



UEPB



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 48

PRODUTO EDUCACIONAL

IMPACTO FISIOLÓGICO DA POLUIÇÃO SONORA: UMA ANÁLISE
INTEGRADA DAS QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM E MEDIDAS
DE INTENSIDADE SONORA, ATRAVÉS DA METODOLOGIA DOS TRÊS
MOMENTOS PEDAGÓGICOS.

AUTORAS: Millena Lima Ferreira, Laércia Maria Bertulino de Medeiros

Campina Grande - PB
2025
Millena Lima Ferreira

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F383 Ferreira, Millena Lima.

Impacto fisiológico da poluição sonora: uma análise integrada das qualidades fisiológicas do som e medidas de intensidade sonora, através da metodologia dos três momentos pedagógicos [manuscrito] / Millena Lima Ferreira, Laércia Maria Bertulino de Medeiros. - 2025.

43 f. : il. color.

Digitado.

Produto Educacional apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Física/UEPB

"Orientação : Prof. Dra. Laercia Maria Bertulino de Medeiros, Departamento de Psicologia - CCBS".

1. Acústica. 2. Ensino de física. 3. Intensidade sonora. 4. Poluição sonora. 5. Três Momentos pedagógicos. I. Título

21. ed. CDD 530.7

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: IMPACTO FISIOLÓGICO DA POLUIÇÃO SONORA: UMA ANÁLISE INTEGRADA DAS QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM E MEDIDAS DE INTENSIDADE SONORA, ATRAVÉS DA METODOLOGIA DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 48 – UEPB / Campina Grande-PB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Olá, professor (a)!

Esta sequência de ensino tem como finalidade inspirar professores de física a adotarem abordagens participativas, contribuindo assim para o desenvolvimento do ensino de som nas salas de aula da educação básica.

A incorporação de temas ambientais nas aulas de Física do Ensino Médio é fundamental. Além disso, a temática em questão, a poluição sonora, é um tema relevante e presente no cotidiano dos alunos. É impossível falar do som sem associá-lo ao sistema auditivo. A acústica, área da Física que abrange a poluição sonora, é frequentemente apresentada de forma superficial nos livros didáticos, aparecendo apenas no final dos capítulos. Além disso, quando é abordada por professores de Física, é geralmente feita de forma conteudista e matematizada, sem abordar a temática da poluição sonora. Como resultado, a interação entre a onda sonora e o sistema auditivo acaba sendo mais bem explorada por professores de Biologia.

É possível aplicar esta sequência em um mínimo de 10 aulas, com duração de 50 minutos cada. As aulas incluem experimentos interativos, simulações, uso de aplicativo medidor de intensidade sonora e aplicativo em 3D. O público-alvo são estudantes do 2º ano do ensino médio, uma vez que a Ondulatória é trabalhada nesta série.

Esta sequência está baseada na dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos, proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Essa metodologia é adaptável a diferentes contextos e articula temas e situações significativas para os alunos com a conceituação científica e o conhecimento prévio dos estudantes. Além disso, é uma abordagem que favorece o ensino dialógico e a interação entre os sujeitos envolvidos.

Para auxiliá-lo nessa caminhada, a seguir serão revisados os conceitos científicos fundamentais para o desenvolvimento da proposta. Além da sequência de ensino, estão disponíveis duas sugestões de roteiros experimentais e atividades para serem desenvolvidas

com seus estudantes durante as aulas sobre a temática. Esses recursos encontram-se ao longo da escrita e como material de apoio nos anexos e apêndices deste produto. Sucesso!

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

Sumário

Apresentação

Capítulo 1 Revisão da literatura.....	6
1.1 Ondas: Conceitos básicos, fenômenos relacionados e classificação.....	6
1.2 Ondas na corda	9
1.3 O som é uma onda de pressão.....	10
1.4 A velocidade do som em fluidos.....	11
1.5 Qualidades fisiológicas do som.....	13
1.6 A anatomia do ouvido humano.....	15
1.7 O processo de percepção auditiva	18
Capítulo 2 Sequência de ensino – O impacto fisiológico da poluição sonora: uma análise integrada.....	21
2.1 Momentos pedagógicos.....	21
2.1.1 Público-alvo.....	25
2.1.2 Recursos didáticos.....	26
2.1.3 Descrição das aulas.....	26
Considerações Finais.....	32
Referências	33
Apêndice A - Material de apoio II – Atividade 1 (questões para a segunda aula do 1º MP)....	34
Apêndice B – Material de apoio III – Atividade 2 (questões a serem utilizadas na terceira aula do 2º MP).....	35
Apêndice C – Material de apoio IV – Roteiro para o experimento: você já viu a sua voz?.....	36
Apêndice D – Material de apoio V – Tabela a ser preenchida durante as medições (3º MP).....	38
Apêndice E Avaliação final.....	39
Anexo I – Material de apoio I – Roteiro para a dinâmica “estátua”	41
Anexo II Tabela de níveis sonoros e seus efeitos.....	42
Anexo III Intensidades sonoras e suas fontes.....	43
Anexo IV Parâmetros de ruído contínuo ou intermitente (NR-15).....	44

1. REVISÃO DA LITERATURA

1.1. ONDAS: CONCEITOS BÁSICOS, FENÔMENOS RELACIONADOS E CLASSIFICAÇÃO

Pelo movimento ondulatório, a energia pode ser transferida de uma fonte para um receptor sem que ocorra transferência de matéria entre os dois lugares. (Hewitt, 2015). Em outras palavras, quando uma onda se propaga por um meio, ela não arrasta consigo esse meio de propagação. Um exemplo disso é quando jogamos uma pedra em água parada: a água permanece no mesmo lugar, mas formam-se ondas circulares que se propagam concêntricamente em relação ao ponto onde ocorreu o impacto. Esta definição é fundamental para o estudo da poluição sonora, pois as ondas sonoras, assim como outras ondas progressivas (ondas que se propagam em uma direção específica), transferem energia de um ponto a outro em um meio específico. Quando estamos próximos a fontes sonoras, percebemos a intensidade do som, que tem relação direta com a energia contida na onda. Essa energia pode ser suficientemente grande para fazer com que as células do nosso ouvido responsáveis por detectar os sons vibrem, e essa vibração pode danificá-las de forma irreversível. Isso ocorre porque essas células não se regeneram com o tempo, diferentemente de outras células do nosso corpo. Logo, a exposição prolongada a altas intensidades sonoras resulta em danos ao sistema auditivo, devido à alta energia que as células auditivas recebem.

A propagação das ondas sonoras é afetada por fenômenos como **reflexão, refração e ressonância**:

- Reflexão do som

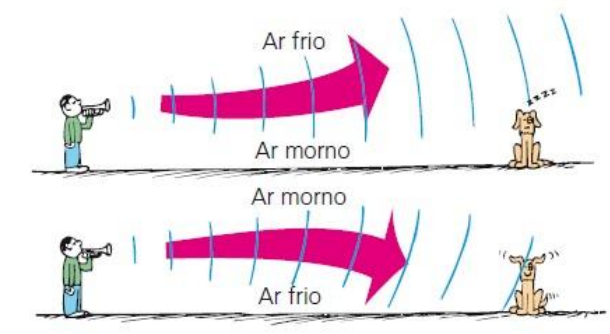
Chamamos de *eco* o som refletido. A fração de energia transportada pela onda de som refletida será maior se a superfície refletora for rígida e lisa do que se ela for macia e irregular. A energia sonora que não é transportada com a onda refletida é transportada pela onda “transmitida” (absorvida) [...] Quando o som sofre múltiplas reflexões e persiste depois que a fonte deixou de emitir, ouvimos o que se chama reverberação [...] No projeto de um auditório ou de uma sala de concertos, deve ser encontrado um equilíbrio entre a reverberação e a absorção (Hewitt, 2015, p.379).

Destaca-se que, para que ocorra o *eco*, o intervalo de tempo entre a emissão do som e o seu retorno ao ouvido deve ser de, no mínimo, 0,1 segundos (correspondendo a uma distância de 17 metros). Já a reverberação é comum em ambientes amplos e ocorre quando o som refletido e o som original chegam ao ouvinte com um intervalo de tempo menor que 0,1 segundos (menos de 17 metros).

▪ Refração

Quando ondas sonoras seguem em um meio e fazem curvas, elas sofrem refração. As ondas sonoras fazem curvas quando partes diferentes das frentes de onda se propagam com velocidades diferentes. Isso acontece quando sopram ventos de maneira não uniforme, ou quando o som está se propagando no ar aquecido de maneira não uniforme [...] Escutamos um trovão quando o relâmpago aconteceu relativamente próximo, mas com frequência o deixamos de ouvir quando o relâmpago ocorreu a grande distância, em virtude da refração que ocorre (Hewitt, 2015, p.380). Em geral, a refração do som consiste na mudança do meio de propagação da onda sonora, o que acarreta uma alteração na sua velocidade de propagação e no seu comprimento de onda, mantendo-se a frequência constante.

Figura 1 – Ondas sonoras se curvam com variação de temperatura



Fonte: Hewitt (2015)

▪ Ressonância

Quando a frequência da vibração forçada de um objeto se iguala à frequência natural dele, ocorre um drástico aumento da amplitude.

Exemplo: Uma taça de cristal pode se romper por ressonância, quando uma cantora com voz de soprano emitir uma nota musical com frequência igual à frequência própria da taça.

Figura 2 – Cantora produzindo uma nota musical com frequência idêntica à da taça



Fonte: Brito (2023)

Quanto à natureza, as ondas podem ser **mecânicas** ou **eletromagnéticas**:

As **ondas mecânicas** resultam de deformações provocadas em meios materiais elásticos, transportando apenas energia mecânica. Por isso, as ondas mecânicas não se propagam no vácuo, mas apenas na matéria. Exemplos: Ondas em cordas, ondas na superfície de um líquido, ondas sonoras etc.

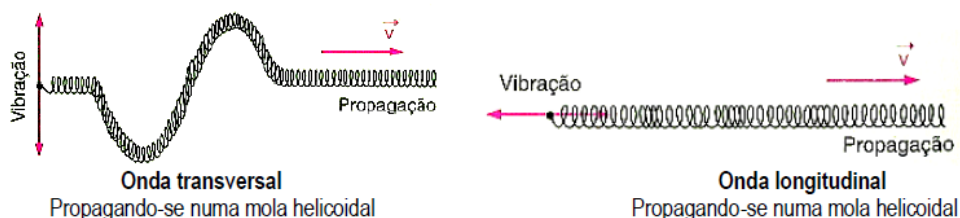
As **ondas eletromagnéticas** resultam de vibrações de cargas elétricas, transportando energia sob a forma de *quanta* (“pacotes” de energia). Por isso, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em alguns meios materiais. Exemplos: ondas luminosas (luz), ondas de rádio ou TV, micro-ondas, raios X ou r, raios cósmicos etc.

Quanto ao seu modo de vibração, as ondas classificam-se em **transversais** ou **longitudinais**:

As **ondas transversais** são ondas em que as vibrações ocorrem perpendicularmente à direção de propagação. Por exemplo, ondas eletromagnéticas e ondas em uma corda.

As **ondas longitudinais** são aquelas em que a direção de vibração da onda coincide com a direção de propagação da onda. Como exemplo desta onda, podemos citar as ondas sonoras propagando-se no ar.

Figura 3 – Propagação da onda transversal e longitudinal



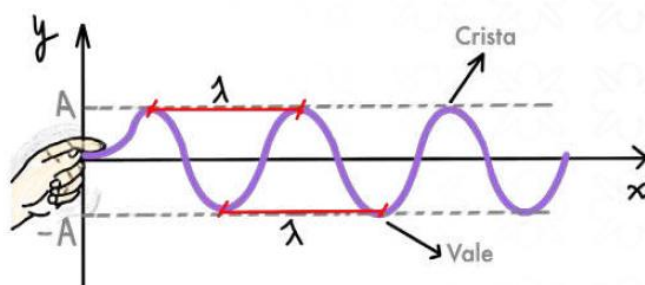
Fonte: Brito (2023)

Importante: As ondas na superfície da água apresentam movimentos vibratórios tanto transversais quanto longitudinais simultâneos. Como resultado, as partículas da água descrevem trajetórias aproximadamente circulares durante a passagem da onda.

1.2. ONDAS NA CORDA

Considere uma onda transversal gerada por uma fonte oscilante constante, que repete periodicamente a mesma perturbação em uma corda. Esquematicamente, podemos representar isso da seguinte forma:

Figura 4 – Disposição de uma corda após ter sido submetida a oscilações verticais provocadas pela ação manual de uma pessoa



Fonte: Soares (2024)

Se, na posição de repouso da corda, definirmos o sistema de referência, identificamos valores máximos e mínimos no eixo das coordenadas, que denominamos **amplitude da onda** (A).

O **comprimento de onda**, λ , corresponde à distância entre cristas ou entre vales, ou entre quaisquer outros pontos que estejam em fase e na mesma altura y, ou seja, pontos cujo sentido da oscilação seja o mesmo.

O **Período**, T , é o tempo necessário para que cada uma das oscilações ocorra completamente. No Sistema Internacional (SI), a unidade de período T é o segundo (s). A **Frequência**, f , é o número de oscilações que acontecem na unidade de tempo, a sua unidade no (SI) é o hertz (Hz) e ela depende da fonte. A análise mostra que essas duas grandezas estão relacionadas da seguinte maneira:

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

ou

$$T = \frac{1}{f} . \quad (2)$$

Matematicamente, podemos determinar a **velocidade de propagação da onda** por:

$$v = \frac{\lambda}{T} . \quad (3)$$

Substituindo a Equação 2 na Equação 3, encontramos:

$$v = \lambda \cdot f , \quad (4)$$

onde v é a velocidade do som no meio (m/s); λ é o comprimento da onda (m) e f é a frequência (Hz). É importante observar que essa equação, além de permitir o cálculo da velocidade de uma onda, também possibilita verificar das quais grandezas λ e f dependem.

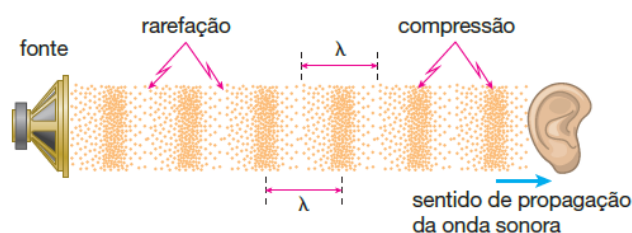
1.3. O SOM É UMA ONDA DE PRESSÃO

O som é uma onda (perturbação) longitudinal e tridimensional, produzida por um corpo vibrante sendo de cunho mecânico. De modo geral, sons são ondas de pressão que

se propagam através de meios materiais, produzindo oscilações nas partículas desses meios, o que provoca uma vibração nos tímpanos com a mesma frequência dessas ondas, e é por meio desse processo que ouvimos os sons (AMABIS, M. J. *et al*, 2020). No entanto, o ouvido humano tem limitações e só capta frequências de vibração que se propagam pelo ar, no intervalo de 20 Hz a 20.000 Hz, o que pode variar de pessoa para pessoa.

O alto-falante do rádio é um cone de papel que vibra em ritmo com um sinal elétrico. As moléculas de ar próximas ao cone vibratório também estão vibrando. Esse ar, por sua vez, vibra contra as moléculas vizinhas, que fazem a mesma coisa com as suas vizinhas e assim por diante. Como resultado, um padrão rítmico de ar comprimido e rarefeito emana do alto-falante, enchendo a sala inteira com movimentos ondulatórios (Hewitt, 2015). A Figura 5 ilustra a propagação da onda sonora e os períodos de compressão e rarefação gerados pelas vibrações da fonte sonora.

Figura 5 – As ondas sonoras são longitudinais, formadas por regiões de compressão e rarefação



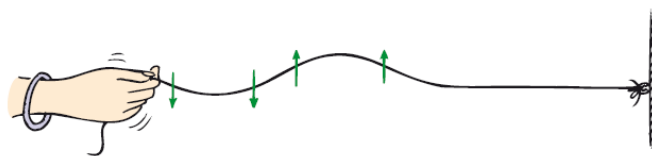
Fonte: Amabis, M. J. *et al* (2020)

1.4. A VELOCIDADE DO SOM EM FLUIDOS

O som é uma onda mecânica que se propaga em todas as direções, comprimindo e descomprimindo o material ao seu redor. Essa onda só se propaga em materiais que têm massa e elasticidade, como sólidos (Figura 6), líquidos e gases.

Considere uma onda se propagando em uma corda:

Figura 6 – Uma onda mecânica



Fonte: Hewitt (2015)

Essa onda tem velocidade v , dada por:

$$v_{\text{onda na corda}} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \quad (5)$$

onde, F é a força de tensão na corda (fornece a propriedade elástica) e μ é a densidade linear da corda (fornece a propriedade inercial). Dessa forma, podemos dizer que:

$$v = \sqrt{\frac{\text{propriedade elástica}}{\text{propriedade inercial}}}, \text{ independente do meio onde ela esteja se propagando.}$$

As ondas sonoras propagam-se em meios sólidos, líquidos e gasosos, com velocidades que dependem das diferentes características dos materiais. De um modo geral, as velocidades maiores ocorrem nos sólidos e as menores nos gases: $v_{\text{sól}} > v_{\text{líq}} > v_{\text{gas}}$. Logo, a velocidade de propagação das ondas sonoras depende do meio onde elas se propagam, como podemos ver no quadro a seguir:

Quadro 1 - Velocidade do som em diversos materiais em grandes volumes

Material	Velocidade do som (m/s)
Água (100°C)	1.543
Alumínio	6.420
Ar (20°C)	344
Chumbo	1.960
Aço	5.941
Chumbo	1.960
Hidrogênio (20°C)	1.330
Mercúrio (20°C)	1.451

Fonte: Young e Freedman (2015)

Assim, as características do som que ouvimos mudam dependendo do meio em que se propaga. Além disso, a audibilidade do som depende do valor da frequência com que a fonte vibra. Essa frequência, por sua vez, influencia a altura do som, uma das três qualidades fisiológicas do som.

1.5. QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM

A orelha humana possui condições fisiológicas que permitem diferenciar algumas qualidades do som, como **altura**, **intensidade** e **timbre**.

- a) **ALTURA:** é a qualidade que permite classificar os sons em graves e agudos e depende da frequência da onda gerada pela fonte emissora. De forma que, o som agudo (alto), tem uma frequência maior que o som grave (baixo). Normalmente, com algumas exceções, o homem tem a voz mais grave que a voz da mulher.
- b) **INTENSIDADE:** é a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco, também conhecida como volume. As ondas sonoras, assim como outras ondas progressivas, possuem a característica de transferir energia de um ponto a outro em um meio. Essa intensidade I de uma onda sonora em uma superfície é a taxa média por unidade de área ($A_{\text{área}}$) com a qual a energia contida na onda atravessa a superfície ou é absorvida por ela. Matematicamente, temos:

$$I = \frac{P_{\text{potência}}}{A_{\text{área}}} . \quad (6)$$

Assim, no Sistema Internacional, a sua unidade será W/m^2 (watts por metro quadrado). A intensidade do som divide-se em intensidade física

$I = \frac{P}{A}$ e intensidade auditiva (nível sonoro). De modo que:

- i. A mínima intensidade física (I_0) ou limiar de audibilidade, que é o menor valor da intensidade física ainda audível, vale:
 $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$.
- ii. A medida que o observador se afasta da fonte sonora, a intensidade auditiva ou nível sonoro (β) diminui logarithmicamente, de acordo com a expressão:

$$\beta = \log \frac{I}{I_0} \quad \text{ou} \quad 10^\beta = \frac{I}{I_0} \quad (7)$$

A unidade SI de nível sonoro é o bel (B), mas a unidade usual é o decibel (dB), onde $1 \text{ dB} = 10^{-1} \text{ B}$.

A imagem a seguir mostra alguns valores de intensidade e níveis sonoros:

Figura 7 – Fontes e intensidades de som comuns

Fonte sonora	Intensidade (W/m^2)	Nível sonoro (dB)
Avião a jato a 30m de distância	10^2	140
Sirene de alarme próxima	1	120
Música para dançar amplificada	10^{-1}	115
Rebitador	10^{-3}	100
Tráfego na rua movimentada	10^{-5}	70
Conversação em casa	10^{-6}	60
Rádio baixo em casa	10^{-8}	40
Murmúrio	10^{-10}	20
Farfalhar de folhas de árvores	10^{-11}	10
Limiar de audição	10^{-12}	0

Fonte: Hewitt (2015)

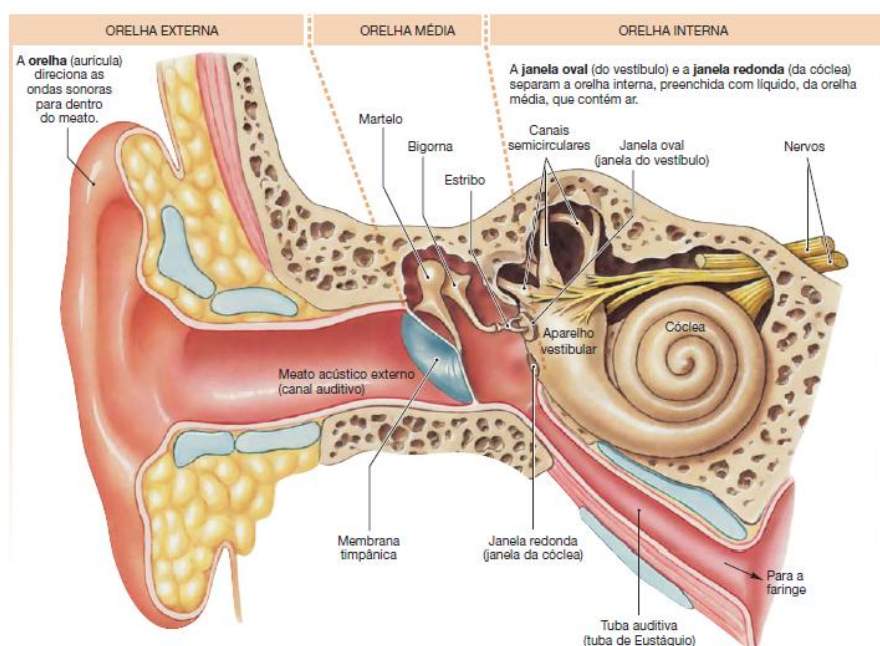
Dessa maneira, não é suficiente que a frequência da onda sonora esteja compreendida entre 20 Hz e 20 kHz para que possamos percebê-la. Além disso, é necessário que haja uma intensidade mínima de energia capaz de fazer o tímpano vibrar. Esse valor mínimo varia de acordo com a faixa etária, de modo que o indivíduo precisa de mais energia para escutar à medida que envelhece. Isso ocorre porque a tendência é que, com o aumento da idade, as pessoas ouçam frequências menos altas e necessitem de intensidades maiores para perceber os sons.

- c) **TIMBRE:** é a qualidade que permite classificar os sons de mesma altura e de mesma intensidade, emitidos por fontes diferentes. Uma mesma nota musical, tocada por uma flauta e por um violino, soa de forma diferente, de modo a possibilitar a identificação do instrumento. Ele está relacionado com a forma da onda sonora.

1.6. A ANATOMIA DO OUVIDO HUMANO

Quando a onda entra pelo ouvido haverá flutuações de pressão e essa pequena ΔP faz surgir no tímpano uma diferença de força e ele vibrará. Essa vibração passará por algumas estruturas do ouvido e chegará ao cérebro, onde ocorrerá a sensação auditiva, o som. O ouvido humano é composto por três partes principais: o **ouvido externo**, o **ouvido médio** e o **ouvido interno**, conforme ilustrado na Figura abaixo.

Figura 8 – Ilustração do ouvido humano e suas partes principais



Fonte: Silverthorn (2017)

O ouvido externo é composto pela aurícula ou pavilhão auditivo, formado por cartilagem e pele, além do canal auditivo externo e células ceruminosas. A estrutura do pavilhão permite capturar ondas de pressão atmosférica, direcionando-as ao canal auditivo externo ou meato acústico, rico em células ceruminosas.

O canal auditivo externo amplia as ondas sonoras e as direciona para o tímpano, que pertence à orelha média. Sua parede é formada pelo osso temporal, parte do crânio, e abriga células ceruminosas.

O ouvido médio, também conhecido como caixa timpânica, compreende quatro estruturas fundamentais: o tímpano, os três ossículos auditivos (martelo, bigorna e estribo) e as janelas oval e redonda. O som que entra pelo meato acústico faz vibrar o tímpano, transmitindo essa vibração aos ossículos. O martelo está diretamente conectado

ao tímpano, recebendo suas vibrações e transmitindo-as aos ossículos bigorna e estribo. Este último está ligado à janela oval, uma abertura no revestimento ósseo da cóclea, proporcionando acesso ao ouvido interno.

O movimento do estribo induz o movimento do líquido presente na estrutura que abrange o aparelho vestibular e a cóclea, responsáveis pelo equilíbrio e audição, respectivamente.

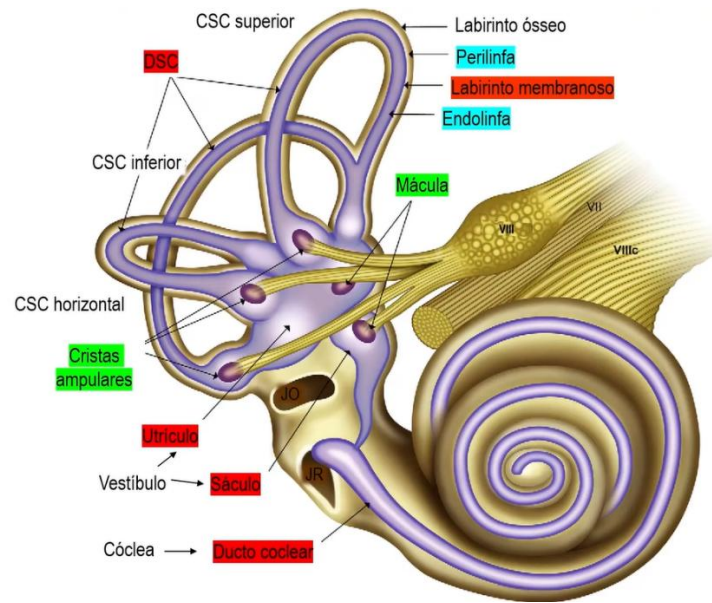
Figura 9: Ossículos do ouvido



Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rendernet.mozaik3dviewer>

O aparelho vestibular está associado aos canais semicirculares, responsáveis pelo equilíbrio, enquanto a cóclea está diretamente relacionada à audição, formando o ouvido interno ou labirinto (Figura 10). O ouvido interno se divide em duas estruturas principais: o vestíbulo e a cóclea. O vestíbulo compreende três canais semicirculares perpendiculares, que se conectam ao utrículo. Esses canais possuem epitélio ciliado com células interconectadas a filetes nervosos. Um líquido contendo otólitos (cristais de carbonato de cálcio) preenche essas cavidades. Os filetes nervosos formam o nervo vestibular, que se conecta ao cérebro.

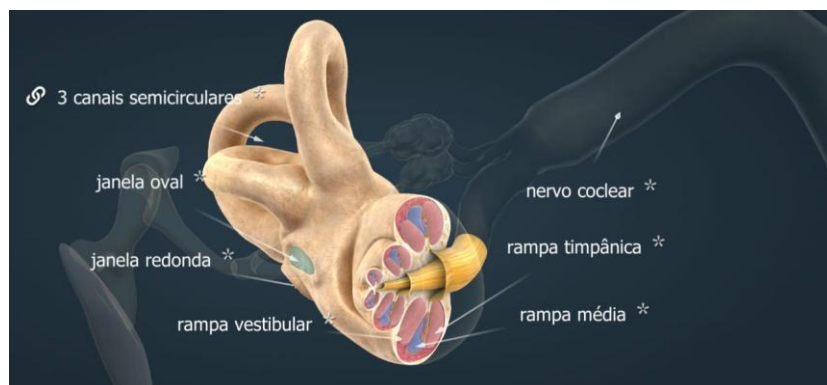
Figura 10: Ouvido interno – Labirintos ósseo e membranoso



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=HBRYP7f87rM>

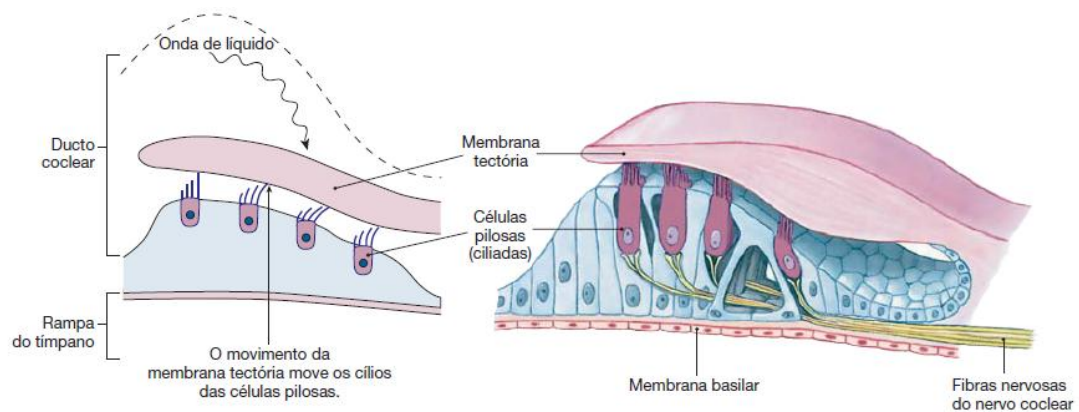
A cóclea (Figura 11), uma estrutura espiral oca, é preenchida por um líquido e abriga a membrana basilar, onde se encontram as células pilosas, responsáveis pela captação de estímulos auditivos. As extremidades das células pilosas possuem filamentos denominados cílios, localizados no órgão de Corti (Figura 12), um complexo sistema de células ciliadas dentro da cóclea, e estão inseridos na membrana tectorial subjacente. A membrana tectória movimenta os cílios das células no órgão de Corti, estimulando os dendritos das fibras nervosas, que se unem para formar o nervo coclear, terminando no córtex auditivo.

Figura 11: Cóclea



Fonte: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rendernet.mozaik3dviewer>

Figura 12: Órgão de Corti



Fonte: Silverthorn (2017)

O movimento dos cílios converte as ondas sonoras em sinais neurais. Na região inferior da orelha interna, encontra-se a tuba auditiva ou tuba de Eustáquio, responsável por regular a pressão.

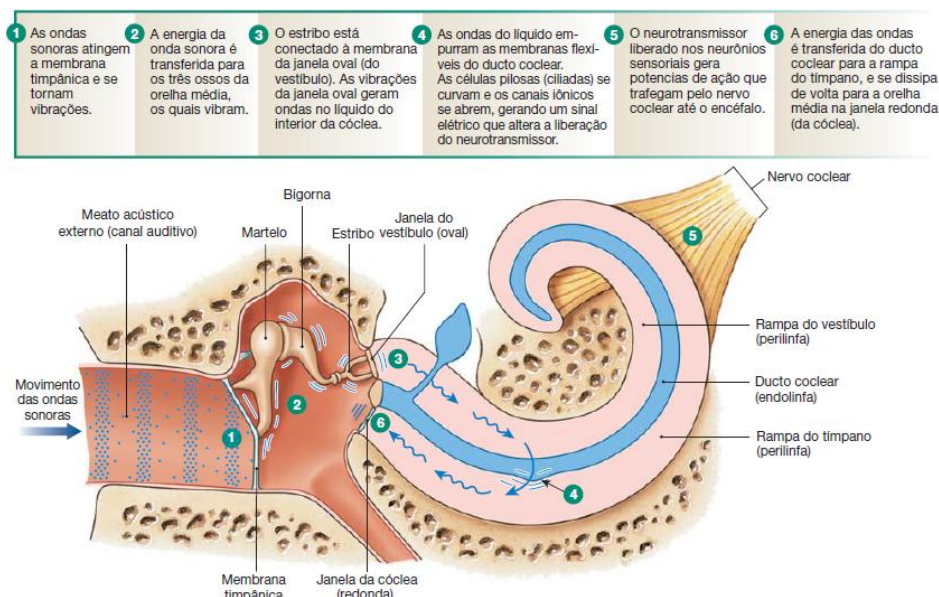
1.7. O PROCESSO DE PERCEPÇÃO AUDITIVA

Os ouvidos captam constantemente ondas sonoras, convertendo-as em informações interpretadas pelo cérebro. O som, uma onda de pressão variável, gera vibrações que produzem sons graves (lentas) ou agudos (rápidas). Ao entrar no ouvido, essas vibrações percorrem o canal auditivo, atingindo o tímpano e provocando movimentos na cadeia ossicular (martelo, bigorna e estribo). As vibrações sonoras percorrem a cadeia ossicular e atingem o ouvido interno, onde o estribo faz vibrar a janela oval do vestíbulo. Na cóclea, a perilínfa, um líquido, vibra junto com os ossículos, movimentando a membrana tectória do órgão de Corti.

A membrana tectória está em contato direto com células pilosas, estimulando-as a ativarem o nervo auditivo. Dessa forma, a energia mecânica sonora é convertida em sinais elétricos, transmitidos ao cérebro. As células sensoriais, também conhecidas como células ciliadas, distribuídas ao longo da cóclea, apresentam diferentes graus de sensibilidade, permitindo a detecção de variadas frequências sonoras e a percepção das particularidades do som. Todos os sons provocam deslocamentos na membrana basilar, cuja magnitude varia de acordo com a frequência sonora. Na cóclea humana, a membrana basilar próxima da janela oval é mais sensível a frequências de 20.000 Hz, enquanto que no ápice, frequências inferiores a 100 Hz são mais eficazes. Em outras palavras, as células

ciliadas estão distribuídas ao longo da cóclea, com regiões basais responsáveis por altas frequências e regiões apicais responsáveis por baixas frequências. Quando o fluido coclear se move, são geradas diferenças de tensão, produzindo sinais elétricos transmitidos pelo nervo auditivo ao cérebro, onde o córtex auditivo os interpreta como som.

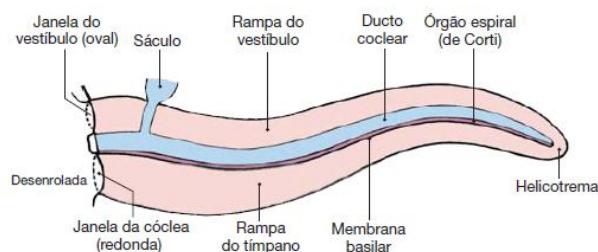
Figura 13: Trajeto do som até o cérebro



Fonte: Silverthorn (2017)

A pressão sonora sobre o sistema auditivo gera ressonância, fazendo com que o som entre pela janela oval e saia pela janela redonda, sendo posteriormente dissipado pela tuba de Eustáquio.

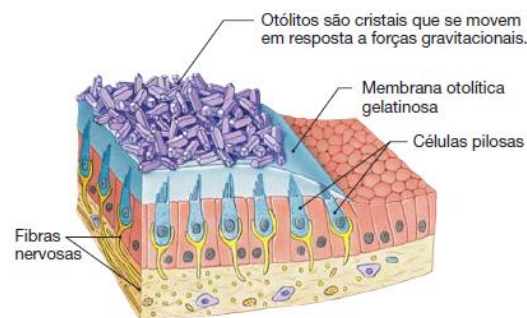
Figura 14: Diagrama esquemático da cóclea (desenrolada)



Fonte: Silverthorn (2017)

Em humanos, o termo “orelha” designa o órgão responsável pela audição e equilíbrio, sendo que este último é regulado pelos canais semicirculares. Na base dos canais semicirculares, encontramos duas estruturas fundamentais: o utrículo e o sáculo, componentes do aparelho vestibular. Esses canais contêm endolinfa, um líquido que, juntamente com os cristais de carbonato de cálcio (otólitos), permite a percepção do equilíbrio e direção durante movimentos.

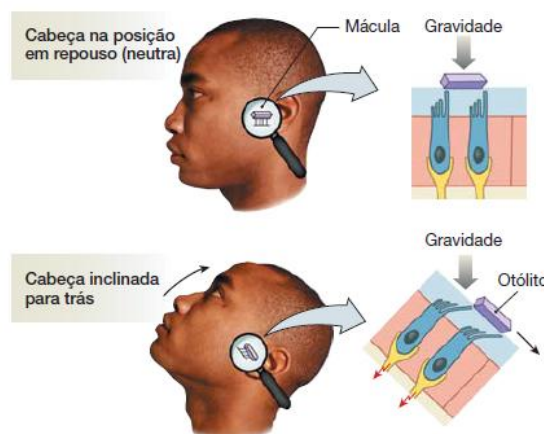
Figura 15: Diagrama esquemático da mácula (receptor sensorial para a aceleração linear e a posição da cabeça)



Fonte: Silverthorn (2017)

A movimentação dos otólitos, induzida pela movimentação corporal, permite a percepção da direção (Figura 16). Consequentemente, a cúpula se move, estimulando o nervo vestibulo-coclear, essencial para o equilíbrio.

Figura 16: Movimento da cúpula



Fonte: Silverthorn (2017)

2. SEQUÊNCIA DE ENSINO

O IMPACTO FISIOLÓGICO DA POLUIÇÃO SONORA: UMA ANÁLISE INTEGRADA

Com o objetivo de conscientizar estudantes sobre os efeitos prejudiciais da poluição sonora na saúde e reduzir a lacuna no estudo do sistema auditivo, foi elaborada uma sequência de ensino. A importância da disseminação da Educação Ambiental é defendida por vários autores, incluindo Santos (2023). Baseando-se nesse estudo e na abordagem metodológica proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), serão utilizados recursos didáticos como textos, aplicativo instalado nos celulares dos alunos e vídeos. A sequência de ensino proposta promove um planejamento estruturado, alinhando objetivos e atividades, estimulando o desenvolvimento gradual de conceitos e habilidades. Além disso, oferece um cenário educacional inovador. Nos quadros a seguir, encontram-se os resumos dos momentos pedagógicos e das atividades propostas para cada um deles, ilustrando como as aulas que compõem esta sequência de ensino foram organizadas.

➤ MOMENTOS PEDAGÓGICOS

1º MOMENTO – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Apresentam-se as situações reais que os alunos conhecem e presenciam. A função do professor aqui é questionar posicionamentos, promover o debate, lançar dúvidas sobre o assunto sem fornecer explicações e assim detectar possíveis limitações e lacunas do conhecimento que são evidenciados. O ponto culminante dessa problematização é fazer que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um problema que precisa ser enfrentado (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Quadro 2 – 1º momento (PI): problematização inicial.

Aulas	Atividades Desenvolvidas	Objetivos	Conteúdos abordados
1	Análise e interpretação de uma imagem que ilustra a relação entre o som e o ouvido humano. Será lançada a seguinte questão: Qual mensagem esta	Promover um debate para identificar o conhecimento prévio	A poluição sonora e suas causas.

	imagem transmite? As respostas dos alunos serão registradas no quadro. Em seguida, serão lidas reportagens sobre a temática em questão. Após a leitura de cada texto, os estudantes discutirão os pontos que lhes chamaram a atenção e destacarão conceitos interessantes. As respostas serão registradas no quadro para posterior análise. Após a leitura das reportagens, a turma será dividida em grupos e cada grupo receberá folhas de ofício para registrar suas respostas. Em seguida, será solicitado que os grupos compartilhem se já têm conhecimento sobre poluição sonora, se conseguem defini-la e quais exemplos conhecem. Os registros serão feitos nas folhas distribuídas.	dos alunos sobre a poluição sonora e suas causas.	
2	Será apresentada a seguinte questão: <i>A poluição sonora é um mal invisível?</i> Os alunos responderão a esta pergunta por meio de um formulário online do Google, visando coletar suas percepções sobre o tema. Em seguida, cada grupo realizará uma pesquisa e elaborará uma lista com, no mínimo, três fontes de poluição sonora e seus possíveis efeitos. As respostas serão registradas em folhas de ofício e, posteriormente, cada grupo apresentará suas conclusões para a turma.	Identificar os impactos da poluição sonora na saúde humana e no meio ambiente	Fontes de poluição sonora. Efeitos da poluição sonora.

Fonte: Elaborado pela autora

2º MOMENTO – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Os conhecimentos escolhidos como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados, sob a orientação do professor. Nessa ocasião são utilizadas as mais variadas atividades, incluindo a resolução de problemas e exercícios propostos em livros didáticos. Porém, os autores destacam que não deve haver uma supervalorização da abordagem de problemas e exercícios desse tipo pela prática docente, uma vez que isso pode confundir o aluno na localização e formulação de problemas de outra espécie.

Quadro 3 – 2º momento (OC): organização do conhecimento.

Aulas	Atividades Desenvolvidas	Objetivos	Conteúdos Abordados
3	A aula será iniciada com a escuta de um áudio simulado, sem apresentação de informações iniciais. Em seguida, será trabalhada a relação entre altura e frequência, intensidade e amplitude, utilizando como exemplo a simulação do vascak em uma frequência determinada.	Identificar e caracterizar as propriedades do som e analisar sua relação com a poluição sonora.	Altura; Intensidade; Timbre; Frequência; Amplitude; Potência.

	Os alunos serão convidados a responder à seguinte pergunta: <i>A altura do som é o seu volume? Por quê?</i> As respostas serão registradas em folhas de ofício pelos mesmos grupos formados no momento 1, com o objetivo de avaliar a compreensão dos conceitos sonoros. Observe: Esta etapa envolve a utilização de simulações que abordam conceitos de frequência e amplitude, permitindo que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda das características dos sons, incluindo altura e intensidade, e observem o comportamento das ondas sonoras. Utilizar o PhET para investigar como a variação da frequência, com amplitude constante, e a variação simultânea da amplitude e frequência afetam o som. Posteriormente, os alunos responderão a duas perguntas: <i>Quais mudanças são perceptíveis no áudio? E quais alterações são observadas no gráfico que representa o comportamento da onda?</i> Será ministrada uma aula expositiva sobre as qualidades fisiológicas do som. Os grupos realizarão uma reflexão e registrarão em folhas de ofício suas considerações sobre <i>como a intensidade e a duração do som podem contribuir para a poluição sonora.</i>		
4	Uma aula expositiva será realizada para abordar a anatomia do ouvido, com o apoio de uma ferramenta de simulação 3D. Será exibido um vídeo educativo que demonstra como o som é processado pelo ouvido humano e como ele é transmitido ao cérebro. Será realizada a atividade “Estátua”, que visa desenvolver o equilíbrio dos estudantes por meio da execução da música “Estátua” da Xuxa. Após a atividade, os grupos registrarão suas respostas às seguintes perguntas: <i>Ficou tonto(a)? Por que acha que isso aconteceu? O que vocês sentiram que funcionou melhor para ajudar no equilíbrio?</i> Os grupos irão investigar e socializar as respostas às seguintes perguntas: <i>qual a importância do labirinto para a audição e o equilíbrio? O que fazer para cuidar dos ouvidos?</i>	Compreender a estrutura anatômica do ouvido humano e identificar as funções específicas de cada componente na percepção sonora. Compreender como o som pode influenciar o equilíbrio e a coordenação motora.	Divisões do ouvido e seus componentes específicos: tímpano, ossículos auditivos e cóclea; Funções do ouvido: audição e equilíbrio.
5	Será apresentado um experimento interativo que simula a percepção auditiva,	Compreender a natureza do som como	Simulação da propagação do som;

	demonstrando que a onda sonora é uma onda de pressão. Uma reportagem será apresentada, destacando o uso do decibelímetro e sua aplicação prática na medição de ruídos e na promoção da saúde auditiva. Os alunos serão solicitados a instalar o aplicativo <i>Sound Meter</i>, seguido de uma explicação detalhada sobre seu uso e funcionalidades.	uma onda de pressão e sua propagação pelo meio. Entender a diferença entre sons graves e agudos. Compreender a definição e a finalidade do decibelímetro na avaliação da intensidade sonora. Entender a unidade de medida utilizada para expressar a intensidade sonora, o decibel (dB).	Função do tímpano; Função e objetivo do decibelímetro.
--	--	--	---

Fonte: Elaborado pela autora

3º MOMENTO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Há a abordagem sistemática do conhecimento que foi incorporado pelo estudante, para analisar e interpretar tanto as situações apresentadas inicialmente como outras que podem ser compreendidas com o mesmo conhecimento (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Quadro 4 – 3º momento (AC): aplicação do conhecimento.

Aulas	Atividades Desenvolvidas	Objetivos	Conteúdos Abordados
6	O início da atividade será marcado pela orientação aos alunos sobre o método de medição e a organização em equipes para cada sala, com o objetivo de promover a colaboração e a precisão nas medidas. Atenção: Dependendo da quantidade de turmas participantes selecionadas, recomenda-se que sejam visitadas duas turmas por aula, com o objetivo de garantir a representatividade e a diversidade dos participantes. Os estudantes iniciarão a coleta de dados de intensidade sonora nas salas de aula selecionadas, realizando 10 medidas individuais, com um intervalo de 1 minuto entre cada medição, conforme metodologia estabelecida. Concluída a coleta de dados em cada sala, os alunos retornarão à sua sala de origem e calcularão a média das medições realizadas, registrando os resultados na folha de atividade.	Desenvolver habilidades para medir e analisar o nível de ruído em diferentes ambientes.	Intensidade sonora.

7	A presente aula terá como objetivo reforçar as instruções sobre as medições, incluir alunos que não participaram anteriormente e corrigir erros de execução. As medições continuarão, como parte da sequência da atividade.	Desenvolver habilidades para medir e analisar o nível de ruído em diferentes ambientes.	Intensidade sonora.
8	Reforçar as instruções sobre as medições e prosseguir com as medições, posteriormente calculando as médias dos valores obtidos ao retornar à sala de origem.	Desenvolver habilidades para medir e analisar o nível de ruído em diferentes ambientes.	Intensidade sonora.
9	Realizar uma discussão sobre as intensidades sonoras medidas até o momento, abordando temas como o tempo máximo de exposição a ruídos, níveis sonoros e seus efeitos, além de fontes de intensidade sonora, com o apoio de tabelas oficiais e informações relevantes. Revisar as instruções sobre as medições, selecionar novos alunos participantes e corrigir eventuais erros de execução. As medições desta aula foram realizadas durante o intervalo, de acordo com o cronograma desta pesquisa.	Estabelecer parâmetros para níveis sonoros seguros e perigosos e realizar uma análise dos efeitos adversos do ruído. Desenvolver habilidades para medir e analisar o nível de ruído em diferentes ambientes.	Limites de exposição ao ruído; Efeitos do ruído em diferentes níveis; Fontes de intensidade sonora; Como medir a poluição sonora em diferentes ambientes.
10	A atividade final será entregue aos grupos em formato impresso, contendo quatro perguntas, incluindo duas que serão utilizadas para avaliar o projeto final. Será realizada uma retomada ao questionamento inicial, visando avaliar a evolução do pensamento crítico dos alunos, que responderão novamente por meio do formulário do Google.	Fomentar a conscientização sobre saúde auditiva e desenvolver habilidades críticas, com o objetivo de promover uma cultura de prevenção e cuidado com a saúde auditiva.	Efeitos da poluição sonora na saúde humana. Planos de ação para reduzir a poluição sonora.

Fonte: Elaborado pela autora

Atenção: a quantidade de aulas necessárias para a execução dessa sequência, bem como as salas ou outros espaços da escola a serem utilizados para as medições, dependerão da realidade específica de cada instituição e professor.

➤ PÚBLICO-ALVO

Esta sequência é indicada para estudantes do 2º ano do ensino médio, pois o conteúdo de ondulatória é abordado nesta série, o que facilitará a aplicação da sequência.

➤ RECURSOS DIDÁTICOS

Para a execução da sequência de ensino, serão necessários os seguintes materiais: quadro branco, lápis para quadro branco, TV ou data show, computador, smartphone e cartolina ou folha ofício. É importante ressaltar que o data show será utilizado apenas nos casos em que a escola não possua salas equipadas com TV. Além disso, é fundamental ter algum meio para projetar os slides da aula e as simulações em tela. Embora seja possível realizar as atividades através dos celulares dos alunos, o ideal seria que elas fossem feitas em um laboratório de informática. Isso permitiria um melhor desenvolvimento das atividades virtuais, como o acesso às simulações e o preenchimento de formulários do Google.

É importante também que a escola possua acesso à internet aberto para os alunos. Caso contrário, o professor precisará compartilhar sua própria conexão com alguns alunos. O experimento interativo pode ser apresentado pronto ou solicitado aos estudantes que o construam, pois os materiais necessários são de fácil acesso. Para o experimento 2, se o professor desejar que a maioria dos alunos participe, é essencial que a sala tenha espaço suficiente. Os materiais e roteiros experimentais necessários estão disponíveis nos apêndices e anexos desta sequência.

➤ DESCRIÇÃO DAS AULAS

1º MOMENTO PEDAGÓGICO – AULAS 1 e 2

Objetivos:

- Através de um debate, identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre a poluição sonora e suas causas;
- Identificar os impactos da poluição sonora na saúde humana e no meio ambiente.

Conteúdos:

- A poluição sonora e suas causas;
- Fontes de poluição sonora;
- Efeitos da poluição sonora.

Descrição:

O professor deve iniciar o primeiro momento pedagógico (1º MP) com uma problematização inicial, que pode ser uma análise de imagem, leitura de texto ou exibição de reportagem sobre a temática da poluição sonora. Essa problematização abrirá espaço para uma discussão sobre a temática e permitirá identificar as concepções prévias dos alunos sobre ruído, intensidade sonora e poluição sonora. Durante a segunda aula do 1º MP, será realizado o primeiro questionamento por meio de um formulário do Google, composto por uma pergunta única, como sugestão: “*A poluição sonora é um mal invisível?*”. Essa pergunta permitirá identificar as concepções iniciais dos alunos sobre a temática e servirá de base para o segundo momento pedagógico, que é a organização do conhecimento.

Avaliação:

Como as atividades desse primeiro momento têm como objetivo coletar os conhecimentos prévios dos alunos, não haverá respostas certas ou erradas. No entanto, consideraremos válidas as respostas que tiverem alguma relação com a temática.

2º MOMENTO PEDAGÓGICO – AULAS 3 a 5*Objetivos:*

- Identificar e caracterizar as propriedades do som e analisar sua relação com a poluição sonora;
- Compreender a estrutura anatômica do ouvido humano e identificar as funções específicas de cada componente na percepção sonora;
- Compreender como o som pode influenciar o equilíbrio e a coordenação motora;
- Compreender a natureza do som como uma onda de pressão e sua propagação pelo meio;
- Entender a diferença entre sons graves e agudos;
- Compreender a definição e a finalidade do decibelímetro na avaliação da intensidade sonora;
- Entender a unidade de medida utilizada para expressar a intensidade sonora, o decibel (dB).

Conteúdos:

- Altura;
- Intensidade;
- Timbre;
- Frequência;
- Amplitude;
- Potência;
- Divisões do ouvido e seus componentes específicos: tímpano, ossículos auditivos e cóclea;
- Funções do ouvido: audição e equilíbrio;
- Simulação da propagação do som;
- Função do tímpano;
- Função e objetivo do decibelímetro.

Descrição:

O segundo momento pedagógico (2º MP) tem como objetivo consolidar os conceitos fundamentais de altura, intensidade, timbre, frequência, amplitude e potência, que muitas vezes são apresentados de forma matematizada e descontextualizada nos livros didáticos. Durante a terceira aula da sequência de ensino, realizada no âmbito do 2º MP, é importante que o professor desenvolva alguma atividade que relacione os conceitos de altura, frequência, intensidade e amplitude. Como sugestão, os alunos podem ser expostos a um áudio de uma simulação do vascak (disponível em https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=kv_zvuk&l=pt) em uma frequência incômoda, com o objetivo de provocar uma reação de desconforto e, conseqüentemente, uma solicitação para reduzir o volume. Em seguida, o professor pode realizar o segundo questionamento: “*A altura do som é o seu volume? Por quê?*”. Esta etapa do estudo envolverá a realização de atividades diversificadas durante as três aulas do 2º MP, incluindo simulações, animações 3D (acessíveis por celular ou computador), aulas expositivas, questionamentos (ver apêndices) com respostas pessoais e pesquisadas na internet, vídeos e dinâmica musical (roteiro no Anexo I). Os registros das atividades serão realizados em folhas de ofício distribuídas aos grupos e no quadro branco, com o objetivo de documentar o processo de aprendizagem.

Importante: o ideal é que todos os alunos baixem o aplicativo *Mozaik Education* para interagir com a animação 3D sobre as estruturas do ouvido e a interação da onda sonora com a audição. No entanto, se isso não for possível, o professor pode compartilhar a tela do celular ou do computador e mostrar aos alunos, detalhando cada parte da orelha humana, suas funções e como o som é captado e transmitido ao nosso cérebro.

Na última aula do 2º MP, realize um experimento que permita visualizar o comportamento da onda sonora para cada tipo de som emitido. Esse experimento deve simular o processo de propagação da onda sonora ao entrar no ouvido e atingir o tímpano, demonstrando que a onda sonora é uma onda de pressão. Como sugestão, apresentamos o roteiro do experimento no material de apoio IV, constante no Apêndice C. Dependendo da sua realidade, esse experimento pode ser realizado pelos próprios estudantes ou pelo professor, que pode levar o experimento pronto e permitir que os estudantes o manipulem. Posteriormente, ainda nesta aula, será exibida uma reportagem sobre a poluição sonora, abordando os limites permitidos e o dispositivo de medição da intensidade sonora. Isso servirá como uma transição para o terceiro momento pedagógico, aplicação do conhecimento. Após a apresentação da reportagem, os alunos terão acesso ao aplicativo que será empregado para realizar as medições. Eles receberão orientações sobre como utilizá-lo e, em seguida, realizarão o download em seus dispositivos, acessando a loja de aplicativos (Play Store ou App Store) dos seus celulares e procurando pelo nome Sound Meter, conforme a Figura 17:

Figura 17: aplicativo que será utilizado como decibelímetro



Fonte: Própria autora, 2024

Avaliação:

Nas respostas pessoais sobre a escuta do áudio, consideraremos adequadas as respostas que relacionem a altura com a frequência, e não com o volume. Nas demais respostas pessoais, avaliaremos a participação dos alunos e a atenção às discussões.

Nas respostas às perguntas realizadas na dinâmica musical (roteiro da dinâmica no Anexo I), consideraremos satisfatória a resposta se os estudantes relacionarem a audição com o equilíbrio.

3º MOMENTO PEDAGÓGICO – AULAS 6 a 10*Objetivos:*

- Desenvolver habilidades para medir e analisar o nível de ruído em diferentes ambientes;
- Estabelecer parâmetros para níveis sonoros seguros e perigosos e realizar uma análise dos efeitos adversos do ruído;
- Fomentar a conscientização sobre saúde auditiva e desenvolver habilidades críticas, com o objetivo de promover uma cultura de prevenção e cuidado com a saúde auditiva.

Conteúdos:

- Intensidade sonora;
- Limites de exposição ao ruído;
- Efeitos do ruído em diferentes níveis;
- Fontes de intensidade sonora;
- Medir intensidade sonora;
- Efeitos da poluição sonora na saúde humana;
- Planos de ação para reduzir a poluição sonora.

Descrição:

Durante o 3º MP, que compreende as aulas 6 a 10, os alunos realizarão as medições e coleta de dados (Apêndice D). Neste período, é importante que o professor apresente as tabelas (Anexo II) que relacionam níveis sonoros e seus efeitos, intensidades sonoras e suas fontes (Anexo III), bem como a tabela da NR15 (Anexo IV), que estabelece o tempo máximo de exposição permitido. Essa dinâmica fornece o embasamento

necessário para a aula 10, na qual será realizada uma retomada do questionamento inicial e desenvolvidas estratégias para solucionar o problema em questão (Apêndice E).

Avaliação:

Durante as medições, serão avaliados nos alunos o espírito de equipe, a atenção aos comandos do(a) professor(a) e se estão preenchendo corretamente as tabelas e manipulando o aplicativo da maneira correta. Na retomada ao questionamento inicial, consideraremos como satisfatórias as respostas que apresentarem alguma evolução em comparação com a primeira aplicação do questionário.

Na avaliação final (Apêndice E), além da avaliação do projeto pelos estudantes, haverá questões que avaliarão se os estudantes estão cientes dos riscos associados à exposição a ruídos e se conseguem elaborar estratégias de solução para o problema.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contextualização no ensino e o ambiente dialógico proporcionado pela estratégia de ensino utilizada possibilitarão que os alunos identifiquem a ciência em seu cotidiano, promovendo um avanço na forma de pensar e uma aprendizagem mais significativa. Este material promoverá uma maior conscientização entre os estudantes sobre os efeitos nocivos da poluição sonora e visa inspirar os professores a adotar abordagens participativas.

REFERÊNCIAS

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.; FERRARO, N. G.; PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A.; SOARES, J.; CANTO, E. L. do; LEITE, L. C. C. **Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Manual do Professor**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

BRASIL, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BRASIL. **Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15)**. PORTARIA N.º 3.214, 08 DE JUNHO DE 1978. (DOU de 06/07/78 - Suplemento). “Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas a Segurança e Medicina do Trabalho”. 2020.

BRITO, Renato. **Curso Anual de Física**. Material digital, 2023. Disponível em: <https://fisicacomrenatobrito.com.br/>. Acesso em: 10 set. 2024.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Tradução de Trieste Freire Ricci; Revisão Técnica de Maria Helena Gravina. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MOZAIK DIGITAL EDUCATION AND LEARNING. **O ouvido e o aparelho auditivo**. Cenas 3D (conteúdo interativo). Disponível em: <https://www.mozaweb.com/pt/lexikon.php?cmd=getlist>. Acesso em: 9 out. 2024.

PANCIERI, Rubia Mara. **Proposta de Sequência Didática Investigativa com Práticas Experimentais de Fisiologia Humana para o Ensino Médio**. 2022. [83] f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, 2022.

SANTOS, Márcia Maria. **Educação Ambiental para o Ensino Básico**. São Paulo: Contexto, 2023. 144 p.

SILVERTHORN, Dee Unglaub. **Fisiologia Humana: uma abordagem integrada**. Artmed editora, 2010.

SOARES, Isaac. **Física com Isaac Soares**. Material digital, 2024. Disponível em: https://portal.fernandapessoa.com.br/students/sign_in. Acesso em: 10 set. 2024.

TORRES, Carlos Magno, FERRARO, Nicolau Gilberto, SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Física – ciência e tecnologia**. Vol. 1, 2 e 3. São Paulo: Moderna, 2010.

YOUNG, Hugh D., FREEDMAN, Roger A., & Ford, A. Lewis. **Física II, Sears e Zemansky: Termodinâmica e Ondas**. Tradução de Daniel Vieira; Revisão Técnica de Adir Moysés Luiz. 14. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2015.

APÊNDICE A – MATERIAL DE APOIO II – ATIVIDADE 1
(QUESTÕES PARA A SEGUNDA AULA DO 1ºMP)

Olá, estudante! Estamos constantemente rodeados por uma variedade de sons. Cada um de nós emite ruídos todos os dias. Sem consultar a internet, responda:

1. Você já ouviu falar sobre poluição sonora?

2. Sabe definir poluição sonora?

3. Quais exemplos de poluição sonora você conhece?

Agora, com o auxílio da internet, pesquise:

No mínimo, 3 fontes de poluição sonora e seus efeitos nocivos.

APÊNDICE B – MATERIAL DE APOIO III – ATIVIDADE 2
(QUESTÕES A SEREM UTILIZADAS NA TERCEIRA AULA DO 2º MP)

Com frequência, quando estamos perto de sons que nos incomodam, pedimos: “Baixa o volume!”. Sem consultar a internet, responda:

A altura do som é o seu volume? Por quê?

Com base em seu conhecimento atual sobre as propriedades e a duração do som, sem consultar a internet, responda:

Como a intensidade e duração do som contribuem para a poluição sonora?

APÊNDICE C – MATERIAL DE APOIO IV – ROTEIRO PARA O EXPERIMENTO: VOCÊ JÁ VIU A SUA VOZ?

O experimento, disponível no livro didático de Física “Física – Ciência e Tecnologia”, foi adaptado para essa atividade. Por meio dele, é possível visualizar a onda sonora como uma onda de pressão e entender como ela se propaga até atingir o tímpano. A atividade consiste em falar na extremidade de uma lata, provocando vibrações em uma bexiga esticada na outra extremidade. Essas vibrações são visualizadas na parede ou quadro por meio de um feixe de laser refletido em um espelho.

Os materiais necessários para construir o aparato experimental são os seguintes:

- Lata;
- Bexiga esticada;
- Laser;
- Cano de PVC;
- CD;
- Fita adesiva;
- Cola;
- Tesoura;
- Abridor de latas.

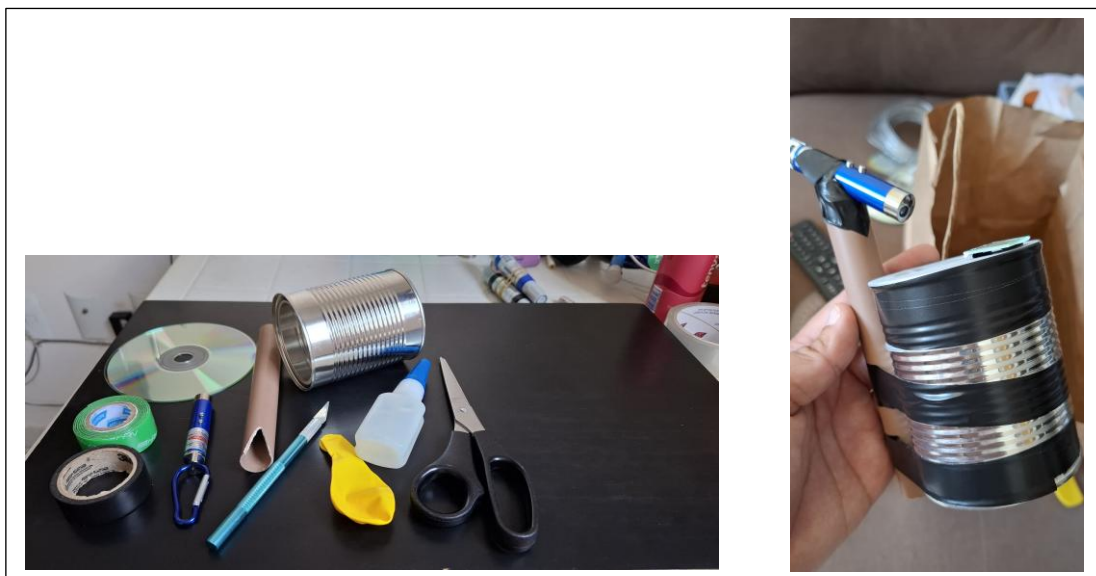
Procedimento:

Retire o fundo da lata com o abridor de latas, tomando cuidado para não se ferir. Corte uma extremidade da bexiga, com largura aproximada de dois dedos, e coloque-a bem esticada na outra extremidade da lata (onde se encontra a tampa). Prenda a bexiga utilizando a fita adesiva.

Cole o pedaço de CD na bexiga, na posição que melhor se adequar à forma como você montou o aparato. A superfície refletora do CD funcionará como espelho e deve ficar voltada para fora.

Com auxílio da fita adesiva, prenda o cano de PVC junto ao laser e direcione-o para o pedaço de espelho. Para evitar precisar apertar o botão para acender o laser, a fita pode ficar pressionando o botão. Observe a Figura 1:

Figura 1 – Recursos e experimento montado



Fonte: A autora (2024)

Importante:

A iluminação da sala pode interferir na visualização da onda sonora. Além disso, é fundamental que vozes agudas e graves participem da dinâmica, permitindo que os alunos constatem os comportamentos da onda referentes a cada frequência.

O experimento oferece diversas possibilidades de arranjos e interações. Os alunos podem participar de várias maneiras, como falando na extremidade da lata, batendo palmas, entre outras opções. Escolha a abordagem que melhor se adapta à sua realidade.

Permita que os estudantes interajam com o experimento, observem, questionem e, a partir dessa interação, percebam como é o comportamento da onda para cada frequência.

APÊNDICE D – MATERIAL DE APOIO V –
TABELA A SER PREENCHIDA DURANTE AS MEDIÇÕES (3º MP)

[illegible]

APÊNDICE E – AVALIAÇÃO FINAL

ATIVIDADE FINAL

Professor (a): _____

GRUPO: _____

Com base na tabela preenchida com as intensidades sonoras, medidas nas salas de aula, responda:

1. Onde foi medida a maior intensidade sonora? E a menor? Identifiquem o local e os valores.

➤ MAIOR INTENSIDADE: _____

➤ MENOR INTENSIDADE: _____

2. A partir das tabelas apresentadas e intensidades sonoras medidas, expliquem:

- a) Como a poluição sonora pode afetar a saúde auditiva dos alunos, onde foi encontrada a **maior** intensidade sonora?

- b) Como a poluição sonora pode afetar a saúde auditiva dos alunos, onde foi encontrada a **menor** intensidade sonora?

- c) Para o maior e menor valor de intensidade sonora medido, respectivamente, qual o tempo máximo de exposição do ser humano?

3. Proponham uma solução para reduzir a poluição sonora na sua escola e em suas comunidades. Justifiquem as suas escolhas.

4. Agora que concluímos o projeto desenvolvido, reflitam sobre o processo e o resultado. Em seguida, avaliem a pesquisa e destaquem: o que vocês acharam mais desafiador no projeto, o que vocês mais gostaram e o que menos gostaram, quais foram seus principais aprendizados e o que vocês fariam diferente se tivessem a oportunidade de refazer o projeto.

ANEXO I – MATERIAL DE APOIO I – ROTEIRO PARA A DINÂMICA “ESTÁTUA”

Rúbia Mara Pancieri

Essa atividade consiste em trabalhar o equilíbrio dos estudantes. Para ilustrar a atividade pode usar a música “Estátua”, da Xuxa, disponível no link do Youtube: <https://youtu.be/b1dYkXjj-1o>. Ao colocar a música para tocar, o professor informará para os estudantes que eles deverão executar todos os movimentos solicitados na música, uma vez que são movimentos simples para testar nosso equilíbrio.

Após a execução da música, fazer as seguintes perguntas:

- a) Como podemos nos equilibrar?
- b) Por que demoramos a ter equilíbrio depois de rodar?
- c) Por que ficamos tontos quando giramos?
- d) Qual a relação que existe entre nosso ouvido e o nosso equilíbrio?

O professor fará uma roda de conversa com os estudantes, onde esses deverão relatar suas observações. Nesse momento é importante que o professor reforce com os estudantes que a capacidade de equilibrar tem a ver com os nossos ouvidos. O labirinto, uma região do nosso ouvido, é importante para que tenhamos equilíbrio. Como são estudantes do Ensino Médio, o professor pode indicar uma pesquisa sobre a doença conhecida como labirintite e como esta doença está relacionada com a nossa audição e com nosso equilíbrio.

ANEXO II – TABELA DE NÍVEIS SONOROS E SEUS EFEITOS

- Estresse;
- Depressão;
- Insônia;
- Agressividade;
- Perda de atenção;
- Perda de memória;
- Dor de cabeça;
- Cansaço;
- Gastrite;
- Queda de rendimento no trabalho;
- Zumbido;
- Perda de audição temporária ou permanente;
- Surdez.

A tabela abaixo resume os efeitos:

Nível sonoro	Efeitos
≥30 dB(A)	Reações psíquicas
≥65 dB(A)	Reações fisiológicas
≥85 dB(A)	Trauma auditivo
≥120 dB(A)	Lesões irreversíveis no sistema auditivo

Fonte: <https://onsafety.com.br/poluicao-sonora-e-os-riscos-que-ela-traz-a-saude/>

ANEXO III – INTENSIDADES SONORAS E SUAS FONTES

Intensidade, em dB (NPS*)	Fonte
250	Som dentro de um tornado; bomba nuclear a 5m (estimativa)
180	Foguete, à 30m; canto da baleia azul, à 1m
150	Avião a jato, à 30m
140	Tiro de rifle, à 1m
130	Limite da dor. Buzina de trem, à 1m
120	Concerto de rock, jato decolando, à 100m
110	Motocicleta em alta velocidade, à 5m
100	Furadeira pneumática, à 2m.
90	Caminhão, à 1m.
85	Limite de Ruído permitido pela NR-15 (8 horas)
80	Aspirador de pó grande, à 1m. Tráfego pesado
70	Barulho de tráfego, à 5m
60	Som no interior de escritório ou restaurante
50	Restaurante silencioso
40	área residencial, à noite
30	Interior de cinema, sem barulho
10	Respiração humana, à 3m
0	Limite da audibilidade humana.

*NPS – nível de pressão sonora

Fonte: <http://www.areaseg.com/acustica/>

ANEXO IV – PARÂMETROS DE RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE (NR-15)

NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES

ANEXO N.º 1

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: <https://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr-15-anexo-01.pdf>