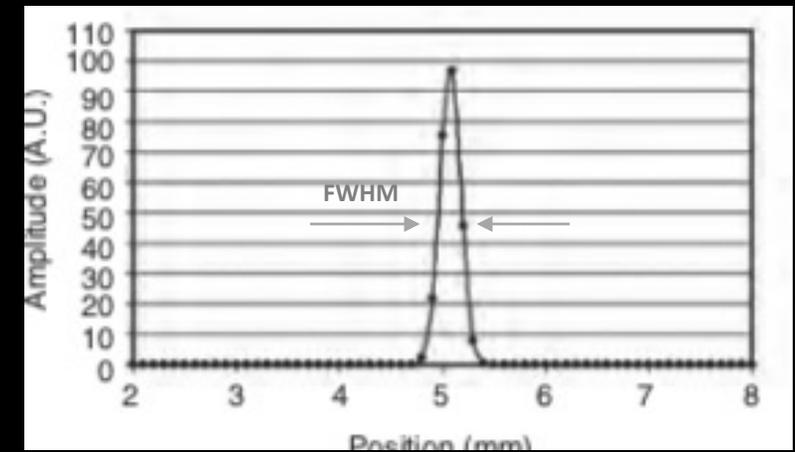
Projeção radiográfica de uma fenda



perfil ortogonal

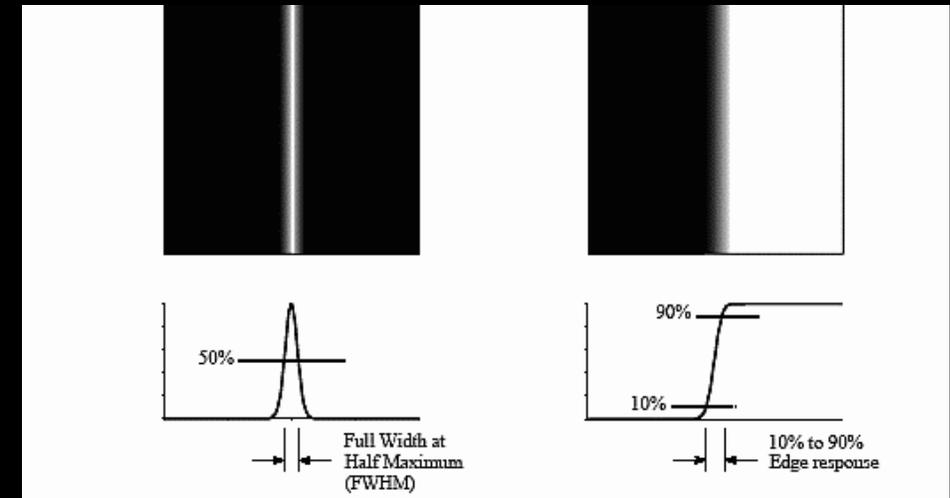
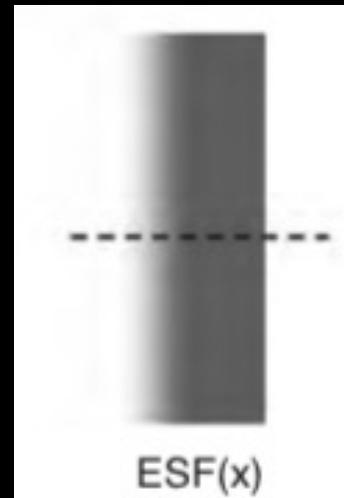
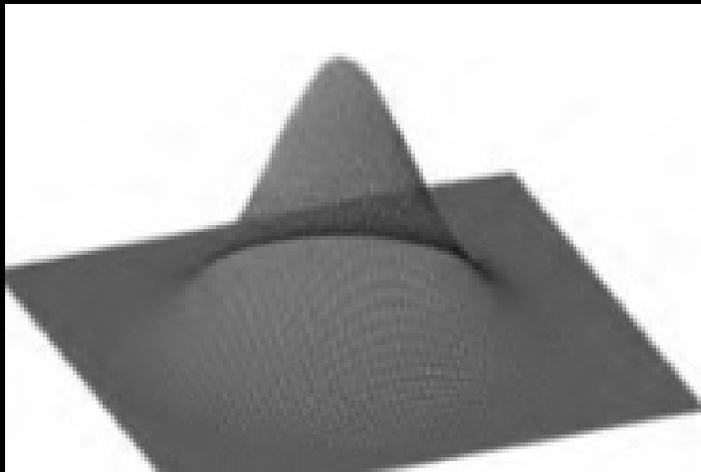


LSF medida através da fenda



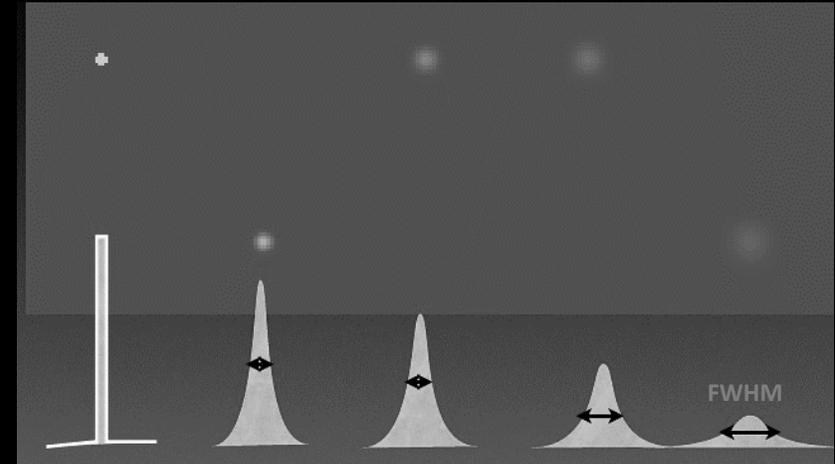
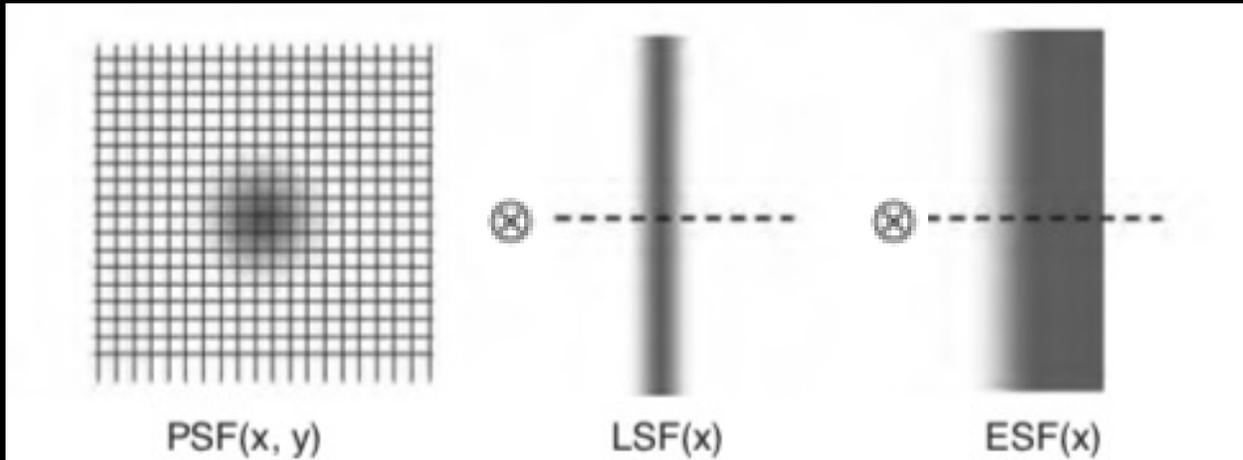
Parametros físicos para a caracterização de imagens

ESF Edge Spread Function



Parametros físicos para a caracterização de imagens

$$LSF(x) = \int_{y=-\infty}^{\infty} PSF(x, y) dy$$



PSF, LFS e ESF são importantes para caracterizar o impacto do borramento da imagem

Parâmetros físicos para a caracterização de imagens

PSF, LFS e ESF descrevem as propriedades dos sistemas no domínio espacial

Processamento de 2D com kernels de convolução

$$G(x) = \int_{-\infty}^{\infty} H(x') k(x - x') dx' = H(x) \otimes k(x)$$



ORIGINAL



SUAVIZAÇÃO

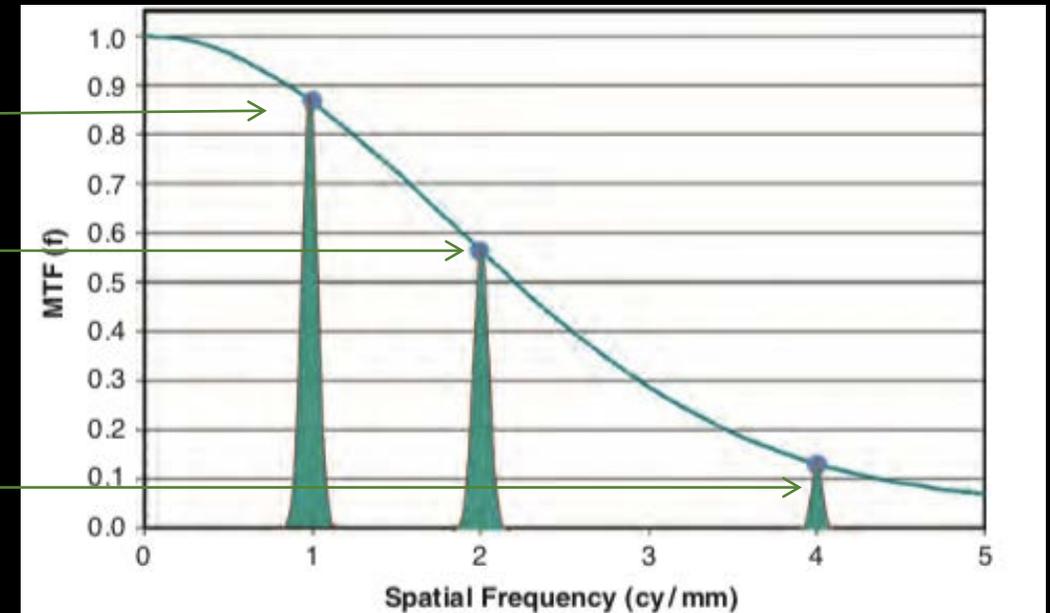
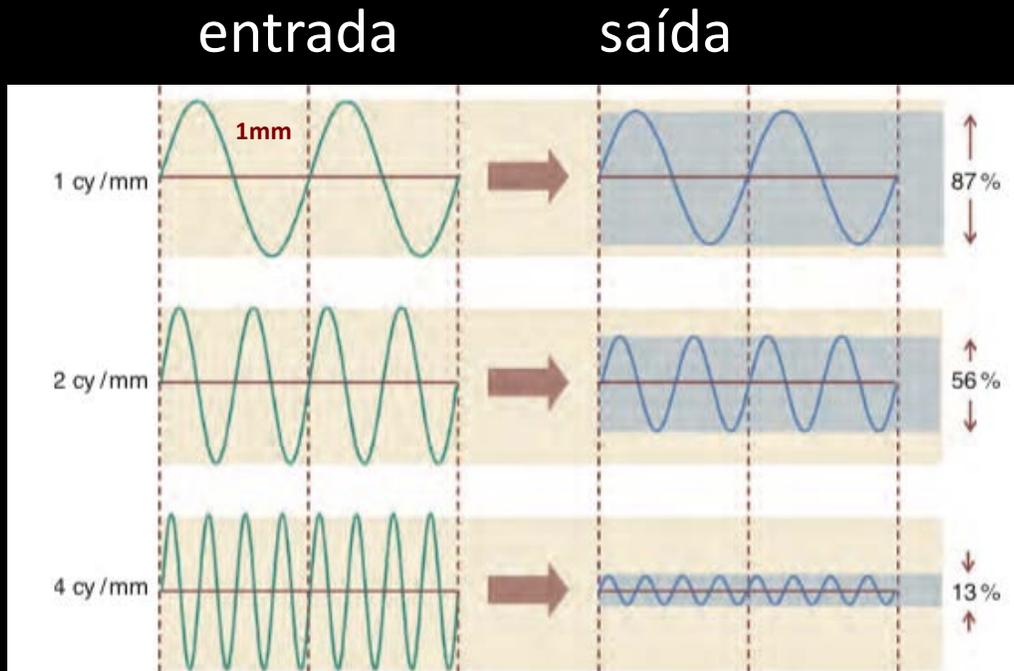


REALCE DE BORDAS

Parametros físicos para a caracterização de imagens

MTF Função da Transferência de Modulação

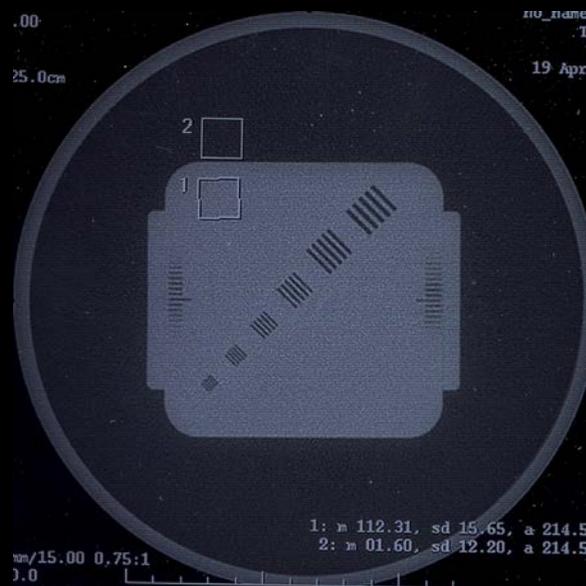
$$MTF(f) = \left| \int_{x=-\infty}^{\infty} LSF(x) e^{-2\pi i f x} dx \right|$$



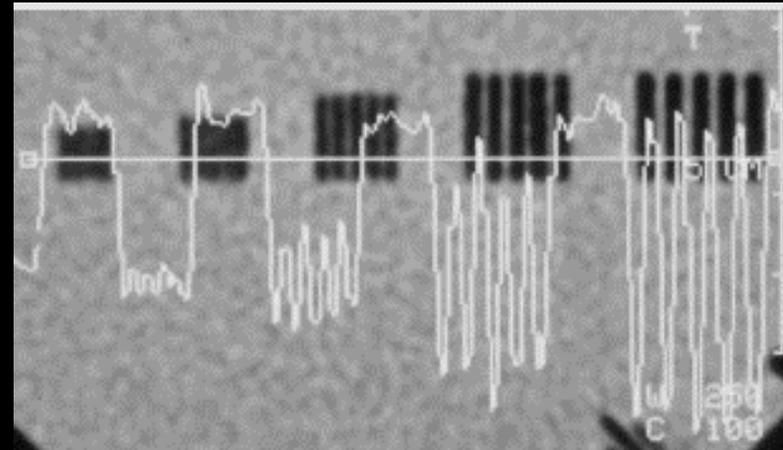
Fonte: J Bushberg – The Essencial Physics of Medical Imagens

Parametros físicos para a caracterização de imagens

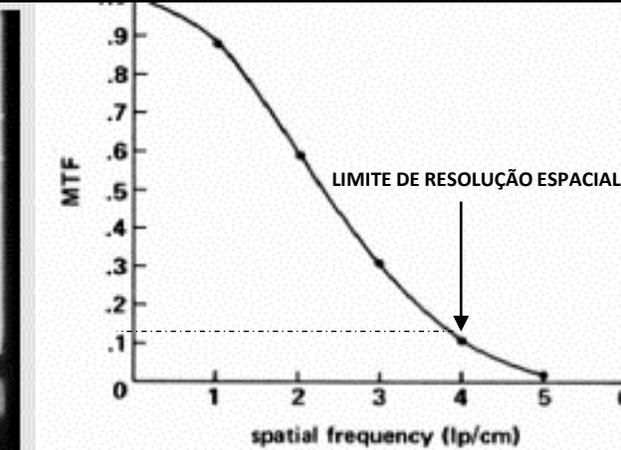
MTF Função da Transferência de Modulação



Simulador de TC



Filtro padrão

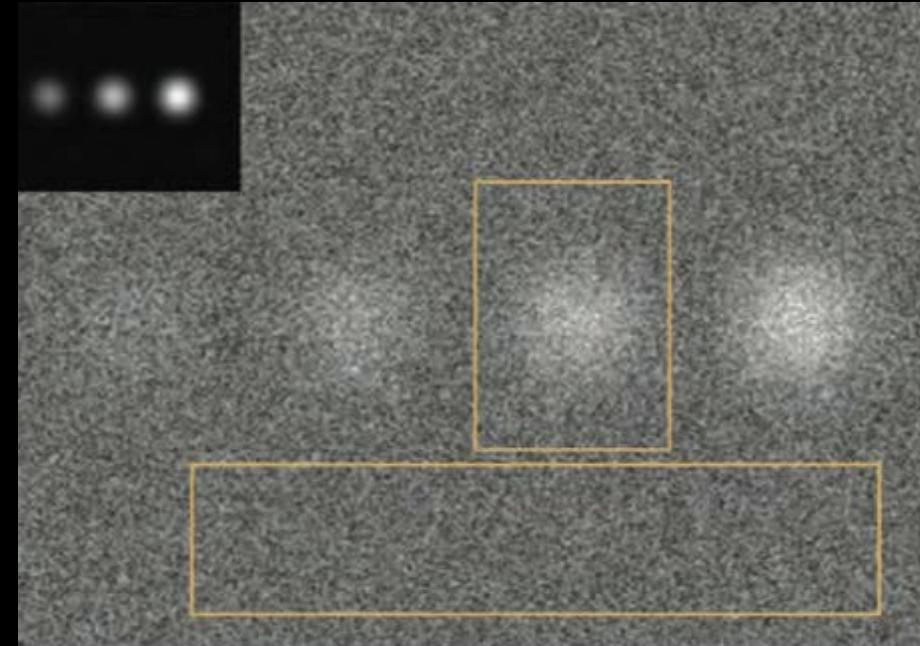
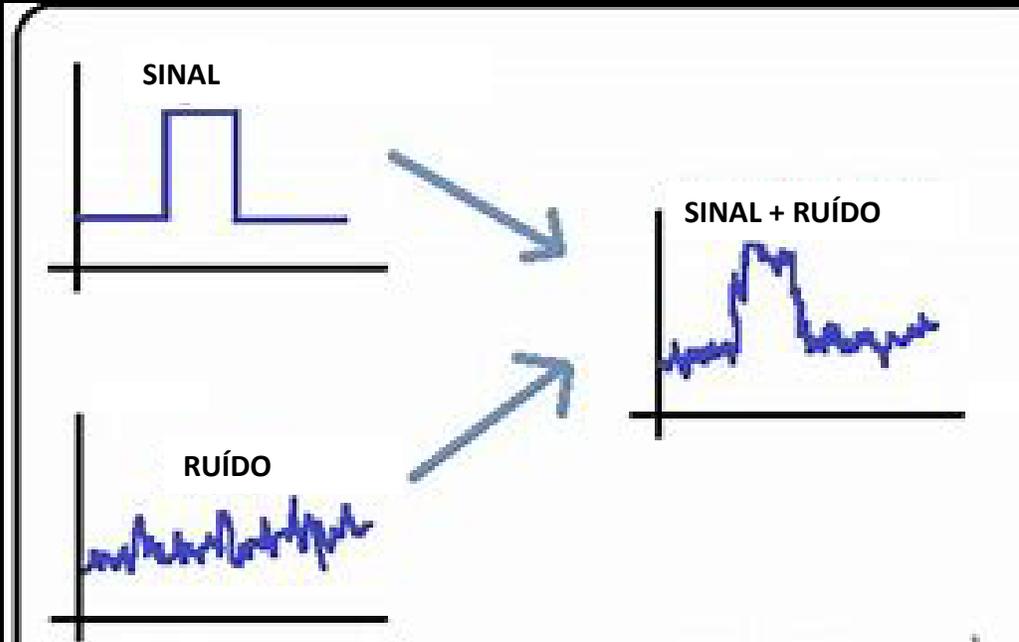


10% MTF

Parametros físicos para a caracterização de imagens

Signal Noise Ratio (SNR)

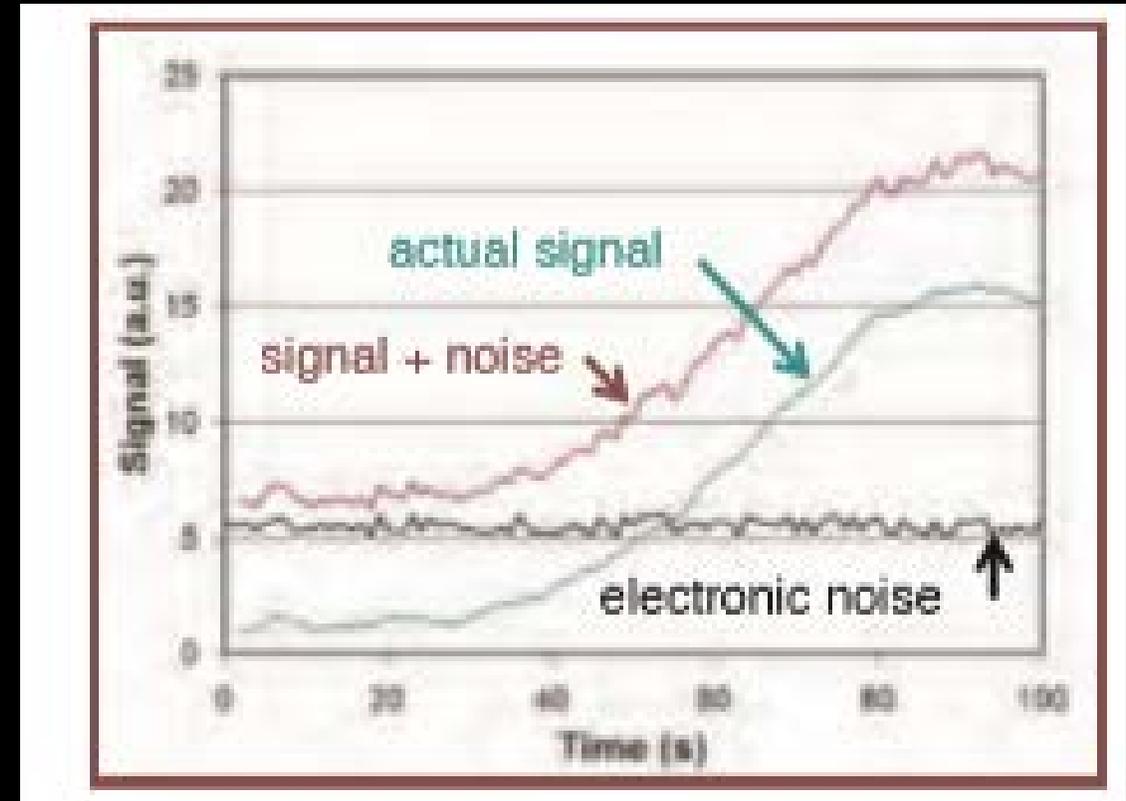
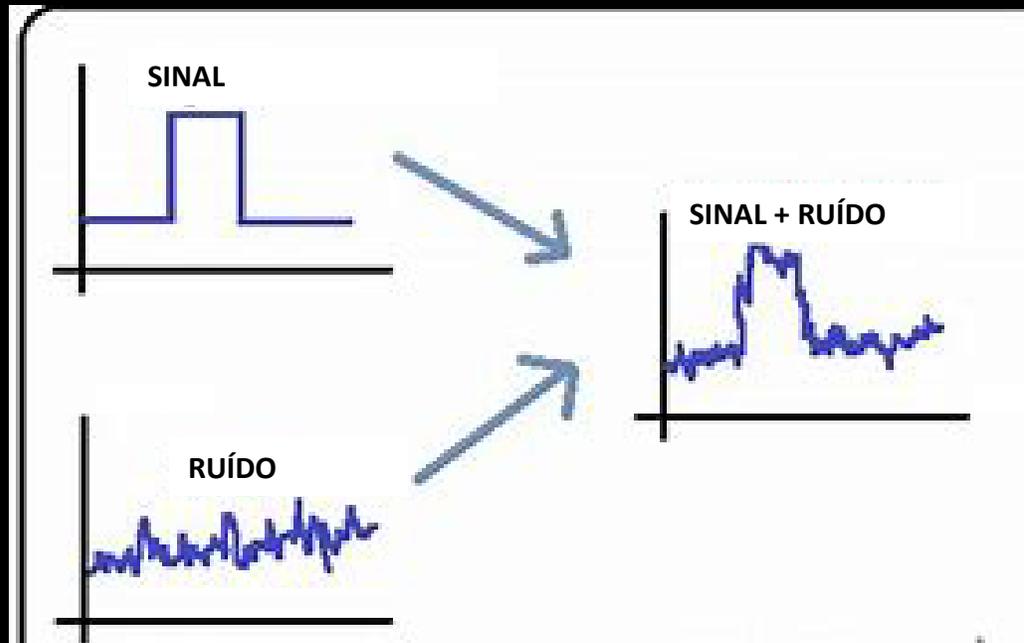
$$SNR = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x}_{BG})}{\sigma_{BG}}$$



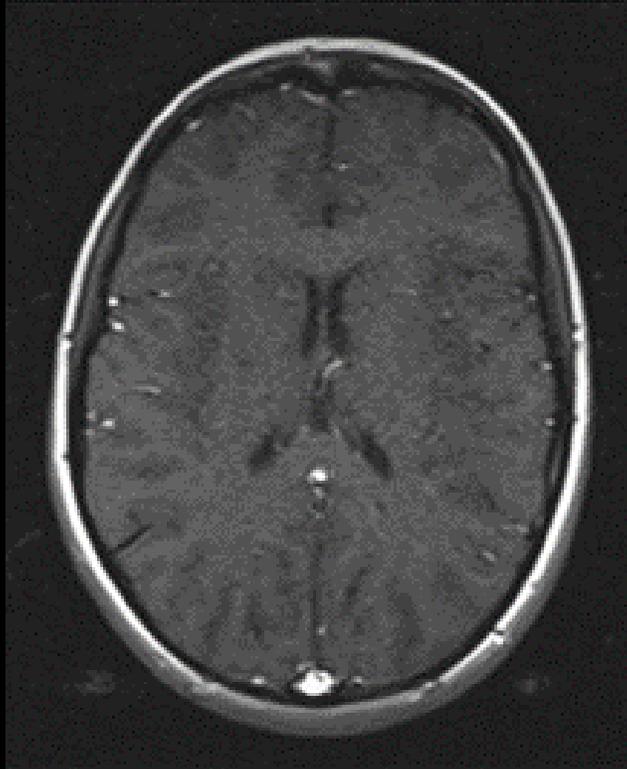
Depende do tamanho e da forma do objeto

Parametros físicos para a caracterização de imagens

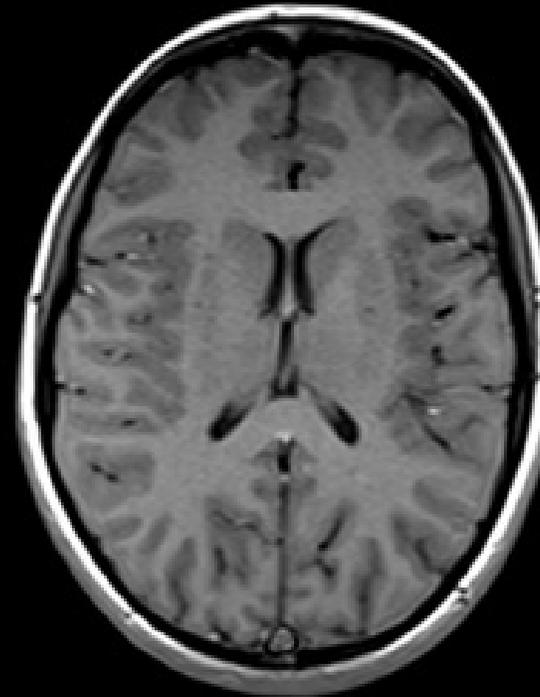
Signal Noise Ratio (SNR)



Parâmetros físicos para a caracterização de imagens



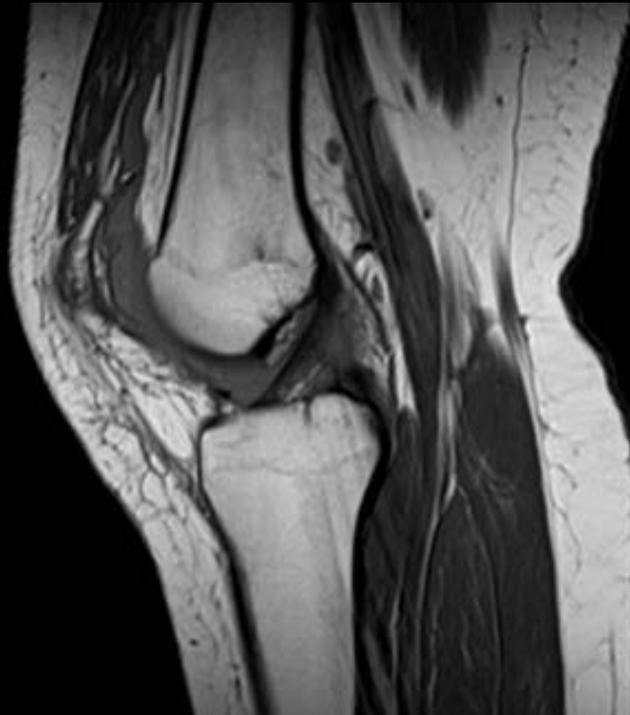
TR 200
TE 15
Baixo SNR



TR 500
TE 15
Elevado SNR

Relação Sinal Ruído

Parâmetros físicos para a caracterização de imagens



2 canais 256^2

4 min

Adequada SNR



16 canais 384^2

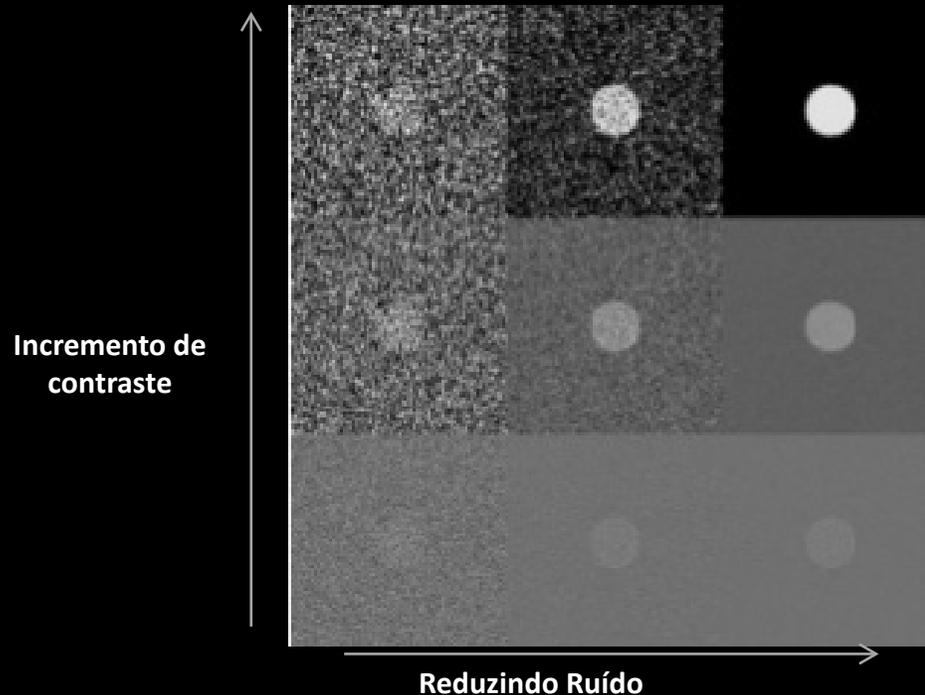
3 min

Melhora SNR

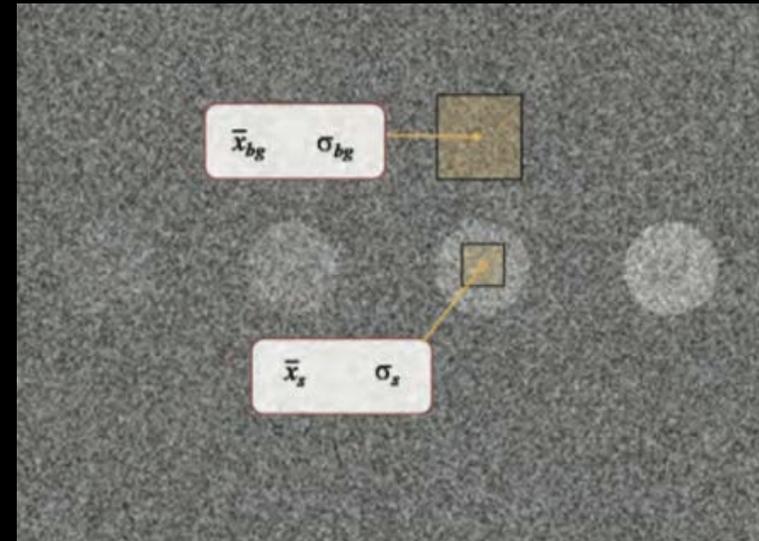
Relação Sinal Ruído

Parâmetros físicos para a caracterização de imagens

Contrast Noise Ratio (CNR)



$$CNR = \frac{ROI_{organ} - ROI_{background}}{\sqrt{\frac{1}{2} \times (SD_{organ}^2 + SD_{background}^2)}}$$

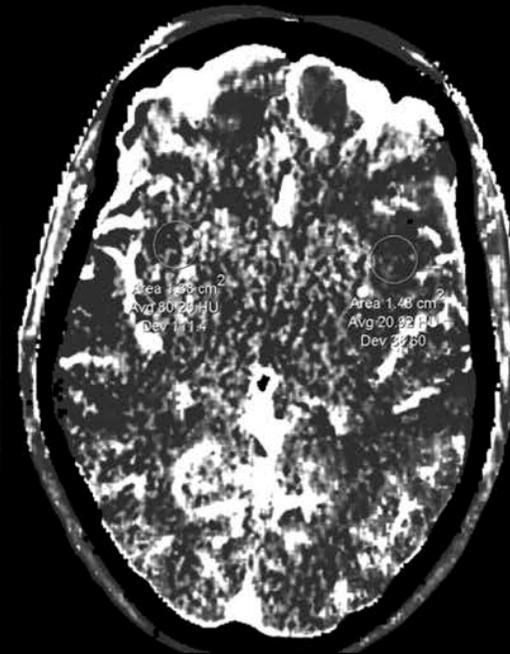
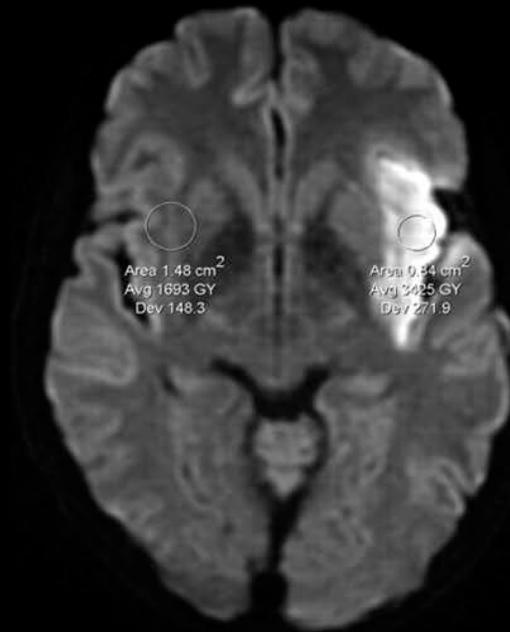


É medida do nível do sinal na presença de ruído e independe do tamanho do objeto

Parametros físicos para a caracterização de imagens

Contrast Noise Ratio (CNR)

DWI
CNR > 8



CBF
CNR < 1

Parametros físicos para a caracterização de imagens

CNR e SNR

$$SNR = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x}_{BG})}{\sigma_{BG}}$$

$$CNR = \frac{(\bar{x}_S - \bar{x}_{bg})}{\sigma_{bg}}$$



	SNR:	56.61		
	CNR:	12.29		
	Disc:		Background:	
Mean:	604.92		Mean:	758.75
STD:	11.16		STD:	12.52
X:	1430		X:	1560
Y:	2022		Y:	2022
				OK

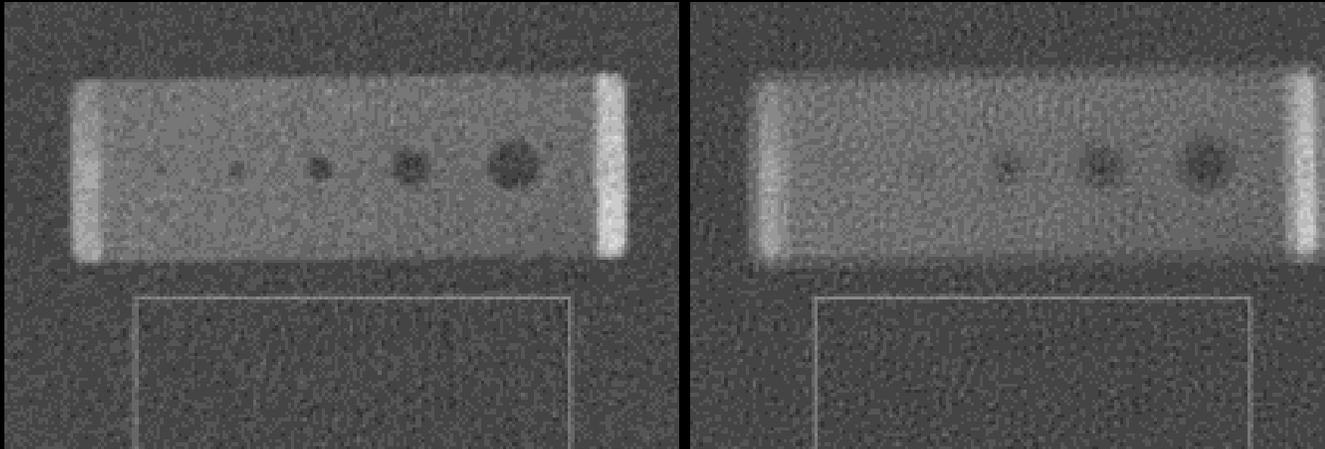
Parâmetros físicos para a caracterização de imagens

Noise Power Spectrum (NPS)

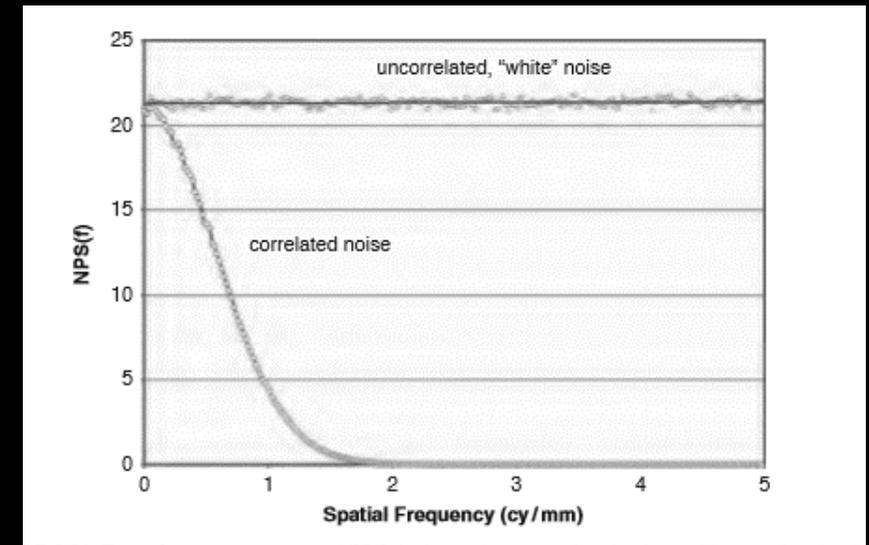
Representa a dependência da frequência da variância do ruído

Caracteriza o ruído em termos de textura.

$$NPS(f_x, f_y) = \left| \int_x \int_y [I(x, y) - \bar{I}] e^{-2\pi i(xf_x + yf_y)} dx dy \right|^2$$



Simulador de TC para baixo contraste (GE)



Parametros físicos para a caracterização de imagens

Eficiência de detecção quântica DQE

- Refere-se a qualidade de imagem em termos da eficiência do detector em converter a energia do incidente em um sinal de imagem;

$$DQE(f) = \frac{SNR^2_{OUT}}{SNR^2_{IN}}$$

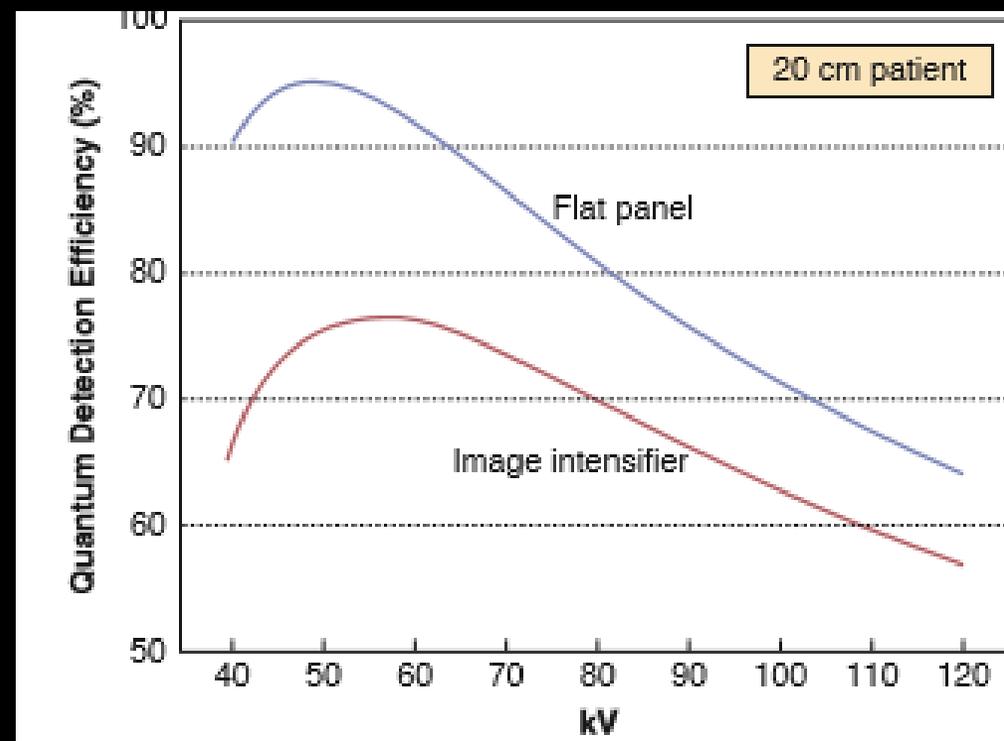


$$SNR^2_{OUT} = \frac{[MTF(f)]^2}{NPS(f)}$$

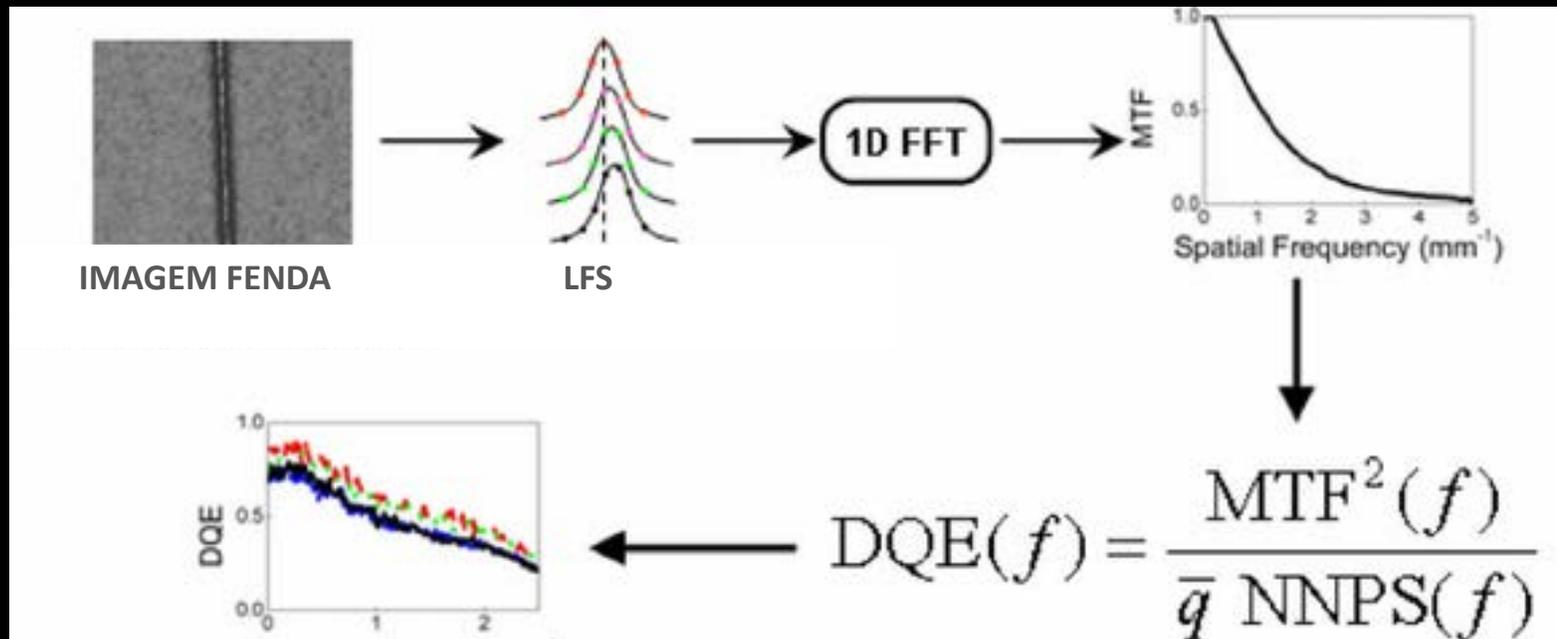
Parâmetros físicos para a caracterização de imagens

Eficiência de detecção Quântica (DQE)

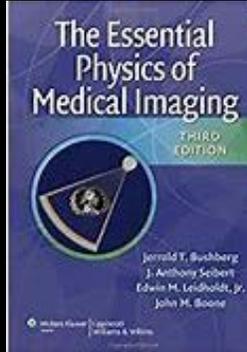
- Descreve a dependência da frequência com o desempenho de um sistema em termos SNR;
- Elevado valor DQE indica menor quantidade requerida de radiação para obtenção de qualidade de imagem;



Parametros físicos para a caracterização de imagens



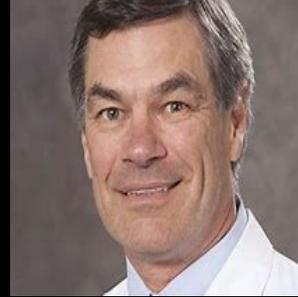
Referencias



J Bushberg



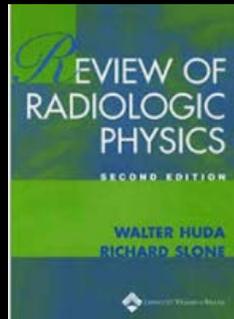
J Boone



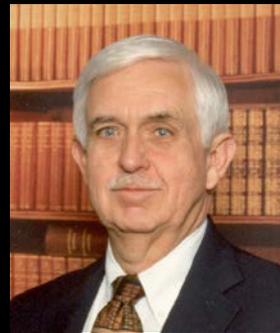
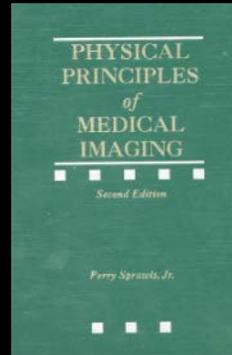
A Seibert



E. Leidholdt



Walter Huda



Perry Sprawls

AGRADECIMENTOS



Característica das imagens de Ressonância Magnética
Alessandro Mazzola
MR-online - Brasil



Aplicação de imagens de RM no planejamento radioterápico
Aluísio Castro
NCCCR - Qatar



Moderação
Camila Sales
Beneficência Portuguesa - Brasil



Característica das imagens e reconstrução de imagens em TC
Marcus V Bortolotto
Phymed - Brasil



CT image for using radiotherapy planning I
Michael McNitt-Gray
UCLA - USA



Moderação
Roberto Sakuraba
Hospital Israelita Albert Einstein - Brasil



PET images for using in radiotherapy planning
Kira Grogg
Massachusetts General Hospital - USA



CT images for using in radiotherapy planning II
Mahadevappa Mahesh
Johns Hopkins Hospital USA



Moderação
Vinicius Damanboro Gonçalves
Hospital Israelita Albert Einstein -



Doses em procedimentos com radiologia intervencionista
Rogério F Medeiros
Phymed - Brasil



CT doses in patients
Madan Rahani
Massachusetts General Hospital - USA



Moderação
Simone K Rhana
IMC/ONEN Brasil



Resolução, PSF, LPS, CNR, MTF
Renato Dimenstein
RAD - Brasil



Receiver Operating Characteristics (ROC) analysis
Ioannis Sachopoulos
AXTI - Holanda



Moderação
Carri Borrás
Radiological and Health Services - USA



Marcel Botelho



Maria Clara e Hítalo



Marcelo e a Vivian da Aquaviva

