

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

PRODUTO EDUCACIONAL

Taynara Alves Mendonça

**ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO
ENSINO DE FÍSICA**

Produto Educacional

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 – UFJF / IF Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prezado (a), professor (a)

Neste material apresentamos a Sequência Didática (SD) como produto educacional que desenvolvemos com o objetivo de promover a Aprendizagem Significativa de Ausubel para o ensino de ondulatória com enfoque na definição das ondas mecânicas e eletromagnéticas. O objetivo foi uma discussão sobre ondas no geral e como elas estão presentes na vida todos de forma muito significativa. Para os alunos a definição inicial de ondas mecânicas não era abstrato, pois em um primeiro momento citaram bastante esse tipo de onda. Mesmo sem uma definição científica, eles conseguiam relacionar ondas do mar e ondas sonoras, por exemplo, a conceito de onda. Porém quando o assunto foi estendido a ondas eletromagnética mesmo com um contato expressivo com esse tipo de onda no dia a dia, eles tiveram um processo mais lento para compreender esse grupo como onda, principalmente a luz.

Temos como objetivos específicos:

- Identificar, no ensino de ondulatória, conhecimentos científicos sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas.
- Estabelecer a relação entre os fenômenos da refração e da reflexão e outros fenômenos com as ondas eletromagnéticas e mecânicas.
- Associar o avanço de tecnologias de comunicação ao conhecimento de conceitos de ondulatória.
- Relacionar o conhecimento científico a situações que envolvem o cotidiano do estudante.

Apresentamos um quadro com o desenvolvimento da SD, baseado na UEPS:

Quadro 1: Sequência de aula baseada na UEPS.

Aulas	Objetivo	Atividade/Metodologia	Recursos
Aula 1	Externalizar o conhecimento prévio.	Mapas Conceituais	Folhas, lápis e materiais para colorir (opcional).
Aula 2	Definir o conhecimento inicial sobre ondulatória.	Aula expositiva sobre conceitos iniciais e definição de Ondas Mecânicas e Ondas Eletromagnéticas. Tiveram contato com molas e laser.	Quadro branco e slides, mola e laser.
Aula 3	Relacionar o conhecimento prévio com o novo conhecimento.	Os alunos fizeram uma atividade sobre as ondas presentes em seu cotidianos, fazendo identificação nos cenários em gravuras fornecidos pelo professor.	Quadro, folha de atividade, lápis e canetinhas (opcional)
Aula 4	Ampliar o conhecimento do novo conteúdo de forma ainda geral.	Aula expositiva sobre o espectro eletromagnético e logo em seguida a apresentação de experimento.	Quadro, slides, laser, papelão, fio de cabelo.
Aula 5	Aumento da complexidade do conhecimento do novo conteúdo	Exercício de colagem sobre o espectro eletromagnético para fixar conceitos de comprimento de onda e frequência.	Cartolina, figuras, cola, barbante e canetinhas.
Aula 6	Retomar os aspectos gerais e aumentar o grau de complexidade.	Aula expositiva mostrando onde o conhecimento científico se aplica no conhecimento cotidiano.	Quadro e slides.
Aula 7	Avaliar o rendimento dos alunos com base na atividade prática.	Os alunos farão uma atividade proposta pelo professor que conta com diversas gravuras que representam as ondas no cotidiano e identificá-las como ondas mecânicas e eletromagnéticas e falar suas utilidades no cotidiano.	Papel, lápis e canetinhas.
Aula 8	Avaliar a UEPS	Verificar a evolução do conhecimento baseado na criação de um novo mapa pelos alunos e comparando com o anterior	Lápis, folha branca e canetinhas (opcional)

Fonte: o próprio autor (2026).

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

1 ONDAS

1.1 CONCEITO INICIAL DE ONDAS

O conceito de onda é uma abstração usada para descrever e agrupar diversos fenômenos naturais que compartilham características semelhantes, como: transferência de energia sem transporte de matéria, propagação através de um meio ou no vácuo (como no caso das ondas eletromagnéticas), e presença de propriedades como frequência, amplitude, comprimento de onda, etc.

A definição de onda, no senso comum, costuma estar associada às ondulações visíveis na superfície da água, como as que ocorrem no mar. No entanto, esse tipo de onda é um dos mais complexos de se caracterizar. Nussenzveig (2014) generaliza o conceito ao afirmar que “uma onda é qualquer efeito (perturbação) que se transmite de um ponto a outro de um meio. Em geral, fala-se de onda quando a transmissão do efeito entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte de matéria” (Nussenzveig, 2014, p. 125).

1.2 MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)

Uma oscilação é um movimento que se repete, no qual um sistema varia em torno de uma posição de equilíbrio após um determinado intervalo de tempo. Suas aplicações são diversas, como o estudo de pêndulos, molas, balançar de um barco no cais e sinos. Porém, nesse capítulo o foco será a aplicação para ondas eletromagnéticas (luz, micro-ondas e raios gama, entre outros) e ondas mecânicas (ondas em cordas, ondas sonoras, entre outros).

O Movimento Harmônico Simples é um dos casos específicos de oscilações e uma de suas propriedades importantes, onde é a frequência f se define como o número de oscilações por segundo, sendo sua unidade dentro do Sistema Internacional (SI) o hertz (Hz). Define-se o período T de uma oscilação, como o tempo necessário para que se complete um ciclo e se relaciona com a frequência com uma relação inversa, ou seja,

$$f = \frac{1}{T}. \quad (1)$$

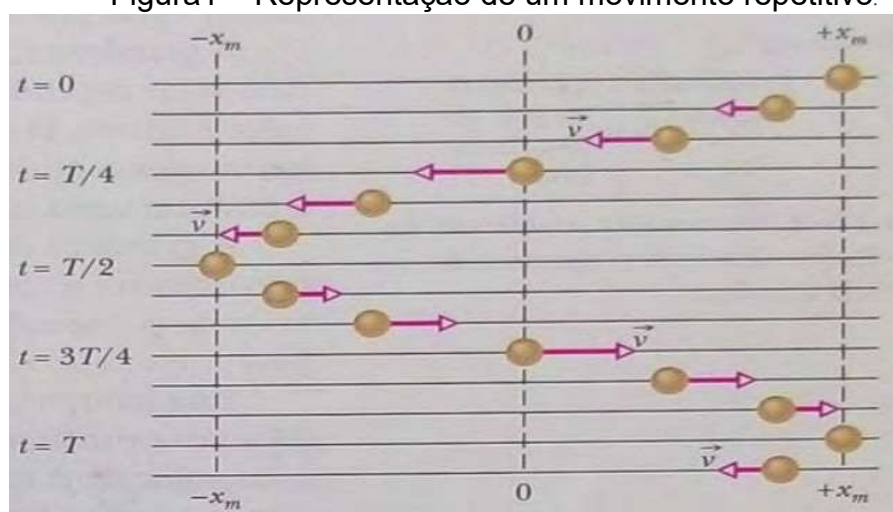
No MHS, a força restauradora, responsável por fazer o sistema retornar à posição de equilíbrio, é diretamente proporcional à distância da posição de equilíbrio (elongação), e essa força aponta para essa mesma posição (oposta à elongação). Sendo assim pode-se definir o MHS pela lei de Hooke

$$F = -kx, \quad (2)$$

onde F é a força (N), k é a constante de proporcionalidade (N/m) e x é a elongação.

A figura 3 descreve um caso particular de um movimento que se repete, onde nota-se uma oscilação se deslocando da esquerda para a direita. No ponto médio a velocidade é máxima e nos pontos extremos a velocidade é nula.

Figura1 – Representação de um movimento repetitivo.



Fonte: Halliday; Resnick (2012, p. 89).

Girando a figura num ângulo de 90 graus, percebe-se a formação de um gráfico que representa uma função cosseno, gerado da relação do deslocamento com o período. Nos pontos de máximo e mínimo ($+x_m$ e $-x_m$)¹, que representam a amplitude, a velocidade é zero, e nos pontos em que x apresenta valor zero ela é máxima.

¹ Até esse momento o termo que se refere a amplitude foi representado por x_m , A partir deste ponto denotaremos a amplitude como (A).

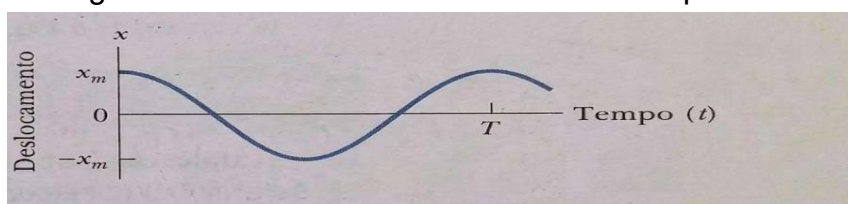
A equação da posição em função do tempo para um sistema massa-mola em MHS é importante para entender o conceito de ondas, pois descreve o comportamento periódico. Ela é dada por.

$$y(x, t) = A \cdot \cos(\omega t + \phi), \quad (\text{deslocamento}) \quad (3)$$

onde A é a amplitude (m), ω é a frequência angular (rad/s), t é o tempo (s) e ϕ é a constante de fase.

A grandeza amplitude A representa o valor máximo do deslocamento, o qual oscila entre os valores $\pm A$. Já a grandeza de fase ϕ determina a posição inicial de um sistema oscilatório e depende do deslocamento e da velocidade do sistema no instante $t = 0$. (Halliday; Resnick, 2012).

Figura 2 – Gráfico do deslocamento *versus* período



Fonte: Adaptação de Halliday; Resnick (2012, p.89).

Na figura 4, a oscilação é representada por uma função cosseno, de modo que um ciclo se completa ao percorrer uma distância equivalente ao comprimento de onda no eixo espacial ou ao avançar 2π em termos de fase. Ou seja, um ciclo é completado quando a oscilação alcança 2π .

Quando calculamos a frequência angular ω , adota-se um referencial de $\phi = 0$, chegando na equação

$$\omega T = 2\pi. \quad (4)$$

Através da equação (4) definimos a frequência angular como

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ ou } \omega = 2\pi f. \quad (5)$$

O MHS será essencial para o entendimento de ondas, pois como definido anteriormente, ele advém de uma oscilação periódica em torno de uma posição de equilíbrio. Ele é descrito por funções senoidais ou cossenoidais que dependem do tempo.

Para exemplificar essa conexão temos o caso das cordas vibrantes que têm suas partículas realizando um MHS quando perturbadas.

1.3 DEFINIÇÃO DE ONDAS

A principal diferença entre MHS e as ondas é que, no MHS, a oscilação ocorre em torno de uma posição de equilíbrio, sem propagação pelo espaço. Já nas ondas, essa oscilação se propaga ao longo do espaço e do tempo, promovendo a transferência de energia sem transporte de matéria. No entanto, para o movimento harmônico simples o que é analisado é o movimento de uma única partícula em função do tempo. Assim, a descrição matemática de uma onda envolve tanto a variável temporal quanto a espacial, ressaltando que a perturbação se desloca sem que haja transporte de matéria, mas sim de energia. Podemos, então, definir ondas como uma sequência de MHS acoplados, oscilando com as mesmas frequências, mas com fases diferentes.

Existem três tipos de ondas que dependem de sua natureza:

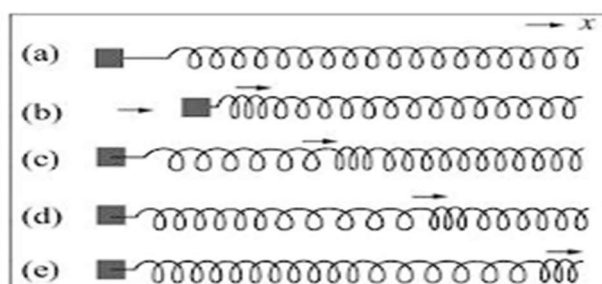
- **Ondas mecânicas:** são perturbações que dependem de um meio material para se propagar, como o ar, a água, as cordas ou o solo. Essa dependência ocorre, pois, suas partículas precisam interagir entre si.
- **Ondas eletromagnéticas:** É importante destacar que, ao contrário das ondas mecânicas, as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagar e são geradas pela interação entre campo magnético e elétrico. É o caso, por exemplo, da luz solar que chega até a Terra atravessando o vácuo do espaço, de ondas de rádio (não confundir com ondas sonoras que são ondas mecânicas), raios X, entre outras.
- **Ondas de matéria:** Em mecânica quântica, uma onda de matéria, também chamada onda de De Broglie, está relacionada à dualidade onda-partícula, segundo a qual toda partícula material pode apresentar características ondulatórias. As relações propostas por De Broglie estabelecem que o comprimento de onda é inversamente proporcional ao momento linear da partícula, enquanto a frequência é diretamente proporcional à sua energia cinética. Esse comprimento de onda associado à matéria recebe o nome de comprimento de onda de De Broglie. Neste trabalho serão apenas citadas, mas não serão abordadas.

1.4 DESLOCAMENTO DE ONDAS

Para entender a natureza das ondas, é essencial observar o movimento das partículas do meio. As ondas mecânicas podem ser classificadas como longitudinais ou transversais, dependendo da direção do deslocamento das partículas em relação à direção de propagação da onda. Já as ondas eletromagnéticas se propagam transversalmente.

- **Ondas longitudinais:** são aquelas em que as partículas vibram na mesma direção da propagação da onda. Alguns exemplos são ondas sonoras, ondas de compressão numa mola, e ondas em um fluido como pode-se visualizar nos exemplos abaixo:

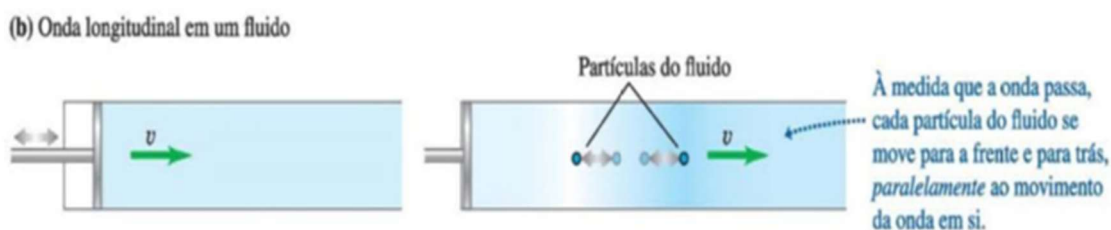
Figura 3 – Onda longitudinal em uma mola.



Fonte: Nussenzveig (2014, p.126).

A figura 5 ilustra o processo de propagação de uma onda de compressão em uma mola. Na parte (a), a mola encontra-se em equilíbrio. Já em (b), uma de suas extremidades é comprimida, gerando a perturbação inicial. Em (c), nota-se que a região de espiras comprimidas é seguida por uma região de rarefação, caracterizada pelo aumento do espaçamento entre as espiras em relação à posição de equilíbrio. (Nussenzveig, 2014, p.126).

Figura 4 – Onda longitudinal em um fluido.

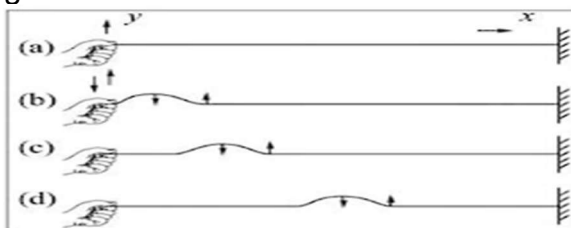


Fonte: Sears; Zemansky, (2015, p.114).

Colocando um líquido ou gás dentro de um tubo com uma parede fixa em uma ponta e um êmbolo móvel na outra, ao movimentar o êmbolo para frente e para trás, criamos uma perturbação que se propaga pelo meio. As partículas do fluido também se movem nessa mesma direção, gerando uma onda chamada onda longitudinal.

- **Ondas transversais:** as partículas vibram em direção perpendicular à direção de propagação. A figura 5 representa o comportamento da onda que se propaga transversalmente:

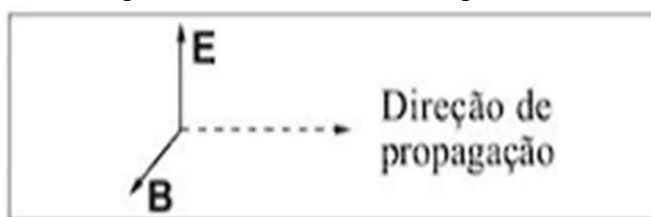
Figura 5 – Onda transversal em uma corda



Fonte: Nussenzveig (2014, p.126).

A figura 5 representa uma corda esticada cuja extremidade é deslocada para cima e para baixo, gerando um impulso. Esse pulso propaga-se ao longo da corda na direção x , enquanto cada ponto do meio oscila na direção y , perpendicular à propagação.

Figura 6 – Onda eletromagnética.



Fonte: Nussenzveig (2014, p.126)

As ondas eletromagnéticas são um exemplo importante de ondas transversais. Nelas, os campos elétricos $\vec{E}$ e magnético $\vec{B}$ oscilam perpendicularmente entre si e à direção de propagação.

Quanto à sua propagação, as ondas podem ser classificadas como:

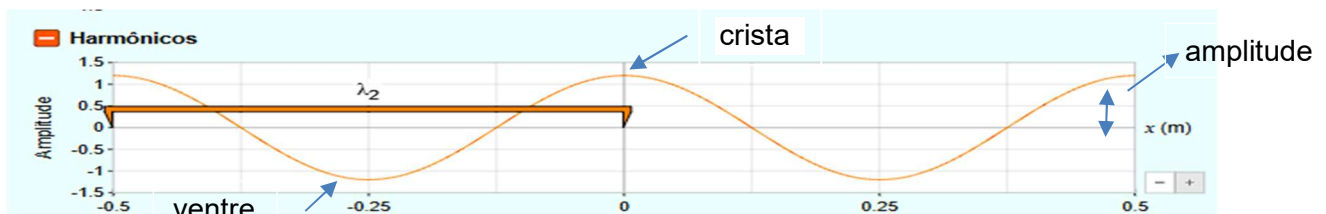
- **Unidimensional:** Nesse caso a onda vai se propagar em uma direção, tendo como exemplo ondas formadas em uma corda.

- Bidimensional: A onda se propaga em duas direções, tendo como exemplo a onda provocada por uma gota caindo na superfície de um lago.
- Tridimensional: A onda se propaga em três direções, tendo como exemplo bem conhecido a onda sonora.

1.5 PARÂMETROS BÁSICOS DE UMA ONDA

Na figura 7, são apresentados os elementos fundamentais de uma onda.

Figura 7 – Ondas com as suas características



Fonte: Simulador Phet Colorado².

O comprimento de onda λ calcula o tamanho de uma oscilação, definido como a menor distância entre dois pontos iguais e consecutivos, como o exemplo de duas cristas consecutivas ou dois vales consecutivos, sendo a crista é o ponto mais alto da onda, e o vale ou ventre é o ponto mais baixo. A amplitude A corresponde à distância entre a crista ou o vale e o eixo x , considerada apenas em módulo. A distância entre uma crista e um vale, tem exatamente a medida da metade do comprimento de onda $\frac{\lambda}{2}$. Isso nos leva a definição de uma nova grandeza, nomeada número de onda, definida pela equação:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}. \quad (6)$$

O parâmetro k é uma grandeza física cuja unidade no Sistema Internacional é o radiano por metro (rad/m ou $rad.m^{-1}$).

Observando a figura 9, o período T é definido como o tempo necessário para que a onda complete um ciclo completo. Na figura, a onda é representada por uma

² Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

função cosseno, de modo que um ciclo se completa ao percorrer uma distância λ no eixo espacial ou ao avançar 2π em termos de fase.

Para definir a velocidade de propagação de uma onda, denotamos a equação da velocidade por

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}, \quad (7)$$

onde V é a velocidade média escalar, ΔS é a variação da posição e Δt é a variação do tempo.

Neste caso, o comprimento de onda λ é uma variação da posição correspondente ao período T . Com as adequações chegamos à equação:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (8)$$

Assim a equação (8) torna-se:

$$v = \lambda f \quad (9)$$

1.6 ONDAS PERIÓDICAS

Ondas mecânicas são periódicas apenas quando a fonte da perturbação é regular, como ocorre, por exemplo, com o som ou as ondas formadas em uma superfície de água calma. Por outro lado, ondas geradas por eventos como terremotos ou o lançamento de uma pedra na água são não periódicas, pois a perturbação ocorre de forma isolada e irregular. A onda transversal na corda vai ser um exemplo de onda periódica.

No caso das ondas eletromagnéticas, aquelas que são periódicas são produzidas por fontes que emitem radiação de maneira contínua e regular, como emissores de rádio, luz visível ou micro-ondas. Já fenômenos como explosões solares ou descargas elétricas geram ondas não periódicas, pois a emissão de radiação ocorre de forma abrupta e desordenada.

As ondas periódicas, assim como qualquer tipo de onda, são caracterizadas por grandezas fundamentais que descrevem sua propagação: amplitude A , que indica a máxima deformação do meio; comprimento de onda λ , correspondente à distância

entre pontos consecutivos em fase (de uma crista a outra); frequência f , que define o número de oscilações por unidade de tempo; período T , o intervalo de tempo necessário para uma oscilação completa; e velocidade de propagação v , que determina a rapidez com que a perturbação se desloca pelo meio.

1.7 FUNÇÃO DE ONDA

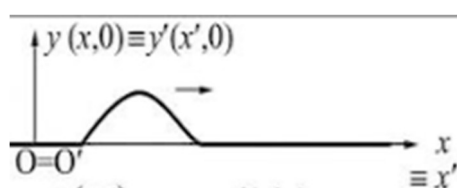
Para chegar no conceito de função de onda é necessário entender o comportamento de uma onda progressiva. Elas são caracterizadas como perturbações que se propagam no espaço ao longo de um intervalo de tempo, carregando energia de um ponto para o outro sem transportar matéria. Ao longo dessa propagação as partículas do meio somente vibram, mas não seguem o fluxo da onda. Ondas em uma corda, causada por um movimento oscilatório são um exemplo de ondas progressivas e são estabelecidas com uma velocidade bem definida. A análise do seu comportamento é essencial para compreensão de uma onda harmônica

1.7.1 ONDAS PROGRESSIVAS

Para o estudo da função de onda vamos analisar o caso de ondas transversais em uma corda, que vai corresponder ao caso mais simples de uma onda progressiva (Nussenzveig, 2014).

Pela função $y = (x, t)$ podemos analisar o perfil da onda numa corda. Vamos analisar o comportamento para $t = 0$ (Figura 10) e para um instante t posterior. Neste caso, seguindo para a direita, e em seguida com velocidade v se deslocando para a direita, mas como houve deslocamento, o tempo não é mais zero.

Figura 8 – Imagem de uma onda progressiva se locomovendo para a direita.

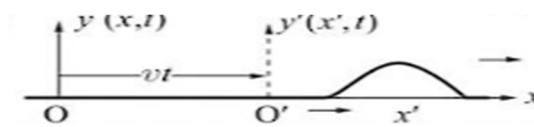


Fonte: Nussenzveig (2014, p.127)

Para $t = 0$ temos, $y = (x, 0)$ e para um instante t diferente de zero teremos a definição $y(x, t)$. Analisando outro referencial $Ox'y'$ que se comporta igualmente a Oxy para $t = 0$, porém se desloca ao longo do eixo Ox com a mesma velocidade v da onda, verifica-se que o perfil da onda permanece constante no tempo nesse novo referencial, isto é, uma função de x' . (Nussenzveig, 2014. p.127)

$$y' = (x', t) = y(x', 0) = f(x') \quad (10)$$

Figura 9 – Imagem de uma onda progressiva se locomovendo para a direita com velocidade v .



Fonte: Nussenzveig, (2014, p.127)

Na Figura 9, a relação entre as coordenadas dos dois referenciais será dada por:

$$x' = x - vt, \quad y' = y \quad (11)$$

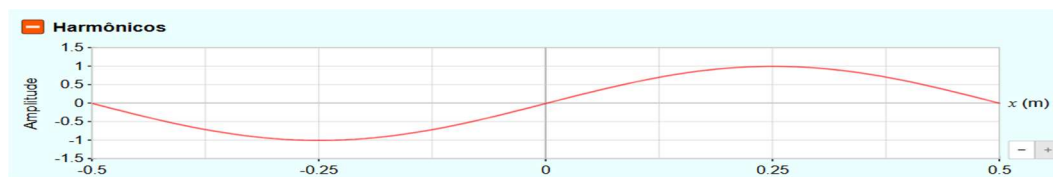
E retornando ao referencial original,

$$y(x, t) = f(x - vt) \quad (12)$$

Nesse caso, a equação é a representação de uma onda progressiva que se movimenta para a direita, mas a formulação com o deslocamento para a esquerda é análoga.

Pode-se descrever matematicamente a função da onda, compreendendo sua variação ao longo do tempo. Essa abordagem é especialmente útil porque as funções senoidais são soluções conhecidas da equação da onda. Dessa forma, ao decompor uma onda complexa em senos e cossenos, torna-se possível estudar sua propagação de maneira mais simples e eficiente. Abaixo pode-se observar imagens que retratam o comportamento das ondas senoidais em função do tempo:

Figura 10 – Imagem para um $t = 0$.



Fonte: Simulador Phet Colorado³

Figura 11 – Imagem da onda senoidal para um tempo avançado $t = 1$



Fonte: Simulador Phet Colorado⁴

O estudo de ondas progressivas feito anteriormente representa uma equação da posição em função do tempo para um sistema massa-mola *MHS*, é superimportante para entender a ondulatória, pois descreve o comportamento periódico que também aparece em diversos fenômenos de ondas

Quando colocamos a equação da função de uma onda senoidal em função do tempo e do espaço (isto é, uma onda que se propaga), utilizamos os mesmos recursos da equação do Movimento Harmônico Simples, mas acrescentamos dois novos termos: o número de onda k e a posição x . Esses elementos indicam que agora há deslocamento da onda no espaço, ou seja, ela não está apenas oscilando em um ponto fixo, mas se propagando ao longo de um meio. Com isso chegamos numa nova equação:

$$Y(x, t) = A \cdot \text{sen}(kx - \omega t + \phi) \quad (13)$$

Esta equação permite calcular o deslocamento de todos os pontos da onda em um dado instante, bem como a variação temporal do deslocamento de um ponto específico, sendo os cálculos feitos em função do tempo. O parâmetro A representa a amplitude da onda e é sempre positivo. A fase da onda é dada pelo argumento $kx - \omega t + \phi$, que determina a posição relativa da onda em cada ponto e instante de tempo.

³ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

⁴ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

1.8 EQUAÇÃO DE ONDA UNIDIMENSIONAL

Para relacionar a equação do movimento com a propagação de uma onda, consideramos a aceleração em um ponto fixo x . A velocidade e a aceleração nesse ponto são determinadas mantendo x constante e derivando o deslocamento em relação ao

$$v = \frac{\partial}{\partial t} y(x, t) \quad (\text{para velocidade}) \quad (14)$$

tempo, ou seja, utilizando derivadas parciais. No caso de uma corda, por exemplo, a velocidade de deslocamento vertical do ponto x ao longo da direção y em um instante t é dada por:

E aceleração é dada por:

$$a = \frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x, t) \quad (\text{para aceleração}) \quad (15)$$

Pelas equações definidas acima, entende-se que y só depende do tempo através da variável $x' = x - vt$, logo podemos utilizar regra da cadeia chegando na equação:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{df}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial t} = -v \frac{df}{dx'} \quad (16)$$

O termo $\frac{\partial x'}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} (x - vt) = -v$ e da mesma forma para aceleração tem-se:

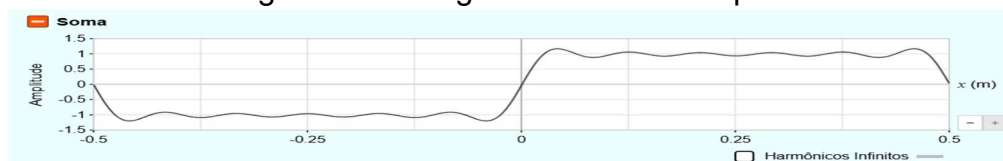
$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -v \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{df}{dx'} \right) \left(\frac{df}{dx'} \right) \frac{\partial x'}{\partial t} \quad (17)$$

A função de onda $Y(x, t)$ é solução da equação:

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} = v^2 \frac{d^2 df}{dx'^2} \quad (18)$$

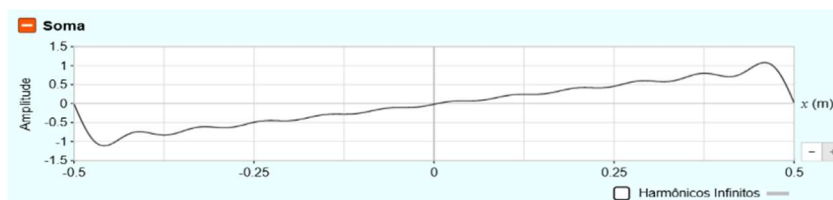
Qualquer função Y que satisfaça essa equação pode ser considerada uma onda, tendo a possibilidade de diversos tipos de onda como, ondas quadradas, serrilhada e triangular por exemplo.

Figura 12 – Imagem de uma onda quadrada.



Fonte: Simulador Phet Colorado⁵

Figura 13 – Imagem de uma onda serrilhada.



Fonte: Simulador Phet Colorado⁶

Figura 14 – Imagem de uma onda triangular.

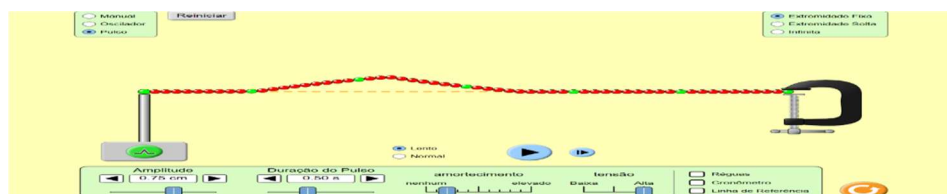


Fonte: Simulador Phet Colorado⁷

Para evitar a necessidade de formular uma equação matemática diferente para cada tipo de onda (como ondas quadradas, triangulares, entre outras), utiliza-se a análise de Fourier.

1.9 ONDAS EM UMA CORDA

Figura 15 – Onda em uma corda esticada presa em uma extremidade fixa.



Fonte: Simulador Phet Colorado⁸

⁵ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

⁶ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

⁷ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/fourier-making-waves Acesso em 24 abr. 2026.

⁸ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string Acesso em 24 abr. 2026.

A imagem retrata um pulso percorrendo uma corda presa a uma extremidade fixa. A tensão da corda representa a força que a mantém esticada ao longo do comprimento. A tensão é fundamental pois está relacionada a velocidade que a onda se propaga. Com essa relação se afirma que a velocidade v de uma onda transversal em uma corda esticada depende da tensão $\vec{T}$ da corda e da sua densidade linear μ (massa por unidade de comprimento). Quanto maior a tensão, maior é a força restauradora que age sobre os elementos da corda quando são deslocados de sua posição de equilíbrio. Essa força é a responsável por transmitir a perturbação ao longo da corda. Assim, ao aumentar a tensão, a corda transmite a perturbação mais rapidamente, aumentando a velocidade da onda. A densidade linear representa a quantidade de massa por unidade de comprimento da corda. Se a corda for mais “pesada” (maior μ), cada segmento da corda terá mais inércia, ou seja, mais dificuldade em responder às forças restauradoras. Isso reduz a velocidade de propagação da onda. Já em cordas mais leves (menor μ), a resposta é mais rápida, aumentando a velocidade da onda.

1.10 EQUAÇÃO DE ONDA NA CORDA

A equação abaixo descreve uma perturbação se deslocando em um meio elástico, no caso aplicado ao caso da corda:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{\mu}{T} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad \text{ou} \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0 \quad (19)$$

Com essa definição chegamos à fórmula:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (20)$$

Onde, v : velocidade da onda (m/s), T : tensão da corda ($N, newtons$) e μ : densidade linear da corda (kg/m).

Com isso, conclui-se que a velocidade de propagação da onda é diretamente proporcional à tensão aplicada à corda e inversamente proporcional à raiz quadrada da densidade linear de massa (μ). Assim, quanto maior a tensão, maior será a velocidade da onda, e quanto maior a densidade linear de massa da corda, menor será sua velocidade de propagação.

1.11 PRINCÍPIO DA SUPERPOSIÇÃO DE ONDA

O princípio da superposição afirma que quando duas ou mais ondas se encontram no mesmo ponto do espaço, o resultado é a soma algébrica de suas amplitudes naquele ponto, momento a momento.

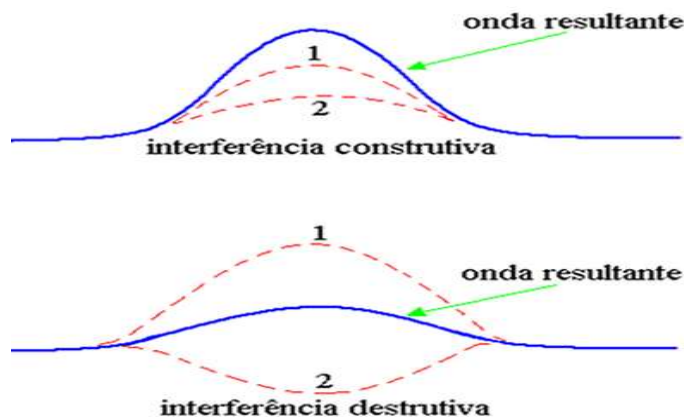
$$Y_1(x, t) \text{ e } Y_2(x, t) \quad (21)$$

$Ay_1 + Ay_2 = Y$, sendo assim solução.

Caracterizando ondas em interferência, temos:

- **Interferência Construtiva:** Ondas se reforçam.
- **Interferência Destrutiva:** Ondas se cancelam.

Figura 16 – Representação de uma interferência construtiva e interferência destrutiva.



Fonte: Brasil Escola (SILVA, 2024).

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) \quad (22)$$

Amplitude $A_0 = A_{02}$

$$Y(x, t) = y_0 \sin(kx - \omega t) + y_0 \sin(kx - \omega t + \phi) \quad (23)$$

$$y(x, t) = A[\sin(kx - \omega t) + \sin(kx - \omega t + \phi)] \quad (24)$$

Propriedade trigonométrica:

$$\sin A + \sin B = 2\sin\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right) \quad (25)$$

$$(x, t) = 2y_0\cos\left(kx - \omega t + \frac{\phi}{2}\right) \quad (26)$$

Fator amplitude: $2y_0\cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$

Fator oscilatório: $\sin\left(kx - \omega t + \frac{\phi}{2}\right)$

$$\text{Se } \phi = 0 \text{ rad} \quad y(x, t) = 2y\sin_0(kx - \omega t) \quad \text{Interferência construtiva} \quad (27)$$

$$\text{Se } \phi = \pi \text{ rad} \quad y(x, t) = 0 \quad \text{Interferência Destrutiva} \quad (28)$$

1.12 REFLEXÃO E REFRAÇÃO DE CORDAS

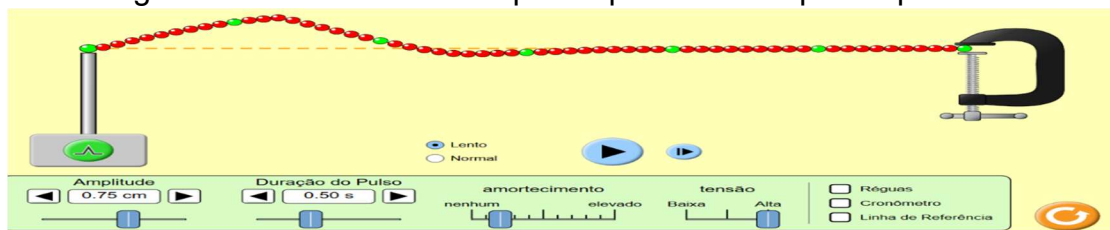
1.12.1 REFLEXÃO

Analisa-se uma corda presa em uma de suas extremidades com o objetivo de estudar o fenômeno da reflexão de ondas mecânicas. Para essa análise, considera-se que a corda é semi-infinita, ou seja, suficientemente longa para que os efeitos da extremidade livre não interfiram significativamente na região de interesse.

Esse modelo simplificado permite observar o comportamento das ondas quando atingem uma extremidade fixa. Nessa situação, ocorre uma reflexão com inversão de fase, característica de ondas que se refletem em um ponto de fixação rígido. Tal abordagem é útil para entender os princípios fundamentais da propagação e reflexão de ondas em meios unidimensionais.

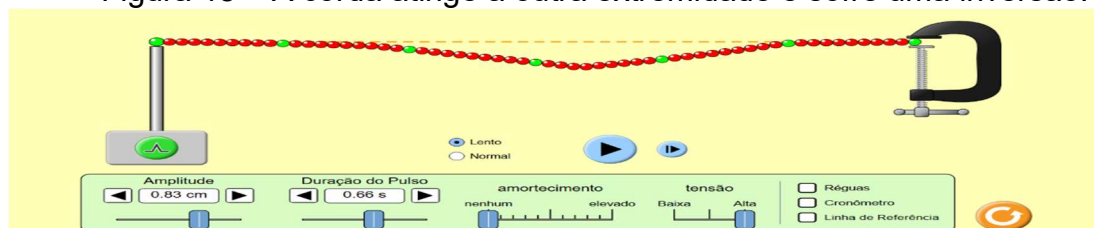
Podemos então analisar as imagens e comparar:

Figura 17 – A corda tem um pulso que sai da esquerda para a direita.



Fonte: Simulador Phet Colorado⁹

Figura 18 – A corda atinge a outra extremidade e sofre uma inversão.



Fonte: Simulador Phet Colorado¹⁰

Temos que:

$$Y(0, t) = 0 \quad (29)$$

Solução geral:

$$Y(x, t) = f(x - vt) + g(x + vt) \quad (30)$$

Onda “Imagem” em $x < 0$

Para todo $f \neq 0$ e $g \neq 0$

$$Y(0, t) = 0 \rightarrow f(x - vt) + g(x + vt) = 0 \quad (31)$$

Então:

$$F = -g \quad \text{Inversão de fase numa extremidade fixa}$$

Levando a conclusão de que a amplitude também é afetada, levando a:

$$(32)$$

⁹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string Acesso em 24 abr. 2026.

¹⁰ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/wave-on-a-string Acesso em 24 abr. 2026.

$$A = -A$$

Onda incidente:

$$y_i(x, t) = A \sin(kx - \omega t) \quad (33)$$

Onda refletida (com inversão de fase):

$$y_r(x, t) = -A \sin(kx + \omega t) \quad (34)$$

Conclusão através da superposição das ondas (onda resultante):

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t) - A \sin(kx + \omega t) \quad (35)$$

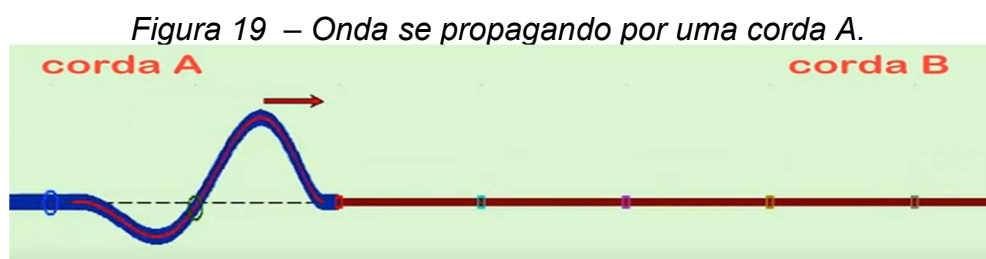
$$y(x, t) = -2A \cos(kx) \sin(\omega t) \quad (36)$$

A amplitude da onda refletida é igual à do incidente, mas com inversão de fase

O valor máximo possível da amplitude é $2A$ (reforço por interferência construtiva).
Nos nós, a amplitude é zero (interferência destrutiva).

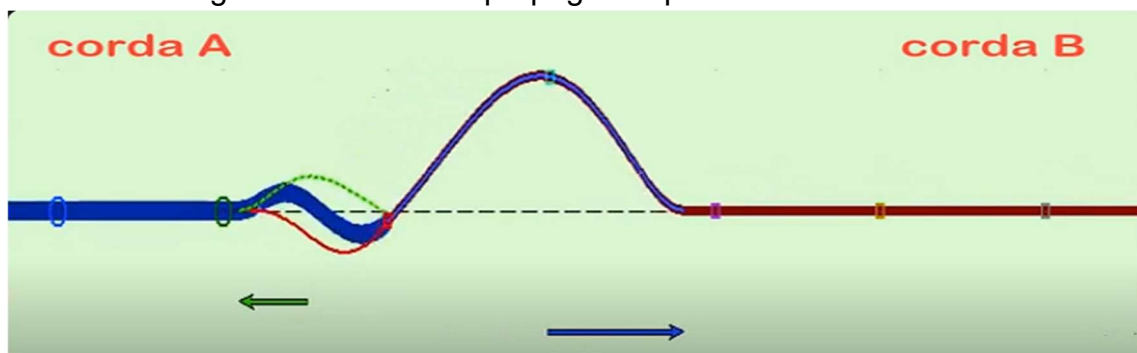
1.12.2 REFRAÇÃO EM CORDAS

A refração em corda ocorre quando um pulso que se propaga transversalmente por uma corda A passa a se propagar em uma corda B com densidade diferente. Observe os exemplos nas imagens abaixo:



Fonte: Adaptado de YouTube (Reginaldo Santos, 2017).

Figura 20 – Onda se propagando por uma corda A



Fonte: Adaptado de YouTube (Reginaldo Santos, 2017).

O fenômeno visualizado acima, por meio da comparação entre as imagens, é denominado refração de ondas. Assim como ocorre com a luz ao passar de um meio para outro com diferentes índices de refração, aqui observamos um comportamento análogo quando uma onda mecânica transversal se propaga de uma corda para outra com propriedades diferentes, como densidade linear de massa e/ou tensão distintas.

Nesse contexto, a refração se manifesta por uma mudança na velocidade de propagação da onda ao atravessar a interface entre as duas cordas. A velocidade v de uma onda em uma corda tensionada é dada pela equação (1.13).

Quando a onda passa de uma corda mais leve (menor μ) para uma corda mais pesada (maior μ), a velocidade de propagação diminui, e, como a frequência permanece constante, o comprimento de onda também se reduz (1.5).

Esse comportamento caracteriza a refração mecânica da onda. Além disso, parte da energia da onda incidente é refletida na interface. Quando a onda entra de uma corda mais leve para uma mais pesada, a onda refletida sofre inversão de fase (ou seja, reflete com sinal oposto). Já a onda transmitida continua propagando-se, porém com menor velocidade, menor comprimento de onda e menor amplitude.

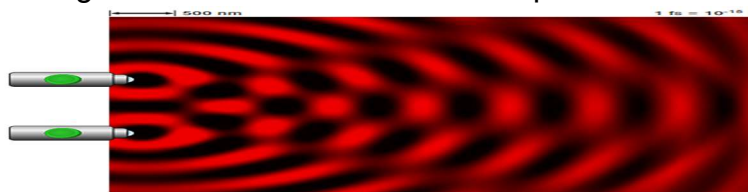
1.13 INTERFERÊNCIA DA LUZ

Embora o fenômeno de interferência gerado por duas fontes seja facilmente visualizado em um meio líquido, como nas ondas superficiais, essa mesma facilidade não é observada quando se trata da luz. Isso se deve, principalmente, à dificuldade de se obter fontes luminosas coerentes, ou seja, que possuam a mesma frequência, fase constante e origem comum, além da forma como a luz se propaga em um meio transparente e homogêneo, como o ar.

No caso das ondas na água, a interferência é facilmente visível porque as cristas e vales geram variações macroscópicas na altura da superfície, que podem ser diretamente observadas. Já para a luz, que se propaga em linha reta e sofre pouca difração em meios homogêneos, os efeitos de interferência só se tornam perceptíveis sob condições experimentais controladas, como no uso de fendas estreitas, grades de difração ou interferômetros. Isso ocorre porque, no caso da luz, a interferência se manifesta em escalas muito menores, na ordem de centenas de nanômetros, correspondentes ao comprimento de onda da radiação visível.

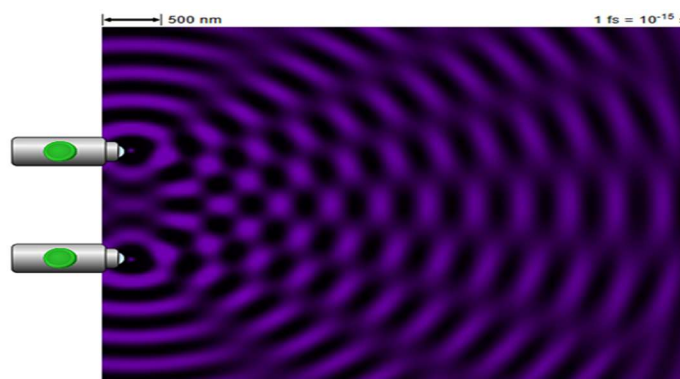
Assim, enquanto em meios mecânicos como líquidos ou cordas o padrão de interferência pode ser diretamente visualizado, a observação de interferência luminosa requer técnicas específicas que possibilitem a superposição coerente dos feixes e a formação dos padrões característicos desse fenômeno ondulatório.

Figura 21 – Luz vermelha emitida por duas fontes.



Fonte: Simulador Phet Colorado¹¹

Figura 22 – Luz Violeta emitida por duas fontes luminosas.



Fonte: Simulador Phet Colorado¹²

¹¹ Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro Acesso em 24 abr. 2026.

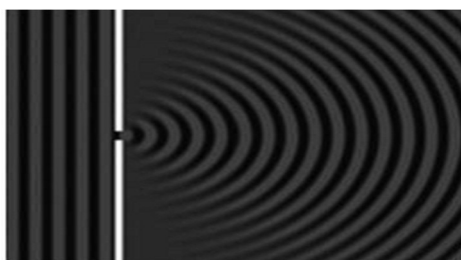
¹² Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro Acesso em 24 abr. 2026.

Podemos relembrar o fato que quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda desde que a velocidade permaneça constante (no vácuo ou em um meio específico).

1.14 DIFRAÇÃO

Em 1678, Huygens formulou o princípio que afirmava que “cada ponto de uma frente de onda comporta-se como fonte puntiforme de novas ondas, chamadas de ondas secundárias” (Nussenszveig, 2014). Este princípio analisa o comportamento de uma onda que se depara com um obstáculo. Pode-se notar pela imagem a seguir, que tem-se uma onda plana, que vai passar por uma fenda estreita, denominada pelo próprio Huygens como fonte pontual de ondas secundárias. Isso demonstra que após a passagem a onda já não é mais plana e passa a apresentar forma esférica.

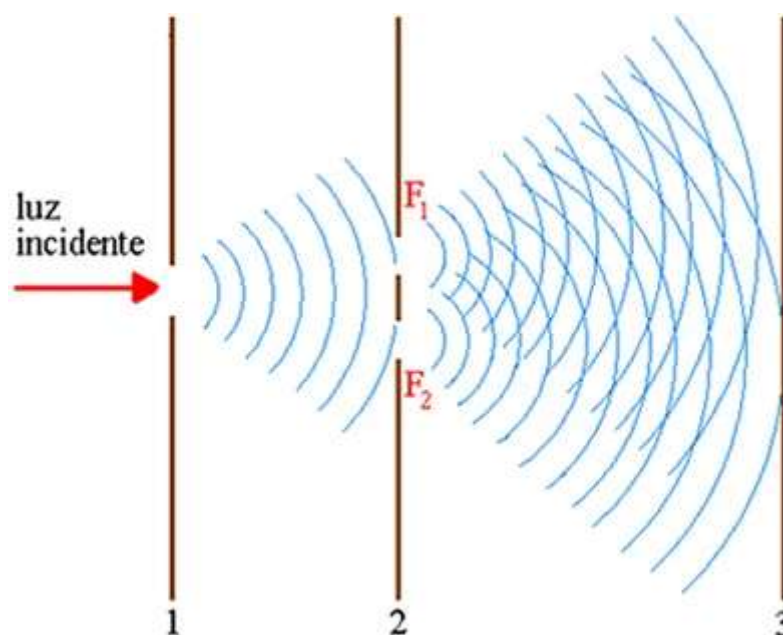
Figura 23 – Ondas na água atravessando uma barreira estreita.



Fonte: Nussenszveig (2014, p.174).

A condição para que esse fenômeno aconteça é que o comprimento de onda, tem de ser maior ou igual ao tamanho do comprimento da fenda. Este fenômeno foi muito importante para a comprovação do comportamento ondulatório da luz, pois é um fenômeno que indica que qualquer tipo de onda tem em suas propriedades a condição de contornar obstáculos, modificando sua forma. Além disso, também tem a propriedade de poder passar por duas fendas criando um padrão de pontos de interferência construtiva e destrutiva, assim como analisado na figura a seguir:

Figura 24 – Difração em duas fendas



Fonte: Brasil Escola (SILVA, 2026).

Embora seja designado um estudo separado para “difração” e “interferência” eles representam um fenômeno similar, que deriva do conceito da superposição de ondas que ocupam o mesmo ponto no espaço ao mesmo tempo. A interferência, no geral se conecta à combinação de um pequeno número de ondas, geralmente duas, usada para explicar o fenômeno de uma forma mais simples. Já a difração se liga a superposição de um grande número de ondas, exemplificando padrões e efeitos que surgem dessa interação mais elaborada.

O experimento da dupla fenda de Thomas Young realizado por volta de 1801 no início do século XIX, foi fundamental para esclarecer a natureza da luz, ao mostrar que uma única fonte luminosa, ao atravessar duas fendas, origina duas fontes secundárias coerentes, conforme o princípio proposto por Huygens como citado anteriormente. Essas fontes produzem padrões de interferência que evidenciam o caráter ondulatório da luz, resultado que teve grande impacto na história da ciência ao confrontar a teoria corpuscular estabelecida no final do século XVII por Isaac Newton. Assim, a luz passou a ser compreendida também como uma onda, o que é essencial para explicar fenômenos como difração e interferência, embora a descrição corpuscular permaneça válida em certos contextos, como na explicação do efeito fotoelétrico, evidenciando a natureza dual da luz.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SUBSUNÇÕES

A responsabilidade de apresentar um conhecimento integrador, que se conecte ao saber prévio dos alunos, é do professor. No entanto, o desejo de aprender e de desenvolver esse conhecimento de forma significativa, de maneira não literal (substantiva) e não arbitrária, deve partir do próprio aluno. Afinal, é ele quem deve ter a consciência do que já sabe e de como pode relacionar esse saber ao novo conteúdo apresentado. Deve-se ressaltar que, nos casos em que o aluno não apresenta conhecimentos prévios, torna-se necessário que ele passe, inicialmente, por um processo de aprendizagem mecânica, de modo a construir uma base mínima que possibilite, em um momento posterior, o alcance de uma aprendizagem significativa.

No aprendizado de um teorema geométrico, por outro lado, cada palavra componente não é apenas significativa, como também a tarefa como um todo é também potencialmente significativa. Entretanto, a menos que o indivíduo manifeste uma disposição para a aprendizagem significativa, neste último caso, nenhum significado emergirá: apenas decora uma série de palavras relacionadas arbitrariamente. Portanto, é importante distinguir entre aprendizagem significativa de material potencialmente significativo, por um lado, e, por outro, a aprendizagem automática de elementos componentes significativos de uma tarefa de aprendizagem que é apenas potencialmente significativa. (Ausubel, 1980, p.42-43).

Na perspectiva de Ausubel, a aprendizagem literal está associada à memorização mecânica de informações, sem conexão com conhecimentos prévios. Como dito, esse tipo de aprendizagem é superficial e tende a ser rapidamente perdida. Por isso, ele defende que a aprendizagem significativa ocorre quando o aluno integra ativamente o novo conteúdo ao que já conhece, atribuindo-lhe sentido e facilitando sua retenção e aplicação.

Para que ocorra uma aprendizagem significativa, o aluno recorre aos conhecimentos já presentes em sua estrutura cognitiva, chamados subsunções. Eles correspondem a saberes previamente adquiridos, oriundos do conhecimento científico, como, por exemplo, um conteúdo antigo que se relaciona ao da matéria atual, que pode ter sido abordado no mesmo ano ou no ano anterior. Por exemplo, no primeiro ano do Ensino Médio, o aluno estuda energia e a lei da conservação da energia me-

cânica e esse conteúdo serve como subsunçor para o aprendizado das leis da termodinâmica, sendo fundamental para o entendimento de máquinas térmicas.

Alguns desses conhecimentos, especialmente os conceituais, que apresentam uma estrutura mais elaborada, também podem funcionar como subsunçores. Entretanto, devemos nos atentar ao conhecimento do aluno, pois ele tem que ter embasamento científico, no qual opiniões ou senso comum não podem auxiliar como um conhecimento que vai servir de ancoragem ao novo. Nesse processo, o papel do professor é fundamental para identificar esses conhecimentos e estabelecer conexões entre o novo conteúdo e o conhecimento científico prévio do aluno, favorecendo a construção de significados e promovendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

No processo de aprendizagem potencialmente significativa é comum supor que o material trabalhado deva ser necessariamente inovador, exigindo que o professor crie constantemente novos recursos para servir como subsunçores. Entretanto, o material potencialmente significativo corresponde, na realidade, aos recursos disponíveis no âmbito escolar, como experimentos, imagens, artigos, textos diversos, simuladores e até mesmo a aula expositiva, frequentemente desconsiderada nas discussões sobre aprendizagem significativa. O objetivo não é excluir os métodos tradicionais, mas integrá-los a outras estratégias que favoreçam a conexão entre conhecimentos prévios e novos conteúdos. Em muitos casos, soluções simples e práticas mostram-se fundamentais. Ao estudar ondulatória, por exemplo, geralmente no segundo ano do Ensino Médio, o estudante já possui conhecimentos sobre energia, movimento harmônico, luz, entre outros. Uma explicação concisa ou uma demonstração experimental pode atuar como elo entre esses saberes, permitindo que o conhecimento anterior se integre ao novo e, gradualmente, aumente a complexidade do aprendizado sempre ancorando os conhecimentos.

É fundamental ressaltar que o conhecimento científico prévio é essencial para o aprendizado, pois ele proporciona ao aluno uma contextualização que enraíza novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva. Moreira (2012) reitera que a aprendizagem significativa ocorre quando há interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, sendo a interação não-arbitrária, ou seja, “a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente

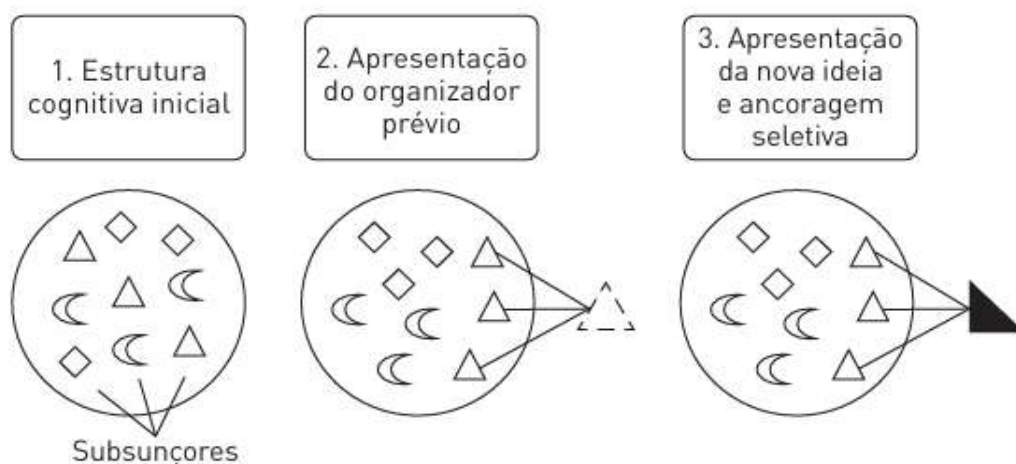
relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende” (Moreira, 2012, p. 2).

2.2 ORGANIZADORES PRÉVIOS

No processo de aprendizado de um novo conhecimento há várias maneiras de se ancorar o que vai ser aprendido ao que já era conhecido pelo aluno. Uma delas é modificando em certo grau a estrutura cognitiva preexistente. Isso quer dizer que há possibilidade de se usar uma “ancoragem provisória”, por meio de uma comparação que pode ser uma situação presente no cotidiano do aluno ou usar um recurso para mostrar de forma abstrata algum evento ou fenômeno. Porém deve ser bem especificado para que o aluno não confunda com o conhecimento científico real a ser ensinado, mas apenas um recurso para melhorar a aprendizagem e assimilação. Como representado na figura 1,

o organizador prévio faz o papel de mediador e também faz a alteração das ideias preexistentes, preparando-as para o estudo do material posterior: [...] devem salientar os pontos mais evidentes do material e omitir informações menos importantes; eles auxiliam o estudante a realizar sua própria codificação da nova informação na memória. Rafael; Silva; Koscianski (2012, p. 171)

Figura 25– Representação do organizador prévio como facilitador da ancoragem seletiva.



Fonte: Rafael; Silva; Koscianski (2012, p. 171)

Por exemplo, o uso de simuladores constitui um recurso valioso para a apresentação de fenômenos que, muitas vezes, são difíceis de representar em sala de aula, como o comportamento dos gases. Entretanto, os simuladores costumam representar as partículas do gás como bolinhas em quantidade limitada que, embora numerosa, não corresponde ao número real de partículas. É importante destacar que essa representação é apenas uma simplificação visual: na realidade, as partículas de gás são moléculas ou átomos em constante movimento aleatório, de tamanhos e formas variadas, impossíveis de serem visualizadas individualmente. Torna-se, portanto, necessário que o educador esclareça que a simulação utiliza recursos destinados a representar determinados fenômenos e que a situação apresentada não corresponde exatamente à realidade, mas constitui um modelo que auxilia na compreensão e demonstração dos conceitos abordados. Quando esse cuidado não é adotado, ou seja, quando o professor não explicita que o simulador representa apenas uma aproximação da realidade, o estudante pode desenvolver interpretações equivocadas, como associar as partículas a pequenas esferas ou "bolinhas", entre outras concepções incorretas.

Para contornar uma compreensão e aprendizagem que vem de um subsunção com uma definição difusa, o professor pode utilizar perguntas, estudar a simulação com os alunos, realizar um experimento discutindo pontos interessantes do conteúdo, entre outros recursos que ajudem a ancorar e ativar o cognitivo do estudante sem que ele desvie do real conhecimento. Algumas situações que o professor trabalha e discute em sala podem levar o aluno a refletir sobre aspectos do seu cotidiano que talvez nunca tenha questionado, como, por exemplo: “Por que a conta de luz aumenta se na minha casa temos um uso regular da eletricidade?”; “Por que o uso do micro-ondas gera medo em algumas pessoas?”; “Usar celular em excesso pode causar câncer?”; “Por que devemos usar protetor solar?”; “Qual é a melhor forma de armazenar os alimentos na geladeira?”; “Por que os instrumentos musicais produzem sons diferentes?”. São perguntas que, por meio de uma introdução contextualizada ou de um levantamento inicial feito pelo professor, contribuem para que o aluno seja questionador e possa sair da posição passiva de uma aula tradicional, que tende a promover uma aprendizagem mecânica.

Na Teoria da Aprendizagem Significativa, Ausubel (2003) descreve diferentes processos de assimilação do conhecimento. O primeiro ocorre na ancoragem, que,

como o próprio nome indica, serve de conectivo entre o conhecimento prévio e o novo conteúdo. Em seguida, surge o processo de interação, no qual as ideias novas se relacionam com as já ancoradas; nesse momento, o aluno, com o conhecimento prévio estabilizado, começa a estudar o conteúdo embasando-se nesse referencial, ampliando e aprofundando sua compreensão. Por fim, ocorre o processo de retenção, no qual o estudante, já com os conhecimentos organizados, consegue assimilar novas informações de maior complexidade, consolidando o aprendizado.

As ideias de Ausubel foram revisitadas por Joseph Donald Novak (1930- 2023), educador americano que acrescentou à teoria de Ausubel uma perspectiva humanística, enfatizando que as emoções e o envolvimento do aluno com o conteúdo são fundamentais para o aprendizado. Assim, quando o estudante vivencia experiências positivas durante o processo de ensino, seus resultados tendem a ser muito melhores do que em situações negativas ou desmotivadoras.

Para tornar esses princípios mais aplicáveis, Novak desenvolveu o mapa conceitual, uma ferramenta gráfica que organiza e representa visualmente os conceitos e suas relações hierárquicas. Os mapas conceituais ajudam o aluno a integrar o conhecimento prévio com o novo, promovendo a aprendizagem significativa, ao mesmo tempo em que tornam o aprendizado mais concreto e acessível, respeitando a dimensão cognitiva e afetiva do estudante.

2.3 MAPAS CONCEITUAIS

Os mapas conceituais partem de conceitos-chave, conectados por ligações que explicam a relação entre eles, formando uma rede hierárquica de informações. Esse recurso auxilia o estudante a organizar e estruturar o conhecimento, promovendo a aprendizagem significativa, pois torna explícita a ligação entre o que já é conhecido e o que está sendo aprendido.

São um excelente recurso para visualizar o conhecimento prévio que o aluno possui. São elaborados com uma organização hierárquica, utilizando setas e palavras-chave para relacionar os conceitos. Essas relações são construídas a partir de palavras mais gerais, que provavelmente fazem parte do conhecimento comum do estudante, até palavras mais específicas do conteúdo. Isso possibilita que o professor avalie o conhecimento prévio dos alunos. Os mapas conceituais são diagramas

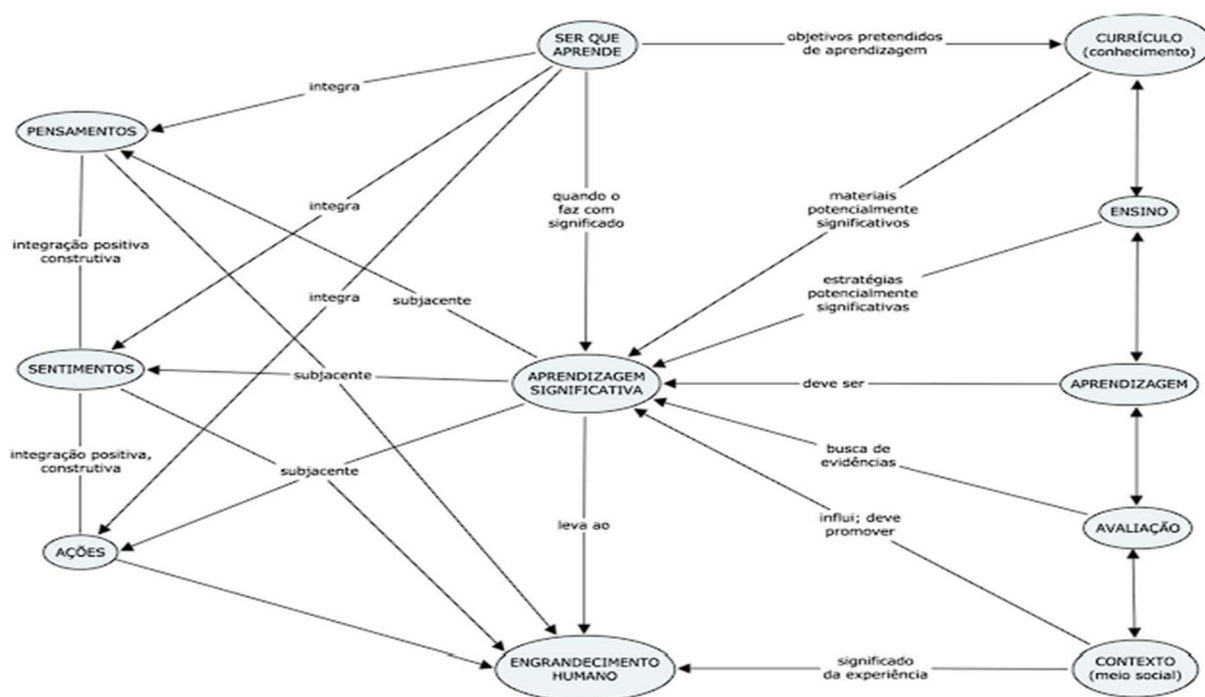
bidimensionais destinados a representar de forma hierárquica os conceitos de uma disciplina, refletindo a própria estrutura conceitual do conhecimento na área (Moreira, 1997).

Aparentemente simples e às vezes confundidos com esquemas ou diagramas organizacionais, mapas conceituais são instrumentos que podem levar a profundas modificações na maneira de ensinar, de avaliar e de aprender. Procuram promover a aprendizagem significativa e entram em choque com técnicas voltadas para aprendizagem mecânica. (Moreira, 1997, p.8)

Além disso, os mapas conceituais podem ser utilizados para verificar o grau de aprendizado a longo prazo, por meio da comparação, em determinados casos, entre mapas iniciais e posteriores, observando-se como o aluno associa seu conhecimento a determinadas palavras, que podem ser familiares ou não.

Por fim, os mapas conceituais podem ser usados como um recurso de aprendizagem, pois permitem avaliar como os alunos organizam os conhecimentos, incorporam novas palavras e conceitos, e possibilitam verificar se o aprendizado foi realmente significativo. Como exemplo, na figura 2, apresentamos um mapa conceitual sobre Aprendizagem Significativa.

Figura 16 – Mapa Conceitual sobre a visão humanística de Novak da Aprendizagem Significativa.



Fonte: Moreira (2013, p.20).

3 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS)

A busca por práticas pedagógicas que favoreçam a aprendizagem com sentido tem sido uma constante no campo da educação. Nesse contexto, a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, oferece importantes fundamentos para a construção de propostas didáticas mais efetivas.

Com base nesses princípios, foi desenvolvido o modelo da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que organiza o ensino em etapas planejadas com o intuito de promover a construção ativa do conhecimento pelos alunos. O método da UEPS foi desenvolvido por Marco Antônio Moreira, onde os conceitos ausubelianos foram adotados e publicados inicialmente em 2006, no livro "Teoria da Aprendizagem Significativa: Conceitos e Aplicações" (Moreira, 2006). O autor afirma que objetivando contribuir para modificar pelo menos parcialmente a situação da educação brasileira, propôs a:

(...) a construção de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. São sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula. (Moreira, 2011, p.2).

Com base nas teorias de Ausubel, o autor destaca que só há aprendizagem real quando o ensino é significativo. Para isso, é essencial considerar o conhecimento prévio do aluno, que não se limita apenas ao saber científico, mas também envolve sentimentos, pensamentos e ações. Aprender, portanto, precisa fazer sentido para o estudante em sua realidade (Moreira, 2011).

Nesse sentido, a elaboração de uma situação-problema é um recurso importante para despertar o interesse e o engajamento dos alunos no processo de aprendizagem. Essa situação deve ser cuidadosamente pensada para que dialogue com o cotidiano do estudante, envolvendo questões que façam parte do seu contexto. Um exemplo seria abordar problemas enfrentados pela sua comunidade, como a falta de água encanada ou questões relacionadas ao fornecimento de energia elétrica. Ao partir de situações concretas e relevantes, o ensino se torna mais próximo da vivência do aluno, favorecendo uma aprendizagem significativa.

A aprendizagem mecânica, como apresentado, não estimula o raciocínio do aluno e, por isso, tende a ser rapidamente esquecida. Em contraste, a aprendizagem significativa busca desenvolver um ensino onde o novo aprendizado ancorado num subsunçor seja de fato significativo e assim o aluno assimila o novo conteúdo. O desafio desse processo é promover a construção de um conhecimento que permita ao aluno compreender situações-problema propostas pelo professor, formular soluções com base em sua compreensão e levantar questionamentos pertinentes. Dessa forma, o estudante pode deixar de ser um agente passivo e passar a participar ativamente do processo educativo, contribuindo com reflexões, perguntas e ideias que enriquecem o ambiente de aprendizagem.

Para que a UEPS atinja seus objetivos e proporcione uma aprendizagem verdadeiramente significativa, é fundamental que sua implementação siga uma estrutura bem definida. Essa estrutura é composta por oito etapas interdependentes, que orientam o planejamento e a execução das atividades de ensino de forma a considerar o conhecimento prévio dos alunos, estimular o interesse e promover a construção ativa do saber. A seguir, são apresentados os oito passos essenciais para a implementação eficaz da UEPS.

1. Definição do tópico: identificar o tema específico e seus aspectos declarativos (fatos, conceitos e princípios) e procedimentais (métodos, técnicas e processos), conforme a disciplina;
2. Situações para a exploração do conhecimento prévio: criar atividades que permitam aos alunos revelar seus conhecimentos prévios, sejam eles corretos ou não no contexto da disciplina;
3. Introdução de situações-problema: apresentar situações-problema simples para conectar os conhecimentos prévios dos alunos ao novo conteúdo, funcionando como organizadores prévios;
4. Apresentação do conhecimento: introduzir o novo conteúdo de forma progressiva, começando pelos aspectos gerais e depois abordando detalhes específicos, usando atividades colaborativas;
5. Reforço e reconciliação integradora: reapresentar o conteúdo em maior complexidade, relacionando-o a novas situações-problema e promovendo a negociação de significados em grupo, com mediação docente;
6. Revisão e integração: revisar o conteúdo, reforçando conceitos de

forma integradora e propondo situações-problema mais complexas para resolver colaborativamente;

7. Avaliação formativa e somativa: avaliar continuamente durante o processo, com foco em evidências de aprendizagem significativa, complementada por uma avaliação somativa final.

8. Sucesso da UEPS: considerar a unidade bem-sucedida se houver evidências de compreensão, aplicação e progressão na aprendizagem significativa dos alunos.

Todas as etapas têm de ser bem trabalhadas, para que se cumpra o objetivo de uma aprendizagem significativa (Moreira, 2006).

Também é mencionada a questão dos aspectos transversais, que dizem que mesmo sendo colaborativa a UEPS pode ser trabalhada individualmente. Os alunos também possuem liberdade para sugerirem situações-problema e devem ser estimulados a críticas, assim como a terem acesso a estratégias de ensino diversificadas. (MOREIRA, 2012)

4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Embasado nos objetivos foi elaborado um produto educacional que preza pela importância de uma aprendizagem significativa com enfoque no entendimento de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas e suas funcionalidades na sociedade. O produto problematiza a aprendizagem mecânica, onde o conhecimento se perde a curto prazo e valoriza uma aprendizagem significativa onde o conhecimento aprendido seja lembrado a longo prazo e sirva de ancoragem para novos aprendizados.

A aplicação do produto ocorreu em novembro de 2025 numa escola estadual na cidade de Juiz de Fora, para uma turma de 2º ano do Ensino Médio e foi realizada a implementação com 38 alunos. A SD teve um total de 8 encontros e ocorreu em 4 semanas.

A sequência foi estruturada com base em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que contou com processos como avaliação prévia através de mapas conceituais, aulas expositivas, atividades em grupo que envolviam colagens e trabalhavam o uso de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas, um experimento para demonstrar os fenômenos de difração, e por fim uma última avaliação também através de mapas conceituais para comparar com os resultados iniciais e avaliar a sequência.

O quadro a seguir retrata a SD e mostra a divisão das aulas e quais metodologias foram adotadas, considerando a necessidade didática-metodológica daquele momento. Cada aula tinha um objetivo bem definido baseado na estrutura pré-definida de uma UEPS e anteriormente exposta nesse trabalho. O principal objetivo foi aumentar o conhecimento prévio à medida que as aulas foram avançando e, assim, finalmente atingir a meta de uma aprendizagem significativa dos conceitos abordados.

A seguir apresentamos a UEPS construída e implementada (quadro 1).

Quadro1: Sequência de aulas baseada na UEPS.

Aulas	Objetivo	Atividade/Metodologia	Recursos
Aula 1	Externalizar o conhecimento prévio.	Mapas Conceituais	Folhas, lápis e materiais para colorir (opcional).
Aula 2	Definir o conhecimento inicial sobre ondulatória.	Aula expositiva sobre conceitos iniciais e definição de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Os alunos tiveram contato com molas e laser.	Quadro branco e slides, mola e laser.
Aula 3	Relacionar o conhecimento prévio com o novo conhecimento.	Os alunos fizeram uma atividade sobre as ondas presentes em seu cotidiano, fazendo identificação nos cenários em gravuras fornecidas pelo professor.	Quadro, folha de atividade, lápis e canetinhas (opcional).
Aula 4	Ampliar o conhecimento do novo conteúdo de forma ainda geral.	Aula expositiva sobre o espectro eletromagnético e logo em seguida a apresentação de experimento sobre difração da luz.	Quadro, slides, laser, papelão, fio de cabelo.
Aula 5	Aumento da complexidade do conhecimento do novo conteúdo	Exercício de colagem sobre o espectro eletromagnético para fixar conceitos de comprimento de onda e frequência.	Cartolina, figuras, cola, barbante e canetinhas.
Aula 6	Retomar os aspectos gerais e aumentar o grau de complexidade.	Aula expositiva mostrando onde o conhecimento científico se aplica no conhecimento cotidiano.	Quadro e slides.
Aula 7	Avaliar o rendimento dos alunos com base na atividade prática.	Os alunos farão uma atividade proposta pelo professor que conta com diversas gravuras que representam as ondas no cotidiano e identificá-las como ondas mecânicas e eletromagnéticas e falar suas utilidades no cotidiano.	Papel, lápis e canetinhas.
Aula 8	Avaliar a UEPS	Verificar a evolução do conhecimento baseado na criação de um novo mapa pelos alunos e comparando com o anterior	Lápis, folha branca e canetinhas (opcional).

Fonte: o próprio autor (2026).

5 PLANEJAMENTO DAS AULAS

Quadro 2 – Planejamento da aula 1

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2º ano	Aula 01
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Externalizar os conceitos básicos através de mapas conceituais (40 min). • Discutir os resultados dos mapas conceituais (10min).	
Conteúdos: Ondulatória (Ondas eletromagnéticas e mecânicas).	
Atividades de ensino e metodologia: Os alunos irão elaborar um mapa conceitual sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas.	
Avaliação: Discussão sobre os resultados dos mapas mentais	
Recursos: Folhas, lápis e pincéis.	
Atividade extraclasse sugerida: Assistir um vídeo sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas. BENFICA, Ítalo. Classificação das ondas quanto à natureza - Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Vídeo. Matemática no Papel, 23 mar. 2022. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=AqROm1eXZ8A . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os estudantes: DOUGLAS. <i>Como fazer um mapa conceitual</i> [vídeo]. Lucid Software Português, YouTube, 12 jun. 2018. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=F54SWctP7-E . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: MOREIRA, Marco Antônio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. Porto Alegre: UFRGS, 2013.	

Fonte: o próprio autor (2026).

Nessa aula os alunos realizaram o primeiro mapa conceitual, sem ter passado pelo da SD. No final, foi realizada uma breve discussão sobre os resultados, introduzindo a segunda aula que foi feita em seguida.

Quadro 3 – Planejamento da aula 2.

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2º ano	Aula 02
Tema: Ondulatória	
Objetivos: - Definir ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. - Discutir as diferenças entre os tipos de ondas presentes na natureza. - Esclarecer onde no cotidiano tem a presença de ondas mecânicas ou eletromagnéticas.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.	
Atividades de ensino e metodologia: - Aula expositiva dialogada com o uso de uma apresentação de <i>slides</i> para a definição dos tipos de ondas presentes na natureza (30min). - Esclarecimento sobre onde, no nosso cotidiano, essas ondas estão e como se comportam, onde os alunos terão algumas imagens com alguns cenários e com esse recurso farão a investigação. (15min). - Listagem de tipos de ondas (5 min).	
Avaliação: Listagem de tipos de ondas presentes no dia a dia	
Recursos: Quadro branco e slides.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar na internet em sites como Brasil Escola e Toda Matéria, aparelhos eletrônicos que usam ondas em seu funcionamento. Sugestão de sites: AZEHEB. <i>Física no dia a dia: aparelhos eletrônicos</i> . Azeheb, 10 out. 2019. Disponível em: https://blog.azeheb.com.br/fisica-no-dia-a-dia-aparelhos-eletronicos/ . Acesso em: 20 out. 2025. CIÊNCIA TODO DIA. [Canal do YouTube]. YouTube. Disponível em: https://www.youtube.com/@cienciatododia	
Referências bibliográficas para os estudantes: DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. <i>Física: volume 2 – Termologia, Ondulatória, Óptica</i> . 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 288 p.	
Referências bibliográficas para os professores: NUSSENZVEIG, Moisés. <i>Física básica: volume 2</i> . São Paulo: Edgard Blücher, 2000.	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 4 – Planejamento da aula 3.

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2º ano	Aula 03
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Definir velocidade, comprimento de onda e frequência na ondulatória. • Identificar conceitos prévios surgidos nos mapas conceituais (produzidos anteriormente). • Debater sobre os conceitos presentes nos mapas conceituais. • Comparar os resultados dos mapas conceituais (conhecimento prévio) com o novo conhecimento.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas.	
Atividades de ensino e metodologia: • Definição mais detalhada do conceito de ondas mecânicas e de ondas eletromagnéticas (20 min). • Identificação pelos alunos se nos seus mapas contém os significados que foram definidos nessa aula (10 min). • Diálogo sobre os possíveis motivos de alguns conceitos não terem aparecido nos mapas conceituais e questionamento sobre a inserção de os novos conhecimentos, como por exemplo, a definição de luz como onda. (10 minutos). • Encontrar ondas presentes em cenários presentes na atividade.	
Avaliação: Alunos através da atividade dos cenários escreveram em cada cenário, as ondas presentes. E como sugestão foi pedido que os alunos escrevessem numa folha separada os termos que não apareceram em seu primeiro mapa.	
Recursos: Quadro branco e pincéis.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar sobre o funcionamento de um micro-ondas em canais no Youtube de divulgação científica e em sites voltados a educação como o Brasil Escola.	
Referências bibliográficas para os estudantes: LOOS, Pedro. <i>O que é uma onda?</i> [vídeo]. Ciência Todo Dia, YouTube, 24 jul. 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=M2D5-zXID6A&t=84s . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos. São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025.	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 5 – Planejamento da aula 4

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2º ano	Aula 4
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Recordar o conceito de onda eletromagnética, especificando sua aplicação à luz. • Descrever os objetivos do experimento, demonstrando o comportamento ondulatório da luz por meio dos fenômenos de interferência e difração. • Ilustrar o comportamento ondulatório da luz, através de uma experimentação	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Serão retomados os conceitos sobre a natureza ondulatória da luz para que os alunos consigam entender o objetivo do experimento. (20 min) • Descrição da montagem do experimento, que tem como objetivo mostrar que a luz apresenta comportamento ondulatório, sendo capaz de sofrer fenômenos como interferência, em que duas ou mais ondas se superpõem, resultando em regiões de reforço ou cancelamento da intensidade, e difração, em que as ondas contornam obstáculos ou passam por fendas, provocando espalhamento e alteração do padrão de propagação. (5 min) • O experimento será executado utilizando um fio de cabelo ou um pente fino (serão utilizados ambos), um laser e um suporte para alinhar o laser com o fio ou o pente. Quando o laser é apontado na direção do fio ou do pente, gera-se um padrão de interferência, característico do comportamento ondulatório das ondas. Assim os alunos conseguirão observar os fenômenos e compreender o comportamento da luz. (15 min) • Discutir e comparar os resultados apresentados pelo fio de cabelo, e pelo pente e quais fatores foram responsáveis pela diferença no padrão de interferência, onde cada grupo (formado previamente), poderá levantar sua hipótese e fazer perguntas ao professor. (10 min)	
Avaliação: Discussão sobre os resultados do experimento.	
Recursos: Quadro branco e pincéis, laser, fio de cabelo, pente fino e aparato.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar na plataforma do Youtube, vídeos de experimentação de interferência e difração com outros tipos de ondas, sugestão ondas sonoras.	
Referências bibliográficas para os estudantes: NOGUEIRA, Geriânio. Interferência e difração da luz utilizando um laser e fio de cabelo. Bora pra Lua! Canal INTERFERÊNCIA E DIFRAÇÃO DA LUZ UTILIZANDO UM LASER E FIO DE CABELO, 18 jan. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=HMI779PZ8EU . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos. São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025., 2019.	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 6 – Planejamento da aula 5

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	Aula 05
Tema: Ondulatória	
Objetivos: • Revisar os conceitos já trabalhados de ondulatória, ampliando o conhecimento. • Ilustrar ondas eletromagnéticas através do estudo do espectro eletromagnético • Criar através de recursos fornecidos pelo professor seu próprio espectro eletromagnético.	
Conteúdos: Espectro eletromagnético (comprimento de onda, frequência e tipos de ondas eletromagnéticas)	
Atividades de ensino e metodologia: • Contextualização dos conhecimentos de ondas que os alunos possuem com o espectro eletromagnético e análise do comprimento de onda, da velocidade e da frequência e como isso caracteriza as ondas já estudadas. (20 min) • Construção em grupo de uma colagem sobre o espectro eletromagnético utilizando figuras de revistas e jornais e cartolinas pretas no objetivo de criar um fundo para o espectro.	
Avaliação: Análise das colagens, onde o professor vai observar se os alunos entenderam de fato a característica de cada tipo de onda eletromagnética e sua posição no espectro.	
Recursos: Quadro branco, pincéis, cartolinas, revistas, canetinhas e lápis de cor, jornais, tesouras e colas.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar como cada onda eletromagnética é utilizada na sociedade em artigos acadêmicos disponíveis na internet, ou sem sites com conteúdo voltado para educação.	
Referências bibliográficas para os estudantes: RUAS, Carlos. Quer que desenhe? Espectro eletromagnético. Vídeo. Matemática no Papel, 16 dez. 2013. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2010). <i>The Feynman Lectures on Physics</i> , Volume 3. Addison-Wesley.	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 7 - Planejamento da aula 6

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2º ano	Aula 06
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Descrever onde ondas eletromagnéticas estão presentes no cotidiano dos alunos e suas aplicações. • Relatar como o estudo de ondas eletromagnéticas foi responsável pelo avanço tecnológico. • Comparar o uso das ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas e suas funcionalidades.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas.	
Atividades de ensino e metodologia: Aula expositiva dialogada com o uso de slides para trabalhar como os aparelhos utilizados pelos jovens usam as ondas para seu funcionamento.	
Avaliação: Discussão sobre a finalidade de cada tipo de onda e usos no cotidiano.	
Recursos: Slides, gravuras e folhas de ofício.	
Atividade extraclasse sugerida: Pesquisar sobre o funcionamento da fibra óptica em sites de divulgação científica e com conteúdo volta a educação e escrever um texto sobre como o estudo de ondas ajudou no avanço da tecnologia de distribuição de internet.	
Referências bibliográficas para os estudantes: IRIGOYEN, Rafael. Física – Ondas e luz: ondas e espectro eletromagnético. Como é bom ser nerd – Pura Física, 3 out. 2017. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=coVfbENnzIM . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos . São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025., 2019	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 8 – Planejamento da aula 7

Escola: Escola Estadual	Bimestre: 4º Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2º ano	Aula 07
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	
Objetivos: • Retomar os conceitos previamente aprendidos sobre ondas. • Organizar conceitos sobre a natureza das ondas. • Discutir sobre os resultados apresentados nos textos. • Identificar elementos de ondas mecânicas e eletromagnéticas e suas aplicações.	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas.	
Atividades de ensino e metodologia: • Separar através da atividade, elementos de ondas mecânicas e eletromagnéticas e citar suas utilidades no cotidiano da sociedade.	
Avaliação: Analisar a montagem da atividade realizados pelos grupos e discutir com os alunos os critérios e resultados.	
Recursos: Folhas de ofício, canetas ou lápis e quadro.	
Atividade extraclasse sugerida: Fazer uma lista sobre palavras-chaves estudadas até o momento	
Referências bibliográficas para os estudantes: THENÓRIO, Iberê. Entenda o Wi-Fi de uma vez por todas. Manual do Mundo, 2 dez. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=V2XW8nxNjcc . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos . São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025	

Fonte: o próprio autor (2026).

Quadro 9- Planejamento da aula 8

Escola: Escola Estadual	4° Bimestre
Professor (a): Taynara Alves Mendonça	
Série/turma/turno: 2ºano	
Tema: Ondulatória (conceito de ondas)	Aula 08
Objetivos: • Organizar os conhecimentos sobre ondulatória • Ordenar palavras-chaves sobre ondulatória em um mapa conceitual • Avaliar o conhecimento adquirido pelo aluno desde a primeira aula	
Conteúdos: Ondas mecânicas e Ondas eletromagnéticas	
Atividades de ensino e metodologia: • Confecção de um novo mapa conceitual pelos estudantes para que o professor avalie se a aprendizagem foi significativa. (30min). • Comparação entre o mapa conceitual inicial com a versão final pelos estudantes. (20min).	
Avaliação: Discussão e análise sobre os mapas conceituais. Os critérios avaliados serão a inserção de novos conceitos, fez uma nova organização baseada em hierarquia, se ele conseguiu separar o conceito de ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas com mais clareza	
Recursos: Folhas de ofício, canetas ou lápis.	
Atividade extraclasse sugerida: Fazer um mapa conceitual sobre Óptica	
Referências bibliográficas para os estudantes: GRACO, Caio. Óptica - 1.1 O que é a luz? (Modelo Clássico em Mapa Conceitual). Viciados em Física, 26 fev. 2016. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v= . Acesso em: 20 out. 2025.	
Referências bibliográficas para os professores: OLIVEIRA, Luiz Nunes de e BINDILATTI, Valdir e MARQUES, Gil da Costa. Física universitária 2: oscilações e ondas, termodinâmica, mecânica dos fluidos ..São Paulo: Edusp. Acesso em: 14 out. 2025, 2019	

Fonte: o próprio autor (2026).

O planejamento é essencial para a execução da SD, mas como os alunos se comportam e receptam as atividades de forma diversa é importante saber considerar dentro do planejamento o que é mais relevante caso o tempo não seja suficiente.

6 EXPERIMENTO DE DIFRAÇÃO PARA DEMONSTRAR A NATUREZA ONDULATÓRIA DA LUZ

A prática experimental nesse trabalho teve o objetivo demonstrar a natureza ondulatória da luz. Foi um experimento simples, com materiais de baixo custo com a finalidade de se adaptar a vários ambientes escolares, que muitas das vezes não contêm laboratórios e materiais para trabalhar experimentação.

O objetivo principal, era enriquecer a sequência com um experimento que tem a finalidade de esclarecer o comportamento ondulatório da luz, sem tratar do tópico da dualidade da luz. Não trabalhamos esse tópico, mas o experimento serve como base para estender a discussão para assuntos de uma física mais contemporânea.

O experimento foi apenas demonstrativo e foi utilizado para complementar a aula expositiva em que tratamos dos fenômenos ondulatórios. Como a discussão em um certo momento teve o enfoque na luz, a experimentação foi utilizada para trabalhar com os alunos também um pouco do objetivo por trás desse experimento e como ele demonstra através do entendimento de fenômenos ondulatórios como a luz foi classificada como uma onda e está presente no espectro eletromagnético.

Materiais utilizados:

- Papelão (15x15 cm)
- Fita isolante
- Fio de cabelo
- Laser (de preferência verde)
- Pente fino

Desenvolvimento

No papelão foi feito um corte no meio para colar o fio de cabelo com a ajuda de uma fita isolante. Logo após mira-se o laser na direção do fio e como aparato para observar os padrões de interferência, utilizamos o quadro branco e testamos

também com a parede da sala. Para complementar resolvemos testar também o mesmo experimento com um pente fio, onde entre duas cerdas foi colocado a fita isolante e os alunos puderam comparar em qual situação os padrões de interferência foram mais perceptíveis. Como suporte para deixar o laser, e evitar que ele saísse da mira do fio de cabelo foi utilizado a própria caixinha do laser para prendê-lo e alguns livros para que alcançasse a altura do quadro.

Figura 27 – Imagem dos materiais do experimento



Fonte: acervo pessoal (2026).

Figura 28 – Imagem do suporte do laser



Fonte: acervo pessoal (2026).

Não trabalhamos esse experimento com finalidade investigativa, pois o objetivo era apenas demonstrar as franjas de interferências, para que os alunos em

seguida a atividade do espectro eletromagnético. Mas deixamos aqui a sugestão em que o educador (a) tenha a oportunidade, possa trabalhar esse experimento em cunho investigativo.

7 CONSTRUÇÃO DO ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Uma das principais atividades produzida na SD pelos alunos foi o espectro eletromagnético, onde os próprios alunos em grupo construíram os seus. Foi uma atividade colaborativa e interativa com colagens e pinturas.

Em uma cartolina com fundo preto, os alunos, que já haviam trabalhado com conceitos como frequência, comprimento de onda e o próprio espectro eletromagnético, puderam dispor as figuras que representavam diferentes tipos de ondas, encontradas em revistas. Como orientação, foi sugerido que as imagens fossem organizadas de acordo com a posição que cada onda ocupa no espectro eletromagnético, seguindo uma sequência das ondas de menor frequência para as de maior frequência. Para simbolizar a frequência, receberam um pedaço de barbante, o que possibilitou trabalhar esse conceito e compreender como ela se manifesta para cada tipo de onda.

Em uma última sugestão, colocamos como opção que os alunos podiam desenhar as representações de algumas ondas, caso não as encontrassem nas revistas. E a cartolina foi cortada ao meio, para criar a simulação da faixa do espectro e também para que o material consiga atender a mais grupos.

Materiais utilizados:

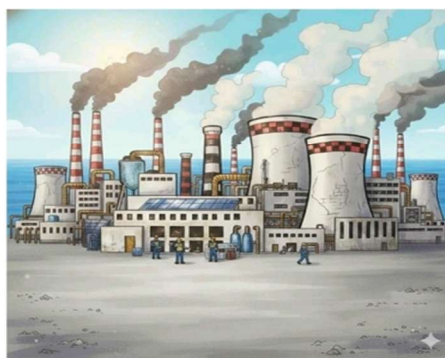
- **Cartolina (de preferência preta)**
- **Revistas e jornais**
- **Barbante**
- **Lápis de cor e canetinhas (opcional)**

Figura 29 – Exemplo de uma atividade realizada pelos alunos.



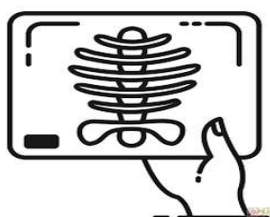
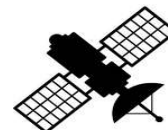
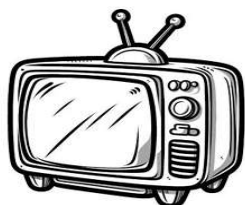
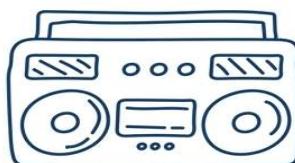
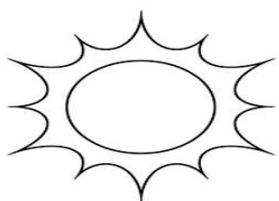
Fonte: o próprio autor (2026).

8 ATIVIDADE DOS CENÁRIOS

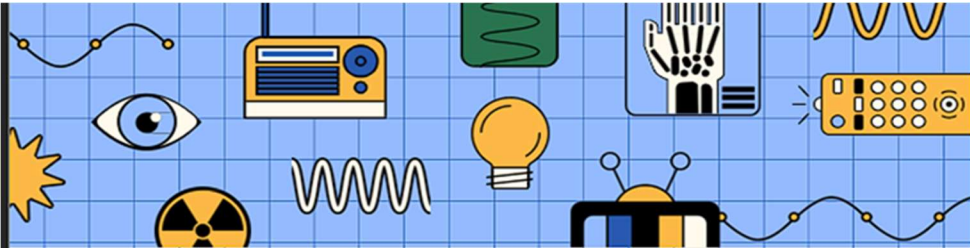


Sugestão ao professor: Também é possível solicitar que os alunos, em vez de registrarem as respostas por escrito, realizem as marcações diretamente no cenário, indicando os elementos solicitados por meio de setas, círculos ou legendas. Outra possibilidade é pedir que utilizem cores diferentes para destacar cada conceito trabalhado, facilitando a visualização e a discussão coletiva. Caso a atividade seja desenvolvida em grupos, recomenda-se que os estudantes justifiquem oralmente as marcações realizadas antes da socialização das respostas, permitindo ao professor identificar possíveis concepções alternativas e promover intervenções quando necessário.

9 ATIVIDADE PARA DIFERENCIAR ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS



Sugestão ao professor: O uso das imagens fornecidas não é obrigatório. Caso disponha de revistas, jornais ou outros materiais ilustrados, o professor pode solicitar que os próprios alunos realizem a busca e o recorte de imagens que representem diferentes tipos de ondas. Como complemento à atividade, pode ainda pedir que os estudantes organizem as imagens de acordo com a posição que cada onda ocupa no espectro eletromagnético e indiquem aplicações de cada uma delas no cotidiano, relacionando-as a situações ou tecnologias conhecidas. Essas adaptações tornam a atividade mais participativa, favorecem a contextualização dos conceitos e possibilitam uma maior aproximação entre o conteúdo estudado e a realidade dos alunos.



Ondas e propriedades

Taynara Mendonça

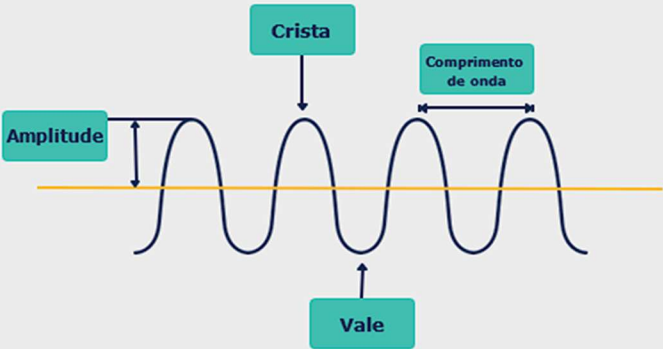
O que é uma onda?

- É uma série de vibrações ou oscilações viajando de um ponto a outro, podemos também definir como perturbações em um meio.
- Ela carrega energia sem transferir matéria.

Uma pequena gota caindo sobre uma superfície de água pode criar ondulações.



Partes da onda



TIPOS DE ONDAS:

Onda transversal

as vibrações das partículas são **perpendiculares** à direção de propagação



TIPOS DE ONDAS:

Onda longitudinal

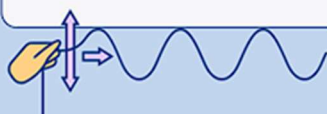
as vibrações das partículas são **paralelas** à direção de propagação



Exemplos de ondas

Transversal

- luz
- mola se movendo para cima e para baixo;
- ondas S



Longitudinal

- ondas sonoras;
- mola se movendo de um lado para o outro;
- ondas P

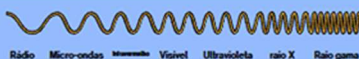


Ondas Eletromagnéticas

Ondas eletromagnéticas são ondas transversais. Caracterizam-se por campos elétricos e magnéticos oscilantes em ângulos retos em relação à direção de propagação da onda. Essas ondas viajam a uma velocidade de $3,0 \times 10^8$ m/s no vácuo.



O espectro eletromagnético pode ser dividido em sete grupos: ondas de rádio, micro-ondas, luz infravermelha, luz visível, luz ultravioleta, raios X e raios gama.



A divisão entre algumas categorias é distinta, mas algumas faixas se sobrepõem (por exemplo, infravermelho, visível e ultravioleta).

Ondas Mecânicas

Necessitam de meio material para se propagarem (sólido, líquido, ou gasoso). Podem ser transversais, como por exemplo quando se joga um objeto na superfície de um lago, ou longitudinais como o som.

8



Direção de propagação:

- Unidimensionais: ondas que se propagam em apenas uma direção
- Bidimensionais: são aquelas que se propagam por uma superfície,
- Tridimensionais: se propagam em todas as dimensões.



TIPOS DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA



Ondas de rádio



Micro-ondas

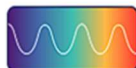


Infravermelho



Luz visível

TIPOS DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA



Luz visível



Ultravioleta

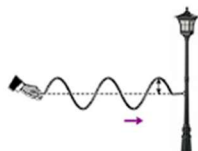


Radiação X



Raio gama

TIPOS DE ONDAS MECÂNICAS



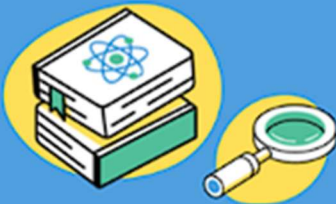
11 SLIDE DA AULA 4 DE FENÔMENOS E APLICAÇÕES



Onde estão as

Ondas?

Fenômenos Ondulatórios



São as diversas maneiras pelas quais as ondas interagem com o meio em que se propagam ou com obstáculos.

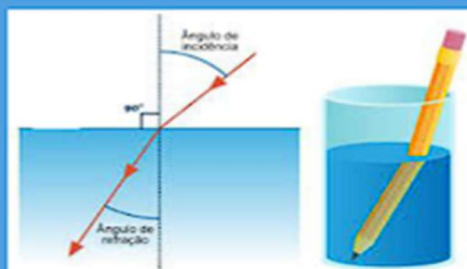
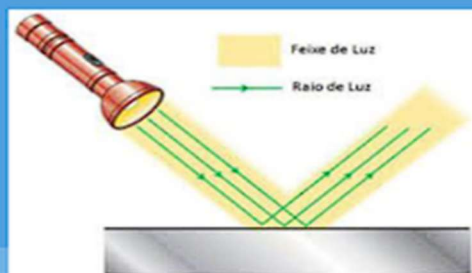
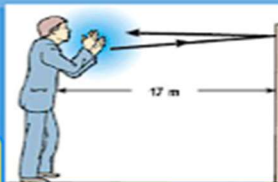
Explicam o funcionamento do eco até tecnologias como rádio, sonar e internet.

Ocorrem tanto em Ondas Mecânicas , quanto nas Ondas Eletromagnéticas

Reflexão

É o fenômeno em que uma onda, ao atingir a superfície de separação entre dois meios, retorna ao meio de onde veio.

- **Princípio:** A frequência (f), a velocidade (v) e o comprimento de onda (λ) não se alteram.
- **Exemplos:** O eco (reflexão do som) e a formação de imagens em espelhos (reflexão da luz).



refração

É a passagem de uma onda de um meio de propagação para outro, onde sua velocidade de propagação muda.

- **Princípio:** A frequência (f) se mantém constante, pois depende apenas da fonte emissora. A velocidade (v) e o comprimento de onda (λ) são alterados.
- **Exemplos:** O desvio da luz ao passar do ar para a água, fazendo um objeto parecer "quebrado" ou em uma posição diferente.

Difração

É a capacidade de uma onda de contornar obstáculos ou se espalhar após passar por fendas ou aberturas.

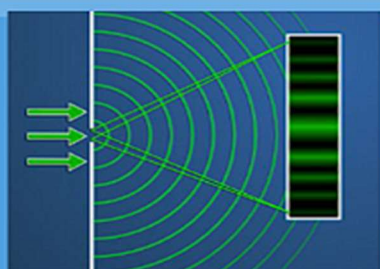
- **Princípio:** A difração é mais evidente quando o comprimento de onda (λ) é da mesma ordem de grandeza da dimensão do obstáculo ou da fenda.
- **Exemplos:** Conseguimos ouvir o som de uma sala mesmo que a porta esteja apenas entreaberta.



Interferência

É o fenômeno da superposição de duas ou mais ondas no mesmo ponto do espaço e ao mesmo tempo. A amplitude da onda resultante é a soma algébrica das amplitudes das ondas que se superpõem.

- **Interferência Construtiva:** Ocorre quando crista encontra crista ou vale encontra vale. A amplitude resultante é máxima.
- **Interferência Destrutiva:** Ocorre quando crista encontra vale. A amplitude resultante é mínima (pode ser zero, anulando a onda).
- **Exemplos:** Fones de ouvido com cancelamento de ruído (interferência destrutiva) e os spots de som mais altos e mais baixos em um auditório.



Aplicações



Internet

Música

Medicina

Eletrodomésticos

Lazer

Sonar



Ondas de Rádio

A difração das ondas de rádio é um dos fenômenos mais cruciais para as telecomunicações, pois é o que permite que os sinais de rádio e TV (e até mesmo o Wi-Fi) contornem obstáculos como edifícios, montanhas e colinas, alcançando receptores que não estão em linha reta com a antena emissora.

Micro-Ondas

A reflexão ocorre quando uma micro-onda (que é uma onda eletromagnética de alta frequência e curto comprimento de onda) encontra uma superfície e retorna ao meio de origem, sem ter sua frequência alterada.

Superfícies Refletoras: As micro-ondas são mais eficientemente refletidas por materiais que possuem alta condutividade elétrica.

- **Metais:** A reflexão é quase total. É por isso que o interior do forno de micro-ondas é de metal (para manter a energia dentro) e é proibido usar objetos metálicos dentro dele.
- **Água e Terra Úmida:** Também são boas refletoras, o que influencia os sistemas de comunicação baseados no solo.



Infravermelho

O infravermelho (IV) é uma forma de radiação eletromagnética que possui um comprimento de onda maior do que o da luz visível e menor do que o das micro-ondas.

Sua característica mais importante é que a radiação infravermelha está intimamente ligada ao calor ou à energia térmica.

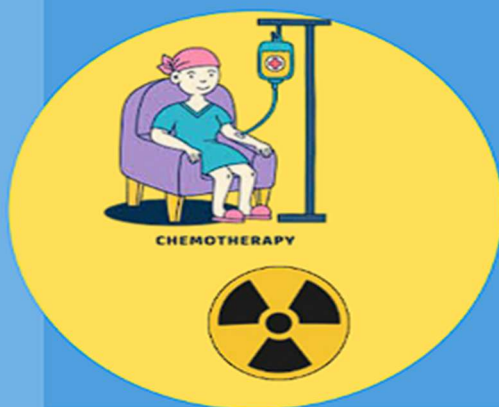


Raio x

Os Raios X são uma forma de radiação eletromagnética de alta energia, localizados no espectro eletromagnético entre os raios ultravioleta e os raios gama.

Eles são mais conhecidos por sua aplicação na medicina diagnóstica, devido à sua capacidade de penetrar a maioria dos materiais e tecidos biológicos.





Raios gama

Os Raios Gama são a forma de radiação eletromagnética com a maior energia, maior frequência e o menor comprimento de onda em todo o espectro eletromagnético. Eles são, em sua maioria, produzidos por eventos nucleares e são extremamente ionizantes e penetrantes.



Ultrassom

O aparelho envia ondas sonoras de alta frequência que refletem em órgãos e tecidos, permitindo a criação de imagens de bebês e estruturas internas.

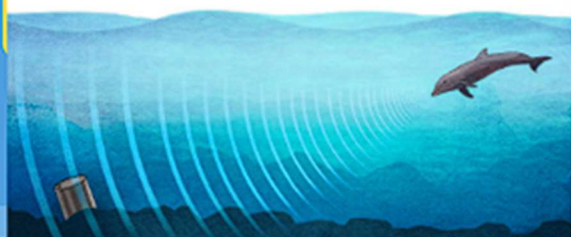
O ultrassom está numa frequência que os humanos não conseguem ouvir, pois a audição humana está limitada 20 Hertz (Hz) 20.000\$ Hertz (20 Hz).

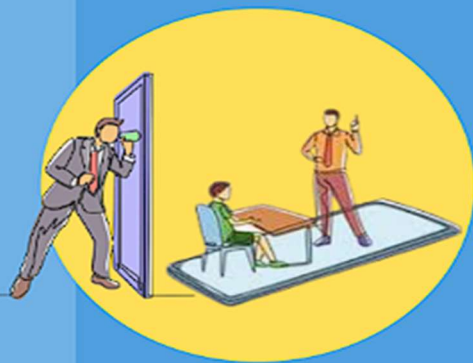


Sonar

Usado em navios para medir a profundidade do oceano ou detectar objetos submersos. Envia pulsos sonoros e mede o tempo que o eco leva para retornar.

Na natureza alguns animais utilizam esse recurso para se locomoverem, como os morcegos e golfinhos.





Fofoca

O som (uma onda longitudinal mecânica) contorna obstáculos como quinas de paredes, permitindo que você ouça uma conversa mesmo que a pessoa esteja fora do seu campo de visão.



Instrumentos musicais

A ressonância faz com que as cordas ou colunas de ar de um instrumento vibrem com amplitude máxima em certas frequências, produzindo notas musicais.



Canto

Cantar é a arte de produzir sons musicais usando a voz, através do uso coordenado da respiração, das cordas vocais e dos ressonadores (como a boca e as cavidades nasais).

Férias



Uma caixa de som (ou alto-falante) é um dispositivo eletroacústico cuja função é converter sinais elétricos (a energia da música ou da fala) em ondas sonoras (energia mecânica) que o ouvido humano pode perceber.

Fim!!!