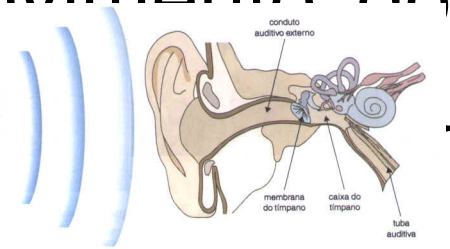
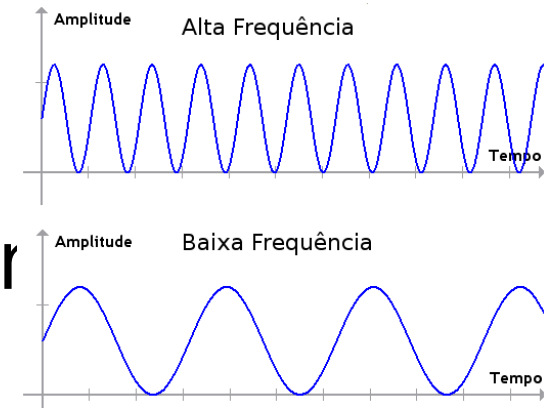


# ULTRA SOM

- Usa ondas de som para interagir com tecidos
- Mostra características específicas de tecidos
- Ondas mecânicas e longitudinais que viajam através da matéria
- Em ondas longitudinais, o movimento do mecanismo que forma a onda na direção de propagação da onda



# ULTRA SOM



- A frequência usada na medicina varia entre
- As ondas são uma série de compressões e expansões mecânicas na direção do trajeto da onda
- Portanto são ondas longitudinais que viajam pelo meio vibrando a matéria e carregando a energia produzida com a colisão das moléculas/partículas gerando calor

# SOM

- Som não viaja no vácuo
- Depende da matéria para vibrar e gerar energia
- A faixa de som audível tem frequência entre 20 e 20.000 Hz
- Abaixo disso chama-se infra som
- Acima disso chama-se ultra som

Gráficos meramente ilustrativos

44 KHz

# ULTRA SOM - HISTÓRIA

- 1794 - Lazzaro Spallanzini demonstrou que morcegos se orientavam mais pela audição que pela visão
- 1877 - Lorde Rayleigh publica a Teoria do Som
- 2ª Guerra Mundial – uso de radar
- 1948-49 - Douglas Howry e W. Roderic Bliss primeiros usos na medicina
- 1950 – primeira imagem seccional
- 1971 – Kossof usou imagens em escala de cinza

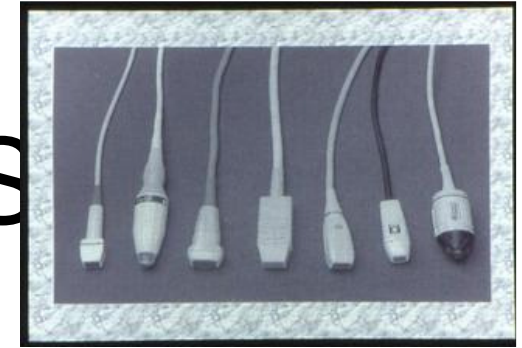
# ULTRA SOM - VANTAGENS

- Tecnologia barata por conta de HW de baixo custo
- Imagens de alta resolução comparadas às imagens de Raio-X
- Provê informações de tecidos “moles” / de baixa densidade
- Resolução axial na ordem de milímetros
- Resolução radial depende do diâmetro de emissão

# ULTRA SOM - VANTAGENS

- Energia aplicada não ionizante
- Produz imagens em tempo real
- Equipamentos de fácil portabilidade
- Mostra importantes dados fisiológicos
  - Fluxo e direção de fluídos como sangue através do efeito Doppler
- Se propaga em diferentes velocidades em diferentes tecidos

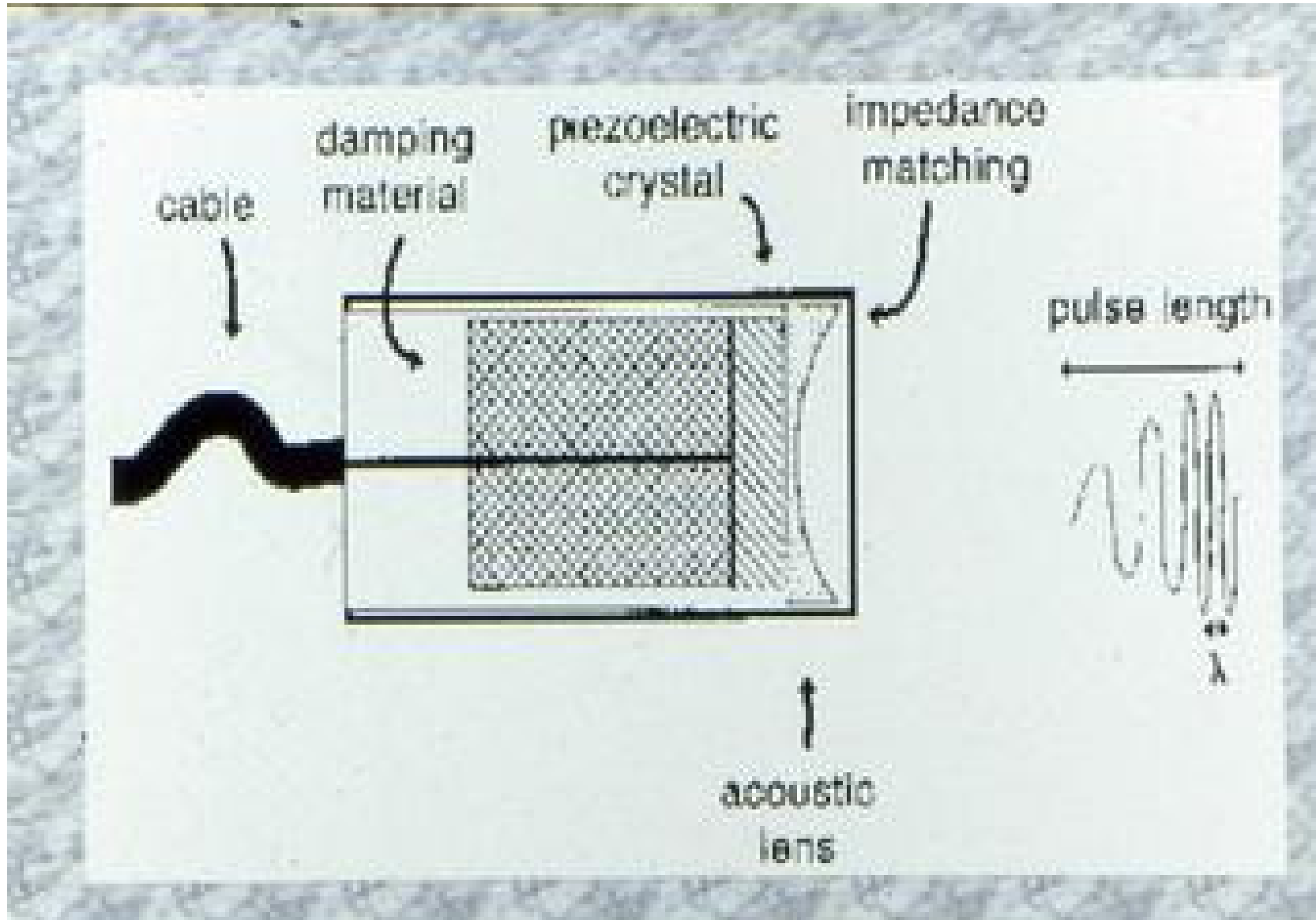
# TRANSDUTORES



- Definição geral: um dispositivo que recebe um sinal e o retransmite, independentemente de conversão de energia.
- Definição específica e mais utilizada: recebe um tipo de energia e retransmite outro.



# TRANSDUCTORES





# GERAÇÃO DE ONDA ULTRASÔNICA

- Através de materiais magnetoestrictivos
  - Sofre modificações estruturais perante um campo magnético gerando oscilações de mesma frequência que o campo magnético
- Através de cristais piezoelétricos
  - Mais frequente
  - Oscila com a presença de uma carga elétrica gerando pressão mecânica (ultra som)
  - gera corrente elétrica sob a uma pressão mecânica (eco)

# GERAÇÃO DE ONDA ULTRASÔNICA

- Os cristais piezoelétricos podem ser feitos de vários materiais:
  - O mais usado é o zirconato titanato de chumbo
  - Podem ser também: cerâmica, quartzo, titanato de bário e difluoreto de polyvinylidene (PVDF)
- Cristais são colados entre dois eletrodos que aplicam uma corrente elétrica que faz com que o cristal se expanda e contraia produzindo ondas sonoras nas frequências desejadas

# RECEPÇÃO DE ONDA ULTRASÔNICA

- Um pulso (onda ultra som) é emitido e viaja pelos tecidos internos.
- Quando o pulso encontra uma mudança de tecido ( mudança de meio) aproximadamente 1% da onda é refletiva e o restante é refratada.
- A porção refletida (eco) é percebida pelo transdutor (mesmo que emitiu) que calcula a profundidade
- A velocidade é conhecida: 1540 m/s

# RECEPÇÃO DE ONDA ULTRASÔNICA

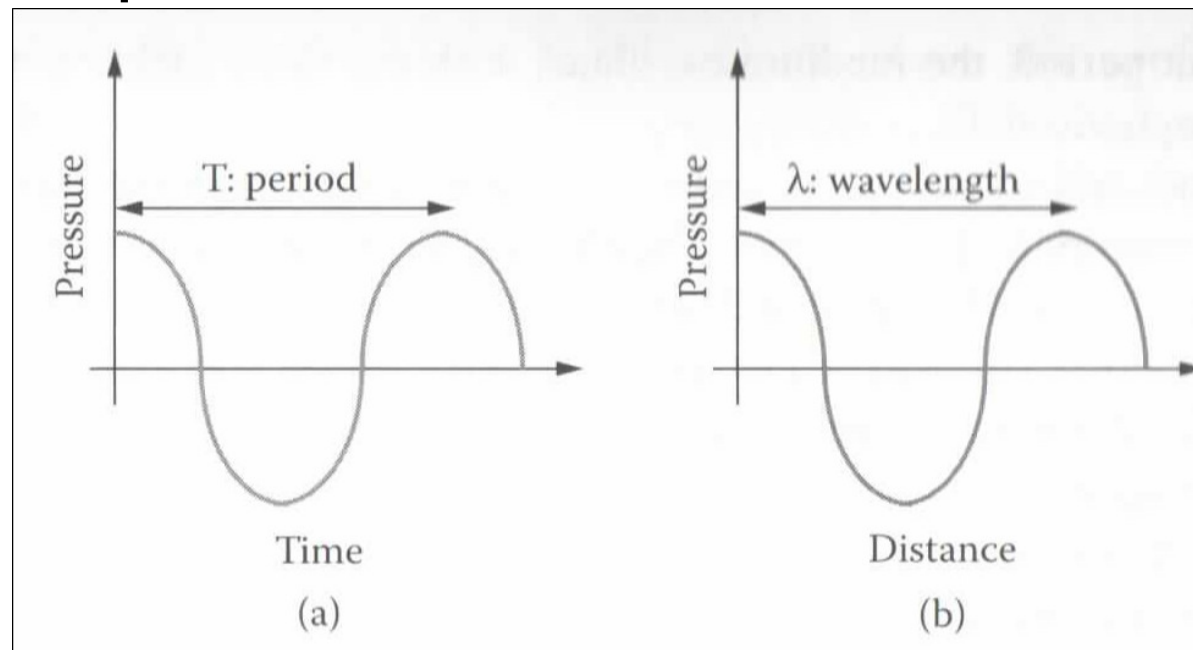
- As lentes acústicas percebem o eco e passam a pressão de onda (força mecânica) para o cristal piezoelétrico.
- O cristal converte o som do eco em energia elétrica que é passada para os eletrodos
- Com base no pulso elétrico a imagem é gerada
- Esse processo é muito rápido pois depois de “ouvir” o eco por um certo tempo, o cristal emite novo pulso
- Quanto maior a demora pelo eco, mais distante está a parede do tecido (diferença de meio)

# COMPRIMENTO DE ONDA

$$\lambda = VT$$

(16.1)

- $V$  = velocidade
- $T$  = tempo



# FREQUÊNCIA DO SOM

$$f = \frac{1}{T}$$

(16.2)

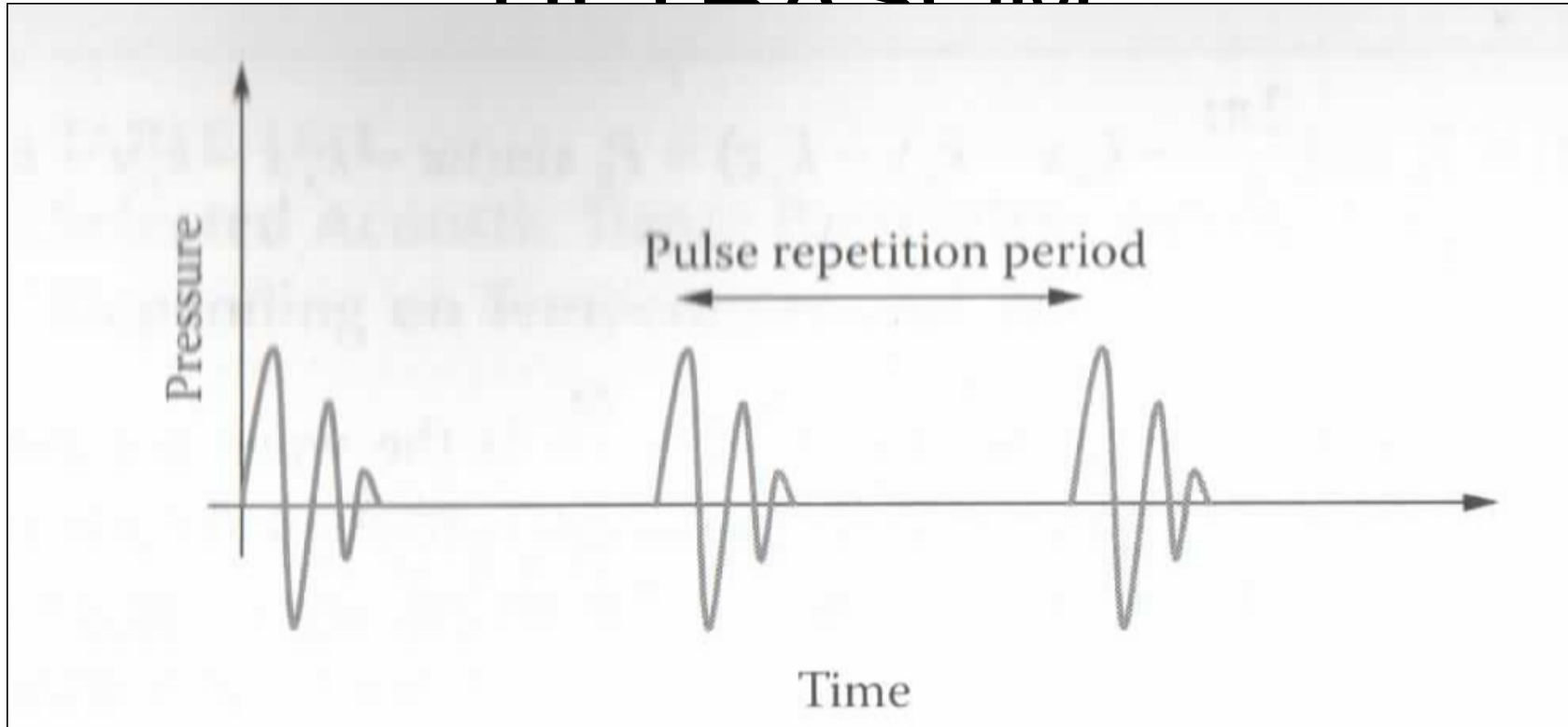
- Número de ciclos produzidos em 1 segundo
- Infra som ( $f < 20$  Hz), som audível ( $f > 20$  e  $< 20.000$  Hz) e ultra som ( $f > 20.000$  Hz)
- Quanto  $>$  a  $f$ ,  $<$  o  $\lambda$  e melhor a resolução espacial
- Transdutor de 3,5 MHz para exames mais profundos
- Transdutor de 7,5 MHz para exames mais superficiais

# VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (16.3)$$

- $K$  = módulo elástico do material
- $\rho$  = densidade do meio

# PROTOCOLO DE PULSO ULTRASSOM



- Atraso entre a emissão e detecção do pulso é chamado de tempo de vôo



# IMPEDÂNCIA ACÚSTICA

$$Z_A = \rho V$$

(16.4)

- Impedância acústica do meio
- facilidade de propagação do som no meio
- Depende da velocidade e da densidade do som no meio
- Quanto > a diferença de impedância entre dois meios, maior a reflexão

# EQUAÇÃO DA ONDA

$$\nabla^2 P = \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \quad (16.5)$$

$$P(z, t) = P_0 \sin\left(\frac{2\pi t}{\lambda} - k_x x - k_y y - k_z z\right) = P_0 \sin(\omega t - k_x x - k_y y - k_z z) \quad (16.6)$$

# ATENUAÇÃO

$$dP = \alpha P dz \quad (16.7)$$

- É a diminuição da força da onda sonora
- Pela transformação da onda sonora em calor que é absorvido pelas células
- Pela reflexão da onda
- Pela refração da onda

# LEI DE ATENUAÇÃO DE BEER-LAMBERT-BOUGUER

$$P(z) = P_0 \exp[-\alpha z] \quad (16.8)$$

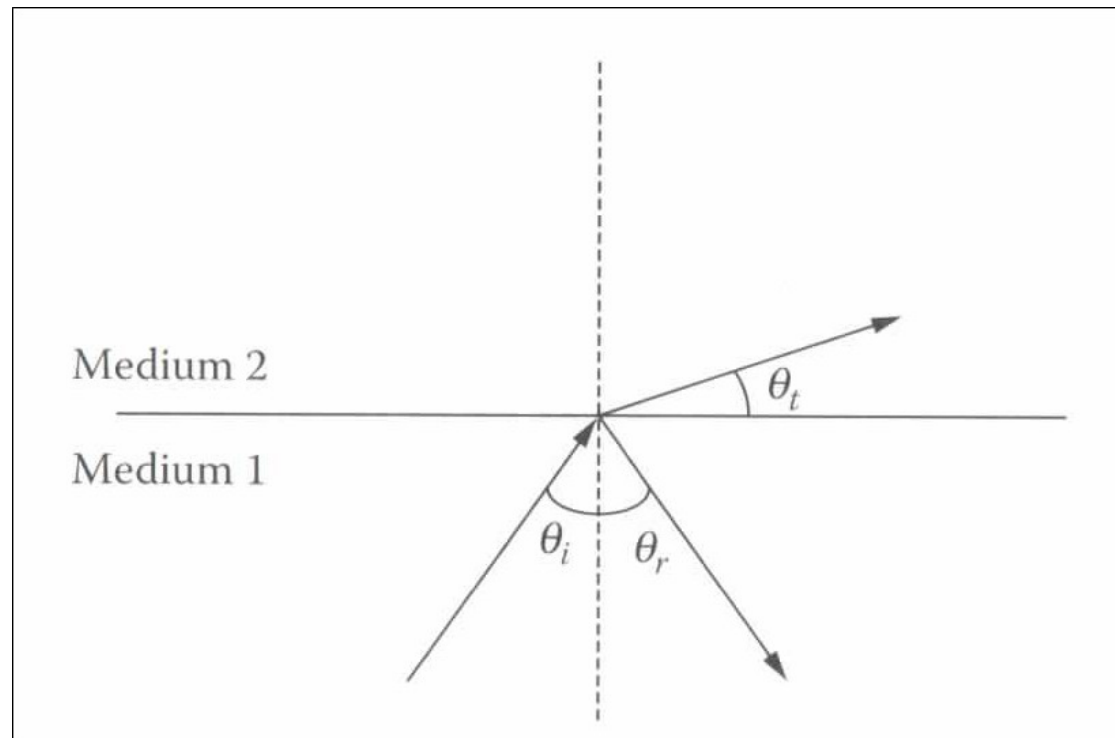
- Esta equação mostra que o coeficiente de atenuação varia de um tecido para o outro
- $P_0$  é a pressão em  $z=0$ .

**TABLE 16.1****Selected Acoustic Tissue Parameters with Values Depending on Temperature and Pressure**

<b>Tissue</b>	<b>Acoustic Impedance <math>Z_A</math> (<math>\text{kg/m}^2 \times 10^{-6}</math>)</b>	<b>Attenuation Coefficient <math>\alpha</math> at 1 MHz (dB/cm)</b>	<b>Density <math>\rho</math> (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>	<b>Propagation Velocity <math>V</math> (m/s)</b>
Water	1.48–1.53	0.002	1000	1480
Blood	1.58–1.61	0.2	1030	1570
Fat	1.37	0.6	900	1450
Muscle	1.68	3.3	1080	1580
Bone	6.0–8.0	12	1850	3500–4300

# Reflexão

- Ângulo de incidência  $\theta_i < 3$  graus
- $\theta_r$  *ângulo de reflexão*
- $\theta_t$  *ângulo de refração*



# REFLEXÃO

$$r = \frac{P_r}{P_i} = \frac{Z_{A2} \cos \theta_1 - Z_{A1} \cos \theta_2}{Z_{A2} \cos \theta_1 + Z_{A1} \cos \theta_2} \quad (16.10)$$

$$t = \frac{P_t}{P_i} = \frac{2Z_{A2} \cos \theta_1}{Z_{A2} \cos \theta_1 + Z_{A1} \cos \theta_2} \quad (16.11)$$

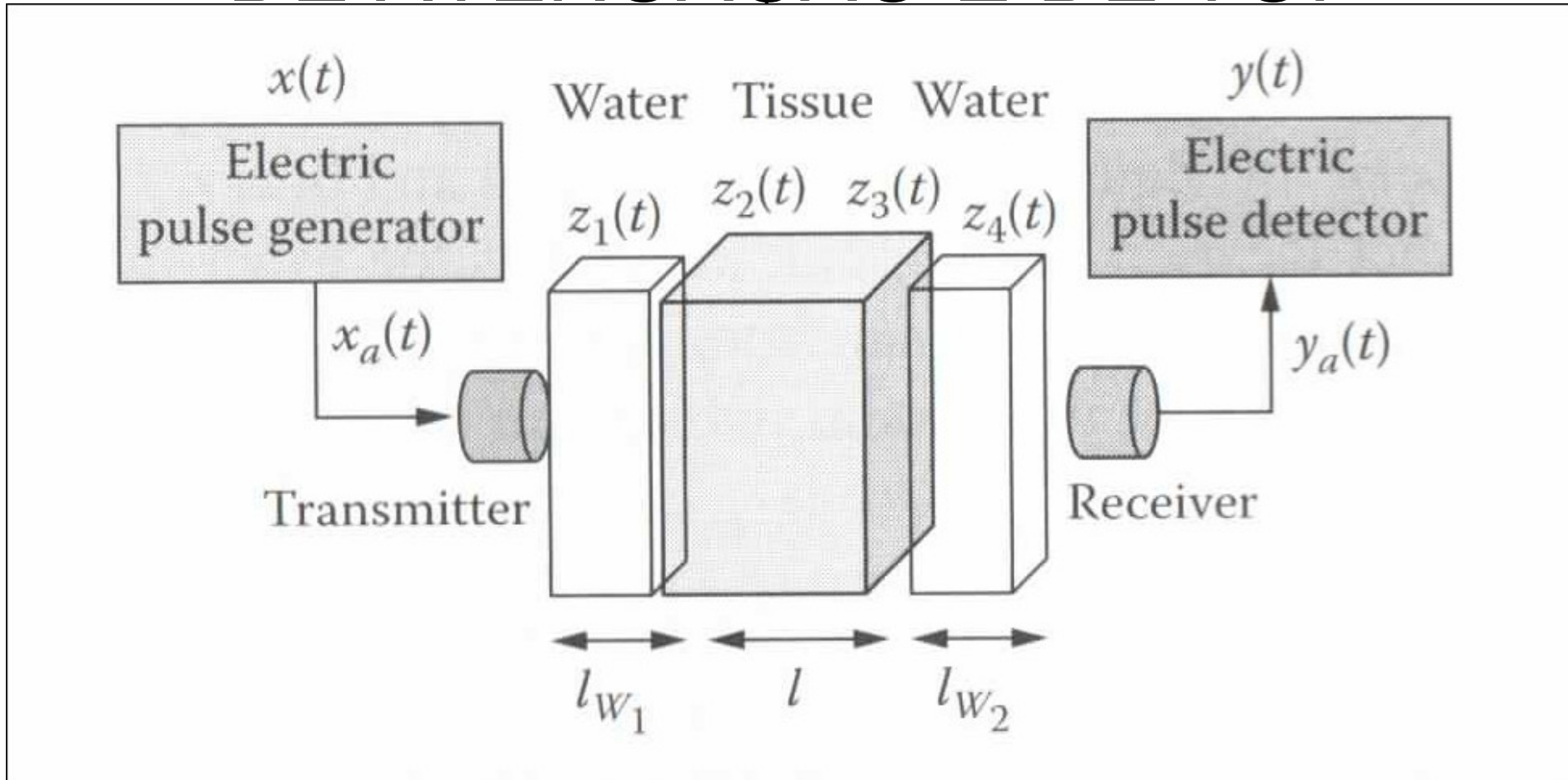
- $r$  = coeficiente de reflexão de pressão
- $t$  = coeficiente de transmissão de pressão
- $Z_{ax}$  = impedância acústica do meio
- $P_r$  = pressão refletida
- $P_i$  = pressão incidente
- $P_t$  = pressão transmitida

# MODALIDADES DE IMAGENS ULTRA SOM

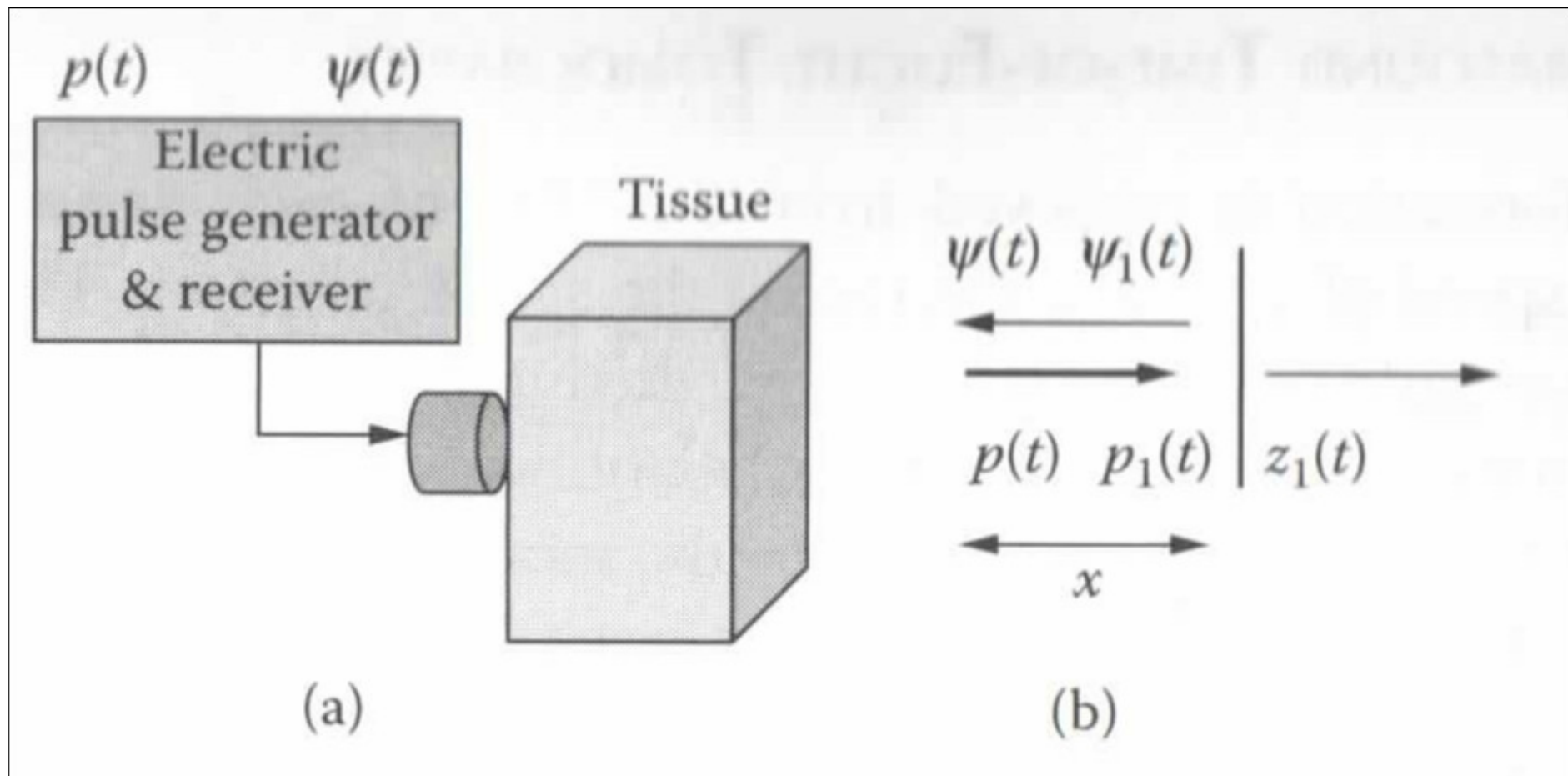
- Tomografia de atenuação
  - Conforme passa pelos tecidos as ondas ficam mais fracas
  - Usado para formar a imagem
- Tomografia TOF (time-of-flight - sobrevida)
  - Fornece informações como densidade e elasticidade do meio
- Tomografia de reflexão
  - Fornece informações dos limites dos tecidos, das interfaces entre tecidos
  - Efeito Doppler – tipo de tomografia de reflexão



# ESQUEMA PARA TOMOGRAFIA DE ATENUAÇÃO E DE TOF

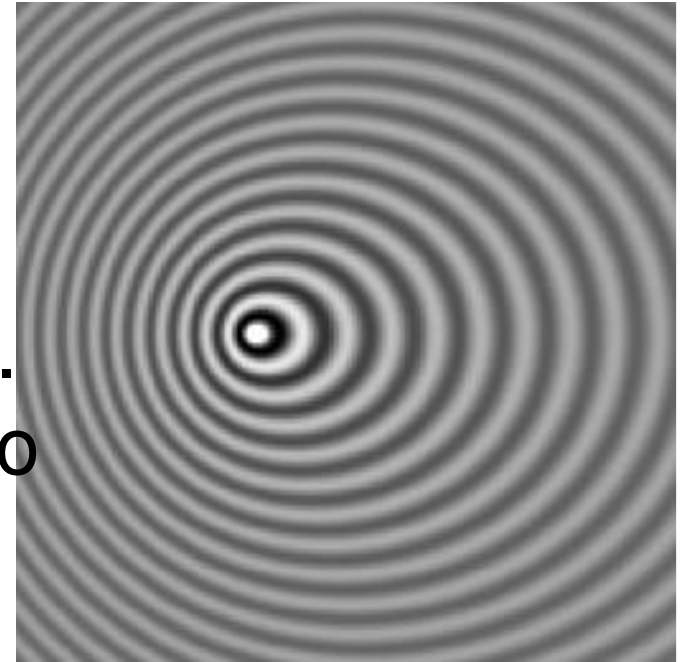


# ESQUEMA E O MODELO MATEMÁTICO PARA TOMOGRAFIA DE REFLEXÃO



# EFEITO DOPPLER

- Christian Andreas Doppler - descreveu teoricamente pela primeira vez em 1852
- Christoph B. Ballot – crompovou numa experiência com ondas sonoras, em 1845.
- Hippolyte Fizeau – descobriu o fenômeno em ondas eletromagnéticas, em 1848. também é chamado efeito Doppler-Fizeau.



# EFEITO DOPPLER



# EFEITO DOPPLER

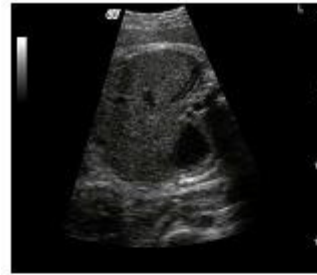
$$f = f_0 \frac{V}{V - V_{source}} \quad (16.43)$$

- A diferença entre a frequência emitida e recebida caracteriza a reflexão
- Aumento de frequência -> aproximando
- Diminuição de frequência -> afastando

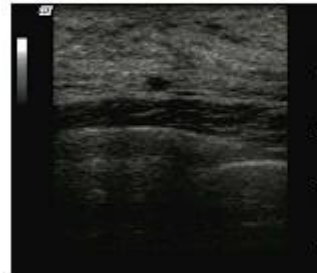
# EFEITO DOPPLER

- Vídeo

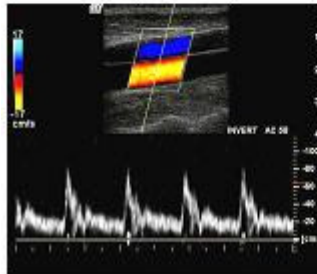
Knob fruit (25 weeks)



Probe : 3S-RS  
Safe breast cysts



Probe : 10lb-RS  
Doppler blood flow picture  
sleeping artery



Probe : 10lb-RS

Tibial artery blood flow in the fetus (27 weeks)



Probe : 3S-RS  
Doppler image of renal blood flow

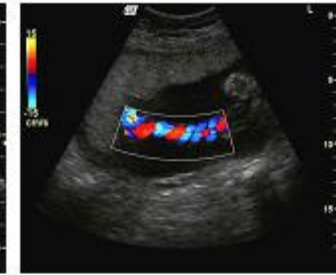


Probe : 3S-RS  
Sand and sediment in the gall bladder, his hydrocysts.

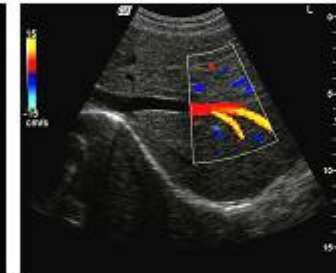


Probe : 3S-RS

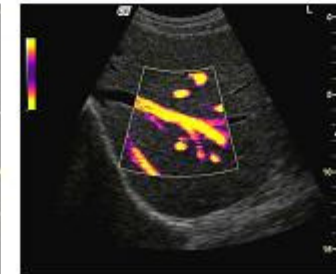
Blood flow in newborn cord fruit



Probe : 3S-RS  
Doppler picture liver blood flow



Probe : 3S-RS  
Image Mode Doppler energy



Probe : 3S-RS



# MODO DE REPRESENTAÇÃO DE IMAGENS DE ULTRASOM

**TABLE 16.2**

**Various Applications of Ultrasonic Imaging Diagnosis in B-Mode or M-Mode within a Selected Frequency Range**

<b>Organ</b>	<b>Indication</b>	<b>Ultrasound Modality and Frequency Range</b>
Blood vessels	Thrombosis, stenosis	B-mode; 3–7.5 MHz; color doppler
Heart	Blood flow, ventricular enlargement, pathological conditions, volumetric determination	B-mode; 2–7.5 MHz, M-mode; color doppler
Liver	Tumors, cysts	B-mode; 2–7.5 MHz M-mode; color doppler
Gall bladder and bile ducts	Calcification, stones, volume changes	B-mode; 2–7.5 MHz
Uterus	Fetal diagnosis, positioning	B-mode; 2–7.5 MHz
Joints and muscles	Inflammation, defects, calcifications	B-mode; 5–7.5 MHz

# ULTRA SOM 3D

- Em 2D a reconstrução de várias fatias 2D é feita na mente do técnico
- Reconstrução 3D é um dos mais recentes avanços em ultra som
- Reconstroi volumetricamente as camadas
- A reconstrução de várias fatias é feita por SW



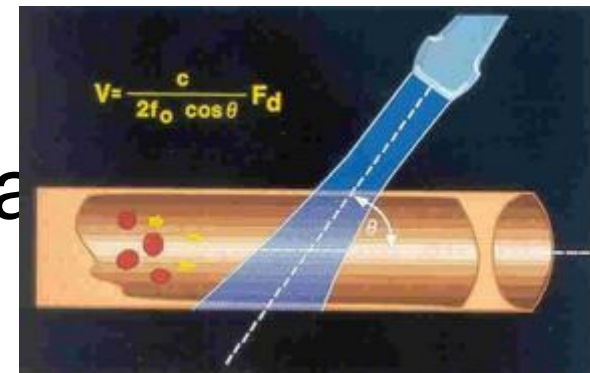


# ULTRA SOM 3D

- Renderização de superfície
  - Baseado na visualização de superfícies
  - Ecocardiografia e obstetrícia
- Reformatação multiplanar
  - Permite selecionar um ou múltiplos planos inclusive oblíquos
- Renderização de volume
  - Mostra a visão 3D depois de ter sido projetada em um plano 2D
  - Imagens fetais e vasculares com imagens Doppler
- Projeção de intensidade máxima

# USOS DO ULTRA SOM

- Acompanhamento de fetos, ver sexo
- Doppler – enfermidade artéria carótida
- Doppler – azul fluxo crescente e vermelhos fluxo decrescente
- 3D – cirurgia vascular – mini câmera
- Coleta de líquido amniótico
- Em geral é uma técnica que garante imagens em tempo real



# DESVANTAGENS ULTRASOM

- Depende do “humor” do técnico
  - Caixa para ultrassonografia de mama
- Imagens de ossos e pulmões não são viáveis
- Quanto maior a quantidade de proteína, melhor será a absorção de som



# FIM

- Perguntas?

