

Ultra-som

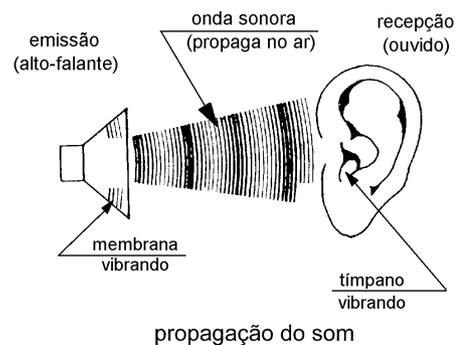
Introdução

Você sabia que, por terem uma visão quase nula, os morcegos se orientam pelo ultra-som?

Eles **emitem** ondas ultra-sônicas e quando **recebem** o eco de retorno são capazes de identificar o que têm à sua frente.

Os sons audíveis pelo ouvido humano também possuem uma **fonte emissora**, uma **receptora** e um **meio de propagação**, que é o local por onde o som viaja da fonte emissora até à receptora.

Portanto, o som se origina da **vibração de um material**. Esta vibração é transmitida ao ar e levada, na forma de ondas sonoras, até a fonte receptora.



Nesta aula e na próxima estudaremos a realização do ensaio por ultra-som. Nesse ensaio, induzimos, por meio de um emissor, ondas ultra-sônicas que se propagam através do material que desejamos analisar. Pelo eco captado no receptor, determina-se a existência ou não de descontinuidades.

O ensaio por ultra-som é um dos principais métodos de ensaio não destrutivo aplicados na indústria, porque permite inspecionar todo o volume da peça.

Para compreender esse ensaio você deve saber:

- O que são ondas
- Como se classificam
- Como se propagam
- Quais são seus principais elementos
- O que é ultra-som
- Como gerar o ultra-som.

Que tal começar pelas ondas?

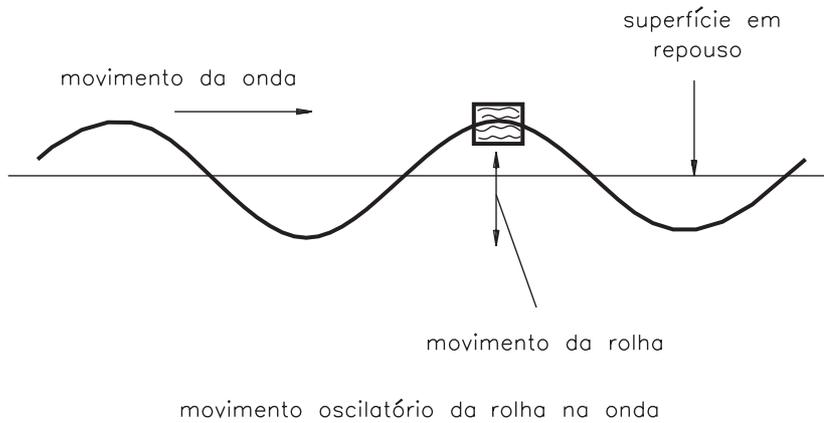
O que são ondas?



Imagine a superfície calma de uma lagoa. Se você jogar uma pedra no centro dessa lagoa, no ponto em que a pedra atingir a água ocorrerá uma perturbação, que se propagará em todas as direções da superfície.

Se você puser uma rolha flutuando nessa lagoa e jogar de novo uma pedra, observará que a rolha não sairá do local. Apenas oscilará, acompanhando as moléculas da água, de cima para baixo, enquanto a onda se movimenta horizontalmente.

□ Onda é uma perturbação que se propaga através de um meio.



Toda onda transmite energia, sem transportar matéria.

Classificação das ondas

As ondas podem ser classificadas quanto à sua **natureza** e quanto ao **sentido de suas vibrações**.

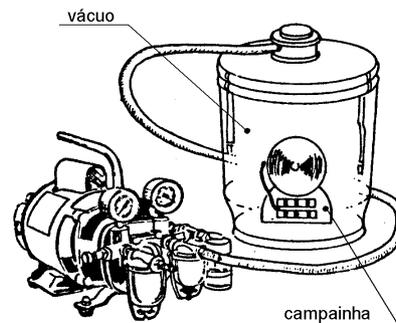
Quanto à **natureza** podem ser:

- **Mecânicas:** necessitam de um meio material para se propagar. Exemplo: corda de violão. A onda, neste caso sonora, propaga-se através do ar, até os nossos ouvidos.



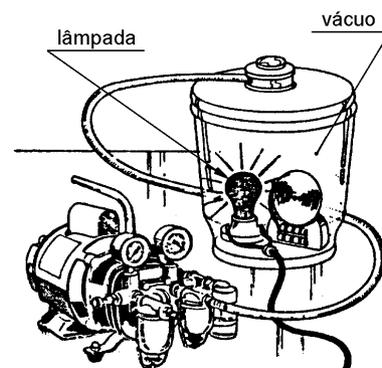
AULA
21

Se acionarmos uma campainha no vácuo, não haverá som, pois a sua vibração não pode ser transmitida.



- **Eletromagnéticas:** não necessitam de um meio material para se propagar. Exemplo: luz, ondas de rádio, televisão, raios x, raios gama etc.

Ao ligarmos uma lâmpada no vácuo vemos sua luminosidade, porque ela não depende de meio material para ser transmitida.



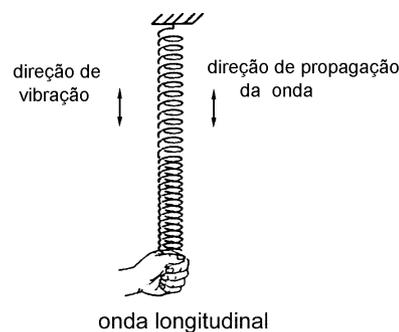
Leia com atenção

As partículas de um material (sólido, líquido ou gasoso) estão interligadas por forças de adesão. Ao vibrarmos uma partícula, esta vibração se transmite à partícula vizinha. Produz-se então uma onda mecânica.

As ondas sonoras são ondas mecânicas. Dependem de um meio material (sólidos, líquidos ou gases) para serem transmitidas.

Quanto ao **sentido da vibração**, as ondas classificam-se em:

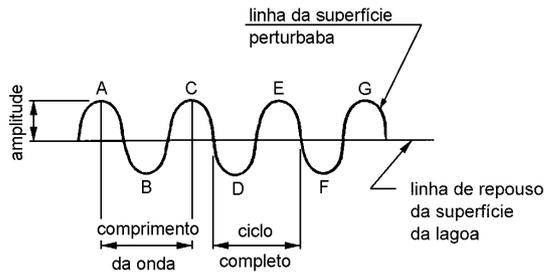
- **Transversais:** numa onda transversal, as partículas vibram em direção perpendicular à direção de propagação da onda. É o caso do movimento das cordas do violão.
- **Longitudinais:** as partículas vibram na mesma direção da propagação da onda.



A velocidade de propagação de uma onda longitudinal é maior do que a de uma onda transversal.

Elementos de uma onda

O exemplo da pedra atirada à lagoa é ótimo para entendermos algumas definições. Analise a figura a seguir e procure identificar cada um dos elementos descritos:



- **Crista:** são os pontos mais altos da onda (A, C, E, G).
- **Vales:** são os pontos mais baixos da onda (B, D, F).
- **Comprimento:** é a distância de uma crista à outra (ou de um vale a outro).
- **Amplitude:** é a altura da crista, medida a partir da superfície calma da lagoa (linha de repouso).
- **Frequência:** é o número de ciclos pela unidade de tempo.

Dica

A unidade de medida de frequência é o hertz (Hz)

1 Hz = 1 ciclo/segundo

1 quilohertz (1 kHz) = 1.000 ciclos/segundo

1 megahertz (1 MHz) = 1.000.000 ciclos/segundo

- **Ciclo:** movimento completo de um ponto qualquer da onda, saindo de sua posição original e voltando a ela.
- **Velocidade de propagação:** a velocidade de propagação de uma onda é função do meio que ela percorre. Para diferentes materiais temos diferentes velocidades de propagação.

A velocidade do som no ar é de aproximadamente 330 metros por segundo. No caso de um sólido, ou de um líquido, esta velocidade é bem maior, pois sua estrutura é mais compacta, facilitando a propagação. No aço, a velocidade de propagação do som é de 5.900 metros por segundo.

A tabela a seguir informa a velocidade de propagação das ondas sonoras em alguns materiais de uso comum na indústria.

TABELA 1 - VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM		
MATERIAL	VELOCIDADE (M/ s)	
	Onda longitudinal	Onda transversal
Alumínio	6.300	3.100
Chumbo	2.160	700
Aço	5.900	3.250
Ferro fundido	3.500 a 5.600	2.200 a 3.200
Latão	3.830	2.050
Vidro	5.570	3.520
Acrílico	2.730	1.430

E o que é ultra-som?

Os sons com frequências **abaixo** de 20 Hz são chamados de **infra-sons**.

Os sons com frequência **acima** de 20.000 Hz são chamados de **ultra-sons**.

O som audível pelo ouvido humano está compreendido entre as frequências de 20 a 20.000 Hz.

Alguns animais são capazes de ouvir ultra-sons. É o caso dos cães, que chegam a perceber sons com 25.000 vibrações por segundo (25 kHz). Os morcegos captam sons de até 50.000 vibrações por segundo (50 kHz).

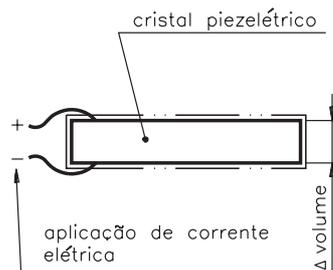
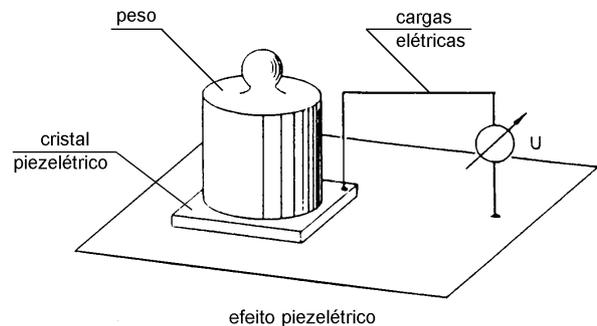
Produção do ultra-som

A forma mais comum de produzir o ultra-som para os ensaios não destrutivos é a que utiliza os cristais **piezelétricos**, como o sulfato de lítio, o titanato de bário, o quartzo etc.

Você quer saber o que é um cristal piezelétrico? Então leia o próximo tópico.

Início das pesquisas

Em 1880, os irmãos Curie (Pierre e Jacques) descobriram o efeito **piezelétrico** de certos materiais. Observaram que **determinados materiais** (como o quartzo) cortados em lâminas, quando submetidos a cargas mecânicas geravam cargas elétricas em sua superfície.

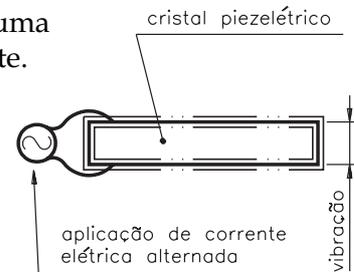


No ano seguinte, G. Lippmann descobriu que o inverso da observação dos irmãos Curie também era verdadeiro. Aplicando-se cargas elétricas na superfície dos cristais piezelétricos, originavam-se deformações no cristal.

Quando se aplica corrente elétrica alternada, há uma vibração no cristal, na mesma frequência da corrente.

Esse princípio é utilizado na geração e na recepção do ultra-som.

Ao se aplicar corrente alternada de alta frequência num cristal piezelétrico, ele vibrará na mesma frequência, gerando o ultra-som.



Na recepção, ocorre o inverso: o ultra-som fará vibrar o cristal, gerando um sinal elétrico de alta frequência.

Em geral, para os ensaios não destrutivos utilizam-se frequências na faixa de 0,5 a 25 MHz (500.000 a 25.000.000 Hz).

Vantagens e desvantagens do ensaio por ultra-som

O ensaio por ultra-som, comparado com outros métodos não destrutivos, apresenta as seguintes vantagens:

- localização precisa das descontinuidades existentes nas peças, sem processos intermediários, como, por exemplo, a revelação de filmes;
- alta sensibilidade ao detectar pequenas descontinuidades;
- maior penetração para detectar descontinuidades internas na peça;
- respostas imediatas pelo uso de equipamento eletrônico.

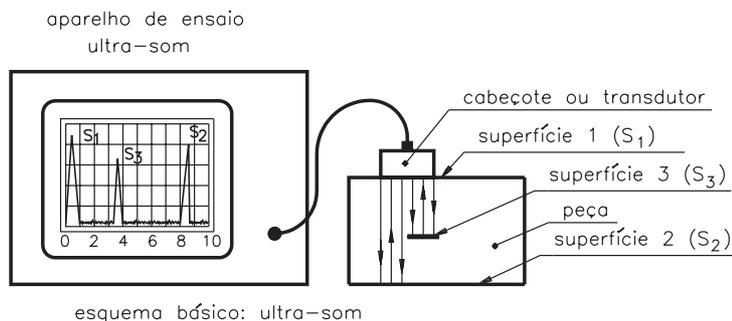
Como desvantagens podemos citar:

- exigência de bons conhecimentos técnicos do operador;
- atenção durante todo o ensaio;
- obediência a padrões para calibração do equipamento;
- necessidade de aplicar substâncias que façam a ligação entre o equipamento de ensaio e a peça (acoplantes).

Aplicando o ultra-som

O uso do ultra-som como ensaio não destrutivo é largamente difundido nas indústrias para detectar descontinuidades em todo o volume do material a analisar, tanto em metais (ferrosos ou não ferrosos) como em não metais.

O ensaio consiste em fazer com que o ultra-som, emitido por um **transdutor**, percorra o material a ser ensaiado, efetuando-se a verificação dos ecos recebidos de volta, pelo mesmo ou por outro transdutor.



O que é transdutor?

Transdutor, também conhecido como cabeçote, é todo dispositivo que converte um tipo de energia em outro. Conhecemos vários tipos de transdutores, entre eles o microfone e o alto-falante.

No ensaio de ultra-som, os transdutores são necessários para converter energia elétrica em energia mecânica de vibração (ultra-som) e vice-versa.

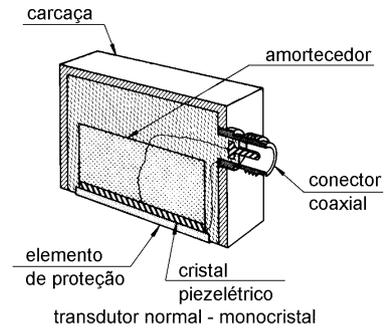
Parâmetros dos transdutores

No ensaio por ultra-som, existe grande variedade de transdutores para atender a diversas aplicações.

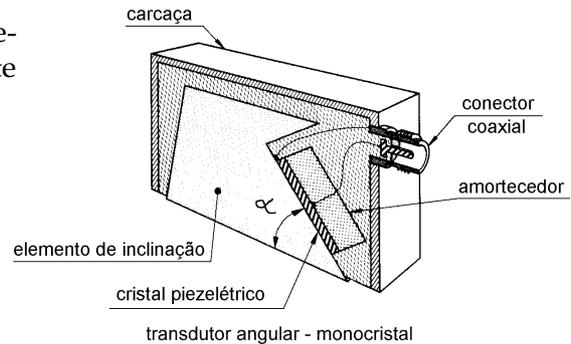
São subdivididos em categorias: quanto ao ângulo de emissão/recepção do ultra-som e quanto à função (emissor ou receptor ou emissor/receptor).

Quanto ao ângulo de emissão/recepção do ultra-som os transdutores podem ser:

- **Normais:** emitem e/ou recebem o ultra-som perpendicularmente à sua superfície.

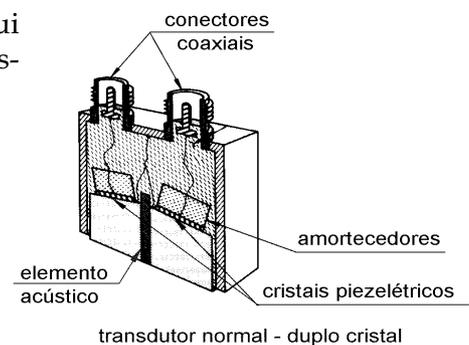


- **Angulares:** emitem e/ou recebem o ultra-som obliquamente à sua superfície.



Quanto à função, os transdutores podem ser:

- **Monocristal:** possuem apenas um cristal piezolétrico. Há três modalidades:
 - só emissor de ondas ultra-sônicas;
 - só receptor de ondas ultra-sônicas (este tipo deve trabalhar junto com o primeiro);
 - emissor e receptor de ondas ultra-sônicas (o mesmo cristal emite e recebe os ecos ultra-sônicos de maneira sincronizada).
- **Duplo cristal:** o mesmo transdutor possui um cristal para recepção e outro para emissão do ultra-som.



Características dos transdutores

Os elementos que caracterizam os transdutores são:

- **Tamanho do cristal piezolétrico:** os transdutores normais mais utilizados possuem de 5 a 25 mm de diâmetro. Em geral, nos transdutores angulares utilizam-se cristais retangulares.

- **Frequência:** devido às diferentes aplicações, existem transdutores com frequência de 0,5 a 25 MHz. Os mais usuais vão de 1 a 6 MHz.
- **Amortecimento mecânico:** o elemento amortecedor suprime no transdutor todas as vibrações indesejáveis do cristal.
- **Face protetora:** são elementos de contato com a peça. Em geral, são películas de material plástico.
- **Carcaça:** elemento com forma apropriada para acomodar todo o conjunto e, ao mesmo tempo, facilitar seu manuseio.
- **Elementos elétricos:** são contatos elétricos ligando o cristal piezelétrico ao elemento de engate do cabo coaxial e à bobina geradora de frequência.

Acoplante

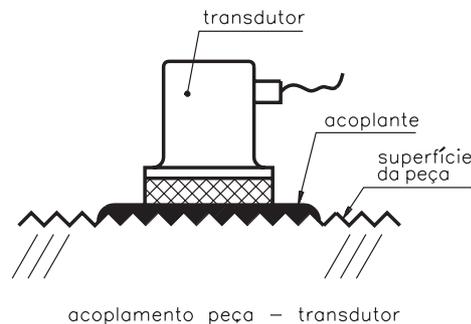
Como o ultra-som deve passar do transdutor para a peça com o mínimo de interferência, há necessidade de colocar um elemento, o **acoplante**, que faça esta ligação, evitando o mau contato.

Este acoplante pode ser óleo, água, glicerina, graxa etc.

Método de ensaio

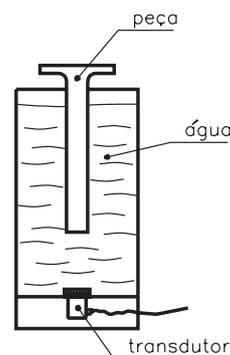
Quanto ao tipo de acoplamento, o ensaio por ultra-som pode ser classificado em dois grupos:

- **Ensaio por contato direto:** o acoplante é colocado em pequena quantidade entre a peça e o cabeçote, formando uma película.



- **Ensaio por imersão:** a peça e o cabeçote são mergulhados num líquido, geralmente água, obtendo-se um acoplamento perfeito.

A aplicação deste método requer a construção de dispositivos adaptados ao tipo de peça a ensaiar.



Agora que você já sabe o que é uma onda sonora, como as ondas se propagam, o que é o ultra-som, os tipos de transdutores e as técnicas de acoplamento, o próximo passo é a realização do ensaio.

Mas antes, que tal verificar o aprendizado dos assuntos desta aula?

Exercícios

Exercício 1

As ondas são classificadas quanto à sua natureza em
e e quanto ao sentido de vibração em
e

Exercício 2

Os sons com frequência acima de 20.000 Hz são denominados

Exercício 3

A velocidade de propagação de uma onda é maior do que
a de uma onda

Exercício 4

Para analisar materiais diferentes devemos sempre calibrar o aparelho, pois
a velocidade de muda de um para outro.

Exercício 5

Os cristais piezelétricos quando submetidos a uma
..... alternada.

Exercício 6

Os transdutores podem ser classificados quanto ao ângulo de emissão/
recepção do ultra-som em e e quanto
à função em e

