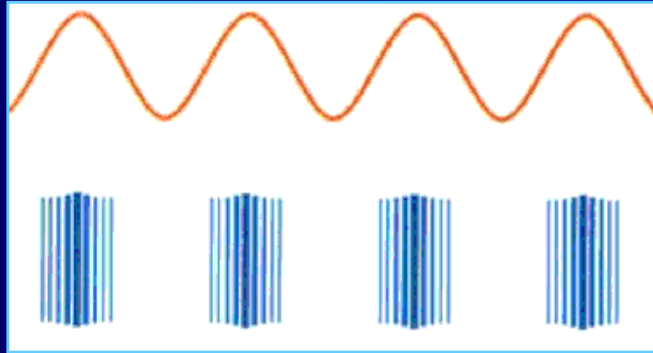


Métodos de Imagem – Ultra-sonografia

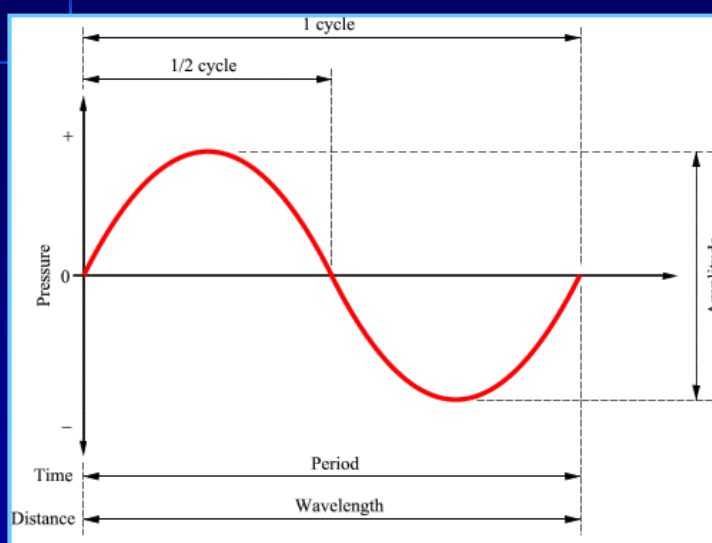
Aspectos técnicos em US

- Bases físicas e histórico
- Processamento de sinal em US
- Equipamentos e transdutores
- Caracterização de órgãos e lesões ao US
- Artefatos
- Aspectos de instrumentação em US

Onda sonora



Onda sonora

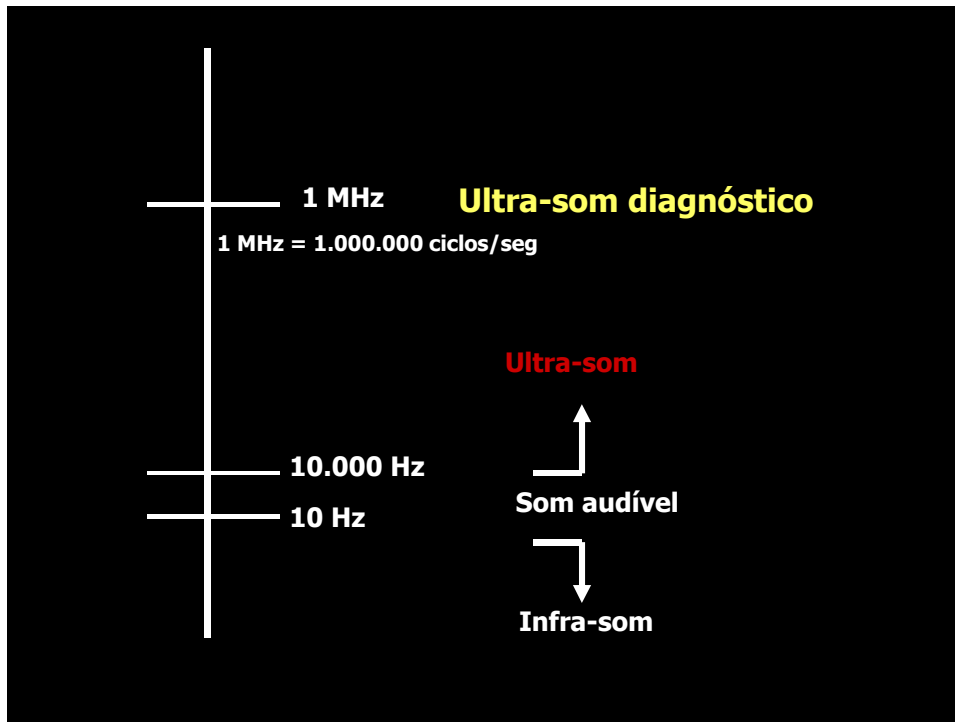


Relações fundamentais:

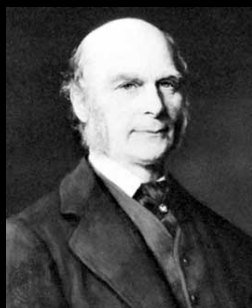
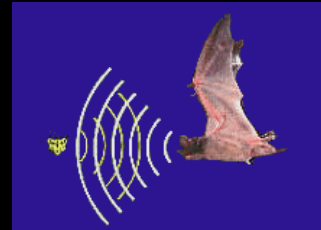
$$V = F \cdot \lambda$$

$$F = 1/T$$

$$V = \lambda/T$$



Lazzaro Spalanzini – 1794



Galton – 1883

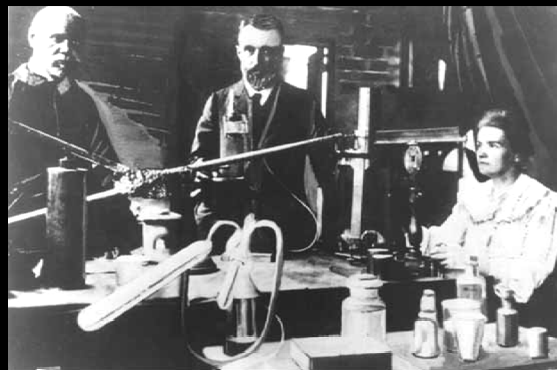
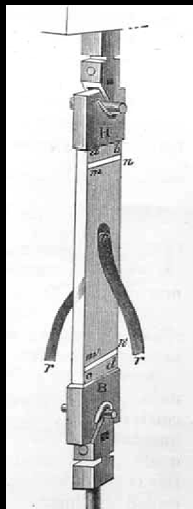


Teoria do som de Lord Rayleigh – 1877

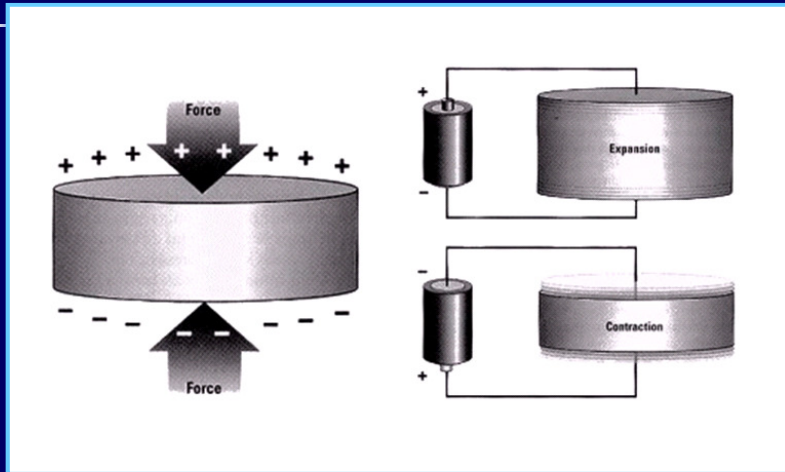
Arco cantante de Duddell – 1899



Efeito piezo-elétrico Pierre e Jacques Curie – 1881



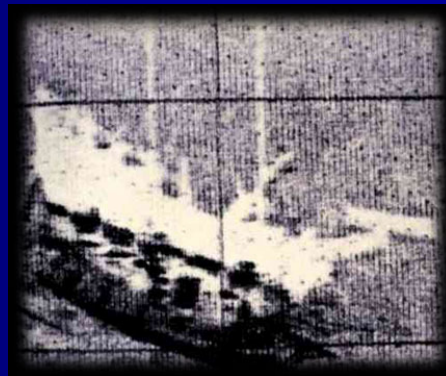
Efeito piezo-elétrico



Grego: Pieze = comprimir

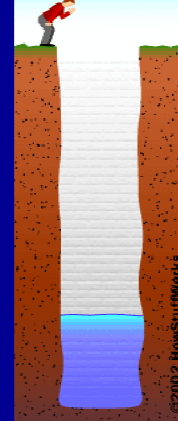
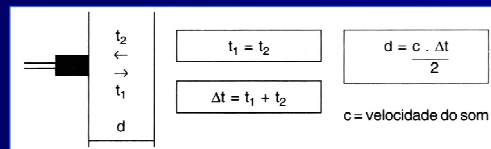
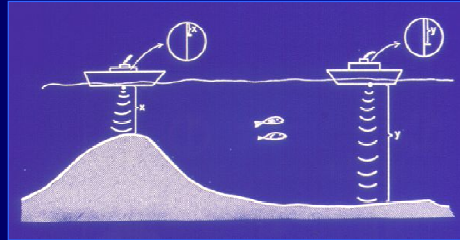
SONAR (***S**ound **N**avigation and **R**anging*)

Paul Langevin e Chilowsky – 1916

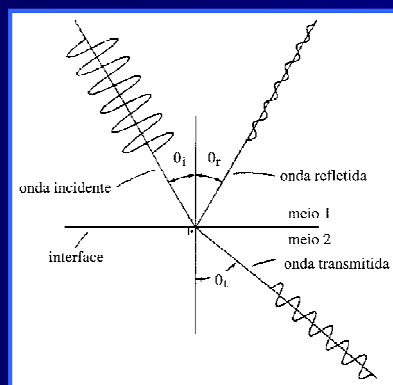


Distância \sim tempo de vôo

Localização



Leis da óptica geométrica



Lei de Snell

- Na reflexão, o ângulo de incidência θ_i é igual ao ângulo de reflexão θ_r .

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{c_1}{c_2}$$

- onde c_1 é a velocidade da onda incidente no meio 1 e c_2 é a velocidade da onda refratada no meio 2.

Atenuação

- Atenuação \sim frequência (MHz) X distância percorrida (cm)
- Fatores de atenuação
 - Divergência
 - Deflexão
 - Reflexão
 - Refração
 - Dispersão
 - Absorção

Atenuação

MATERIAL	ATENUAÇÃO (dB/cm/MHz)	"HALF-VALUE LAYER" (cm)
ÁGUA	0,0022	1.360,0
SANGUE	0,15	20,0
TEC. MOLES	0,75	4,0
AR	7,5	0,4
OSSO	15,0	0,2

Impedância acústica

- Z – impedância em um determinado meio, depende:
 - Densidade do meio X velocidade de propagação do som no meio (compressibilidade, temperatura, pressão externa)
- Refletividade

$$R = [(Z_2 - Z_1)/(Z_2 + Z_1)]^2$$

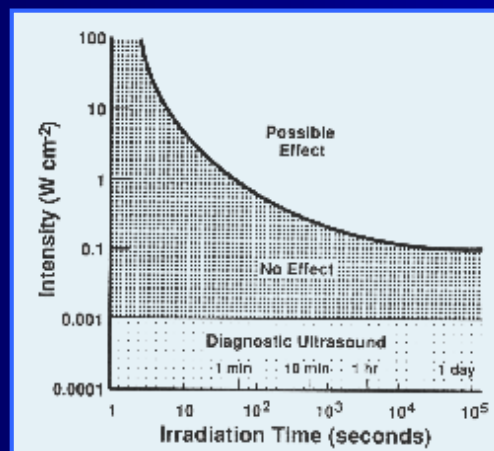
Velocidade do som em alguns materiais biológicos

Material	Velocidade do som (m/s)	Impedância (Rayl x 10 ⁻⁴)
Ar	330	0.0004
Gordura	1450	1.38
Água	1480	1.48
Média de tecidos moles humanos	1540	1.63
Cérebro	1540	NA
Fígado	1550	1.65
Rim	1560	1.62
Sangue	1570	1.61
Músculo	1580	1.7
Cristalino	1620	NA
Ossos	4080	7.8

Intensidade do US vs. Efeitos biológicos

- Cirúrgica > 10 W/cm² > Aquecimento e cavitação
- Terapêutica > 1 - 3 W/cm² > Fisioterapia
- Diagnóstico > 0,001 - 0,100 W/cm² (1 - 5 W/cm²)
 - 200 - 300 mW/cm²

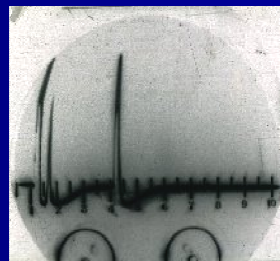
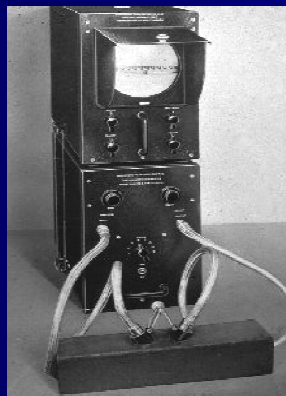
Intensidade do US vs. Efeitos biológicos

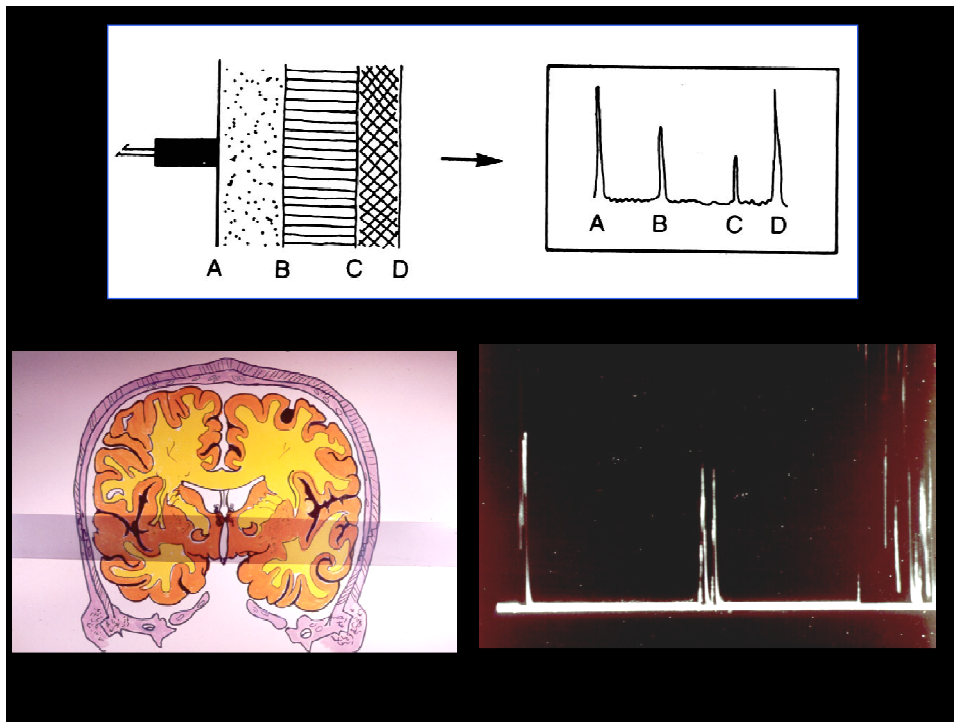


Processamento de sinal em US

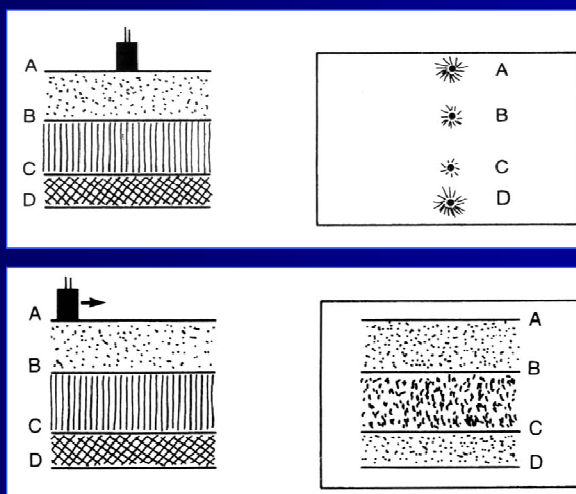
- Sistemas pulsados
- Modos de apresentação
 - Modo A
 - Modo B
 - Modo M
- Profundidade de memória e escala de cinza = 1 (2) /4 (16) /8 (256)

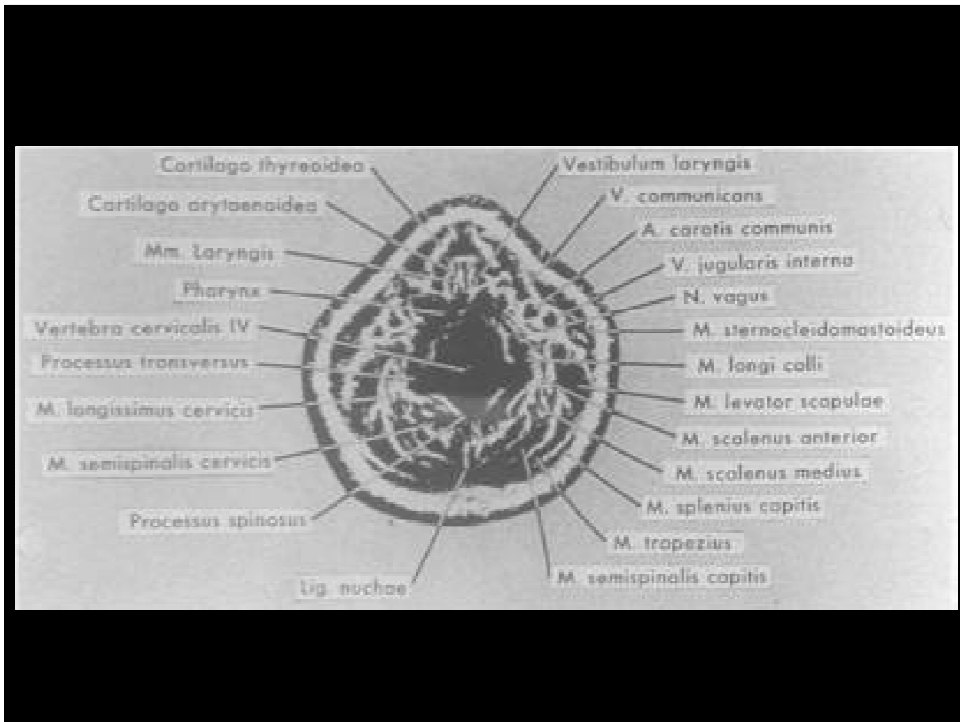
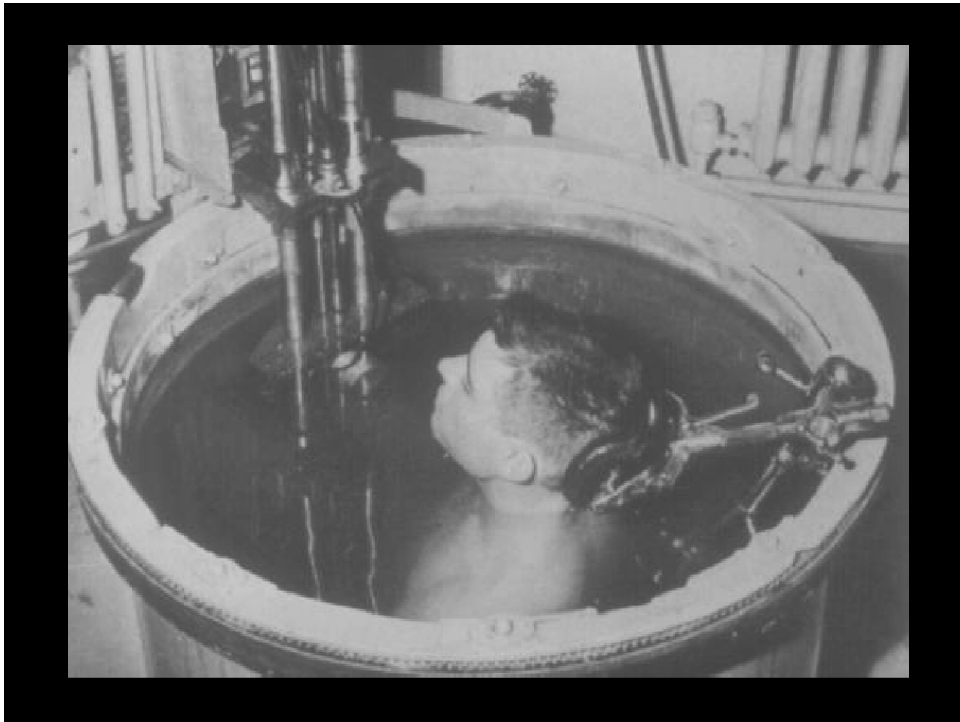
Modo – A (amplitude)



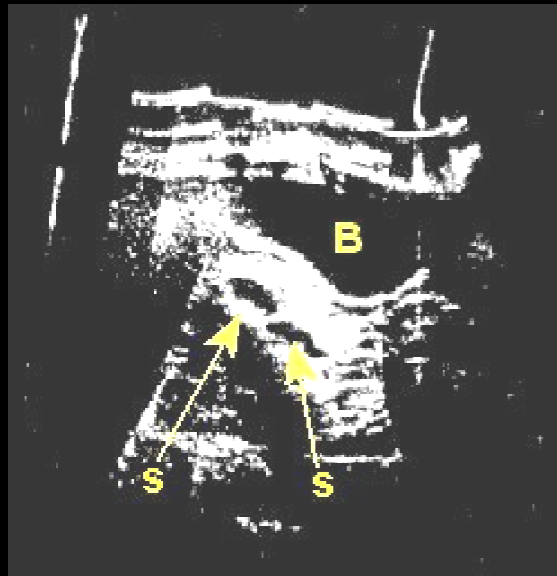
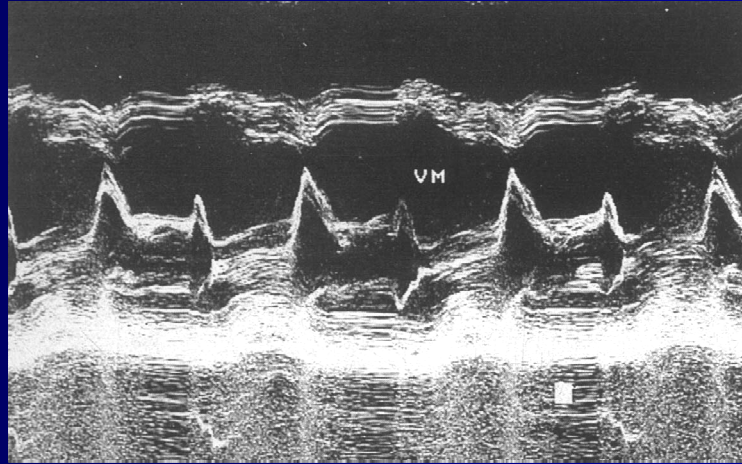


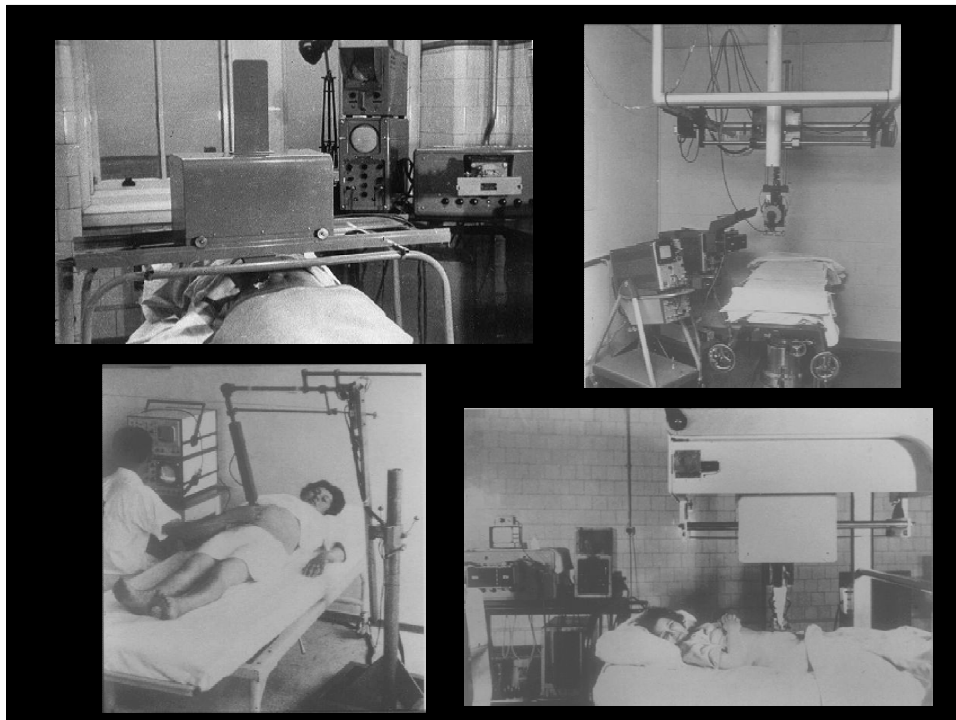
Modo B – brilho e bidimensional

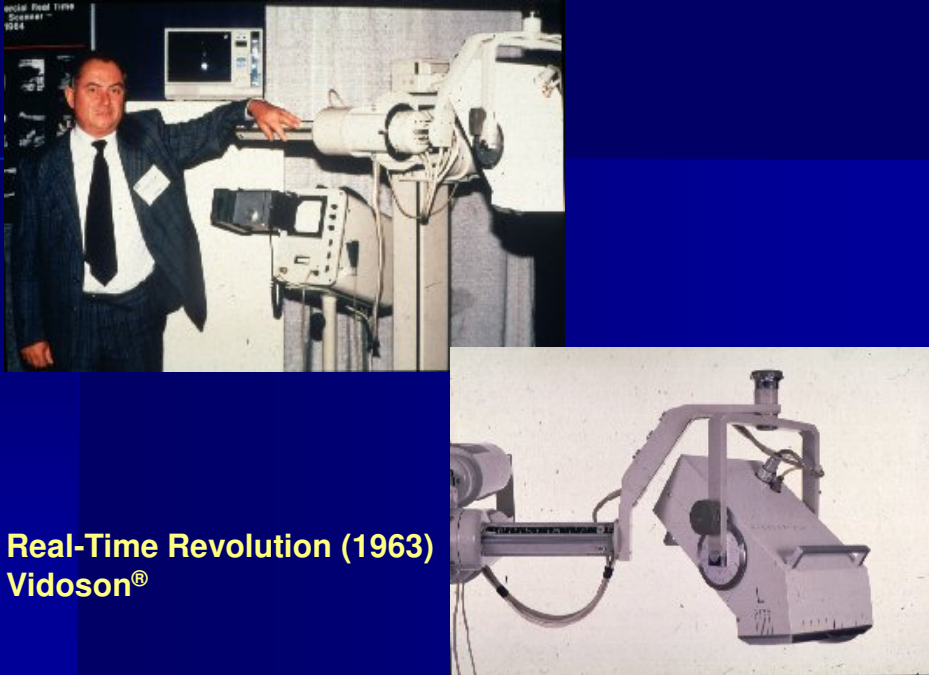




Modo M – movimento

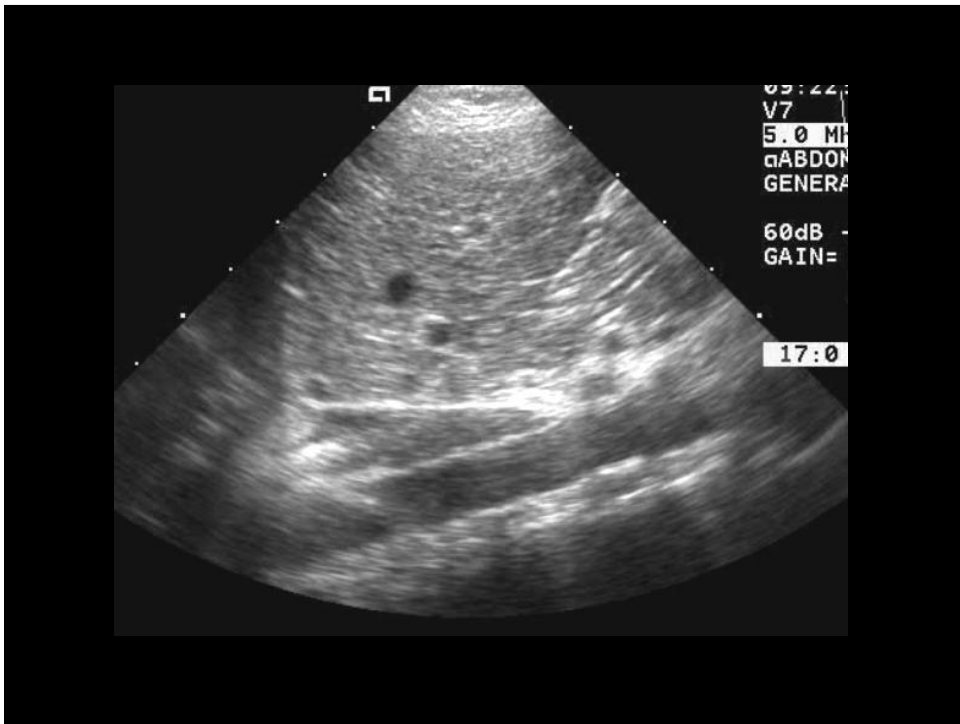


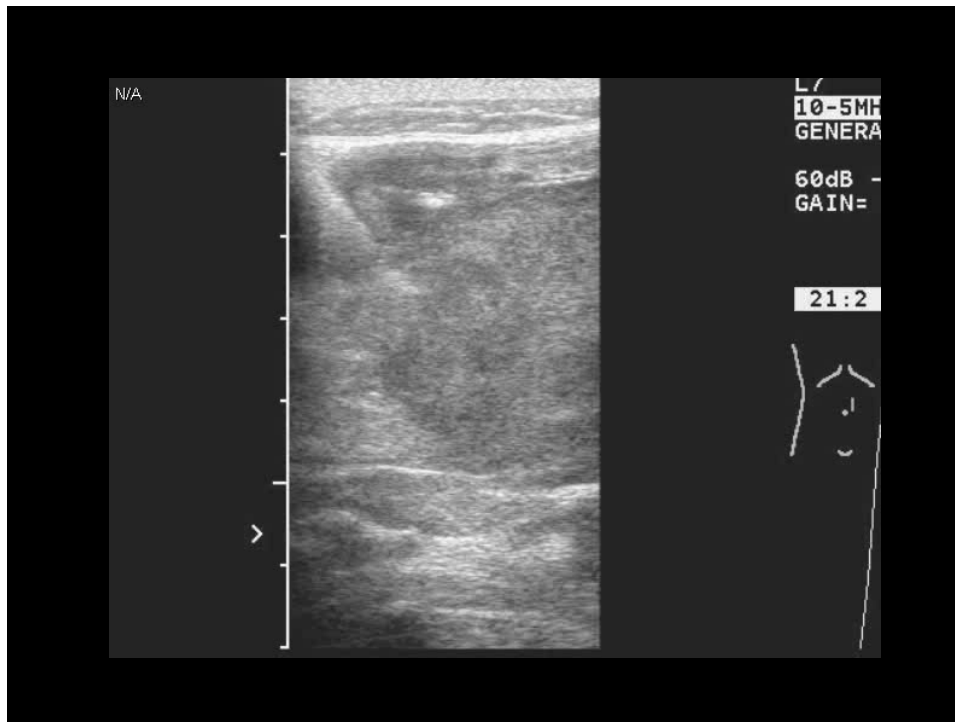




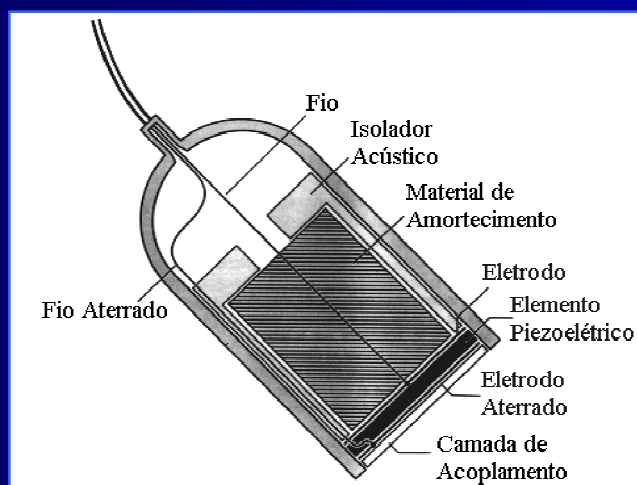
**Real-Time Revolution (1963)
Vidoson®**

The image shows a man in a dark suit and tie standing next to a large, vintage medical ultrasound machine. The machine is mounted on a stand and has a large, rectangular probe head. A close-up view of the probe and its control panel is shown in the bottom right corner of the image. The background is a plain wall.

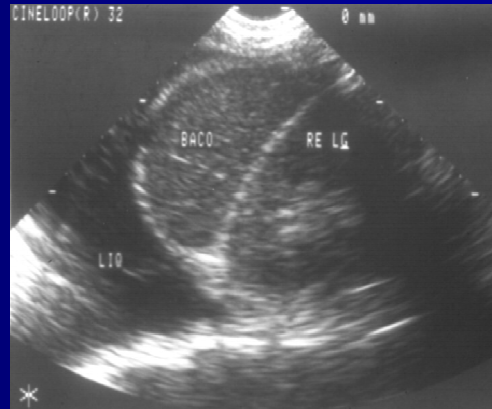
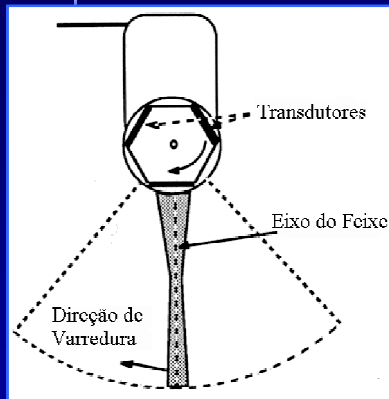




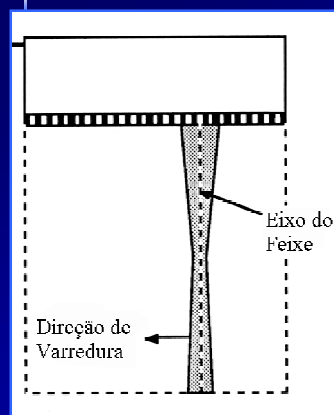
Sondas X Transdutores



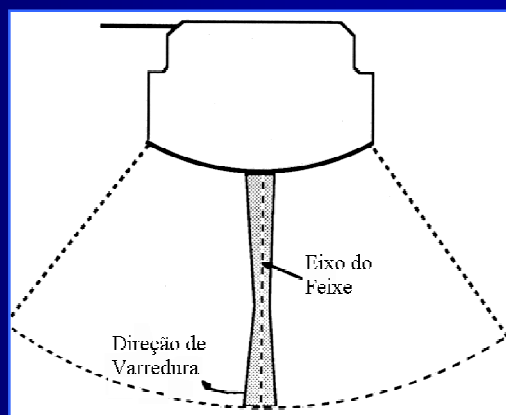
Mecânico



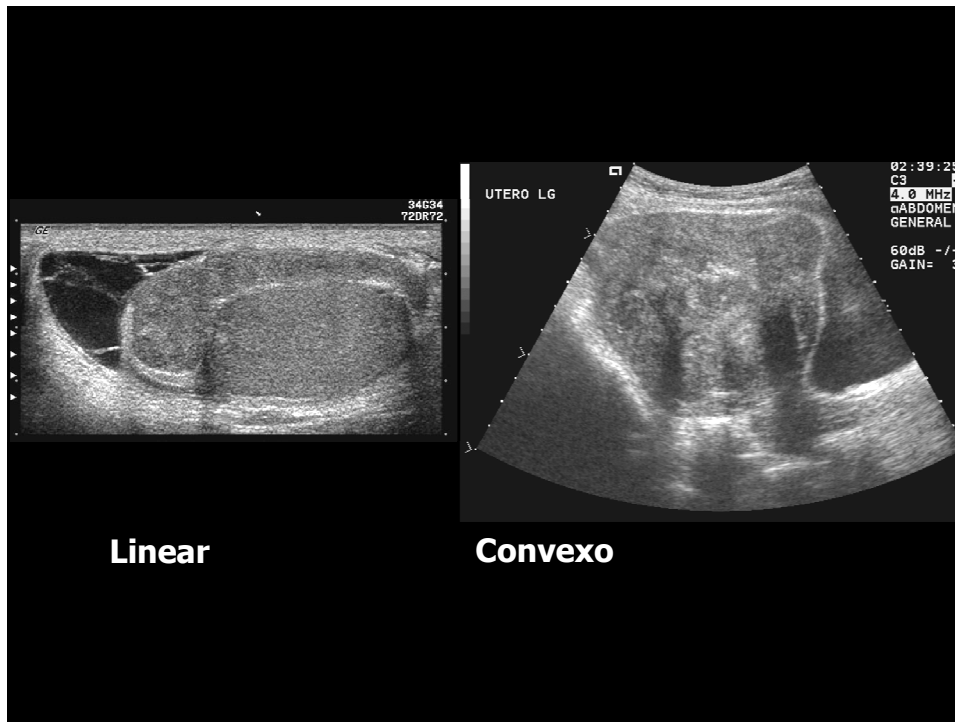
Eletrônico



Linear



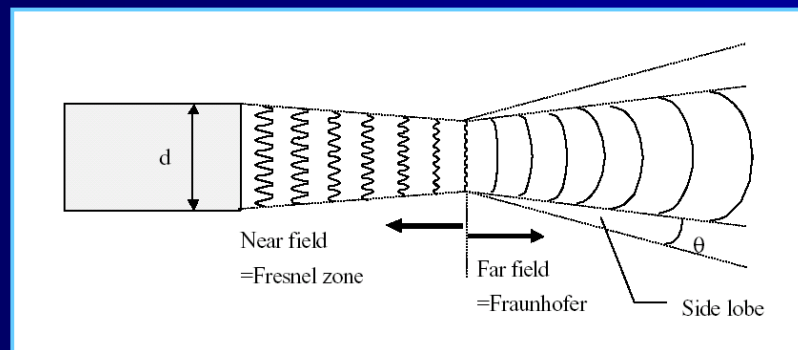
Convexo



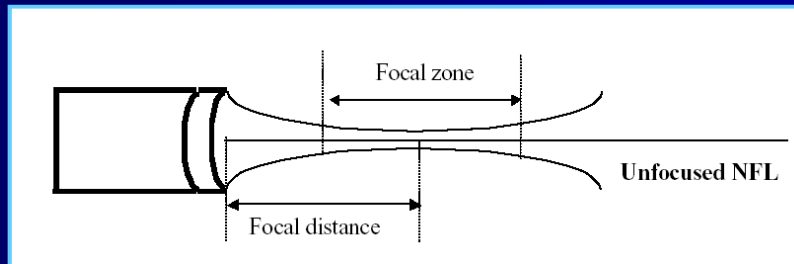
Linear

Convexo

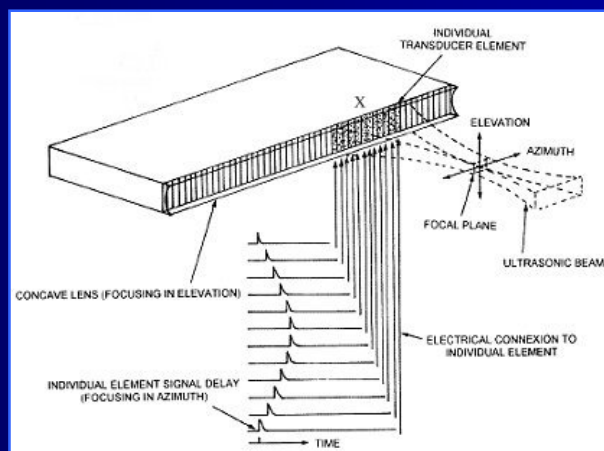
Características do transdutor

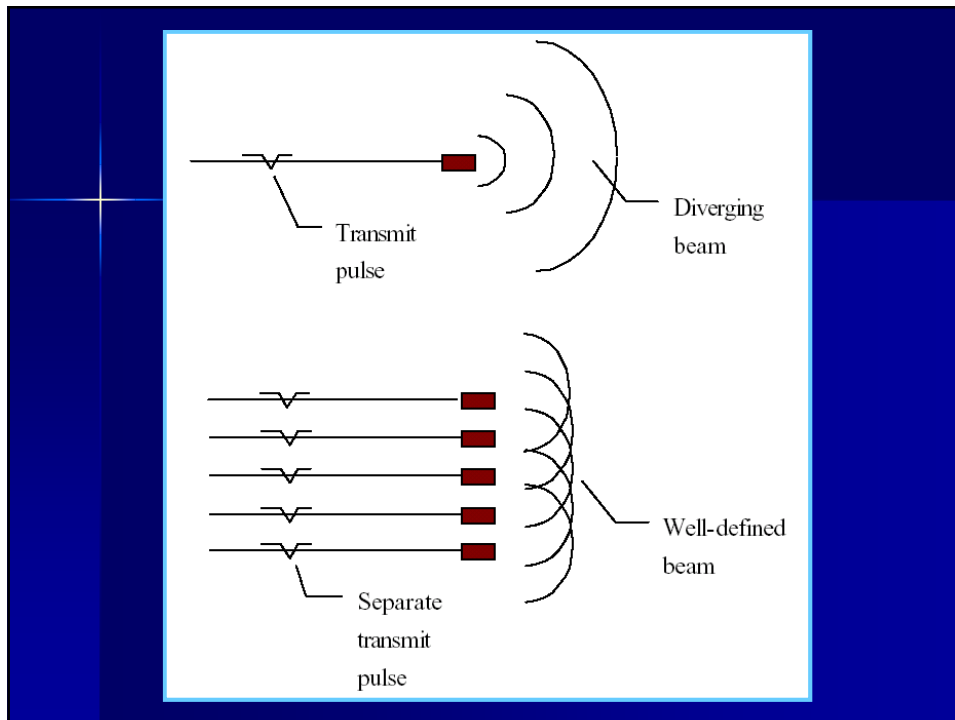


Características do transdutor

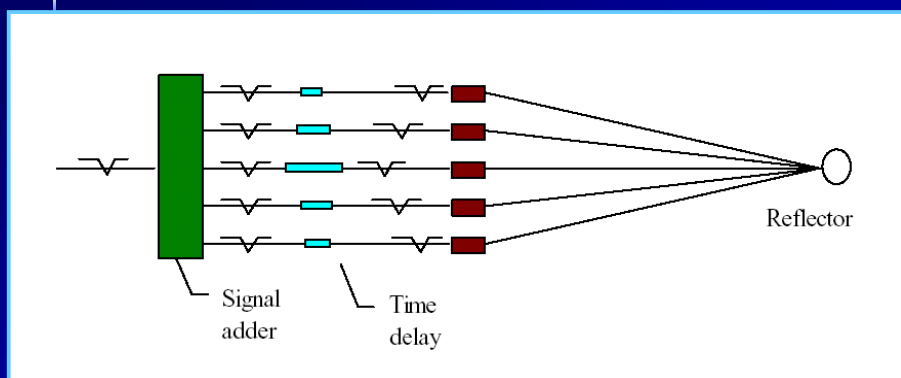


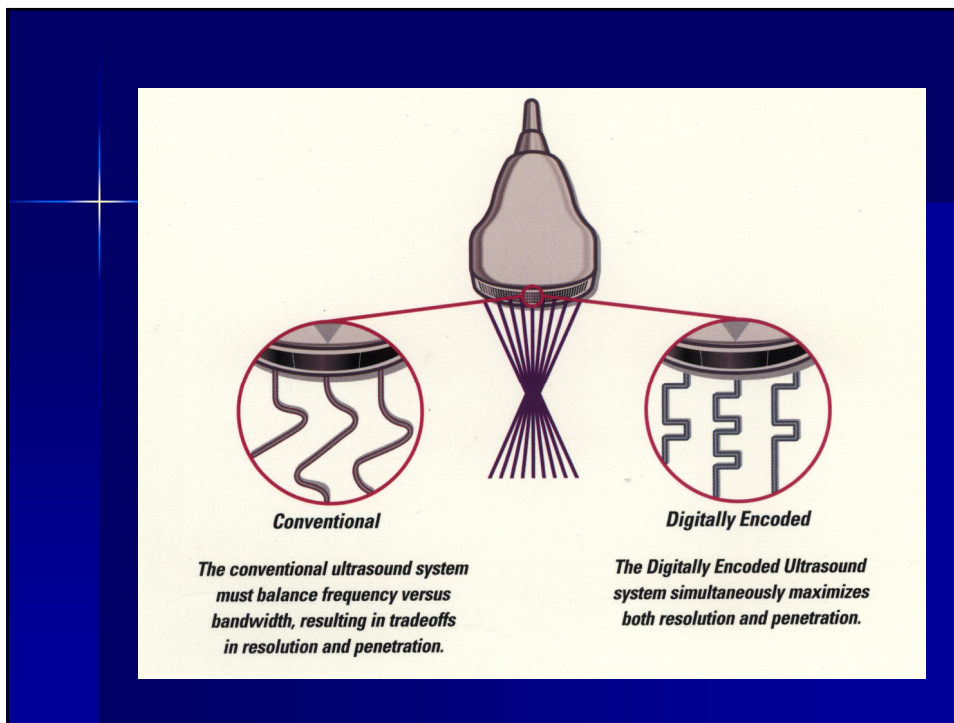
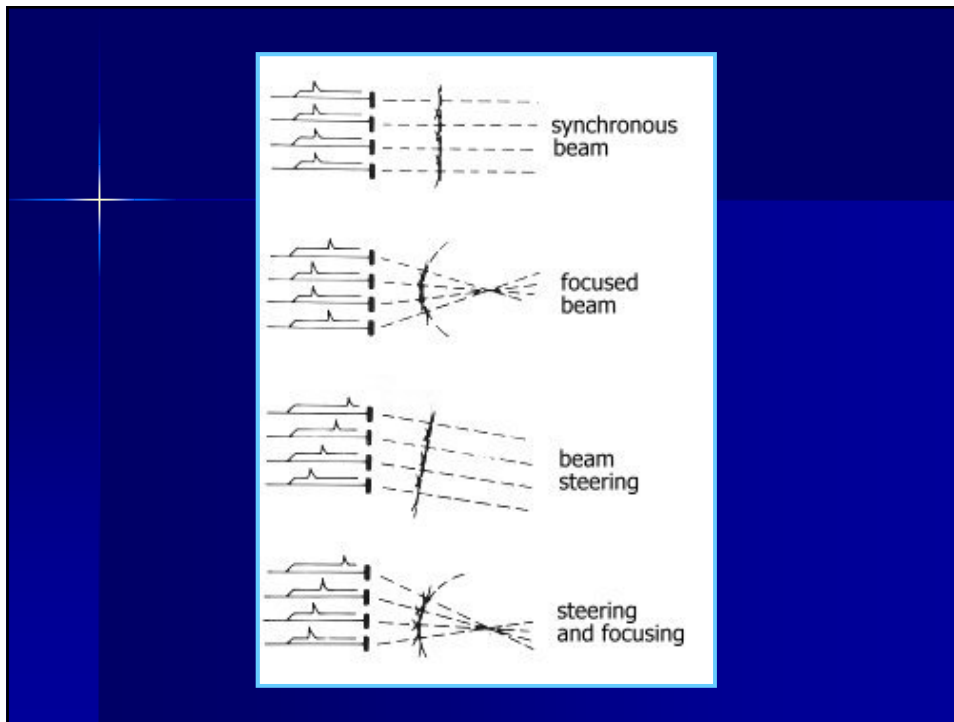
Características do transdutor

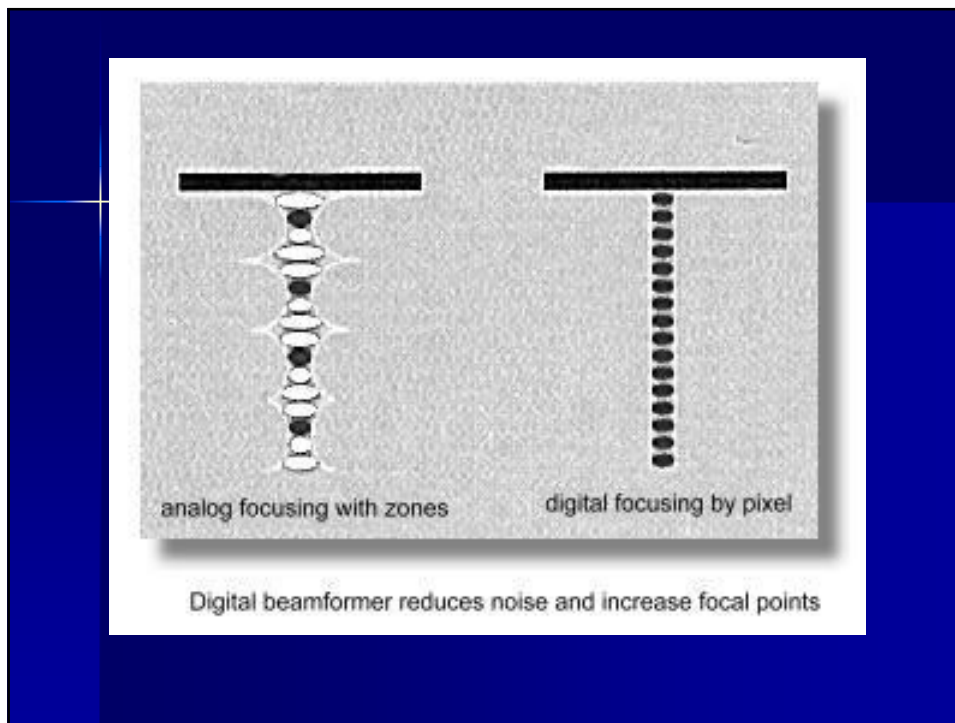
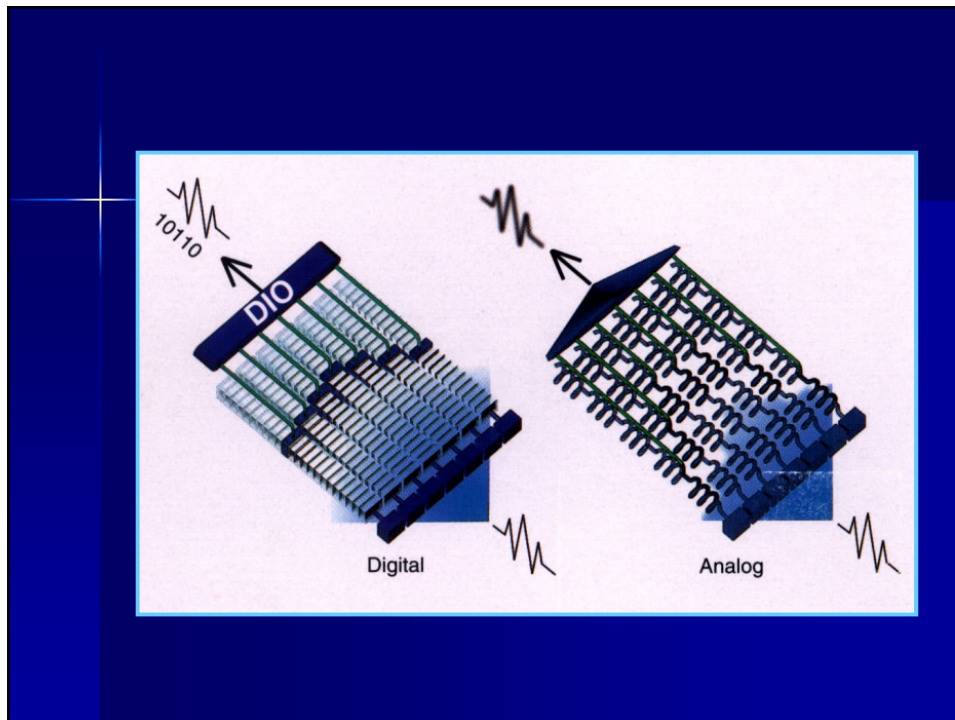


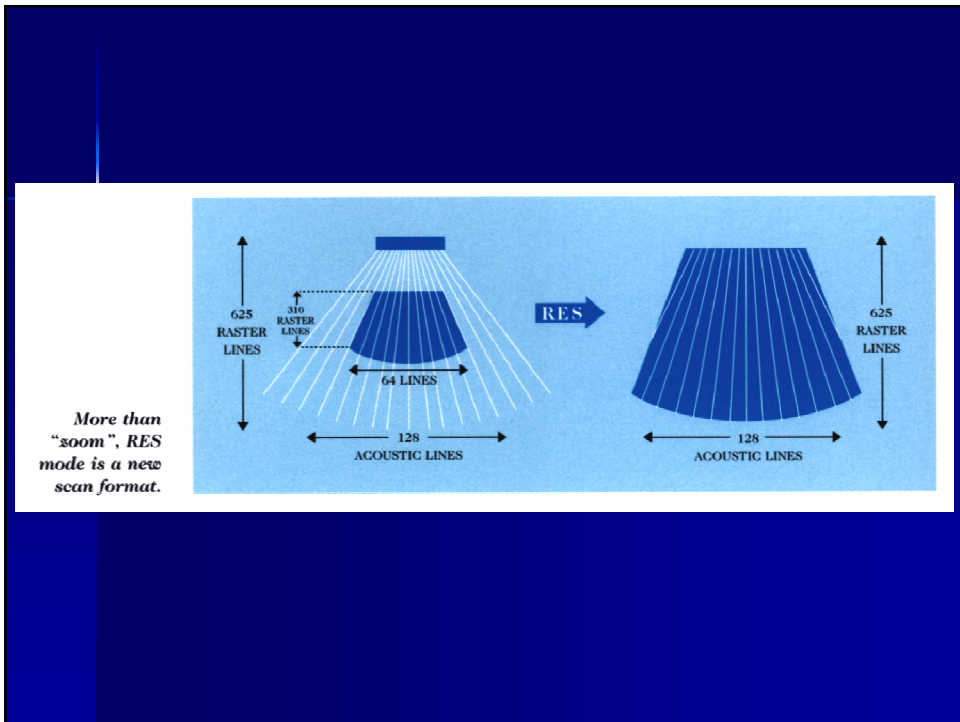
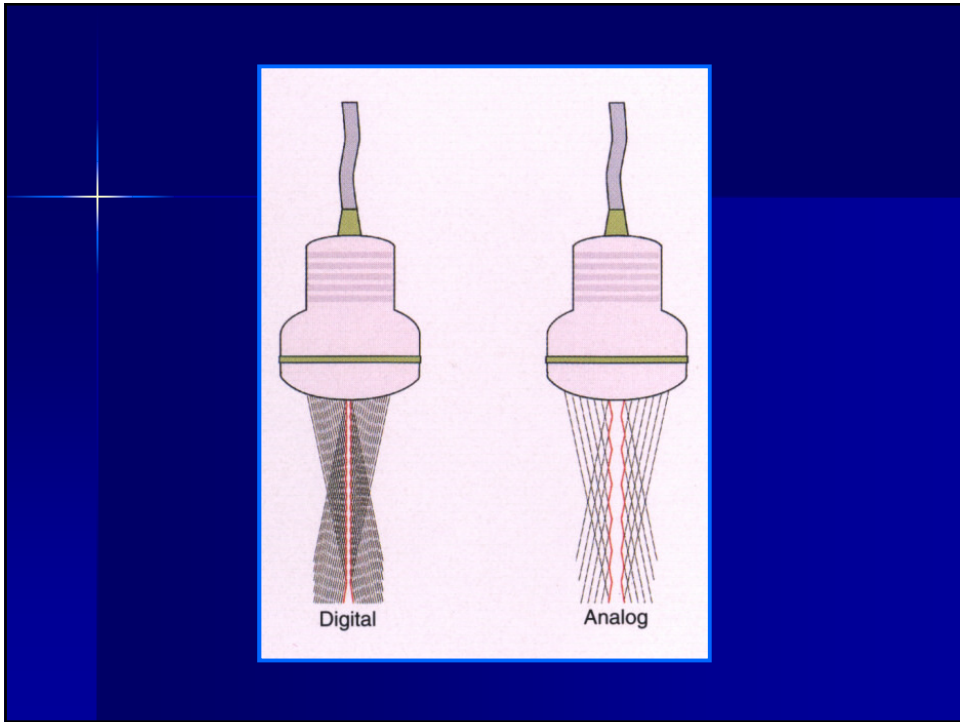


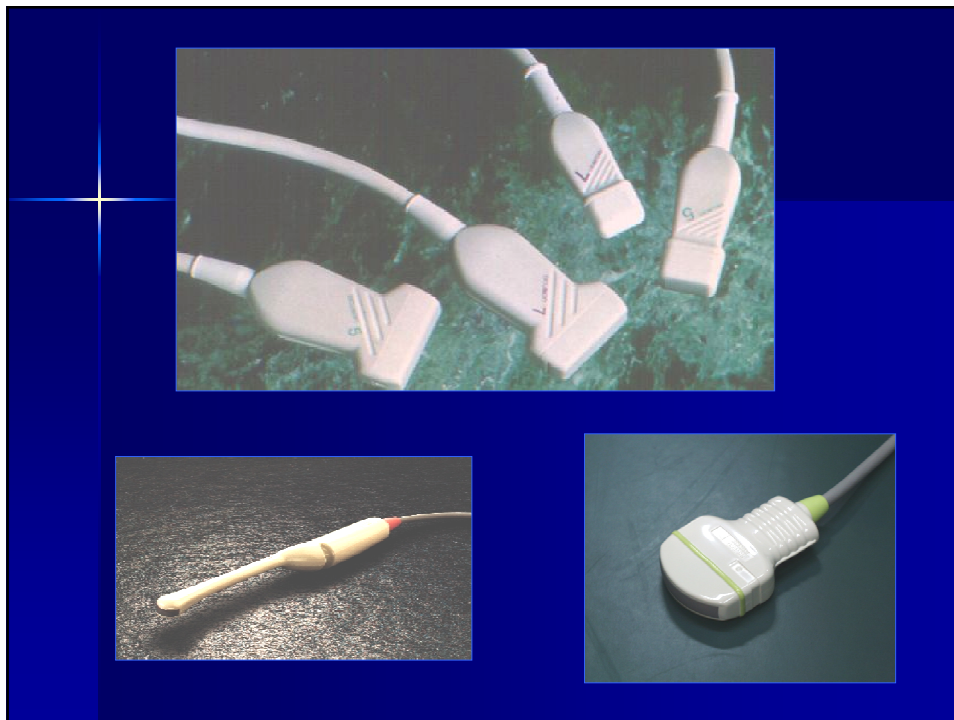
Focalização eletrônica de recepção







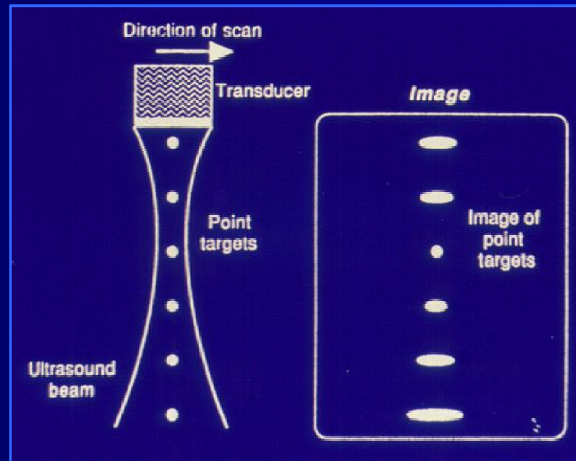




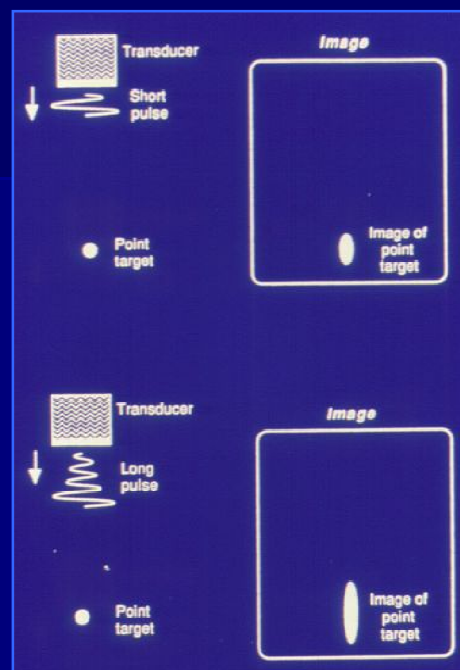
Resolução

- Resolução espacial axial
- Resolução espacial lateral
- Resolução de elevação
- Resolução temporal
- Resolução de contraste – depende de fatores técnicos
 - Perfil de energia do feixe ultra-sônico
 - “dynamic range”
 - Processamento analógico-digital

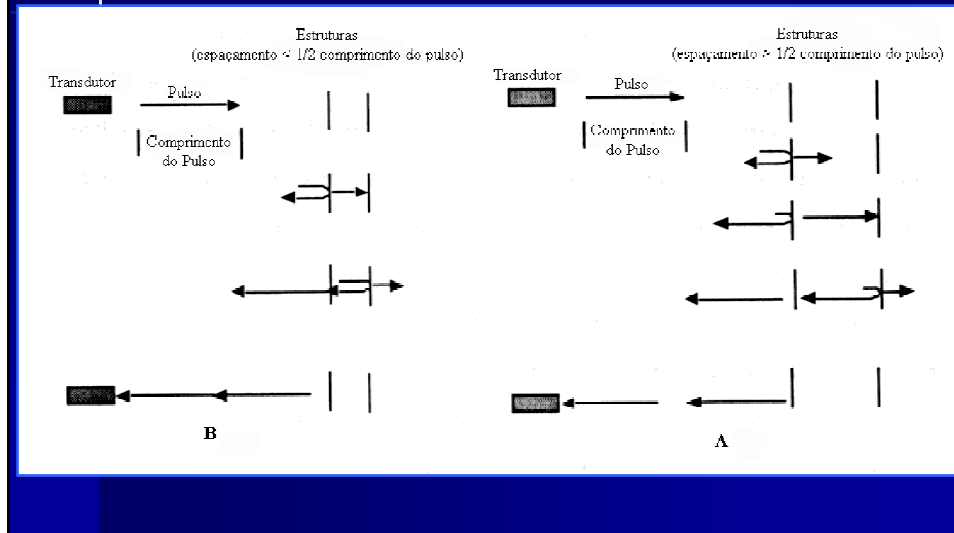
Resolução lateral



Resolução axial



Resolução axial



Resolução axial e lateral

Frequência e resolução (resolução axial)			
Para transdutores lineares com feixe paralelo			
MHz	Resolução axial	Resolução lateral	Resolução %
3.0	1.1 mm	2.8 mm	35.89%
4.0	0.8 mm	1.5 mm	60.86%
5.0	0.6 mm	1.2 mm	77.77%
7.5	0.4 mm	1.0 mm	100%
10.0	0.3 mm	1.0 mm	107.69%

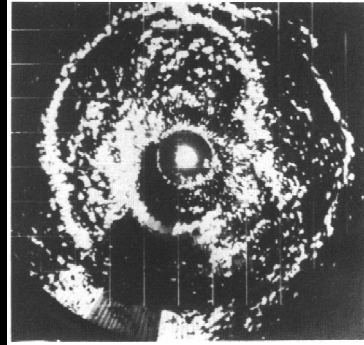


Valores comuns para vários termos do ultra-som diagnóstico:

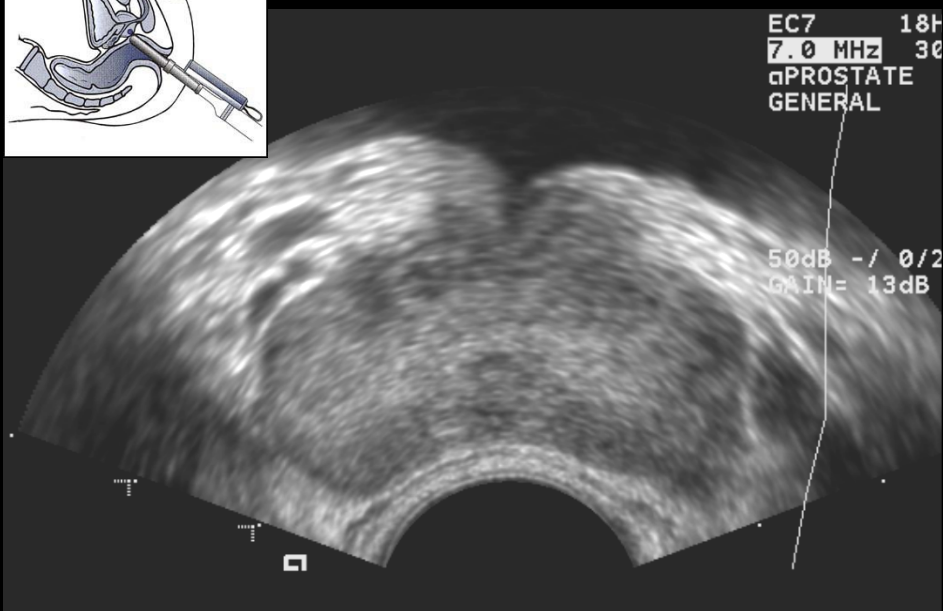
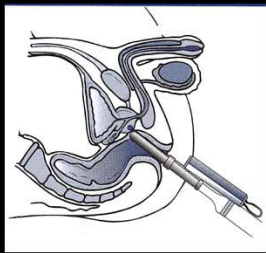
<i>Frequência (MHz)</i>	<i>Comprimento de ondas (mm)</i>	<i>Coefficiente de atenuação (dB/cm)</i>	<i>Profundidade de imagem (cm)</i>
2,0	0,77	1,0	30
3,5	0,44	1,8	17
5,0	0,31	2,5	12
7,5	0,21	3,8	8
10,0	0,15	5,0	6

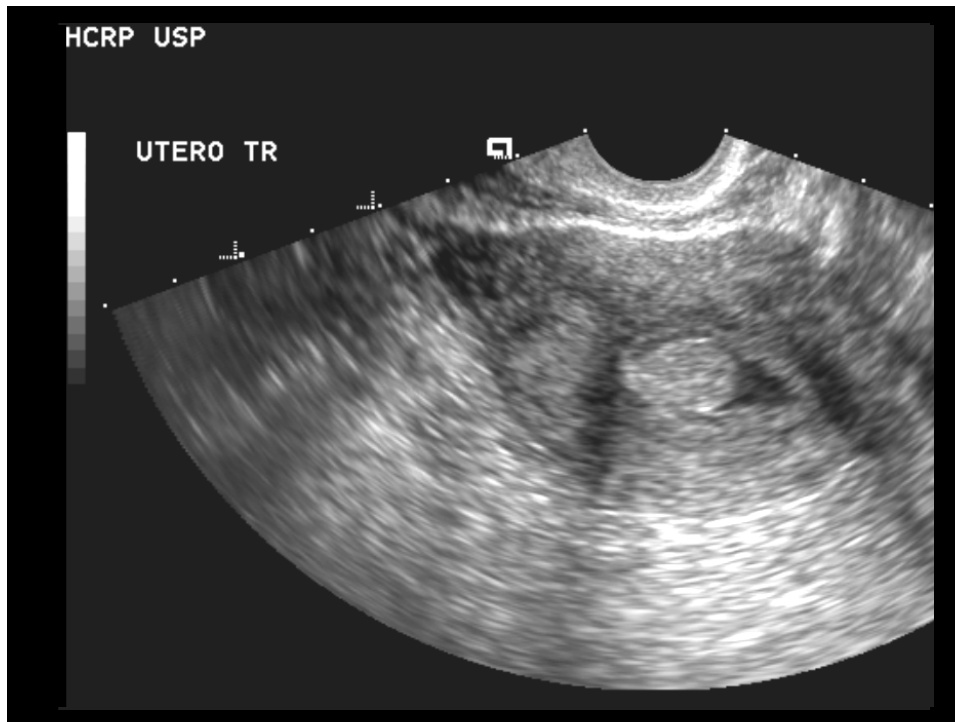
Profundidade da imagem e resolução axial nos tecidos (dois ciclos por pulso)

<i>Frequência (MHz)</i>	<i>Profundidade da imagem (cm)</i>	<i>Resolução axial (mm)</i>
2,0	30	0,77
3,5	17	0,44
5,0	12	0,31
7,5	8	0,20
10,0	6	0,15



Early prostatic sonogram (1974). Advanced prostatic cancer. The cancer infiltration can be localized.³⁵





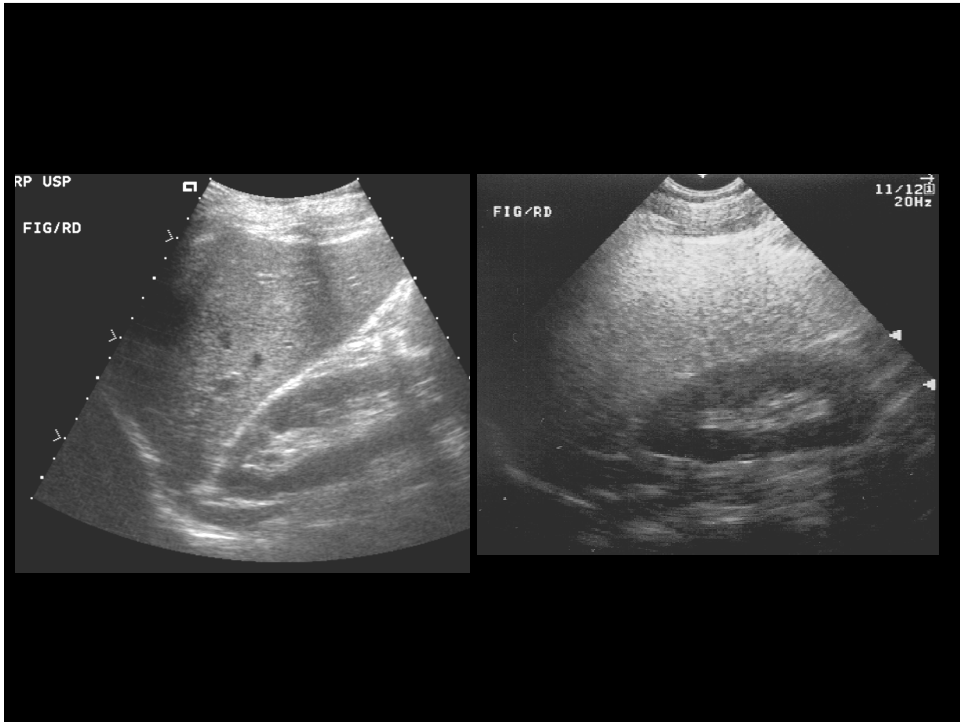
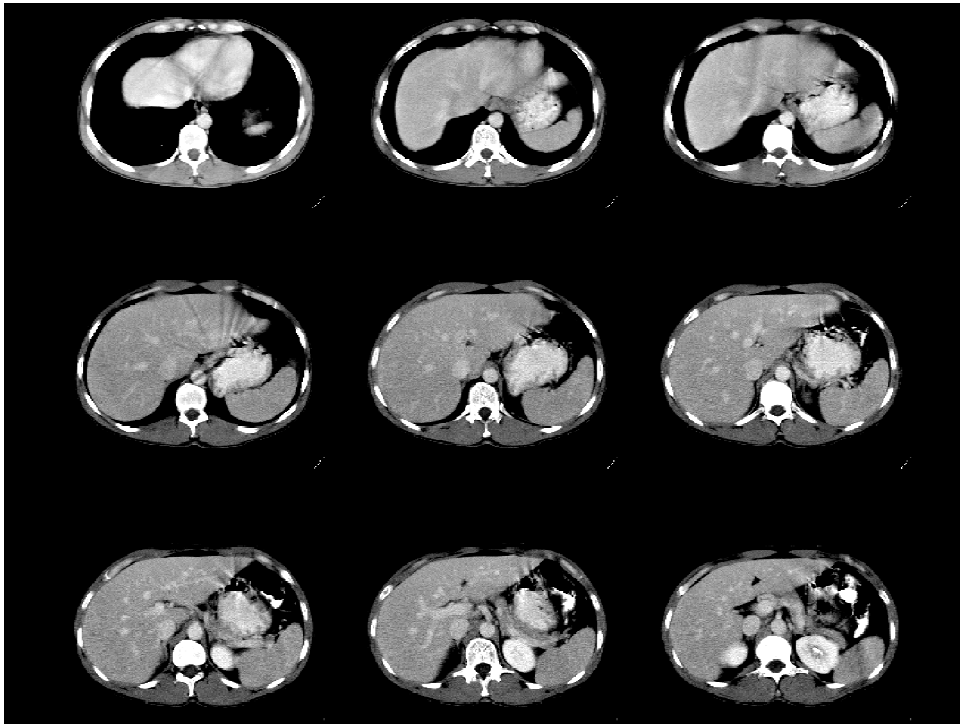
Avanços tecnológicos – anos 90

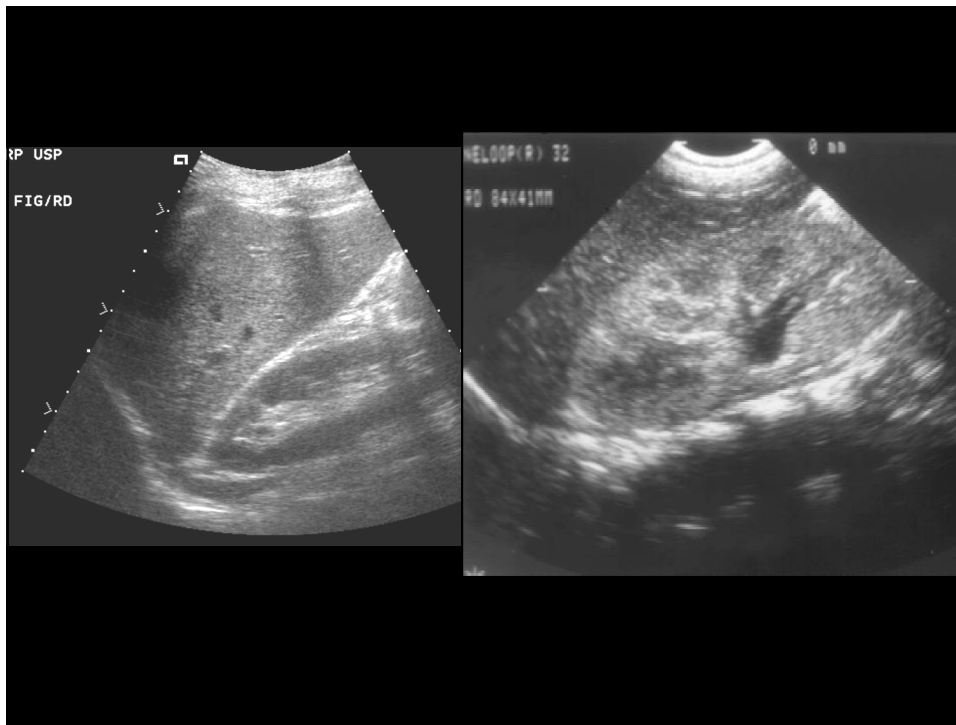
- Aumento no número de cristais (canais) de 64 para 128
- Melhoramento na tecnologia dos cristais = banda larga e "high dynamic range"
- Aumento da abertura do arranjo de cristais = mais cristais disparando ao mesmo tempo
- Aumento da capacidade computacional
- Melhora nas técnicas de foco na recepção = aumento de zonas de foco ao longo do feixe
- Incorporação de controles automáticos de curva de ganho total
- Troca progressiva de componentes analógicos para digitais

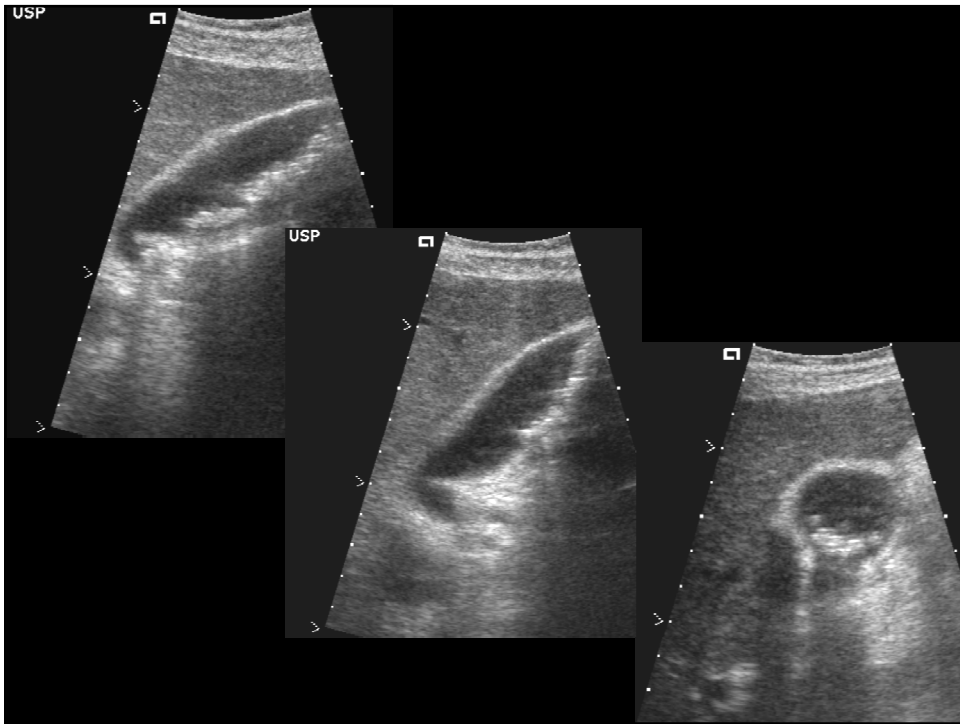
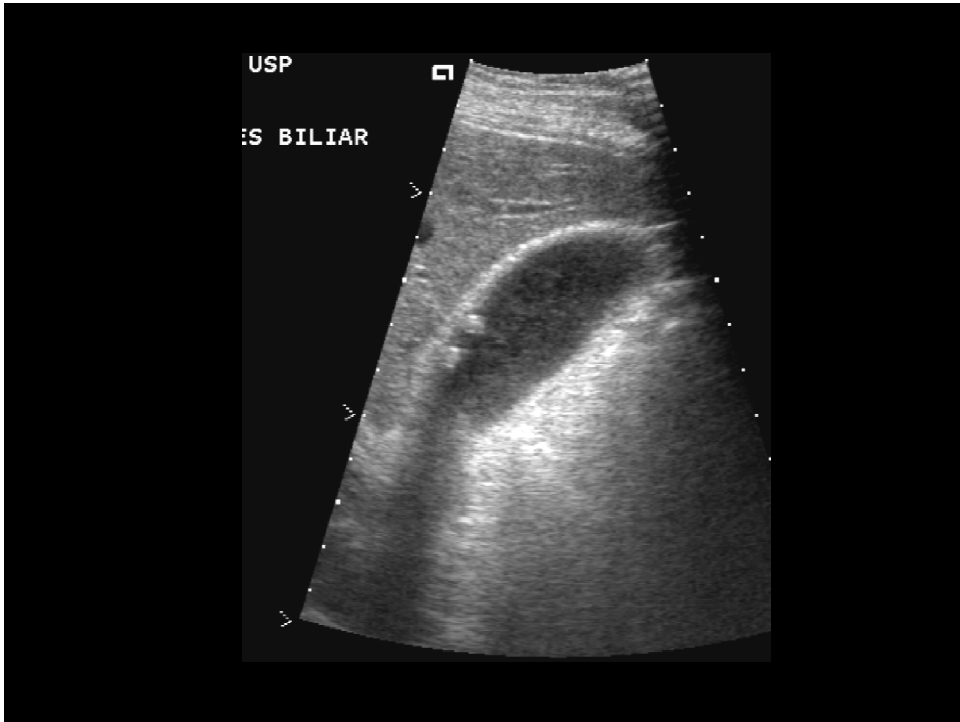
Caracterização de lesões ao US

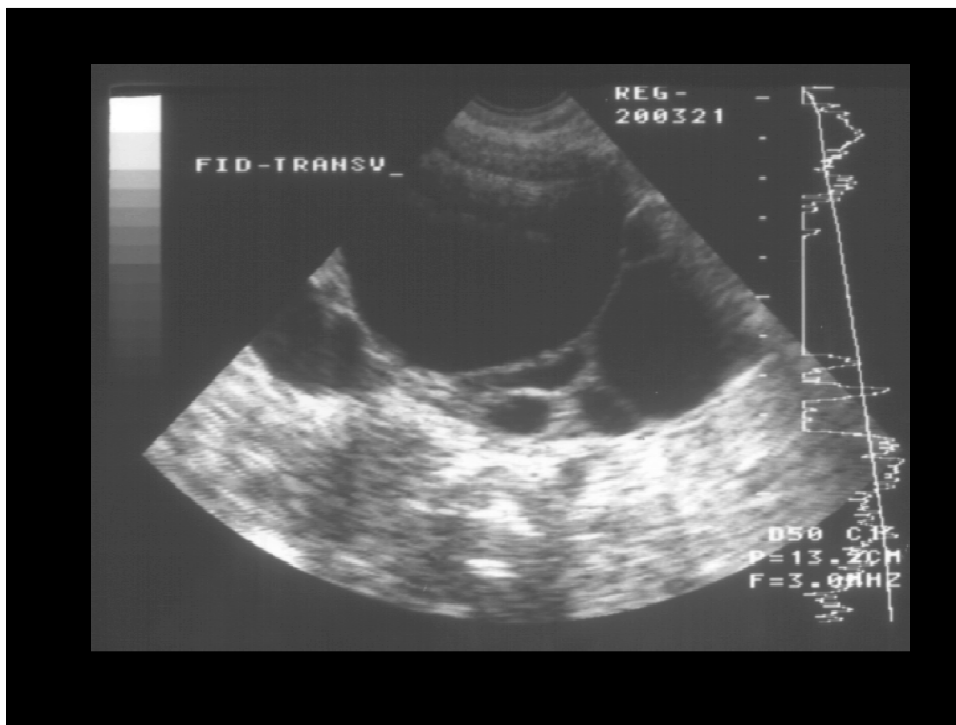
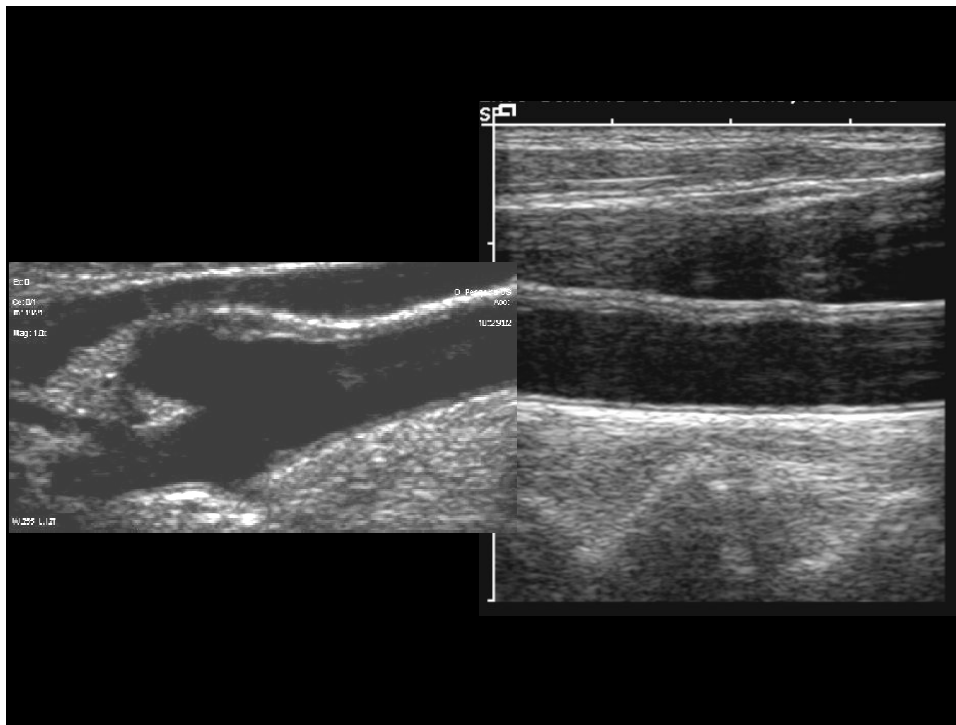
- Forma
 - Limites e contornos: bem definidos, pouco precisos, imprecisos,
 - Dimensões: volume, maior diâmetro,...
- Ecotextura
 - Heterogênea
 - Homogênea
- Ecogenicidade
 - Sólida – ecogênica
 - Hiperecogênica
 - Hipoecogênica
 - Isoecogênica
 - Cística – anecóica
- Conteúdo
 - Com ou sem debris
 - Com ou sem vegetações
- Mista : componente sólido + cístico
- Localização precisa
- Mobilidade/observação dinâmica
- Relações com estruturas adjacentes

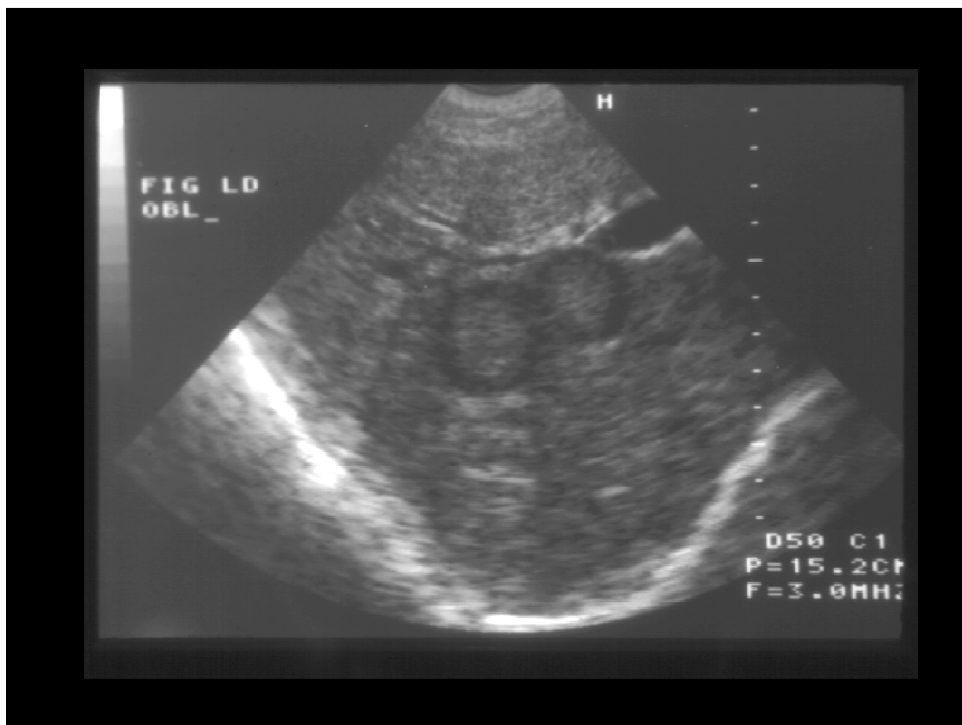










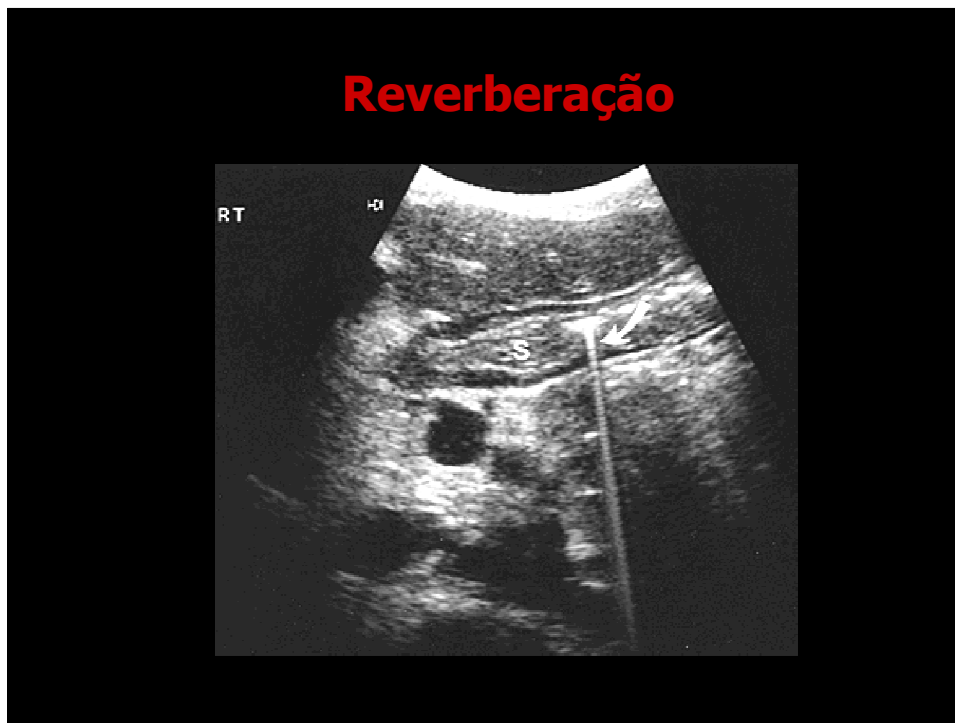
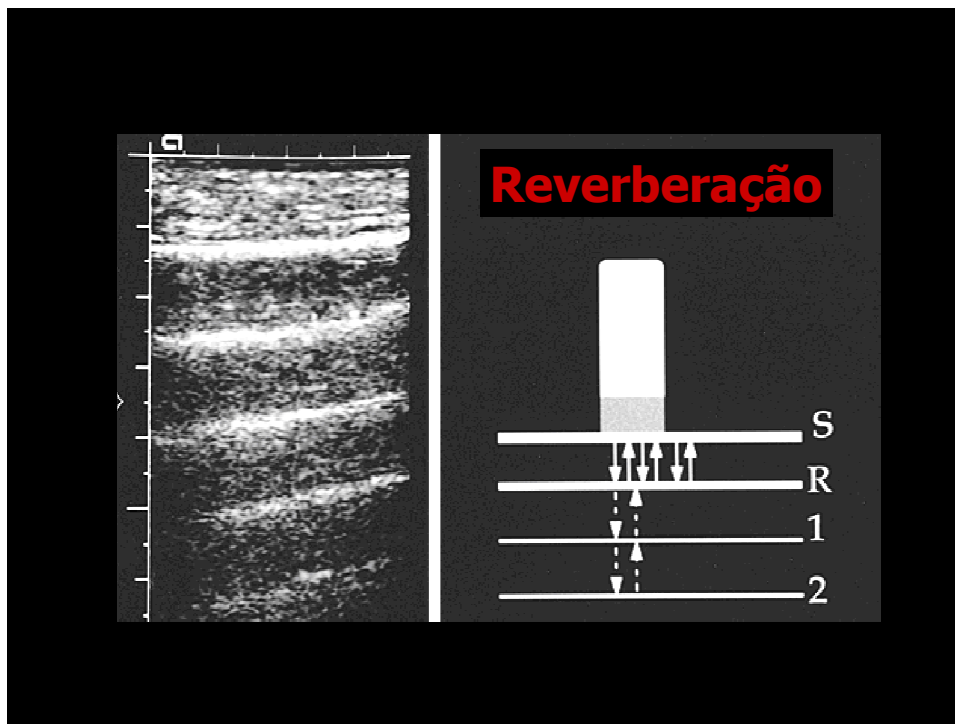


Interações específicas de interesse prático

- Reverberação
- Reflexão especular – artefato em espelho
- Refração – artefato de duplicação
- Reforço acústico posterior
- Reflexão total – sombra acústica posterior

Interações específicas de interesse prático

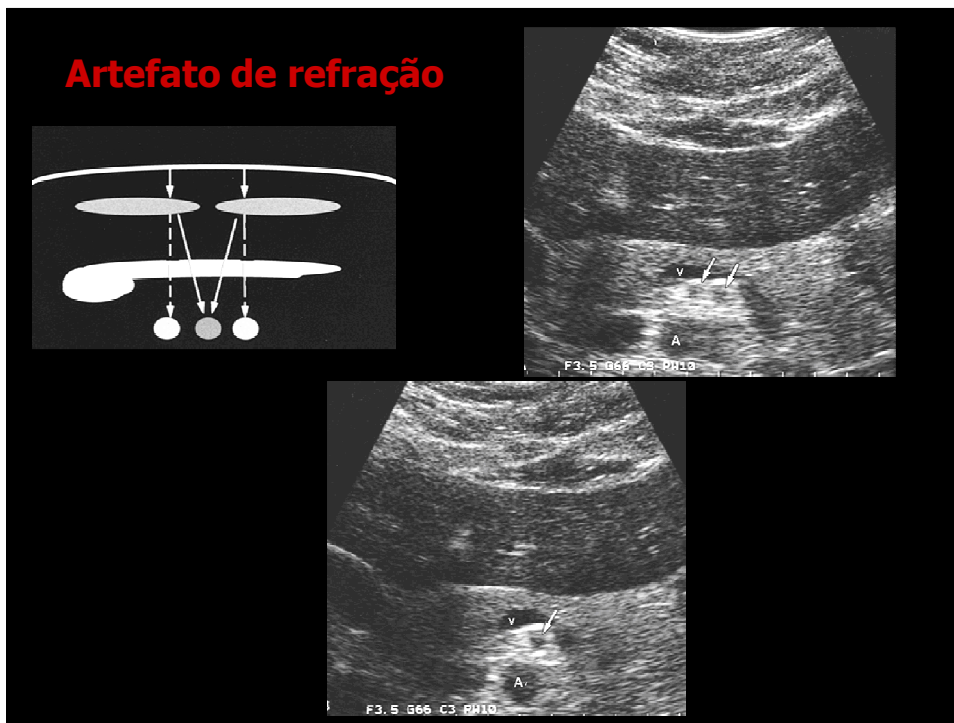
- Reverberação
- Reflexão especular – artefato em espelho
- Refração – artefato de duplicação
- **Reforço acústico posterior**
- **Reflexão total – sombra acústica posterior**



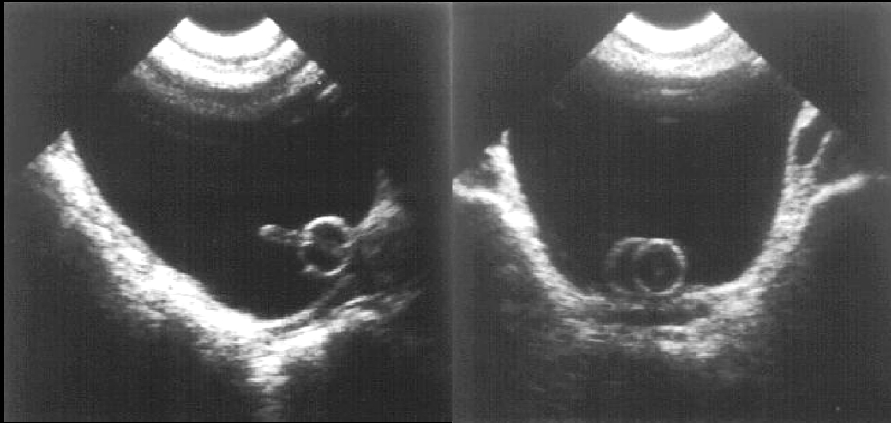
Artefato em espelho



Artefato de refração



Artefato de refração



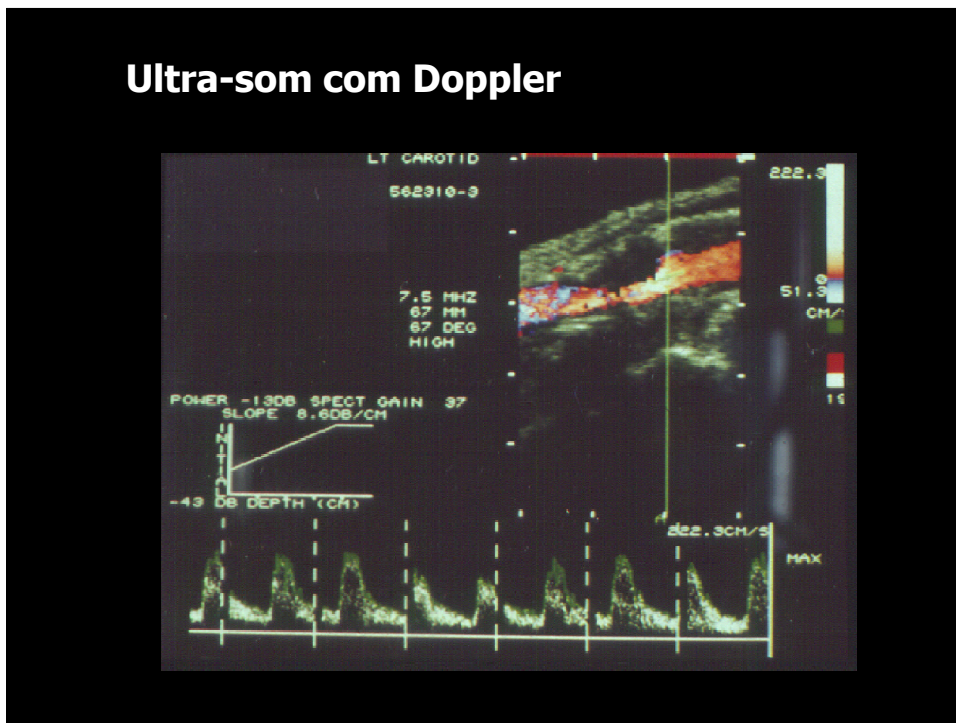
Reforço acústico posterior

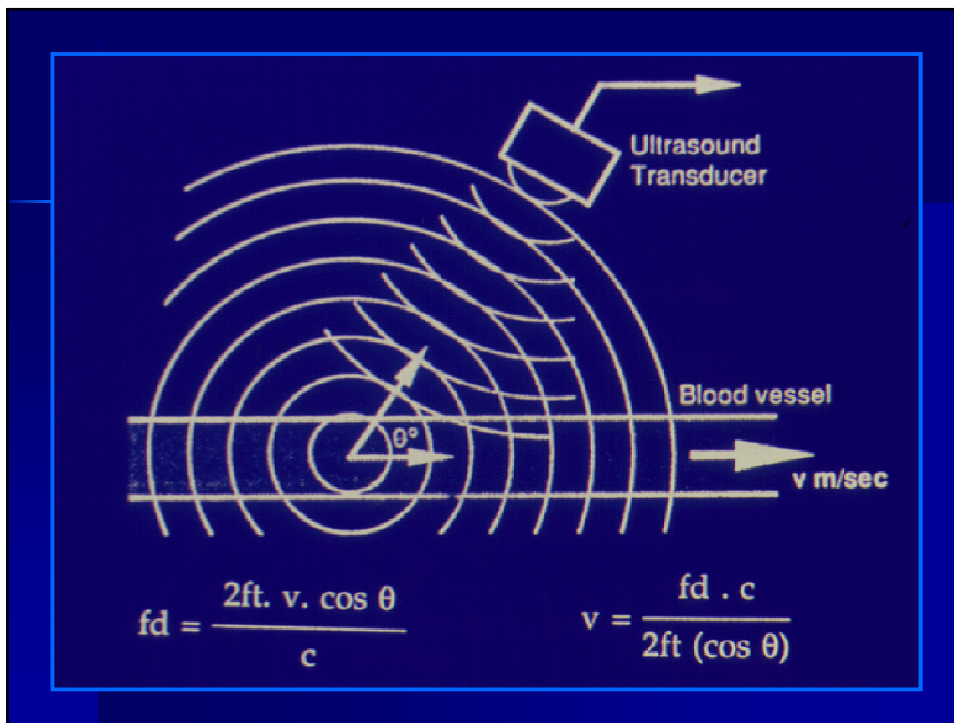
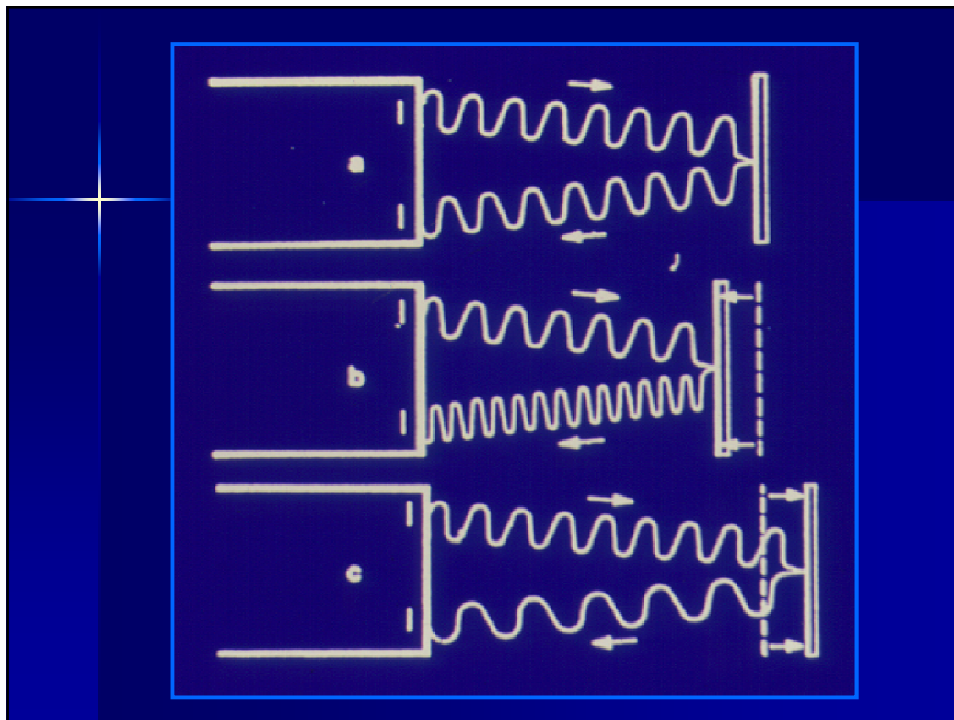


Sombra acústica posterior



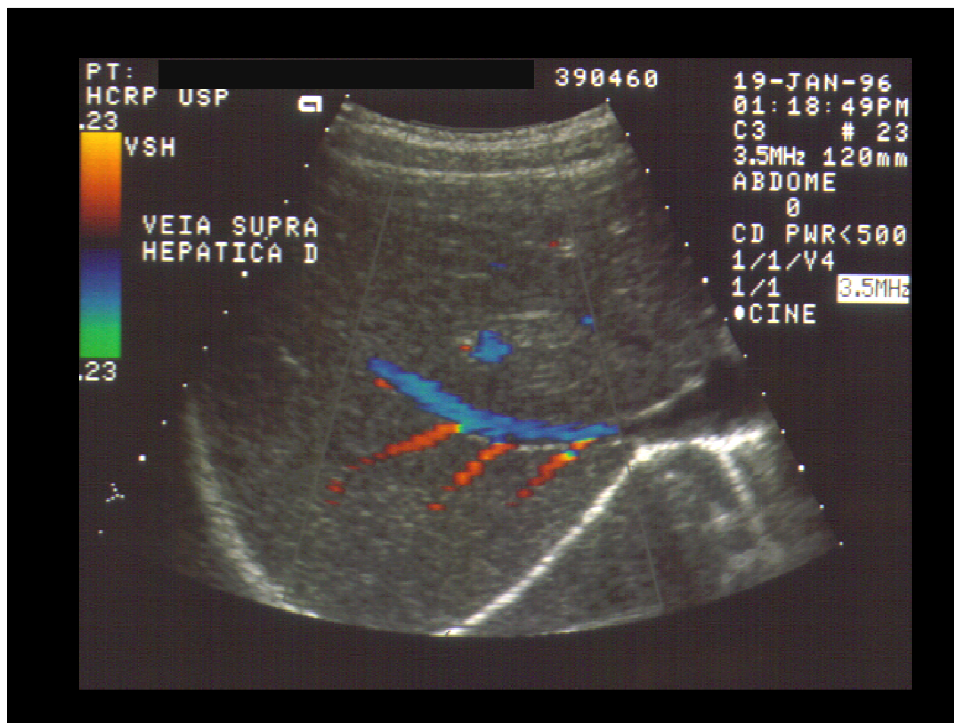
Ultra-som com Doppler

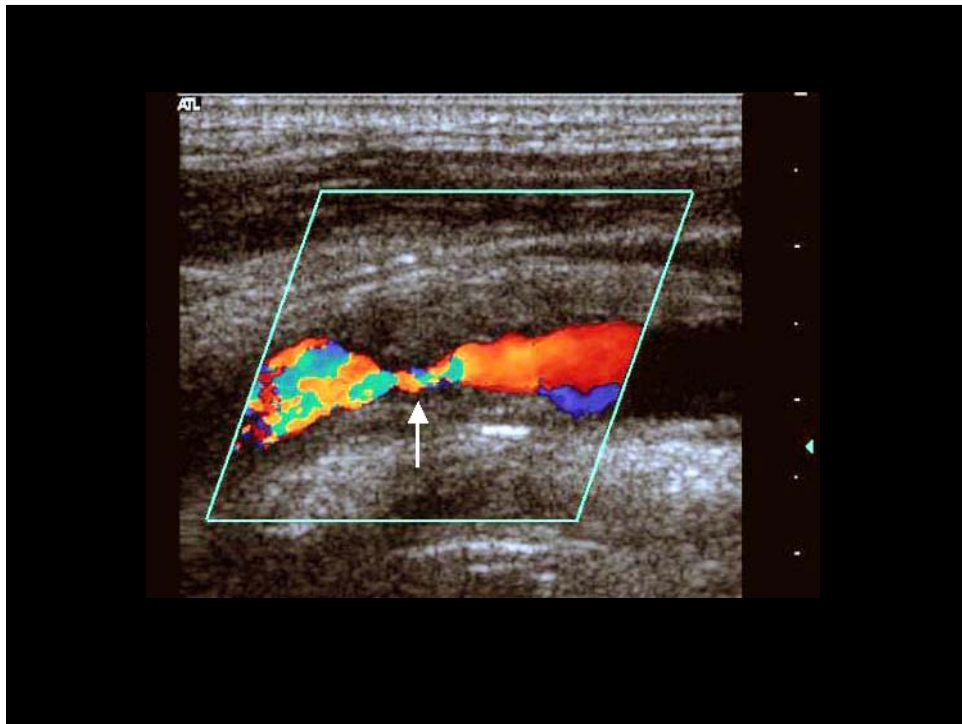
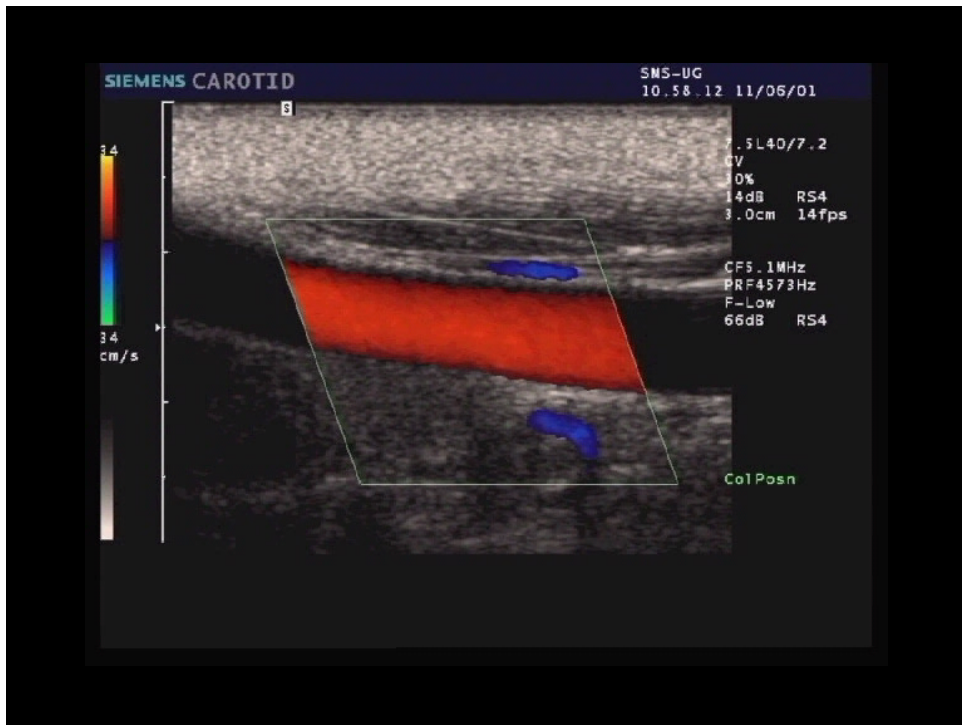




Informações obtidas através do Doppler

- ↓ Presença ou ausência de fluxo > diagnóstico de permeabilidade vascular
- ↓ Sentido do fluxo > diagnóstico de refluxo e caracterização do mesmo
- ↓ Velocidade de fluxo > diagnóstico e gradação de estenoses (arteriais)





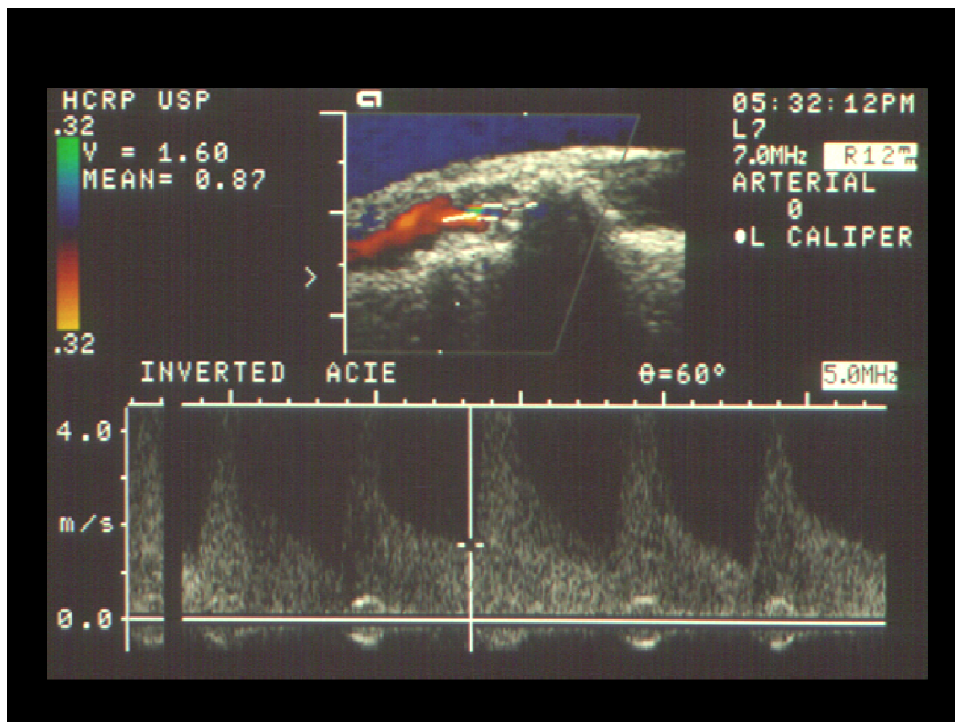
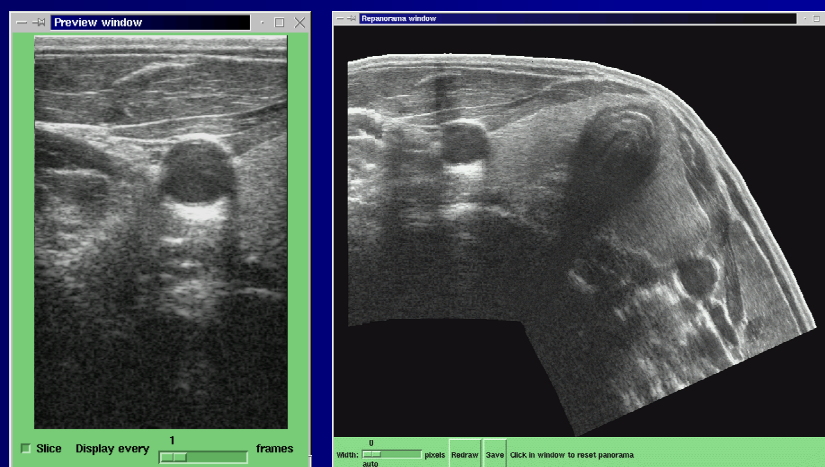
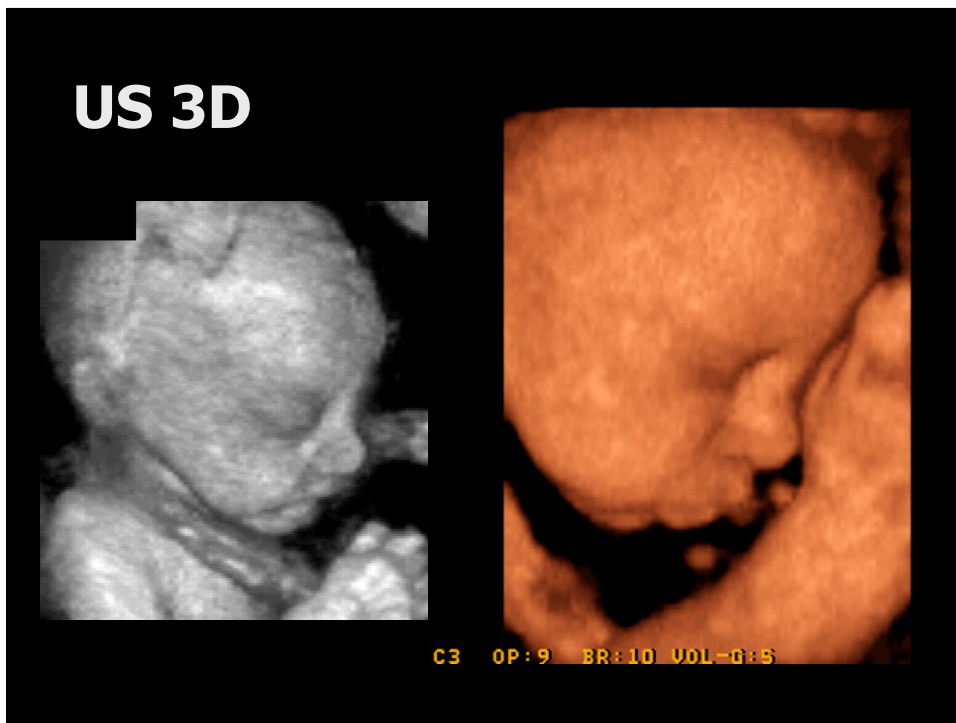
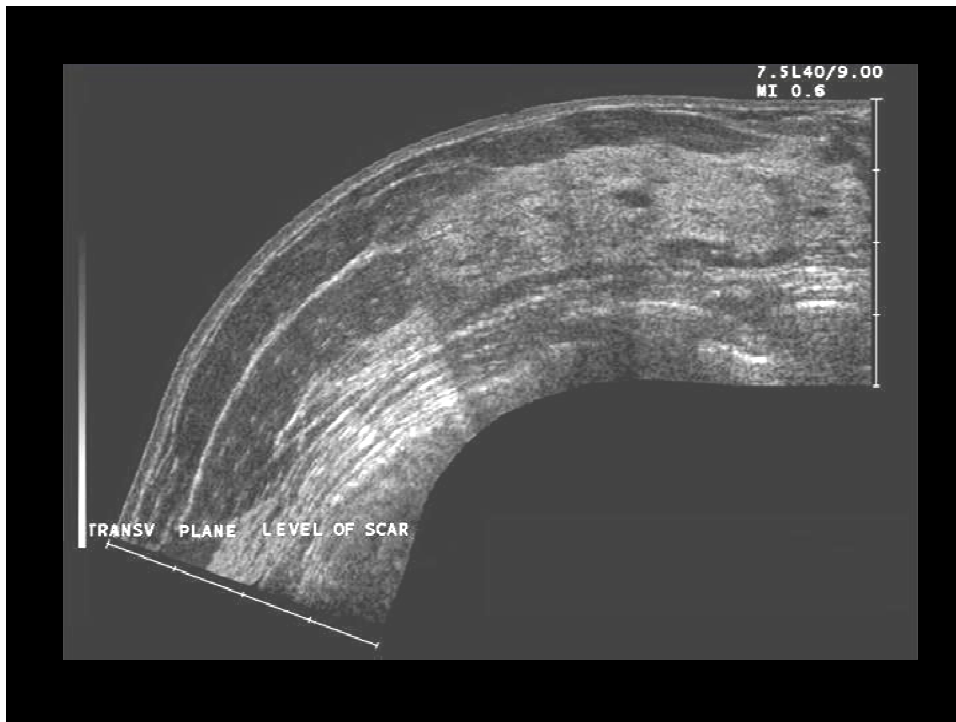
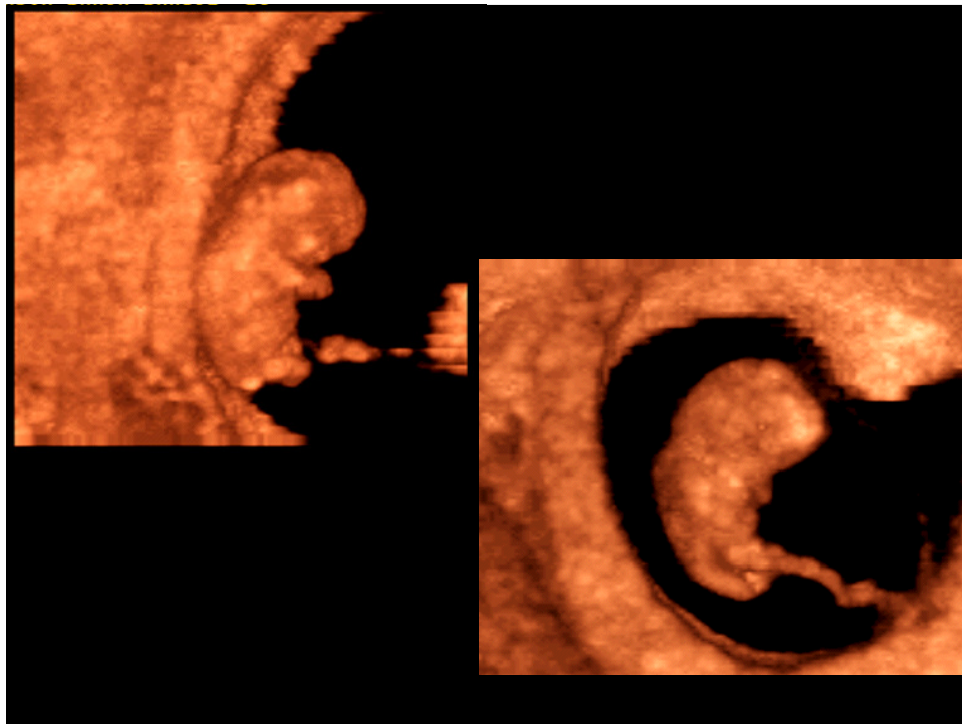
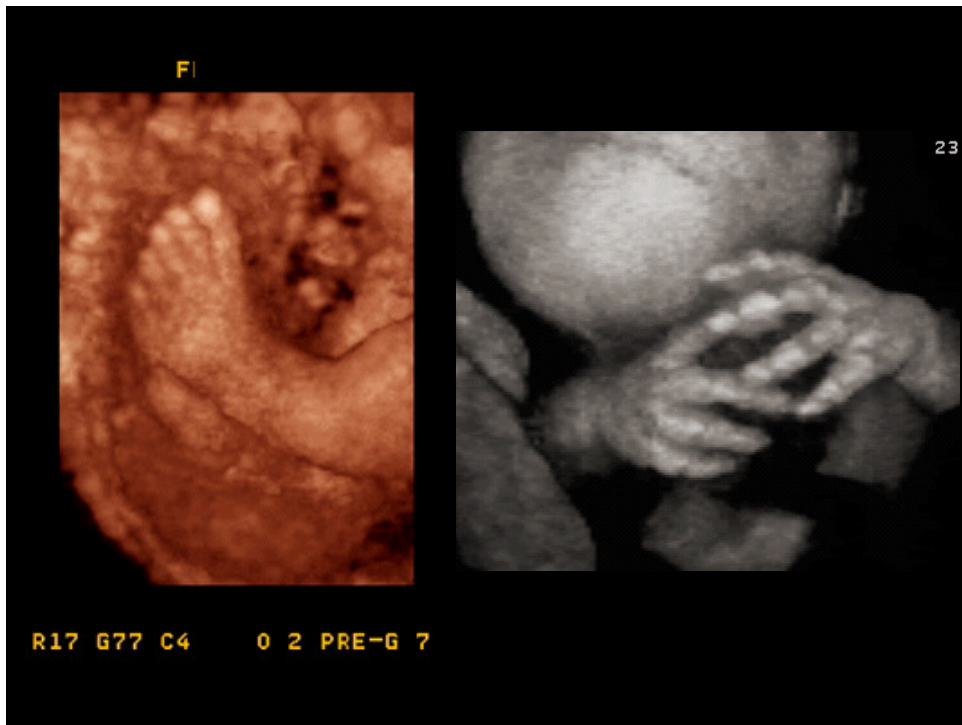


Imagem panorâmica









Ultra-sonografia

Vantagens

- Alta disponibilidade
- Inócuo
- Rápido
- Realizado em qualquer local (portátil), não necessitando de sala especial
- Relativamente barato
- Dinâmico – estudo das estruturas em movimento possibilitando o estudo da função de alguns órgãos
- Estudo de fluxo sanguíneo com Doppler
- Não necessita injeção de contraste

Desvantagens

- Não estuda estrutura interna do osso
- Não estuda estruturas que contenham ar ou gás
- Altamente dependente do operador



fim