

# Ultra-som

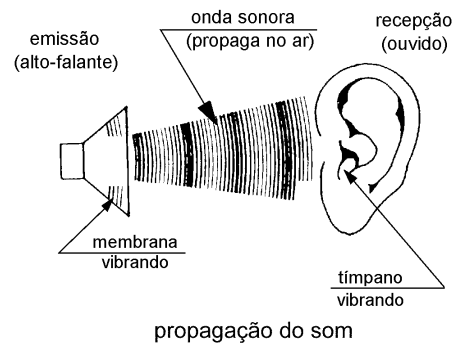
## Introdução

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.

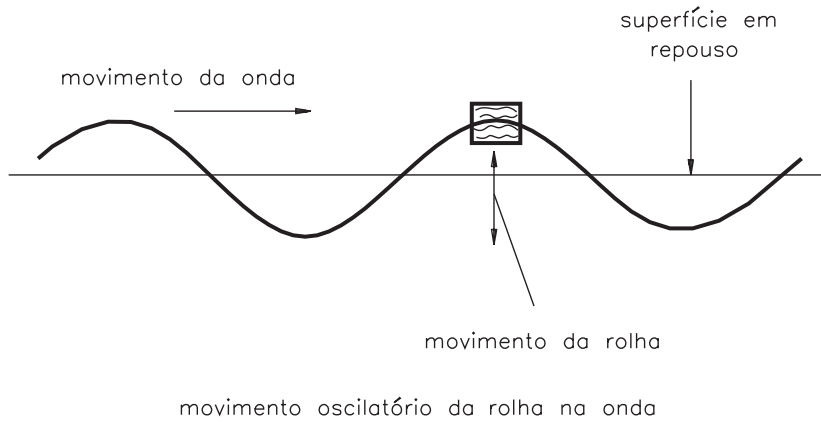
Que tal começar pelas ondas?

## 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.



Toda onda transmite energia, sem transportar matéria.

## Nossa aula

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

## Classificação das ondas

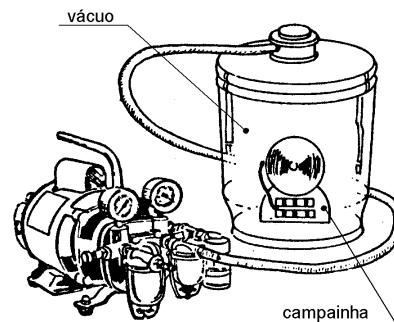
As ondas podem ser classificadas quanto à sua **natureza** e quanto ao **sentido de suas vibrações**.

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.

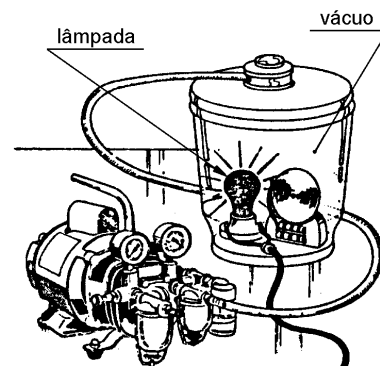


Se acionarmos uma campainha no vácuo, não haverá som, pois a sua vibração não pode ser transmitida.



- **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.



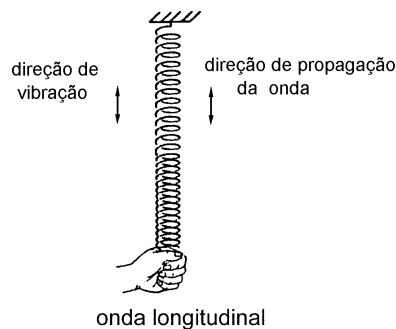
### Leia com atenção

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.

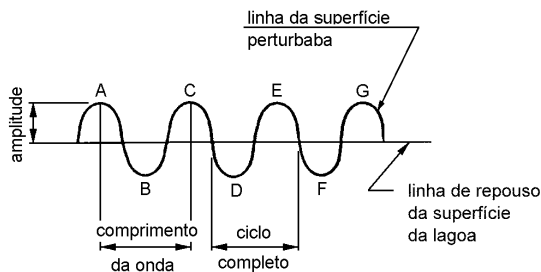
Quanto ao **sentido da vibração**, as ondas classificam-se em:

- **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.

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).

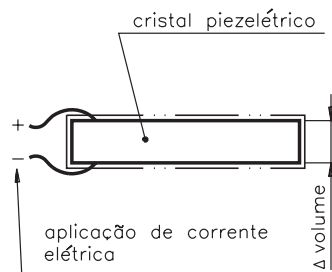
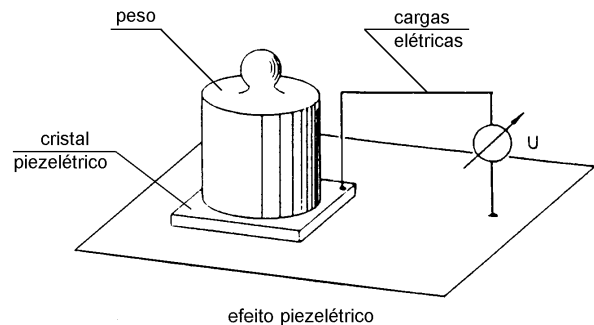
## Produção do ultra-som

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.

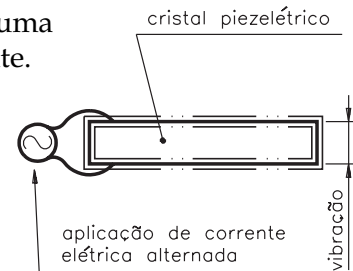


No ano seguinte, G. Lippmann descobriu que o inverso da observação dos irmãos Curie também era verdadeiro. Aplicando-se cargas elétricas na superfície dos cristais piezelétricos, originavam-se deformações no cristal.

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.

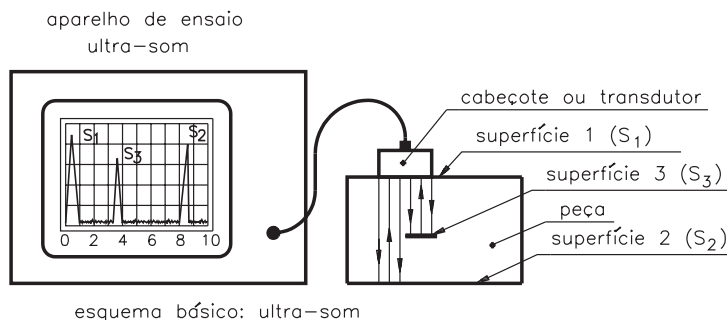
Como desvantagens podemos citar:

- 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.

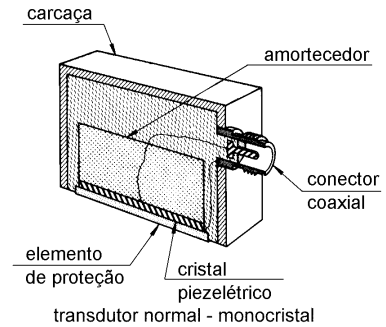
### Parâmetros dos transdutores

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

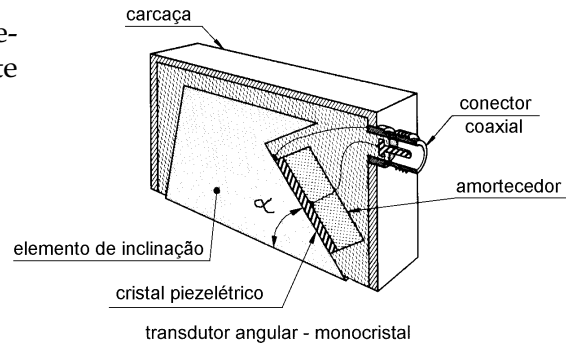
São subdivididos em categorias: quanto ao ângulo de emissão/recepção do ultra-som e quanto à função (emissor ou receptor ou emissor/receptor).

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.

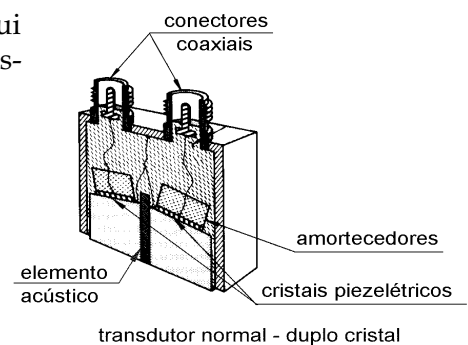


- **Angulares:** emitem e/ou recebem o ultra-som obliquamente à sua superfície.



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 piezoeletrico ao elemento de engate do cabo coaxial e à bobina geradora de frequência.

## Acoplante

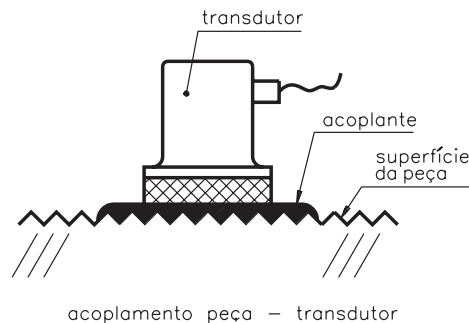
Como o ultra-som deve passar do transdutor para a peça com o mínimo de interferência, há necessidade de colocar um elemento, o **acoplante**, que faça esta ligação, evitando o mau contato.

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

## Método de ensaio

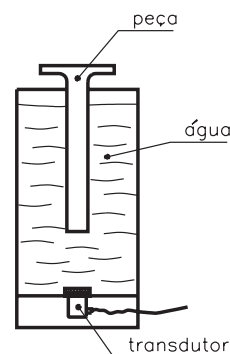
Quanto ao tipo de acoplamento, o ensaio por ultra-som pode ser classificado em dois grupos:

- **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 .....

