

O conceito de onda

Muitos de nós já observamos ondas produzidas quando uma pedra atinge a superfície da água. O impacto da pedra produz ondulações na superfície, que se expandem em círculos. Essas ondulações podem ser percebidas pelo movimento de uma folha sobre a superfície ou de grãos de poeira; eles oscilam para cima e para baixo à passagem das pequenas cristas mas permanecem no mesmo local. As moléculas de água na superfície da água também oscilam para baixo e para cima, durante a passagem das cristas, mas não há deslocamento da água na direção de expansão dos círculos.

Em um terremoto, ocorre um deslocamento de massa ou um tremor grande em um ponto, muitas vezes afastado da superfície da Terra, porém esse tremor é sentido em diferentes pontos do planeta.

Oscilações na superfície da água, assim como vibrações produzidas por um terremoto ou a vibração da corda de um instrumento, são apenas alguns exemplos de ondas mecânicas. Em todos esses exemplos existe um meio sendo perturbado, que oscila com a passagem da onda. Portanto, a propagação de uma onda envolve fenômenos ondulatórios que já estudamos.

Além das ondas mecânicas, existem também as ondas eletromagnéticas, que são um caso especial, pois não necessitam de um meio para se propagar. Exemplos de ondas eletromagnéticas, são as ondas de rádio ou TV, a luz, e o raio X. Embora de naturezas diferentes as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas compartilham várias características além da descrição matemática.

O conceito de onda é abstrato, pois ele envolve a propagação de um sinal de um ponto a outro, sem que a necessidade de transporte direto de matéria entre esses dois pontos. No caso das ondas mecânicas, a passagem da onda produz oscilações no meio pela qual ela se propaga. As ondas formadas na superfície da água provocam uma reorganização da superfície da água, com cristas e vales, e seria impossível pensar na propagação da onda sem a existência da água. Da mesma maneira, uma onda que se propaga em uma corda, não poderia se propagar sem a corda, e uma onda sonora precisa produzir pequenas oscilações nas moléculas do ar para se propagar.

A Física Moderna utiliza o conceito de onda para descrever propriedades ondulatórias de partículas, tais como difração e interferência. De fato, um feixe de elétrons pode produzir interferência, ao atravessar duas fendas, semelhante ao que se observa para a luz. No contexto da mecânica quântica, a amplitude da onda adquire grande importância, pois ela está relacionada com a probabilidade de se encontrar a partícula em uma determinada posição.

Ondas podem sofrer reflexão, refração, difração e interferência, e transportam energia, e essas características são compartilhadas pelas ondas mecânicas, eletromagnéticas e pelas ondas que descrevem partículas. Assim, a descrição matemática dos fenômenos ondulatórios é bastante útil, não apenas para o estudo de ondas mecânicas, mas pelo fato de que ela pode ser aplicada em outros contextos, como no eletromagnetismo e na física moderna.

Vamos considerar um meio, pelo qual a onda se propaga, e que esse meio pode ser perturbado. Esse fato é de grande importância, pois as partículas que constituem o meio devem estar ligadas entre si, de maneira que uma perturbação em uma partícula possa ser transmitida para uma vizinha. Portanto,

as partículas que formam o meio precisam ser conectadas, e durante a propagação da onda elas passam a oscilar em torno de uma posição de equilíbrio.

A velocidade de propagação da onda está relacionada às características específicas do meio, e depende de como as partículas estão ligadas entre si (Figura 1). O meio pode ser representado por partículas ligadas por molas, que são comprimidas e esticadas à medida que uma partícula é perturbada, e assim essa perturbação é transmitida para a sua vizinha.



Figura 1: Modelo de um meio elástico com as partículas ligadas por mola. Durante a passagem da onda, as partículas podem oscilar em torno da sua posição de equilíbrio e a velocidade de propagação da onda, vai depender de como as partículas estão ligadas entre si.

Tipos de ondas – Longitudinal e transversal

As oscilações das partículas podem ocorrer na mesma direção de propagação da onda, e nesse caso, dizemos que a onda é longitudinal. Um exemplo disso são as ondas sonoras. A Figura 2 ilustra esse fenômeno, mostrando que, a vibração da membrana de um alto falante, produz zonas onde o ar é comprimido e rarefeito. Se a vibração da membrana é periódica, o padrão de compressão e rarefação do ar também é, periódico, formando um padrão. Na figura vemos que as oscilações do meio (moléculas e partículas em suspensão no ar) ocorrem na mesma direção de propagação da onda, e por isso dizemos que a onda é *longitudinal*.

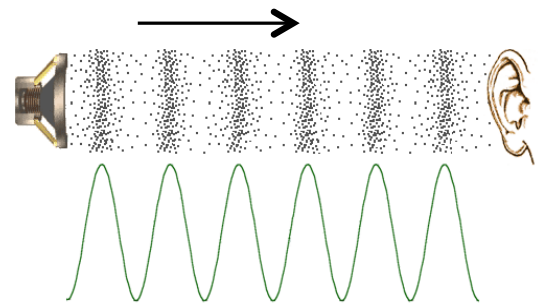
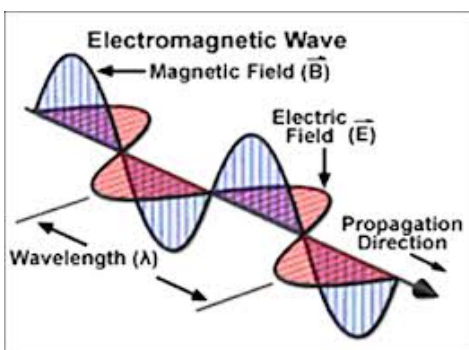


Figura 2: Oscilação longitudinal das partículas do ar durante a passagem de uma onda sonora.



Quando as oscilações do meio ocorrem na direção perpendicular à direção de propagação da onda, dizemos que a onda é transversal. As ondas produzidas em uma corda, e as ondas eletromagnéticas são exemplos de ondas transversais. Na onda eletromagnética o campo elétrico e o campo magnético oscilam na direção perpendicular a direção de propagação da onda, como mostrado na figura 3.

Figura 3: Exemplos de ondas transversais.

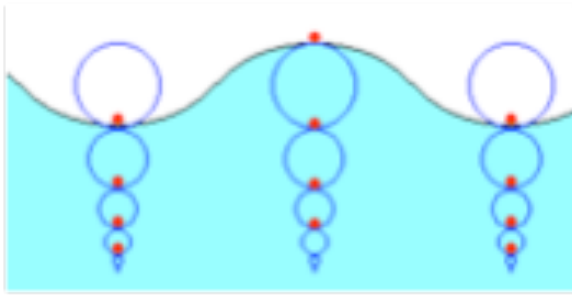


Figura 4: Ondas na superfície da água. (veja animação no site <http://faculty.gvsu.edu/videticp/waves.htm>)

As ondas que se formam na superfície da água, são uma combinação de movimentos de oscilação das moléculas de água na direção longitudinal e transversal; as partículas de água oscilam descrevendo círculos como mostrado na figura 4.

Nos terremotos, uma perturbação é produzida em um determinado ponto muitas vezes afastado da superfície terrestre e essa perturbação é transmitida através do planeta produzindo ondas de volume e também na superfície do planeta (Figura 5). As ondas de volume, podem produzir oscilações longitudinais, chamadas de ondas *p*, que provocam zonas de compressão no manto, ou ainda oscilações transversais. As ondas transversais são chamadas de ondas *s*, e produzem cisalhamento do terreno. Essas ondas sofrem refração e reflexão, resultante das mudanças na velocidade de propagação relacionados à natureza do terreno que atravessam.

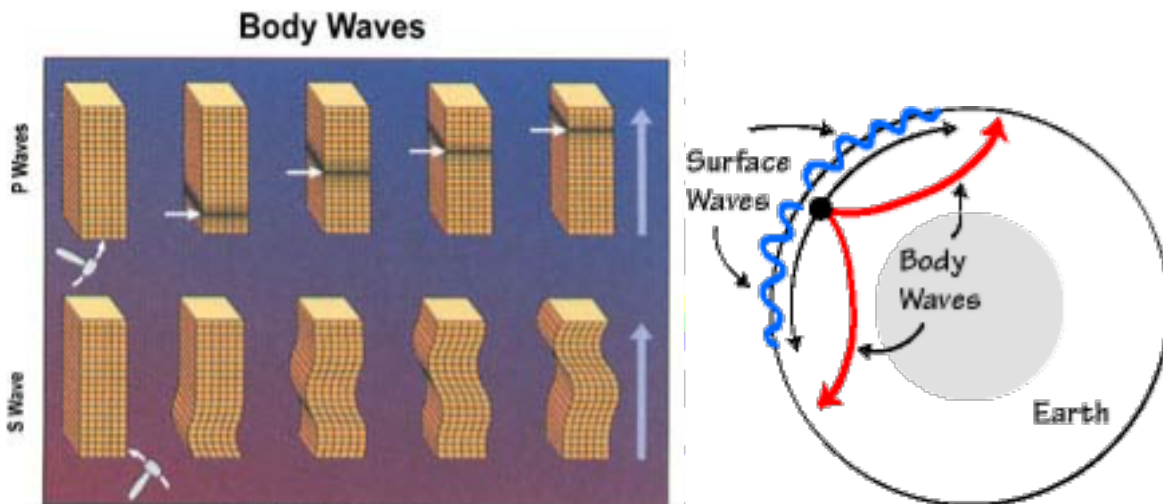


Figura 5: Representação da propagação de ondas sísmicas causadas por um terremoto, que podem ser longitudinais (tipo p) ou transversais (tipo s).