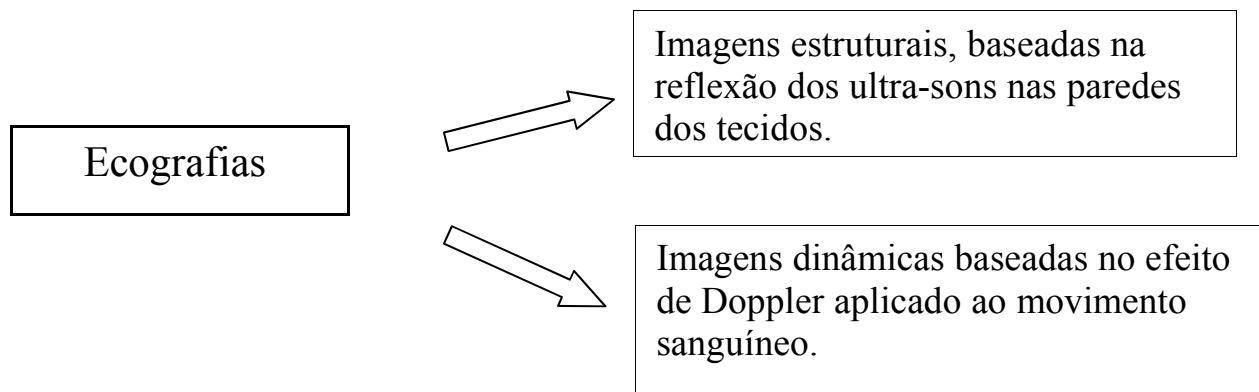


ECOGRAFIAS



ULTRA-SONS, ECOS E IMPEDÂNCIA ACÚSTICA

- A descoberta do efeito piezoelétrico permitiu aceder aos ultra-sons, tendo sido a sua primeira aplicação ao nível das comunicações em alto mar. Nos anos de 1930 iniciaram-se aplicações terapêuticas e apenas nos anos 1940 se iniciou a sua aplicação no diagnóstico médico.
- Como qualquer onda mecânica, os ultra-sons necessitam de um meio para se propagarem. Quando esse meio é um fluido, criam-se zonas de compressão e de rarefação que são responsáveis pela propagação longitudinal destas ondas.
- A gama de frequências audível ao ouvido humano está entre 20 e 20 000 Hz. Abaixo de 20 Hz são chamados infra-sons e acima de 20 000 Hz são chamados ultra-sons, sendo, para efeitos de diagnóstico utilizados ultra-sons na gama entre 1 e 20 MHz.
- Para compreender os princípios nos quais se baseia a construção de ecografias, começa-se por atender a algumas considerações associadas ao comportamento dos ultra-sons nos tecidos humanos...
- Embora nos sólidos a direcção do movimento das moléculas seja ligeiramente diferente do que a direcção de propagação, este efeito não é muito notório nos tecidos biológicos.
- Quanto à velocidade de propagação dos ultra-sons nos tecidos biológicos ela é aproximadamente constante (ou seja, os tecidos funcionam como um meio não dispersivo, não existindo dependência da velocidade com a frequência da onda) e cumpre a relação:

$$c = v\lambda$$

- Como em outras grandezas físicas, a potência sonora de um feixe é dada pela energia transportada por unidade de tempo. Enquanto que a intensidade é dada pela potência por unidade de área.

- Tendo em conta a elevada gama de frequências audíveis, a escala mais apropriada para lidar com as ondas sonoras é a logarítmica. Assim, em acústica, define-se decibel através da relação:

$$dB = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

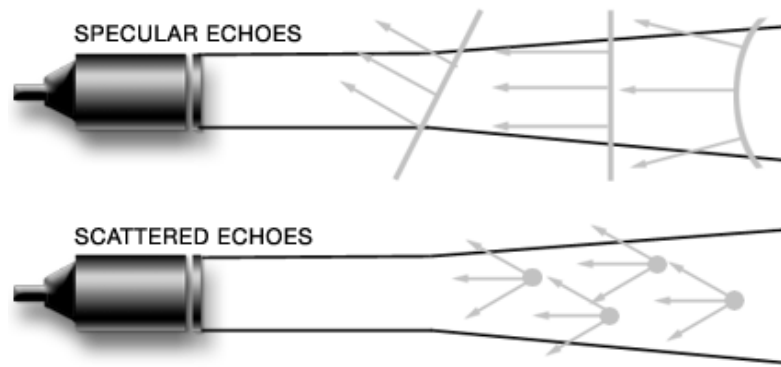
- A intensidade da onda depende da pressão máxima a que o meio fica sujeito, através da relação:

$$I = \frac{P_{\text{máx}}^2}{2\rho c}$$

- Assim, a expressão de dB , pode também ser dada por:

$$dB = 20 \log \frac{P_{\text{máx}}}{P_{\text{máx}_0}}$$

- A velocidade do som em gases é muito menor do que nos sólidos. A título de exemplo, pode referir-se que no ar é de cerca de 344 m s^{-1} , enquanto que no aço é de cerca de 5100 m s^{-1} . Nos líquidos, o som apresenta uma velocidade intermédia que é de 1540 m s^{-1} para a água, por exemplo.
- Não é de estranhar que nos tecidos biológicos (à excepção dos ossos e dos pulmões) se assuma que a velocidade do som seja, pois, 1540 m s^{-1} .
- Os mecanismos de atenuação dos ultra-sons são, como no caso das radiações: a absorção, a reflexão e a dispersão. Também no caso dos ultra-sons a atenuação depende da frequência dos mesmos. No caso dos tecidos moles o coeficiente de atenuação é aproximadamente $0.9v$, com v frequência do ultra-som.
- No caso das ecografias, o mecanismo fundamental para a formação da imagem é o do da reflexão.
- Quando encontra um obstáculo, o som, como qualquer outra onda, tem um comportamento dependente da dimensão relativa do obstáculo e do comprimento de onda (c.d.o.).
- Quando o obstáculo é maior do que o c.d.o. e não apresenta arestas abruptas o feixe atravessa-o, mantendo as propriedades, ainda que possa mudar de direcção. Nesta situação, uma parte do feixe é reflectido e a outra parte é transmitida, dando-se o nome de reflexão especular.
- Quando o obstáculo tem dimensões da mesma ordem de grandeza ou menores do que o c.d.o. o feixe é disperso. De modo que apenas uma pequena parte do feixe regressa ao transdutor.



- No caso das imagens médicas, embora existam algumas situações em que a dimensão das fronteiras é da mesma ordem de grandeza do c.d.o. dos ultra-sons utilizados, ao nível dos órgãos, as suas paredes possuem dimensões superiores ao do c.d.o. e, portanto, a reflexão pode considerar-se especular (repare-se que para ultra-sons com 1 MHz, o comprimento de onda será de aproximadamente 1.54 mm).
- Nestas condições, para caracterizar o que acontece ao nível das interfaces, começa-se por definir impedância acústica:

$$Z = \rho c$$

- Ora, a fracção reflectida (ou coeficiente de reflexão) de um feixe de ultra-sons que incida perpendicularmente numa superfície é dada por:

$$\alpha_R = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

- ...E, conseqüentemente, a fracção transmitida (ou coeficiente de transmissão), por:

$$\alpha_T = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

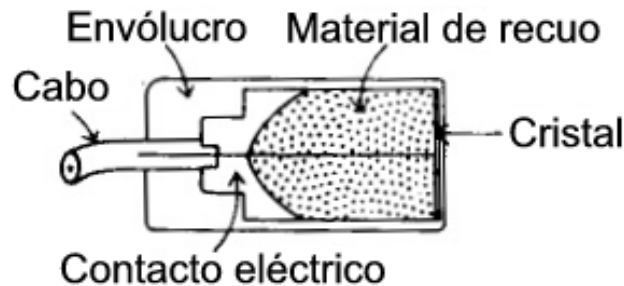
- Donde, facilmente se verifica que quanto maior a diferença entre as impedâncias acústicas dos meios, maior será a fracção de feixe que é reflectido.
- Tendo em conta esta informação, pode afirmar-se que, por exemplo, nas interfaces ar/tecido, a maior parte do feixe é reflectido, enquanto que na interface músculo/fígado o feixe é quase todo transmitido.
- É por este motivo que em ecografia se utiliza um gel entre o transdutor e a pele que funciona como adaptador de impedâncias.
- Em muitos dos equipamentos utilizados, o mesmo dispositivo funciona como emissor e receptor e, por isso, é necessário que a incidência nas paredes que se está a estudar seja perpendicular. Seja como for, não é possível evitar a detecção de ecos provenientes de refração, a qual é governada, como se sabe, pela Lei de Snell:

$$\frac{\sin \vartheta_1}{\sin \vartheta_2} = \frac{c_1}{c_2}$$

- Um outro aspecto a considerar é a atenuação do feixe devido à absorção, a qual corresponde, essencialmente, à transformação da energia do feixe em energia térmica, responsável pelo aquecimento local dos tecidos.

EQUIPAMENTO

- Um transdutor para ecografia tem os seguintes elementos:

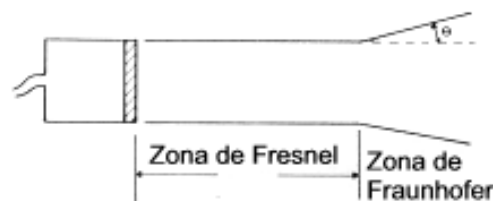


- O cristal deverá ter uma espessura múltipla de um c.d.o. para que a sua eficiência seja máxima.
- O material de recuo serve para atenuar os ultra-sons que se propagam em sentido contrário ao desejado.
- A construção de um destes transdutores é otimizada para uma dada frequência, ν_3 , sendo o factor-Q, uma medida da sua qualidade, dada por:

$$Q = \frac{\nu_2}{\nu_3 - \nu_1},$$

ν_1 e ν_3 são as frequências para as quais a resposta do transdutor se reduz para metade

- Os cristais podem funcionar em modo contínuo ou pulsado.
- Os feixes possuem, essencialmente, duas zonas de funcionamento: a de Fresnel, na qual as frentes de onda são planas; e a de Fraunhofer, na qual as frentes de onda são esféricas.



- A zona de Fresnel apresenta um comprimento que é dado por:

$$D = \frac{r^2}{\lambda}, \text{ sendo } r \text{ o raio do cristal.}$$

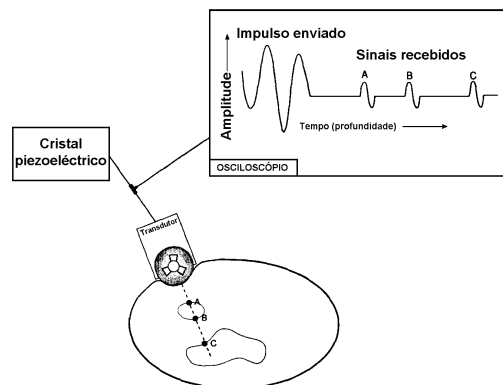
- Já a zona de Fraunhofer é caracterizada por uma divergência cujo ângulo cumpre:

$$\text{sen } \vartheta = 0.612 \left(\frac{\lambda}{r} \right)$$

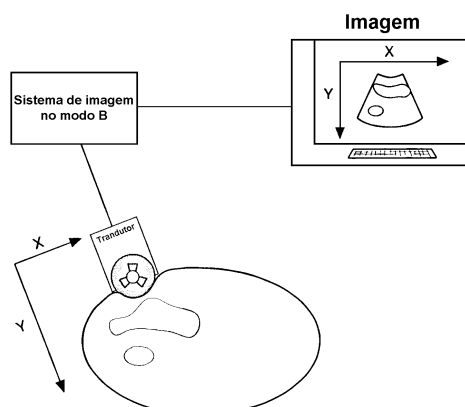
- A qualidade do feixe é de tal forma dependente da construção do mesmo que os testes de qualidade são feitos após a sua construção.
- A utilização de transdutores com múltiplos cristais é já uma prática comum.

FORMAÇÃO DA IMAGEM

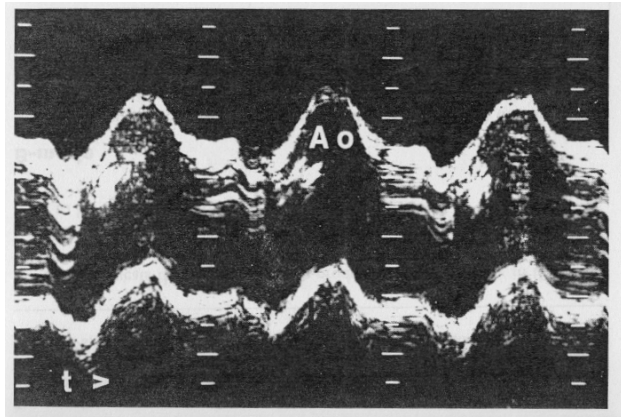
- Existem, basicamente, três modos de visualização da informação obtida através dos ecos de ultra-som: o modo A (de amplitude), o modo B (de brilho) e o modo M (de movimento).
- Representação do modo A:



- Representação do modo B:



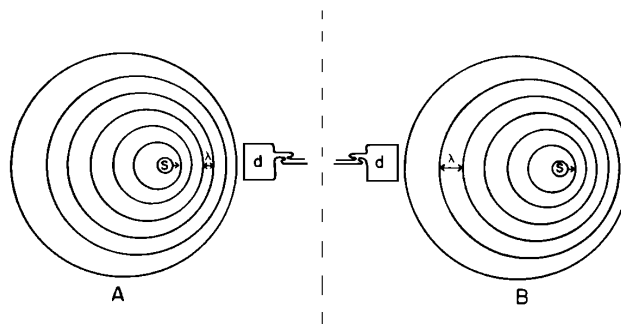
- Representação do modo M:



ECOGRAFIA DE EFEITO DE DOPPLER

- Nas ecografias de efeito de Doppler são obtidas imagens dinâmicas do fluxo sanguíneo.
- O efeito de Doppler é representado através da expressão matemática:

$$\Delta v = v_0 \left(\frac{v_s}{c - v_s} \right) \text{ ou, quando } v_s \gg c: \Delta v = v_0 \left(\frac{v_s}{c} \right)$$



- Quando é a superfície reflectora que se move e quando a direcção de propagação dos ultra-sons é diferente da direcção do movimento dessa superfície, a expressão toma a forma:

$$\Delta v = 2v_0 \left(\frac{v}{c} \right) \cos \vartheta$$

- A variação da frequência é obtida através da subtracção do sinal emitido e do sinal recebido.
- Enquanto que nos equipamentos Doppler contínuos existem dois cristais: um que se encontra continuamente a emitir, o outro a receber; nos Doppler pulsados é utilizado um trem de ondas o que permite saber também a distância a que se encontra o reflector.

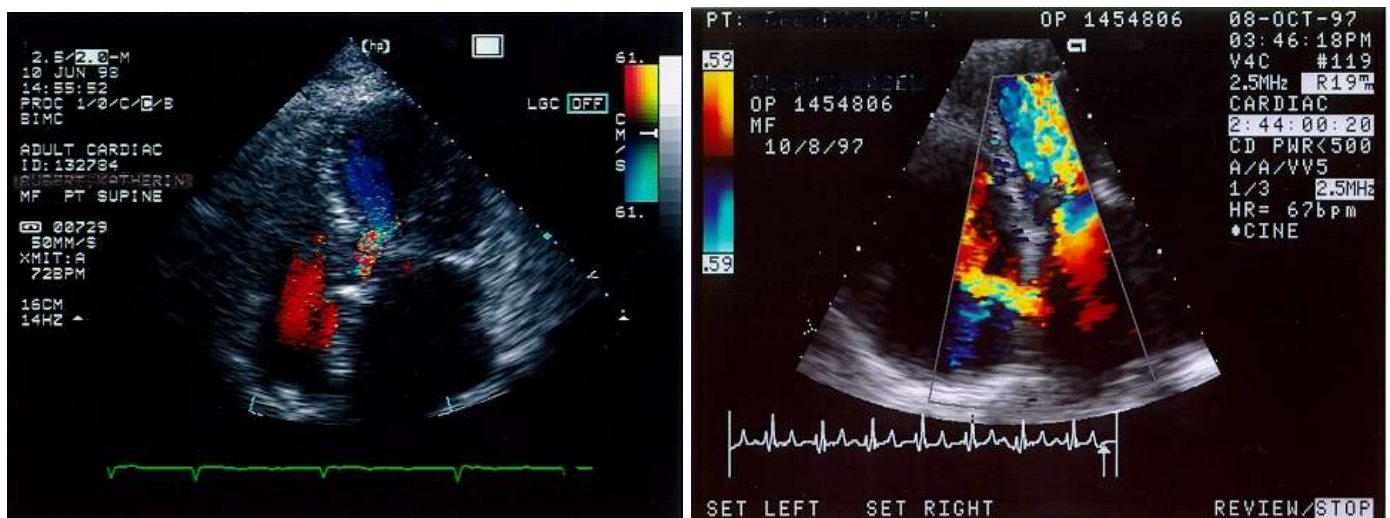
- As aplicações são variadas: tireóide, mama, útero... sendo o seu maior sucesso no acompanhamento da gravidez e nos estudos cardíacos, tanto através das ecografias tradicionais, quer das ecografias de efeito de Doppler.



Feto de 17 semanas - http://www.medical.philips.com/us/products/ultrasound/education/education_hub.html



Imagem ecográfica 3D - http://www.medical.philips.com/us/products/ultrasound/education/education_hub.html



Imagens normal e anormal - <http://www.wehealnewyork.org/services/cardiology/goodultrasound.html>