

Resumo F2.1

Domínio 2: Ondas e eletromagnetismo / 2.1: Sinais e ondas.

2.1.1. Sinais e ondas. Classificação de ondas.

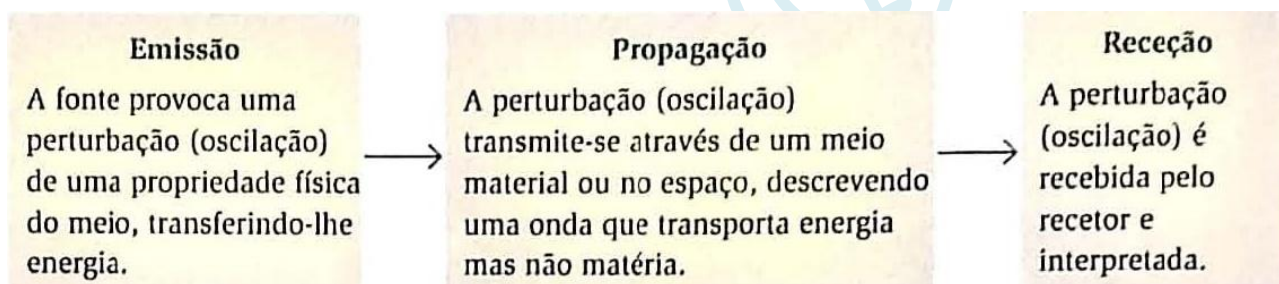
2.1.2. Onda periódica

2.1.3. Sinal sonoro

2.1.1. Sinais e ondas. Classificação de ondas.

Um sinal resulta da perturbação de uma propriedade física de um meio num determinado local ou zona. Esta perturbação pode ocorrer durante um intervalo de tempo pequeno – **sinal de curta duração (pulso)** – ou durante um intervalo de tempo mais extenso – **sinal de longa duração**.

Muitos sinais são utilizados pelo ser humano para comunicar. O processo de comunicação ocorre em três etapas essenciais: **emissão, propagação e receção**.

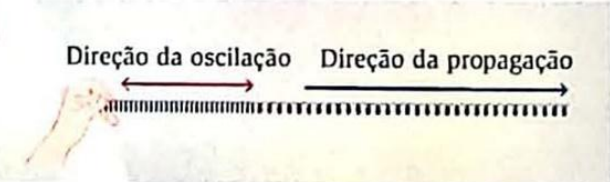


Onda – Propagação de um sinal, num meio, com uma determinada velocidade, apenas com transporte de energia, não existindo transporte de matéria.

Velocidade de propagação da onda (v) – distância percorrida pela onda num determinado intervalo de tempo. Esta velocidade depende das propriedades do meio, como a elasticidade e a densidade. A sua unidade no SI é m s^{-1} e calcula-se através da expressão

$v = \frac{d \text{ (ou } s)}{\Delta t}$	d – distância percorrida pela onda, m Δt – intervalo de tempo, s
--	---

As ondas podem ser classificadas com base na forma como se propagam em **ondas transversais** ou **ondas longitudinais**.

Onda transversal	Onda longitudinal
A direção da perturbação é perpendicular à direção da propagação.	A direção da perturbação é igual à direção da propagação.
	
Exemplo: ondas eletromagnéticas; ondas na superfície de um lago.	Exemplo: ondas sonoras

Também podem ser classificadas quando à sua natureza, em **ondas mecânicas** ou **ondas eletromagnéticas**.

Onda mecânica	Onda eletromagnética
Onda que necessita de um meio material elástico para ser propagar. Resulta de oscilações das propriedades mecânicas, como a posição. Exemplo: som	Onda que não necessita de um meio material elástico para ser propagar. Resulta de oscilações da carga elétrica. Exemplo: luz

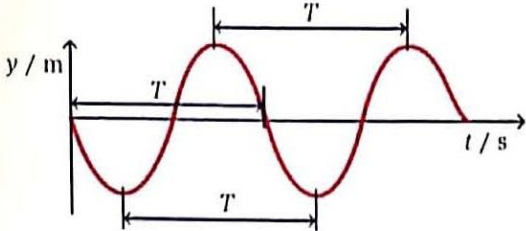
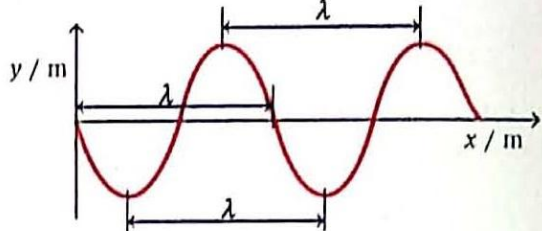
2.1.2. Onda periódica

Onda periódica – é uma onda em que a emissão do sinal é repetida e ocorre em intervalo de tempo regulares.

Este tipo de onda pode ser representado graficamente, tanto em função do tempo como em função do espaço.

Os gráficos seguintes representam uma onda que resulta de uma perturbação da posição das partículas do meio e refletem a periodicidade da onda:

- **Periodicidade temporal** – em que as características da oscilação se repetem em intervalos de tempo iguais.
- **Periodicidade espacial** – em que as características da oscilação se repetem em comprimentos iguais, o que acontece quando o meio de propagação é homogêneo.

Periodicidade temporal	Periodicidade espacial
	
y – afastamento da partícula em relação à posição de equilíbrio $y = 0$ – posição de equilíbrio $y_{\text{máximo}} = A$ (amplitude)	
T – período – tempo de uma oscilação completa Unidade do SI: segundo (s)	λ – comprimento de onda – distância percorrida pela onda numa oscilação completa Unidade do SI: metro (m)

Frequência da onda (f ou ν) – número de oscilações por unidade de tempo e a unidade do SI é hertz (Hz)

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

Nota muito importante:

A frequência da onda é igual à frequência de oscilação do emissor, por isso, o seu valor é constante em qualquer meio de propagação.

Se o meio de propagação é homogéneo, a **velocidade de propagação da onda** é constante e pode ser determinada através do período, da frequência e do comprimento de onda.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

Sinais harmónicos – são sinais cuja periodicidade temporal pode ser descrita pela função:

$$y = A \sin(\omega t) \quad (\text{unidades SI})$$

Frequência angular (ω) é a medida da rapidez de variação do estado de oscilação e a unidade do SI é radiano por segundo (**rad s⁻¹**).

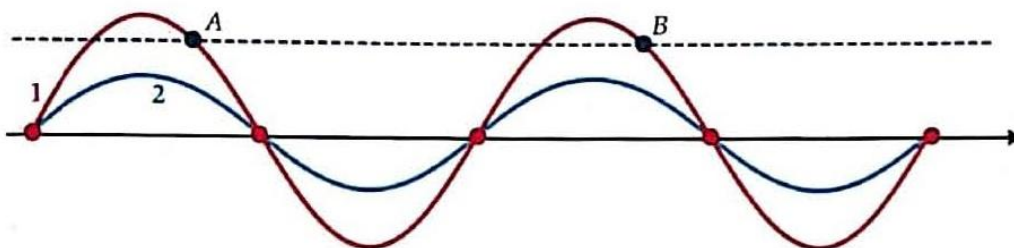
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

A **energia** de um sinal harmónico depende da amplitude de oscilação e da frequência do sinal. A energia do sinal harmónico é tanto maior quanto maior é a amplitude ou a frequência da fonte emissora.

A **onda harmónica** corresponde à propagação do sinal harmónico no espaço. A frequência da onda harmónica é definida pela fonte emissora do sinal e não se altera durante a sua propagação. Mesmo que a onda mude de meio de propagação, **a frequência da onda mantém-se inalterada**, variando o comprimento de onda e a velocidade de propagação.

$$v = \lambda f$$

A figura seguinte representa, no mesmo instante, duas ondas harmónicas (1 e 2) que se propagam no mesmo meio. Os pontos A e B correspondem a dois pontos da onda que se encontram no mesmo estado de vibração. A distância mínima entre dois pontos no mesmo estado de vibração corresponde ao comprimento de onda.

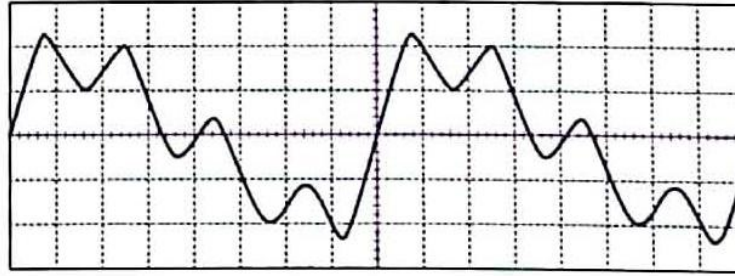


Representação de duas ondas harmónicas (1 e 2) no mesmo instante.

É possível comparar a energia das duas ondas, já que esta depende da amplitude da onda e da frequência. Como o meio de propagação é o mesmo e o comprimento de onda é igual, então a frequência das duas ondas é também igual. Contudo a amplitude da onda 1 é superior à amplitude da onda 2, pelo que se pode concluir que a onda 1 transporta mais energia do que a onda 2.

ONDAS COMPLEXAS

A maioria das ondas geradas no dia a dia são ondas complexas. Estas, apesar de serem ondas periódicas, não podem ser traduzidas pela equação de uma onda harmónica.

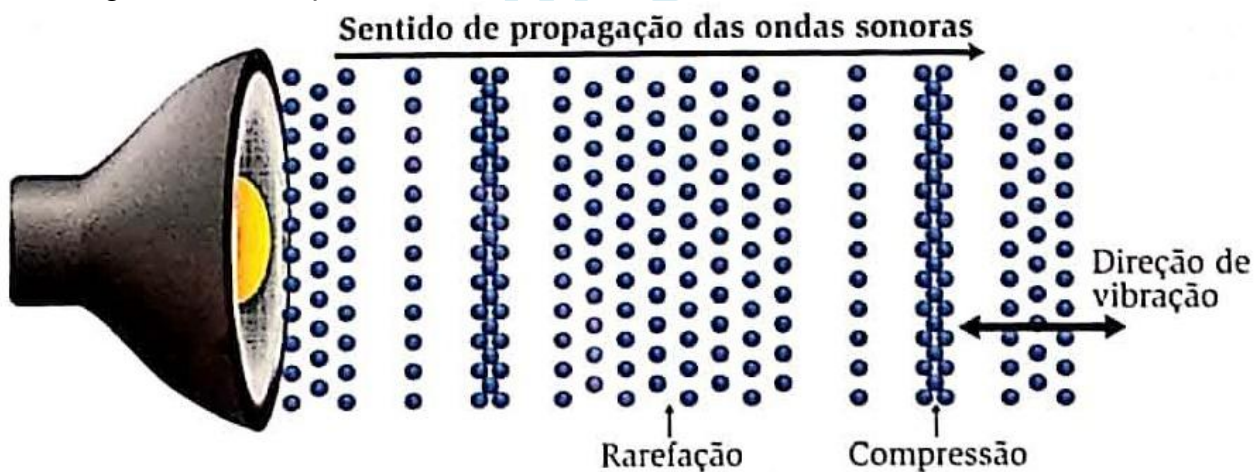


Representação de uma onda complexa (sinal complexo).

As ondas complexas podem ser descritas como sendo a sobreposição de ondas harmónicas de frequências diferentes.

2.1.3. Sinal sonoro

O som resulta de oscilações de parte de um meio material elástico, por isso, trata-se de uma onda mecânica. A fonte vibra e transmite essa vibração às partículas que a rodeiam. No ar, a propagação da vibração origina uma **onda longitudinal** (a direção de vibração coincide com a direção de propagação, como se vê na figura seguinte) que se forma por sucessivas compressões e rarefações do meio (variações de pressão). O mesmo acontece noutros gases e nos líquidos.



Representação da propagação de uma onda sonora.

Zona de rarefação – região do meio que, num dado instante, apresenta menor concentração de partículas e, por isso, menor pressão.

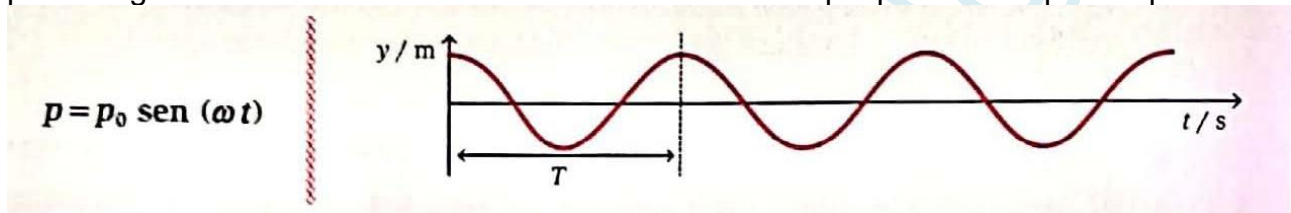
Zona de compressão – região do meio que, num dado instante, apresenta maior concentração de partículas e, por isso, maior pressão.

A velocidade da transferência de energia da onda sonora depende sempre do meio de propagação e, para o mesmo meio, depende também da temperatura. Uma vez que a maior proximidade das partículas do meio onde a onda se propaga e a maior energia cinética (sobretudo nos gases) são fatores que facilitam a transferência de energia.

Módulo da velocidade do som em diferentes meios					
Meio	$v / \text{m s}^{-1}$	Meio	$v / \text{m s}^{-1}$	Meio	$v / \text{m s}^{-1}$
Gases		Líquidos a 25 °C		Sólidos	
Hidrogénio (0 °C)	1286	Glicerol	1904	Pirex	5640
Hélio (0 °C)	972	Água do mar	1533	Ferro	5950
Ar (20 °C)	343	Água	1493	Alumínio	6420
Ar (0 °C)	331	Mercúrio	1450	Latão	4700
Oxigénio (0 °C)	317	Querosene	1324	Cobre	5010

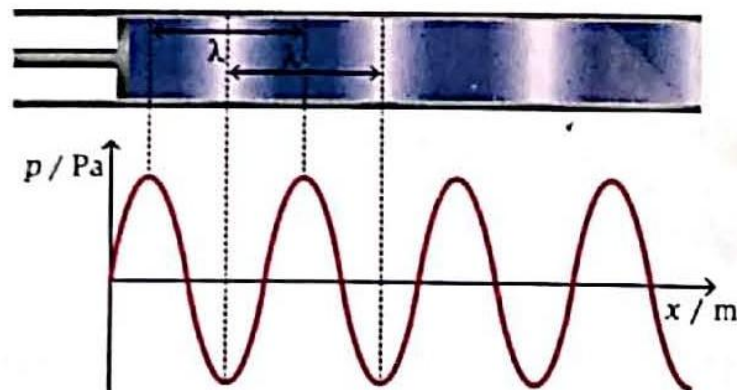
Fonte: SERWAY e JEWETT (2009)

Quando o som produzido descreve um movimento sinusoidal – **som puro**, as variações de pressão geradas no meio traduzem um sinal harmónico que pode ser expresso por:



Esta função descreve como varia a **pressão (p)** de um local num meio com o **tempo (t)**. À semelhança dos outros sinais harmónicos, esta variação ocorre com periodicidade temporal, e ω representa a frequência angular da onda. Neste caso, p_0 corresponde à diferença de pressão máxima relativamente à pressão de equilíbrio, ou seja, quando não há vibração do meio, e designa-se por **amplitude de pressão**.

Uma mesma onda apresenta também periodicidade espacial. A figura seguinte mostra a propagação de uma onda sonora harmónica num tubo de ar. Verifica-se que as zonas de compressão e de rarefação se repetem sempre a distâncias iguais. A distância entre duas zonas de compressão sucessivas ou entre duas zonas de rarefação sucessivas corresponde ao comprimento de onda.



Relação das zonas de rarefação e compressão com a pressão.

A pressão e a frequência conferem diferentes características às ondas sonoras e permitem distinguir as propriedades do som: **intensidade do som** e **altura do som**.

Intensidade do som – propriedade associada à amplitude de pressão da onda sonora. Um **som forte** apresenta uma elevada amplitude de pressão, enquanto um **som fraco** apresenta uma baixa amplitude de pressão.

Atura do som – propriedade associada à frequência da onda sonora. Um **som baixo** (ou **grave**) apresenta uma frequência baixa, enquanto um **som alto** (ou **agudo**) apresenta uma elevada frequência.

Para estudar as características físicas de um sinal sonoro é necessário convertê-lo num sinal elétrico com as mesmas características do sinal sonoro, relativamente à frequência do sinal e com uma amplitude equivalente, que posteriormente é analisado num **osciloscópio**.

Microfone – dispositivo que permite transformar o sinal sonoro num sinal elétrico.

Altifalante – dispositivo que tem a função contrária do microfone, ou seja, que transforma sinais elétricos em sinais sonoros.