



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE POLO 48
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

MILLENA LIMA FERREIRA

**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.**

CAMPINA GRANDE - PB

2025

MILLENA LIMA FERREIRA

**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.**

Dissertação apresentada à Coordenação do
Curso de Mestrado Profissional em Ensino de
Física da Universidade Estadual da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestra em Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Física e Sociedade.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Laécia Maria Bertulino de Medeiros.

CAMPINA GRANDE - PB

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

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.

180 f. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2025.

"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

MILLENA LIMA FERREIRA

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

Dissertação apresentada à
Coordenação do Curso de Mestrado
Profissional em Ensino de Física da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Mestra em Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Física e Sociedade.

Aprovada em: 16/05/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Joseclécio Dutra Dantas** (***.261.524-**), em **23/06/2025 17:26:28** com chave **577ed146507011f0a79b1a7cc27eb1f9**.
- **Mirleide Dantas Lopes** (***.278.144-**), em **24/06/2025 09:07:07** com chave **c01a4c0c50f311f087f006adb0a3afce**.
- **Laercia Maria Bertulino de Medeiros** (***.307.094-**), em **23/06/2025 15:49:29** com chave **cb237196506211f0bb9506adb0a3afce**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do
QRCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Folha de Aprovação do Projeto Final

Data da Emissão: 24/06/2025

Código de Autenticação: 8cc381



Aos que me deram força, inspiração e amor, dedico esta realização.

AGRADECIMENTOS

Expresso minha gratidão aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo 48, e, em particular, à minha orientadora, Prof^a. Dra. Laércia Maria Bertulino de Medeiros, pelas valiosas orientações e correções que contribuíram significativamente para o meu desenvolvimento científico e acadêmico.

Agradeço à Universidade Estadual da Paraíba por oferecer oportunidades de aperfeiçoamento profissional para professores do interior do estado por meio deste programa de mestrado. Agradeço também à Sociedade Brasileira de Física pelo investimento em educação e à CAPES pelo apoio e incentivo.

Expresso gratidão à Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Senador Humberto Lucena e seus discentes pelo envolvimento e contribuição significativa para esta investigação.

Agradeço especialmente à minha família, que, apesar das limitações financeiras, sempre valorizou a educação, permitindo-me celebrar esta conquista com minha mãe Bernadete, minhas irmãs, minha sobrinha Alice e a memória do meu pai José. Também expresso gratidão aos amigos Lucivânia e Cláudio pela amizade e apoio, e aos colegas de turma do mestrado pelos conhecimentos compartilhados.

Por fim, expresso profunda gratidão a Deus, pela saúde e proteção constantes, e por guiar pessoas importantes para meu caminho, proporcionando-me apoio, motivação e força para concretizar este projeto.

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

“Nutre-se do amor, da humildade, da esperança, da fé, da confiança. Por isso, só o diálogo comunica. E quando os dois polos do diálogo se ligam assim, com amor, com esperança, com fé no outro, se fazem críticos na busca de algo. Instala-se, então, uma relação de simpatia entre ambos. Só aí há comunicação.” (FREIRE, 2009, p. 115).

RESUMO

O presente estudo desenvolveu um produto educacional para o Ensino Médio, abordando conceitos de som, fisiologia auditiva e poluição sonora, com base na abordagem didática dos Três Momentos Pedagógicos (3MP). O produto compreende uma sequência de ensino, incluindo duas sugestões de roteiros experimentais, aplicáveis dentro e fora da sala de aula, e foi implementado em uma turma de segundo ano do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Senador Humberto Lucena, em Campina Grande-PB. Os dados foram coletados através de atividades em sala e um formulário *online* do Google, e a sequência de ensino foi desenvolvida em dez aulas, com frequência de duas aulas por semana. Esta pesquisa visou conscientizar estudantes sobre os efeitos prejudiciais da poluição sonora na saúde e reduzir a lacuna no estudo do sistema auditivo, promovendo uma interação eficaz entre professor e aluno por meio da dialogicidade entre saberes tradicionais e conhecimento científico. Como resultado, o produto educacional demonstrou ser uma estratégia eficaz no ensino da Ondulatória, especialmente na interação entre onda sonora e ouvido, e indicou potencial para estudos interdisciplinares entre Física e Biologia. A utilização de experimentos interativos, simulações e aplicativos em 3D foi fundamental para aproximar os estudantes de um tema intuitivo, geralmente abordado de forma conteudista e matematizada, contribuindo significativamente para o processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-Chave: acústica; ensino de física; intensidade sonora; poluição sonora; três momentos pedagógicos.

ABSTRACT

This study developed an educational product for high school, addressing concepts of sound, auditory physiology and noise pollution, based on the didactic approach of the Three Pedagogical Moments (3MP). The product comprises a teaching sequence, including two suggested experimental scripts, applicable inside and outside the classroom, and was implemented in a second-year high school class at the Senador Humberto Lucena State Elementary and Middle School, in Campina Grande-PB. Data were collected through classroom activities and an online Google form, and the teaching sequence was developed in ten classes, with a frequency of two classes per week. This research aimed to raise awareness in students about the harmful effects of noise pollution on health and reduce the gap in the study of the auditory system, promoting an effective interaction between teacher and student through dialogicity between traditional knowledge and scientific knowledge. As a result, the educational product proved to be an effective strategy in teaching Wave Physics, especially in the interaction between sound waves and the ear, and indicated potential for interdisciplinary studies between Physics and Biology. The use of interactive experiments, simulations and 3D applications was essential to bring students closer to an intuitive topic, generally approached in a content-based and mathematical way, contributing significantly to the teaching and learning process.

Keywords: acoustics; physics education; sound intensity; noise pollution; three pedagogical moments.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Reflexão sonora: ângulos iguais	27
Figura 2 – Ondas sonoras se curvam com variação de temperatura	28
Figura 3 – Ponte de Tacoma Narrows (1940): destruída por ressonância	29
Figura 4 – Propagação de uma onda eletromagnética	29
Figura 5 – Configuração de uma corda após oscilações verticais provocadas pela mão de uma pessoa	31
Figura 6 – As ondas sonoras são longitudinais, formadas por regiões de compressão e rarefação	33
Figura 7 – A propagação das ondas sonoras forma regiões de compressão e rarefação	33
Figura 8 – Representação esquemática de um objeto submetido a tensão volumétrica	34
Figura 9 – Relação entre a flutuação de pressão $P(x,t)$ e o deslocamento $y(x,t)$	35
Figura 10 – Anatomia do ouvido humano	37
Figura 11 – Uma onda mecânica	38
Figura 12 – Uma onda longitudinal	39
Figura 13 – Onda sonora incidindo em uma superfície	42
Figura 14 – Fontes e intensidades de som comuns	44
Figura 15 – Ilustração do ouvido humano e suas partes principais	46
Figura 16 – Ossículos do ouvido	47
Figura 17 – Ouvido interno – Labirintos ósseo e membranoso	48
Figura 18 – Cóclea	48
Figura 19 – Órgão de Corti	49
Figura 20 – Trajeto do som até o cérebro	51
Figura 21 – Diagrama esquemático da cóclea (desenrolada)	51
Figura 22 – Diagrama esquemático da mácula (receptor sensorial para a aceleração linear e a posição da cabeça)	52
Figura 23 – Movimento da cúpula	52
Figura 24 – Imagem apresentada como estímulo inicial	64
Figura 25 – Ideias inicialmente apresentadas	65
Figura 26 – Perguntas inicialmente formuladas	66
Figura 27 – Tela inicial da simulação 3D (Mozaik Education)	74

Figura 28 – Interação experimental	78
Figura 29 – Recursos e experimento montado	79
Figura 30 – Reportagem sobre poluição sonora em exibição	79
Figura 31 – Apresentação do Sound Meter no computador e sua interface em demonstração no celular	80
Figura 32 – Orientação sobre as medidas de intensidade sonora e apresentação das tabelas de referência	84
Figura 33 – Reconhecimento da poluição sonora como um mal invisível entre os alunos	92
Figura 34 – Análise da evolução das respostas após a intervenção educacional	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Velocidade do som em diversos materiais em grandes volumes	
40	
Quadro 4.1 – 1º momento (PI): problematização inicial	56
Quadro 4.2 – 2º momento (OC): organização do conhecimento	57
Quadro 4.3 – 3º momento (AC): aplicação do conhecimento	59
Quadro 5.1 – Respostas do 1º formulário	68
Quadro 5.2 – Respostas da reaplicação do formulário 1	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Conceitos-chave do formulário inicial	70
Tabela 5.2 – Intensidades sonoras máximas e mínimas registradas	85

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO EM ENSINO E APRENDIZAGEM.....	18
2.1	Contextualização no ensino de física.....	18
2.2	O ensino dialógico e a superação do ensino tradicional em física	20
2.3	Paulo Freire.....	21
2.4	Os três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco	23
3	REFERENCIAL TEÓRICO EM FÍSICA.....	27
3.1	Fundamentos de ondas, fenômenos associados e classificação	27
3.2	Ondas na corda	30
3.3	Som.....	32
3.4	A velocidade do som em fluidos.....	38
3.5	Qualidades do som.....	41
3.6	A intensidade sonora e o seu nível.....	41
3.7	A anatomia do ouvido humano	45
3.8	O processo de percepção auditiva	49
4	PERCURSO METODOLÓGICO	53
4.1	A EEEFM Senador Humberto Lucena e o cenário do ensino de física nas escolas públicas regulares	53
4.2	Sequência de ensino e momentos pedagógicos	55
4.3	Referencial teórico-metodológico.....	62
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	64
5.1	Primeiro momento pedagógico – aulas 1 e 2:.....	64
5.2	Segundo momento pedagógico – aulas 3, 4 e 5:	71
5.3	Terceiro momento pedagógico – aulas 6, 7, 8, 9 e 10:	80
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
	REFERÊNCIAS	96
	APÊNDICE A - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)	100
	APÊNDICE B – RESPOSTAS COLETADAS DURANTE A AULA 2 DO 1º MOMENTO PEDAGÓGICO	102
	APÊNDICE C – PRIMEIRO FORMULÁRIO APLICADO	108
	APÊNDICE D – RESPOSTAS COLETADAS DURANTE AS AULAS 3 E 4 DO 2º MOMENTO PEDAGÓGICO	109
	APÊNDICE E – REGISTROS DAS MEDIDAS DE INTENSIDADE SONORA	114
	APÊNDICE F – ATIVIDADE FINAL	120
	APÊNDICE G – REAPLICAÇÃO DO FORMULÁRIO 1.....	132

APÊNDICE H – PRODUTO EDUCACIONAL	133
ANEXO A – PARÂMETROS DE RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE (NR-15).....	134
ANEXO B – TABELA DE NÍVEIS SONOROS E SEUS EFEITOS	135
ANEXO C – INTENSIDADES SONORAS E SUAS FONTES	136

1 INTRODUÇÃO

O início de cada ano letivo representa um desafio para os professores, que enfrentam turmas diversas e suas respectivas heterogeneidades. Em tempos de questionamento científico, docentes de Ciências, especialmente de Física, frequentemente ouvem dos alunos: “Para que estudar Física?”. Embora ocorram frequentes avanços nas Ciências e Tecnologia, enfrentamos diariamente um desafio significativo na aprendizagem: a falta de motivação e desinteresse dos estudantes, agravados pelo crescente uso de fones de ouvido em sala de aula, inclusive durante avaliações.

O uso de recursos tecnológicos, como fones de ouvido, integra nossa cultura. Muitos utilizam-nos para ouvir música durante exercícios, deslocamentos ou até mesmo para estudar. Na escola, esse hábito cresce, pois o ambiente propicia socialização, troca de experiências e autoconhecimento. Para Grinspun (2007 apud Oliveira, 2013) essa noção de pertencimento é essencial na maturação do jovem e as relações estabelecidas com os amigos são mais igualitárias do que aquelas estabelecidas com os pais, além de envolverem escolhas e comprometimento. Acreditamos que a influência das relações de amizade possa estar relacionada ao uso frequente de fones de ouvido em ambientes escolares.

Esse uso constante de fones de ouvido pode estar associado à falta de concentração, dificuldades de aprendizagem e exposição a altos níveis de ruído, gerando poluição sonora e problemas de saúde, tais como dor de cabeça, hipertensão e perda auditiva. Segundo a otorrinolaringologista Tatiana Alves Monteiro, do Hospital Sírio-Libanês em São Paulo: “Todo e qualquer ruído perturbador ou indesejado que afeta os seres humanos e mesmo a vida selvagem está poluindo o meio ambiente” (Bernardo, 2022).

O ouvido pode suportar, sem danos ao sistema auditivo, sons de até 80 decibéis de maneira contínua. No entanto, recomenda-se não ultrapassar 40 decibéis para garantir segurança auditiva. Adolescentes, por serem usuários constantes, exageram no volume, sem perceber o risco de danos auditivos a longo prazo, incluindo zumbido. Na representação em *decibel*, uma multiplicação na intensidade sonora equivale a uma soma. Quando a intensidade sonora é multiplicada por 2, ou seja, “dobrada”, aproximadamente 3 decibéis são acrescidos ao nível de intensidade sonora (Santos, 2019).

O zumbido é um sinal de alerta precoce para perda auditiva, e o excesso de barulho gerado pelo uso inadequado de dispositivos tecnológicos pode agravar o problema. Em uma reportagem publicada no jornal Folha de Londrina (Pereira Filho, 1999), o médico otorrinolaringologista Dr. Ricardo Borges afirma que a sensação de ouvir ruídos sem que exista

uma fonte no ambiente que gere tal ruído, também conhecido como “zumbido fantasma”, afeta 17% das pessoas no mundo, sendo o terceiro pior problema de saúde, em primeiro e segundo lugar estão a “dor” e a “tontura”, respectivamente.

Conforme a Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15) da Portaria MTB nº 3.214/1978 (Brasil, 2020), o limite de exposição a ruído contínuo é de 85 decibéis por até oito horas diárias. Para cada acréscimo de cinco decibéis, o tempo máximo de exposição é reduzido pela metade.

Apesar da proibição do uso de fones de ouvido em sala de aula estabelecida pelo Regimento Escolar, os alunos continuavam a utilizá-los. Além disso, até o ano passado, o uso de celulares era permitido, mas com a promulgação da Lei nº 15.100/2025 (Brasil, 2025), essa prática foi proibida. A partir de agora, a escola cumprirá rigorosamente a legislação, restringindo o uso de celulares a situações excepcionais, como atividades pedagógicas específicas.

Nesse contexto, o professor desempenha um papel crucial. É essencial que o professor oriente os estudantes a adotarem hábitos saudáveis e a usarem os dispositivos móveis de forma responsável, o que terá um impacto positivo e significativo no desempenho acadêmico e no desenvolvimento de habilidades críticas para o sucesso em seus estudos e carreiras profissionais futuras. A compreensão dos alunos pelos professores requer uma abordagem dialógica, como sugerem Freire e Shor (1986), é preciso que a fala do professor não seja uma fala imponente, que limite a manifestação dos alunos, gerando como reações o silêncio e a sabotagem.

A escola desempenha um papel fundamental na formação de hábitos saudáveis dos alunos, incluindo orientação sobre uso responsável de dispositivos eletrônicos como fones de ouvido. Assim, podemos dizer que, durante a preparação dos estudantes tanto no sentido cognitivo quanto à sua formação do caráter, devemos levá-los a uma reflexão sobre suas atitudes que refletem em seu comportamento, uma vez que a escola tem também uma estrutura sociocultural, como bem colocado por Magalhães (2004 apud Oliveira, 2013).

A análise dos conteúdos curriculares deve considerar a realidade local, permitindo uma conexão entre a experiência vivida pelos estudantes e os conteúdos apresentados nos materiais didáticos e meios de comunicação. Cabe à escola aproximar a comunidade escolar do seu entorno, possibilitando que o conjunto social se torne agente ativo nas ações e decisões locais. Dessa forma, o estudante sai da condição de espectador e assume a sua condição de agente social capaz de articular, problematizar e intervir em sua comunidade pela junção dos saberes científicos e tradicionais (Santos, 2023). Para Freire (1987) é quando os alunos se sentem mais desafiados que tendem a criar novas compreensões de novos desafios que vão surgindo, dessa

forma, os educandos vão sendo problematizados como seres no mundo que buscam responder aos desafios.

Durante muito tempo, na educação básica, a abordagem dos conceitos de som e em especial o estudo da acústica apresentou-se de maneira descontextualizada e com uma linguagem matemática inacessível para a maioria dos educandos. Este cenário foi modificado com as recomendações dos PCN + de Física (Brasil, 1999), que apontam para um ensino interdisciplinar e fortemente ligado às questões da modernidade, bem como ao mundo da informação e da tecnologia, tendo, como um dos Temas Estruturadores, os conteúdos de som, imagem e informação (Carneiro, 2021).

Para Vasconcelos e Brito (2014), a educação problematizadora é aquela capaz de fazer com que o oprimido tome consciência de sua condição e da relevância de se ter consciência disto, ou seja, da importância de ser um cidadão que sabe que já foi inconsciente (alienado) e reconhece as implicações dessa alienação. Entende-se que somente assim será possível a educação de indivíduos capazes de agir criticamente e de fazer uso das informações que o processo educacional lhes dá para transformar efetivamente a realidade em seu próprio benefício.

Considerando a poluição sonora um problema invisível entre os jovens e a educação científica como uma ferramenta essencial para a conscientização, propomos a seguinte questão de pesquisa: Como podemos promover a conscientização sobre os impactos negativos da poluição sonora entre estudantes através do ensino de Física?

O presente estudo visou conscientizar os estudantes sobre os impactos negativos que a poluição sonora traz à saúde, utilizando-se da dialogicidade entre o saber tradicional e o conhecimento científico através do ensino de Física. Para alcançar esse objetivo, foram desenvolvidas atividades focadas em: relacionar altura do som com frequência das ondas sonoras; descrição da anatomia do ouvido humano; compreensão da percepção auditiva; mensuração da intensidade sonora em diferentes ambientes escolares; manuseio de decibelímetros; desenvolvimento de habilidades em trabalho em equipe, pesquisa e análise de dados; aperfeiçoamento de habilidades de escrita, comunicação e apresentação; identificação de fontes de poluição sonora; exposição dos impactos negativos da poluição sonora e conscientização da comunidade escolar sobre a importância da redução da poluição sonora.

Este trabalho objetiva fornecer aos estudantes conhecimentos sobre os efeitos nocivos da poluição sonora na saúde, abordando conceitos fundamentais de som, fisiologia auditiva e poluição sonora. Empregando o aplicativo Sound Meter, desenvolvemos estudos sobre intensidade sonora em salas de aula, propondo uma abordagem educativa sobre poluição sonora

baseada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP), direcionada a alunos do 2º ano do ensino médio.

As leituras realizadas para esta pesquisa revelaram uma lacuna importante na abordagem de questões ambientais no ensino de Física. Apesar dessa temática estar presente na maioria das escolas do país, as ações ainda se mostram muito pontuais. Várias delas ocorrem de modo esporádico e, muitas vezes, por meio de disciplinas isoladas. Diante da existência de tantas lacunas sobre essa temática, nos diferentes níveis de ensino, é importante ampliar o número de pesquisas que priorizem a disseminação da Educação Ambiental (Santos, 2023).

Justifica-se esta pesquisa pelo desenvolvimento do ensino de som nas salas de aula da educação básica, visando mudanças de hábitos que minimizem a poluição sonora, contribuindo para o ensino de Física e a Educação Ambiental.

Esta pesquisa foi estruturada em seis capítulos, sendo o primeiro deles esta Introdução. No Capítulo 2, apresentamos o referencial teórico sobre ensino e aprendizagem, destacando as ideias de Paulo Freire (1921-1997) e Delizoicov e Angotti (1990), que propuseram a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), posteriormente aprofundada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) no contexto do ensino de Ciências, alinhada à abordagem defendida por Freire.

No Capítulo 3, apresentamos o referencial teórico em Física, abordando temas como classificação das ondas, ondas em cordas, propagação do som em fluidos, qualidades fisiológicas do som, intensidade sonora, anatomia do ouvido humano e percepção auditiva.

No Capítulo 4, descrevemos o percurso metodológico desta pesquisa, abordando contexto, sujeitos e referencial teórico-metodológico. Os Capítulos 5 e 6 apresentam, respectivamente, a análise dos resultados e as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO EM ENSINO E APRENDIZAGEM

2.1 Contextualização no ensino de física

A literatura indica que a Física, juntamente com outras Ciências da Natureza, enfrenta resistência entre alunos devido a práticas de ensino consideradas ultrapassadas. O uso de materiais didáticos como vídeos, simuladores e experimentos são recursos vistos pelos alunos como potencializadores de motivação, pois, segundo eles, despertam maior interesse no estudo de Física e Ciências (Fraga, 2021).

Para superar essa barreira, é essencial que professores adotem metodologias inovadoras e dinâmicas. Sabe-se que o desenvolvimento de competências e habilidades ligadas à tecnologia é fator de relevância para combater o desinteresse escolar. Mas há professores engessados a metodologias de ensino ultrapassadas, sem interesse em buscar novas vias para desenvolver as habilidades de seus alunos, isso significa a ausência de dinamicidade na metodologia (Goulart, 2022).

O ato de ensinar revela o quanto o docente é imprescindível, enquanto sujeito imediato dessa relação, uma vez que o seu trabalho organiza o trabalho pedagógico e efetiva suas intencionalidades e finalidades, materializadas na vivência do ato de ensinar e aprender. Sendo assim, é importante estabelecer um exercício de ação, reflexão e ação, em um movimento de avaliar e reorganizar a ação do ensino à medida em que vai potencializando o processo de ensino e aprendizagem no espaço da sala de aula como momento de mobilização e desenvolvimento do gosto pelo conhecimento presente na Física.

Os alunos têm demonstrado desconfiança em relação ao projeto educacional, colocando em dúvida constantemente os saberes acadêmicos. Essa prática é recorrente no ensino das Ciências, em que os alunos distinguem uma Ciência contemporânea e aplicada na realidade, mas desvinculada da Física teórica ensinada na escola. Os professores destacam, com frequência, a falta de interesse e motivação dos alunos como um dos maiores desafios para o processo de aprendizagem. É crescente a percepção difundida entre os professores de que os alunos estão cada vez menos interessados pelos estudos e reconhecendo menos a sua autoridade e, desta forma, a mera transmissão da informação sem a adequada recepção não caracterizaria um eficiente e eficaz processo de ensino-aprendizado (Goulart, 2022).

A sala de aula, caracterizada por uma diversidade de personalidades, requer que o professor atue com sensibilidade, reconhecendo e respeitando cada individualidade para

fomentar uma experiência educativa coletiva e solidária. É fundamental enfatizar o respeito mútuo entre alunos e professores, estimulando a participação ativa de todos os envolvidos no processo educacional, fomentando atividades colaborativas, diálogo e trabalho em grupo, para construir confiança e promover uma experiência de aprendizagem prazerosa e corresponsável.

Uma vez conquistada essa confiança, este espaço, chamado sala de aula, torna-se um ambiente possibilitador do aprendizado, os alunos se sentirão mais instigados e à vontade para participar do processo de ensino e aprendizagem, e o professor, por sua vez, criará uma prática docente que deixará sua ação didático-pedagógica mais criativa ao se sentir motivado e melhorará a sua forma de ensinar. Em Moraes (1988):

[...] É nesse “espaço de ação”, que é a sala de aula, que se desenrolam mais intensamente as articulações e contradições entre o eu e o outro, entre o passado e o futuro, entre a tradição e a revolução, entre a criatividade e o conformismo, entre a fala dialógica e a fala impositora, entre a difusão de ideias entre pessoas e a infusão de ideias sobre as pessoas. [...] (Moraes, 1988, p. 125).

A motivação do aluno é um fator chave no processo educacional, e o educador tem um papel fundamental em sua construção. Segundo Freire (1996), em *Pedagogia da Autonomia*, a interação na sala de aula é um elemento essencial para estimular essa motivação.

[...] Às vezes, mal se imagina o que pode passar a representar na vida de um aluno um simples gesto do professor. O que pode um gesto aparentemente insignificante valer como força formadora ou como contribuição à do educando por si mesmo. Nunca me esqueço, na história já longa de minha memória, de um desses gestos de professor que tive na adolescência remota. [...] Estava sendo, então, um adolescente inseguro, vendo-me como um corpo anguloso e feio, percebendo-me menos capaz do que os outros, fortemente incerto de minhas possibilidades. [...] Qualquer consideração feita por um colega rico da classe já me parecia o chamamento à atenção de minhas fragilidades, de minha insegurança. O professor trouxera de casa os nossos trabalhos escolares [...] Em um certo momento me chama e, olhando ou re-olhando o meu texto, sem dizer palavra, balança a cabeça numa demonstração de respeito e de consideração. O gesto do professor valeu mais do que a própria nota dez que atribuiu à minha redação. O gesto do professor me trazia uma confiança ainda obviamente desconfiada de que era possível trabalhar e produzir. [...] (Freire, 1996, p. 42-43).

A qualificação permanente é essencial para que o professor melhore sua prática de ensino e fortaleça sua identidade docente. A formação continuada permite que o professor reflita sobre estratégias para melhorar suas aulas, profissionalizando-se e desenvolvendo competências essenciais para enfrentar as mudanças nas práticas sociais e educacionais. Vasconcelos (2014) destaca que:

O educador democrático tem a dupla função de caminhar para sua completude como ser humano e como profissional, abrindo espaço para que o aluno também o faça, de modo que, se transformando individualmente, possa, também, fazê-lo coletivamente. A formação permanente do educador é, portanto, uma necessidade pedagógica e uma opção política. O professor tem direito à formação continuada, não apenas quanto a inovações tecnológicas, mas também quanto a sua atualização ampla e constante, que lhe proporcione uma visão cada vez mais ampla e profunda da realidade (Vasconcelos e Brito, 2014, p. 113).

Uma abordagem educacional eficaz combina dinamismo com contextualização, permitindo que os alunos se engajem ativamente. A competência do docente e sua valorização da liberdade de aprender são fundamentais para despertar o interesse dos estudantes. O próximo tópico abordará como a proposta de aula do professor, centrada em interação e motivação, estimula o interesse do aluno pela aprendizagem, efetivando um ensino dialógico.

2.2 O ensino dialógico e a superação do ensino tradicional em física

O modelo educacional tradicional, baseado na transmissão de conhecimento do professor para o aluno, não atende às demandas atuais. É essencial revisar essas práticas para fomentar uma aprendizagem mais interativa e eficaz. Porém, enquanto não forem implementadas melhorias na formação docente, condições de trabalho, distribuição de alunos por sala e priorização da qualidade sobre a quantidade, o ensino ideal de Física permanecerá apenas teórico. Moreira (2013) traz que:

Além da falta e/ou despreparo dos professores, de suas más condições de trabalho, do reduzido número de aulas no Ensino Médio e da progressiva perda de identidade da Física no currículo nesse nível, o ensino da Física estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados. Estamos no século XXI, mas a Física ensinada não passa do século XIX (Moreira, 2013, p. 2).

Diante dessa realidade, é evidente que o modelo tradicional de ensino perdeu eficácia. Nesse contexto, o ensino crítico-dialógico emerge como uma solução viável para superar a não-aprendizagem. Morais (2023) afirma que:

Sob o olhar da educação, o reconhecimento do homem como sujeito de sua realidade pode tornar-se possível, pela metodologia problematizadora, construindo possibilidades de reflexão e ação sobre essa realidade. Dialogar com as necessidades e urgências postas na realidade dos estudantes se torna necessário ao trabalho docente. Nessa construção de relações, entendemos ser a linguagem a primeira instituição cultural do ser humano sendo, por meio dela, que as relações passam a fazer sentido (Morais, 2023, p. 22).

O educador deve valorizar a participação dos alunos no processo de ensino, superando possíveis inseguranças, uma vez que alunos curiosos buscam desafios e o desinteresse surge quando as aulas são percebidas como maçantes ou monótonas. Contudo, para conduzir eficazmente o diálogo em sala de aula e valorizar a fala do aluno, é essencial que o professor reflita sobre sua prática pedagógica e invista em sua formação contínua. Para Freire (1996): “Por isso é que, na formação permanente dos professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática. É pensando criticamente a prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática.” (Freire, 1996, p. 39).

Dessa forma, entende-se que o ensino de Física centrado no aluno, priorizando qualidade sobre quantidade e baseado no diálogo, contribui para uma nova perspectiva do estudante em relação à disciplina.

2.3 Paulo Freire

Paulo Freire foi um filósofo e pedagogo brasileiro que dedicou sua vida à educação popular e à luta pelos direitos humanos. Ele é considerado um dos mais importantes teóricos da educação do século XX. Na juventude, Freire enfrentou dificuldades que ajudaram na construção da sua hombridade e espírito de luta por igualdade de condição. Acreditava que a educação deveria ser um processo libertador, que ajudasse as pessoas a compreenderem o mundo ao seu redor e a tomar decisões por si mesmas.

A concepção implícita de liberdade na definição dialógica de comunicação elaborada por Freire é constitutiva de uma cidadania ativa que equaciona autogoverno com participação política, contrariamente à liberdade negativa do liberalismo clássico. A liberdade não antecede à política, mas se constrói a partir dela. A educação (comunicação) deve ser uma prática da liberdade. Ter voz e manifestá-la publicamente, em igualdade de condições com qualquer outra cidadã ou cidadão é condição necessária ao processo democrático. O sujeito-cidadão constitui o eixo principal da vida pública democrática (Lima, 2021, p. 94-95).

Ele defendia que a educação deveria ser um processo dialógico, no qual alunos e professores compartilham ideias e experiências, fomentando uma aprendizagem mais eficaz. Para Medeiros (2015) as ideias freirianas servem como orientação para o processo de formação docente no que se refere à reflexão crítica da prática pedagógica que implica em saber dialogar

e escutar, que supõe o respeito pelo saber do educando e reconhece a identidade cultural do outro.

Segundo Freire, a educação deve empoderar os alunos como sujeitos críticos, reflexivos e transformadores da realidade social. Como afirma “Conceitos de Educação em Paulo Freire”:

Consciência crítica: caracteriza-se por um anseio na análise de problemas; pelo reconhecimento de que a realidade é mutável e aberta a revisões; e busca de análise dos fatos sem preconceitos, de modo indagador e investigativo. Para a formação de uma consciência crítica, necessita-se de uma educação que valorize a reflexão, que forme um ser crítico, questionador e transformador da sua própria realidade (Vasconcelos e Brito, 2014, p. 62).

É isso que Freire defende desde a denúncia da educação “bancária” que sempre foi acompanhada do anúncio e da defesa de uma educação problematizadora, uma educação da pesquisa e da pergunta (vide por uma pedagogia da pergunta, 1985b) que se opõe à educação e à pedagogia da resposta pronta que, entre outras práticas, castra a curiosidade das crianças, dos jovens e dos adultos (Scocuglia, 2005).

Para Moraes (2023), na relação oprimidos e opressores, dentro de uma perspectiva freiriana, o diálogo não pode se estabelecer, pois há uma diferença profunda de interesses, quando, do contrário, o diálogo verdadeiro estaria vinculado à pronúncia do mundo. Freire destaca a educação libertadora como uma das dinâmicas centrais da dialogicidade da educação, uma vez que se constitui contrária à educação bancária, sendo esta domesticadora, e sempre a serviço da dominação; logo, produz uma falsa visão do homem e do mundo.

Na educação bancária, o conhecimento é transmitido de forma autoritária, sem oportunidade para reflexão crítica ou diálogo entre professor e aluno, o que é incompatível com uma sociedade igualitária. Em Chacon (2023), na medida em que anula o poder criador dos educandos ou o minimiza, estimulando sua ingenuidade, em vez de sua criticidade, essa visão “bancária” satisfaz aos interesses dos(as) opressores(as): para estes, o fundamental não é o desnudamento do mundo, a sua transformação. O seu “humanitarismo”, e não humanismo, está em preservar a situação de que são beneficiários (Chacon, 2023 *apud* Chacon, 2021).

Desse modo, a concepção bancária de educação se opõe à metodologia dialógica freireana, que se fundamenta na investigação temática e no diálogo. Vasconcelos e Brito (2014) destacam que os temas geradores na investigação temática são os temas relativos às aspirações, ao conhecimento empírico e à visão de mundo dos educandos que, captados e estudados pelo educador, tornam-se base para o conteúdo programático da educação dialógica de um grupo

determinado. Abordaremos posteriormente a aplicação da metodologia freiriana na educação científica.

A teoria da aprendizagem de Paulo Freire exerce profunda influência em diversos contextos educacionais, como alfabetização de adultos, educação básica e superior, além de áreas como política, trabalho social e saúde. Segundo Medeiros (2015), hoje, mais que em outras épocas, se exige do educador uma postura alicerçada num processo permanente de reflexão que leve a resultados inovadores no trato da educação. Sem dúvida que, as contribuições de Paulo Freire levam o educador à consciência de si enquanto ser histórico que continuamente se educa num movimento dialético no mundo que o cerca. Não é, pois, por acaso que as ideias freirianas se articulam com os interesses na formação do educador, pois, não se perde de vista o caráter histórico do homem associado sempre à prática social.

Paulo Freire exerceu profunda influência na educação com suas ideias, que se refletem em sequências de ensino que incentivam pensamento crítico, autonomia, diálogo igualitário entre professores e alunos, conscientização sobre questões sociais, políticas e culturais, além da integração interdisciplinar.

2.4 Os três momentos pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco

Em 1975, no Instituto de Física da USP, Demétrio Delizoicov Neto e José André Peres Angotti lideraram discussões sobre uma abordagem de física mais vinculada à realidade dos alunos. A proximidade com a concepção freiriana de educação inspirou-os a adaptá-la ao contexto de educação formal em Ciências. Em Delizoicov Neto (1982):

O assunto é palpitante quando analisado sob os mais variados aspectos; entre eles a própria concepção de educação de Paulo Freire, cuja prática mais intensa tem se verificado em programas de educação de adultos em vários países, bem como a busca de uma inserção da educação formal num contexto concebido a partir da concepção freireana (Delizoicov Neto, 1982, p. 85)

Valendo-se da familiaridade com os ideais freirianos e do convite do governo da recém-independente Guiné-Bissau, na África, Delizoicov e Angotti desenvolveram e coordenaram, em 1979, um projeto intitulado “Formação de Professores de Ciências Naturais” no Centro de Educação Popular Integrada (CEPI), que foi posteriormente aprofundado por Marta Maria Castanho Almeida Pernambuco, em 1984. O projeto foi objeto de estudo nas dissertações de

mestrado de Delizoicov e Angotti, defendidas em 1982, consolidando-os como precursores no ensino de física e educação em ciências. Delizoicov Neto (1982) traz:

No entanto, uma breve exposição das idéias forças contidas nesta concepção de educação será realizada na primeira parte, com o intuito de fornecer elementos para o melhor entendimento da segunda parte, na qual faremos um relato (parcial) da aplicação da concepção freireana no âmbito da educação formal, em escolas do primeiro grau da Guiné-Bissau, onde foi desenvolvido um projeto de ensino de Ciências (Delizoicov Neto, 1982, p.85)

Segundo Delizoicov Neto (1982) o projeto destinava-se à formação de professores e à produção de material didático no contexto da educação formal, para as 5ª e 6ª séries do 1º Grau. Valia-se de alguns aspectos instrucionais, como um exemplo do desenvolvimento de um conteúdo de física a partir do prisma da educação dialógica. Morschheiser, Justina e Leite (2022) destacam que a proposta freiriana pautada pelo Tema Gerador surge da necessidade da elaboração de uma metodologia coerente com o processo de construção do conhecimento e superação da fragmentação do saber. As autoras ainda trazem que essas palavras, ao serem deslocadas do seu contexto atual para outro, onde se encontram os estudantes, poderia promover um ensino mais significativo, ao que se denomina de educação dialógica. Essa dialogicidade fez parte do projeto desenvolvido na Guiné-Bissau, onde a aprendizagem de Ciências Naturais necessitava da utilização de temas geradores, visto que a população que comparecia ao CEPI era majoritariamente rural.

A articulação de temas com conceituação científica e conhecimento prévio dos alunos é um desafio para professores. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) sugerem que a abordagem dos conceitos científicos é ponto de chegada, quer da estruturação do conteúdo programático quer da aprendizagem dos alunos, ficando o ponto de partida com os temas e as situações significativas que originam, de um lado, a seleção e organização do rol de conteúdos, ao serem articulados com a estrutura do conhecimento científico, e, de outro, o início do processo dialógico e problematizador.

A abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) na educação básica confere maior significado aos conteúdos, pois relaciona o ensino de ciências à realidade do aluno e ao contexto socio-temporal. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) destacam que o aluno, como sujeito cognoscitivo, estabelece relações com seu meio físico e social. O ambiente escolar, a sala de aula, seus colegas e professores, mesmo sendo apenas parte do meio em que o aluno está

inserido, devem contribuir para sua formação enquanto sujeito ontológico e epistêmico. No entanto, a localização do aluno, relativamente aos domínios espacial, temporal e cultural, implica o fato de ele estar interagindo com um meio mais amplo do que o escolar e exige que não o consideremos, do ponto de vista da cognição, como uma “tabula rasa” que vai interagir com objetos do conhecimento somente na perspectiva da educação escolar.

Para Moraes (2023) a educação problematizadora tem em seu objetivo final a emancipação do ser humano como compromisso histórico, quando se compromete na criação e transformação autênticas. Na obra *Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos*, Delizoicov, Angotti e Pernambuco destacam uma possibilidade de estabelecer uma dinâmica de atuação docente em sala de aula, que contempla os aspectos da concepção freiriana de educação e a denominam de “momentos pedagógicos”.

O 1º momento é denominado “problematização inicial - PI”, nele são apresentadas 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).

No 2º momento, chamado de “organização do conhecimento - OC”, 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. Para Silva (2023):

Conforme destacado, nota-se a presença do termo “tema”. Ou seja, introduz-se a ideia de que a intenção é que o conhecimento científico está colocado na perspectiva de compreensão da problematização e do tema, e não como um fim em si mesmo. Para desenvolver esse momento, o professor é aconselhado a utilizar como recurso diversas técnicas de ensino, tais como: estudo em grupo, seminários, visitas e excursões (Silva, 2023, p. 48)

Por fim, no 3º momento pedagógico, “aplicação do conhecimento – AC”, é onde 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). Na metodologia desta pesquisa, apresentamos um quadro descritivo das atividades desenvolvidas em cada momento pedagógico do produto educacional proposto.

Diante do exposto, Freire, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) defendem uma concepção educacional centrada no educando como protagonista. Os docentes devem considerar que o processo de aprendizagem envolve múltiplos contextos que afetam o comportamento dos estudantes, independentemente da metodologia e recursos utilizados. Chacon (2023) traz que, com efeito, o principal desafio posto às educadoras e aos educadores que retomam as práticas do “Método Paulo Freire” se efetiva na necessidade de, a partir dos pressupostos e críticas sócio-históricas, pedagógicas e filosóficas que compõem o Método, adaptá-lo, a fim de responder aos desafios político-pedagógicos inerentes a cada realidade histórica e social. A utilização da investigação temática no ensino contribui para melhorar a prática docente, oferecendo uma metodologia flexível adaptável a diferentes contextos, e deve ser disseminada e aplicada nas escolas para combater o ensino bancário, criticado por Freire.

3 REFERENCIAL TEÓRICO EM FÍSICA

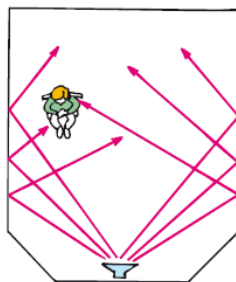
A compreensão da poluição sonora requer conhecimento de conceitos físicos básicos, especialmente da Ondulatória, que será abordada neste capítulo.

3.1 Fundamentos de ondas, fenômenos associados 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). Esta definição é fundamental para o estudo da poluição sonora, pois as ondas sonoras, assim como outras ondas progressivas, transferem energia de um ponto a outro em um meio específico. Quando estamos próximos a fontes sonoras, por exemplo, percebemos a intensidade do som e ela tem relação direta com a energia contida na onda. Esta energia pode ser grande o suficiente para fazer com que as células do nosso ouvido responsáveis por detectar os sons vibrem e essa vibração pode danificá-las de forma definitiva, já que elas não se regeneram com o tempo, diferente de outras células do nosso corpo. Logo, a exposição prolongada a altas intensidades sonoras resulta em danos ao sistema auditivo, devido à alta energia recebida pelas células auditivas. As ondas sonoras são afetadas por alguns fenômenos, destacando-se: reflexão, refração e ressonância, essenciais para o nosso estudo, descritos a seguir:

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).

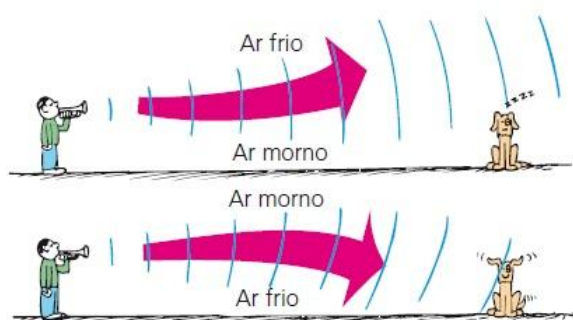
Figura 1 – Reflexão sonora: ângulos iguais



Fonte: Hewitt (2015).

Refração do som: 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 2 – Ondas sonoras se curvam com variação de temperatura



Fonte: Hewitt (2015), com adaptações.

Ressonância: Quando a frequência da vibração forçada de um objeto se iguala à frequência natural dele, ocorre um drástico aumento da amplitude. Esse fenômeno é denominado **ressonância**. Literalmente, *ressonância* significa “ressoar” ou “soar novamente” [...] A ressonância não se restringe ao movimento ondulatório. Ela ocorre sempre que impulsos sucessivos são aplicados sobre um objeto vibrante, em ritmo com sua frequência natural. Em 1831, tropas de cavalaria marchando ao longo de uma ponte para pedestres próxima a Manchester, Inglaterra, inadvertidamente causaram o colapso da ponte quando o ritmo da marcha se igualou à frequência natural da estrutura. Desde então, tornou-se costume ordenar às tropas que “percam o passo” ao atravessar pontes – para que não ocorra ressonância. Um século mais tarde, outro desastre envolvendo uma ponte importante foi causado pela ressonância gerada pelo vento (Hewitt, 2015, p.382).

Figura 3 – Ponte de Tacoma Narrows (1940): destruída por ressonância



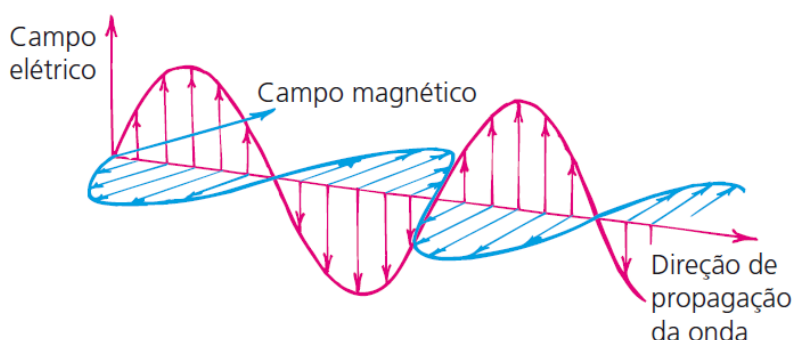
Fonte: Hewitt (2015).

Quanto à natureza, as ondas podem ser: **mecânicas, eletromagnéticas e ondas de matéria.**

A onda mecânica é uma perturbação que se desloca através de um material chamado **meio**, no qual a onda se propaga. À medida que a onda se propaga através do meio, as partículas que o constituem sofrem deslocamentos de diversas espécies, dependendo da natureza da onda (Young e Freedman, 2015). Como exemplos deste tipo de onda, podemos citar: ondas sonoras, ondas em uma corda e ondas produzidas na água.

As ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio material para se propagarem, logo, podem se propagar no vácuo. Constituem um conjunto de dois campos, um elétrico e um magnético, variáveis com o tempo, perpendiculares entre si e à direção de propagação da onda transportando energia através do espaço, como mostra a Figura 4. Podemos citar como exemplos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, micro-ondas, luz visível e raios-X.

Figura 4 – Propagação de uma onda eletromagnética



Fonte: Hewitt (2015).

Em 1924, Louis de Broglie propôs que a matéria teria o comportamento dual, assim como a luz. Segundo ele, para todas as partículas movendo-se livremente pelo espaço, podemos associar algum tipo de onda. Logo, o movimento dessas partículas pode ser entendido como

sendo o movimento dessa onda. Essas ondas de matéria de de Broglie comportam-se exatamente da mesma forma como as outras ondas; elas podem ser refletidas, refratadas, difratadas e causar interferência (Hewitt, 2015). Ele propôs então que, o comprimento de onda dessa onda de matéria seria dado por:

$$\lambda = \frac{h}{p}, \quad (1)$$

onde λ é o comprimento de onda, h é a constante de Planck e p é o momentum da partícula. Por tratar-se de uma onda, também há uma frequência envolvida, dada pela lei de Planck:

$$f = \frac{E}{h}, \quad (2)$$

onde E é a energia da onda.

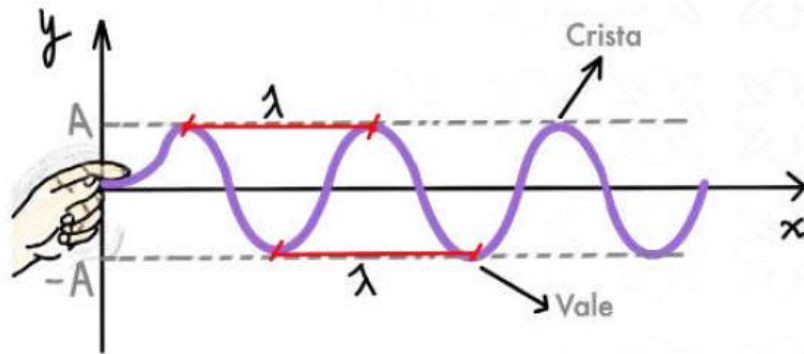
Quanto ao seu modo de vibração, as ondas classificam-se em: **transversais**, **longitudinais** ou **mistas**.

As ondas transversais são ondas em que as vibrações ocorrem perpendicularmente à direção de propagação. Por exemplo, ondas eletromagnéticas e ondas em uma corda (suponha uma corda presa a uma parede e recebe um pulso na extremidade livre da corda para cima e para baixo, ela vibrará na vertical, mas a onda produzida na corda irá se propagar na horizontal). 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 o som se propagando em meios fluidos. As ondas mistas são constituídas de vibrações transversais e longitudinais simultâneas. Um exemplo são as ondas na superfície de líquidos.

3.2 Ondas na corda

Uma determinada porção de matéria pode ser caracterizada pela sua massa, pelo seu volume ou por outra propriedade física ou química. Entretanto, o estudo de uma onda exige um conjunto de variáveis específicas do movimento ondulatório, como visto em Amabis *et al.* (2020). Estas variáveis são bem representadas através das ondas transversais, pois nestas ondas nota-se um certo padrão que culmina em um movimento harmonizado. Estes elementos da onda são o seu **comprimento**, a sua **amplitude**, sua **frequência**, o seu **período** e a sua **velocidade de propagação**. Esquemáticamente, temos:

Figura 5 – Configuração de uma corda após oscilações verticais provocadas pela mão de uma pessoa



Fonte: Soares (2024).

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. De maneira que, estas duas grandezas se relacionam da seguinte forma:

$$f = \frac{1}{T} \quad (3)$$

ou

$$T = \frac{1}{f} . \quad (4)$$

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, como indicado na Figura 5. A **amplitude**, A , é a distância de uma crista ou um vale a posição de repouso da corda (eixo das coordenadas), ver Figura 5, e relaciona-se diretamente com a quantidade de energia transportada.

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

$$v = \frac{\lambda}{T} . \quad (5)$$

Ainda, substituindo a Equação 4 na Equação 5 temos:

$$v = \lambda \cdot f . \quad (6)$$

Para uma onda senoidal, como a curva representada na Figura 5, temos a equação geral:

$$y(x, t) = A \sin(kx \pm \omega t + \phi) , \quad (7)$$

onde k é o número de onda angular e ω a frequência angular, respectivamente definidos por:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (8)$$

e

$$\omega = \frac{2\pi}{T} . \quad (9)$$

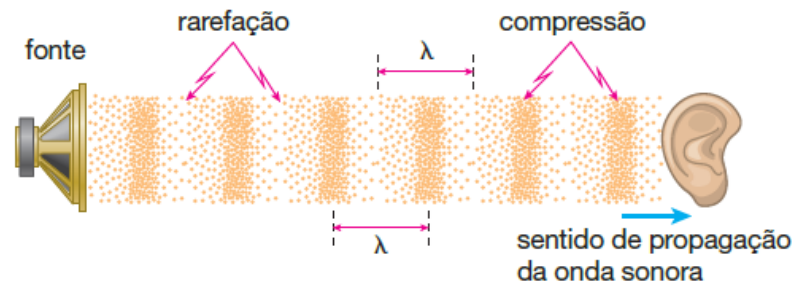
O ângulo representado pelo argumento da função seno é denominado de fase da onda e o parâmetro ϕ é o ângulo de fase. Por sua vez, o sinal de $(\pm)$, na Equação (7), tem a ver com o sentido de propagação da onda.

3.3 Som

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, de acordo com Amabis *et al.* (2020). Porém, o ouvido humano tem limitações e ele só irá captar frequências de vibração que se propaguem pelo ar, no intervalo entre 20 Hz e 20000 Hz (a variar de uma pessoa para outra).

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 6, mostra como se propaga a onda sonora e os períodos de compressão e rarefação gerados pelas vibrações da fonte.

Figura 6 – As ondas sonoras são longitudinais, formadas por regiões de compressão e rarefação



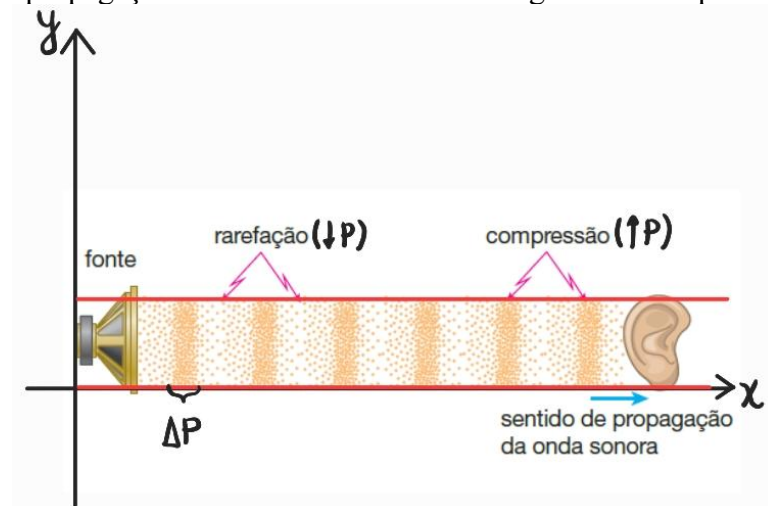
Fonte: Amabis *et al.* (2020).

Portanto, as ondas sonoras são ondas de pressão e podem ser descritas em termos de pequenas variações de pressão em torno de uma pressão média, provando assim que estas pequenas variações se propagam como ondas. Seguindo Young e Freedman (2015), apresentamos as demonstrações.

(a) Ondas sonoras como flutuações de pressão

Considere o sistema de coordenadas cartesianas apresentado na Figura 7, que representa um ambiente cilíndrico contendo ar em seu interior, onde ocorre a propagação de ondas sonoras. Em uma das extremidades do cilindro, há uma fonte sonora que gera ondas sonoras, levando à formação de regiões com aumento e redução de pressão:

Figura 7 – A propagação das ondas sonoras forma regiões de compressão e rarefação



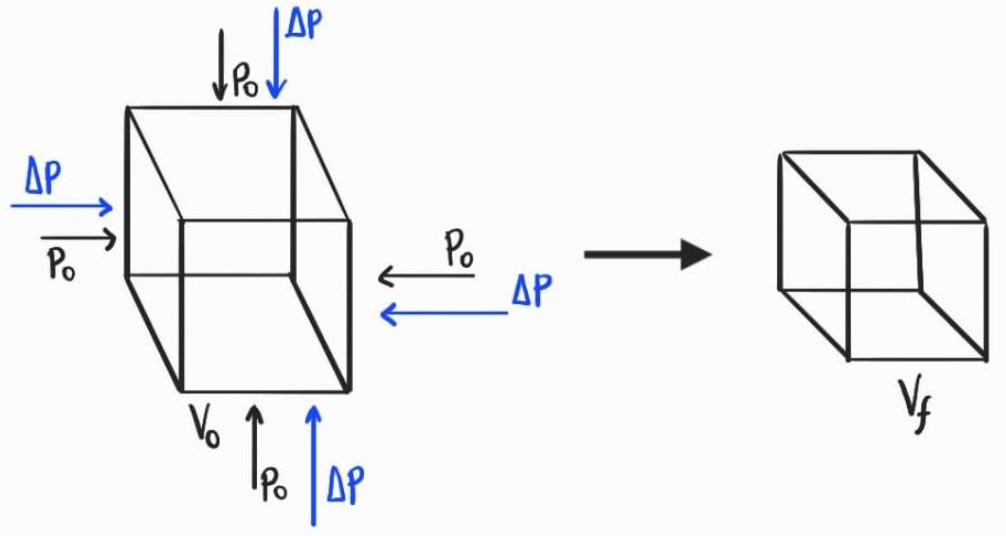
Fonte: Amabis *et al.* (2020), com adaptações.

Onde ΔP é denominada **flutuação de pressão**, uma vez que essa pressão sofre pequenas variações e essa variação corresponde a diferença entre a pressão da onda no meio e a pressão atmosférica. Essa pressão também é chamada de manométrica, que é o excedente da pressão

atmosférica em um determinado meio. A modelagem matemática que permite a análise do comportamento da onda na Figura 7 é: $y(x, t) = A \cdot \cos(kx - \omega t)$.

Para determinar a flutuação de pressão ΔP , é essencial compreender o conceito de compressibilidade. Nesse contexto, vamos considerar um sólido cúbico (Figura 8) imerso em um meio específico:

Figura 8 – Representação esquemática de um objeto submetido a tensão volumétrica.



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Suponha que o cubo (Figura 8) tenha um volume inicial V_0 quando submetido à pressão P_0 do meio. Se houver um aumento na pressão do meio, resultando em um acréscimo de pressão ΔP , o volume do cubo diminuirá para V_f . Nesse contexto, a variação de pressão ΔP aplicada ao cubo é conhecida como tensão volumétrica, e a deformação volumétrica associada é expressa como $\frac{\Delta V}{V_0}$, onde $\Delta V = V_f - V_0$. A pressão desempenha o mesmo papel da tensão em uma deformação volumétrica. A deformação correspondente é a fração da variação do volume, ou seja, a razão entre a variação de volume ΔV e o volume inicial V_0 (Sears; Zemansky, 2008). Portanto, qualquer meio submetido a um aumento de pressão é caracterizado por uma grandeza conhecida como **compressibilidade do meio**, definida como:

$$B = \frac{-\Delta P}{\frac{\Delta V}{V_0}}, \quad (10)$$

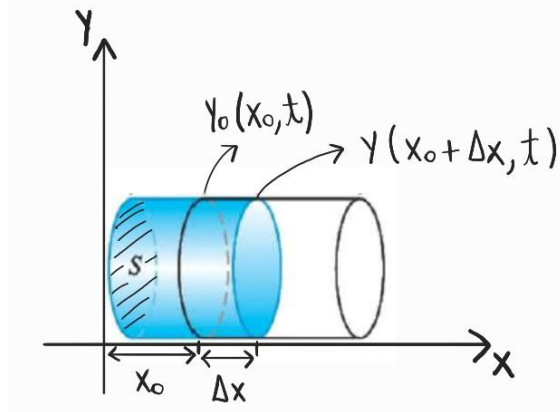
onde ΔP é o aumento de pressão e $\frac{\Delta V}{V_0}$, com $\Delta V = V_f - V_0$, representa a deformação volumétrica. O sinal negativo é necessário porque o volume final é menor que o inicial, resultando em uma

deformação volumétrica negativa, e a literatura convencionalmente apresenta o módulo de compressibilidade do meio (B) como uma constante positiva. Portanto, ao isolar ΔP , obtemos:

$$\Delta P = -B \cdot \frac{\Delta V}{V_0} . \quad (11)$$

Para calcularmos $\frac{\Delta V}{V_0}$, analisaremos a Figura 9:

Figura 9 – Relação entre a flutuação de pressão $P(x, t)$ e o deslocamento $y(x, t)$.



Fonte: Young e Freedman (2015) com adaptações.

Consideremos uma onda sonora se propagando em um meio cilíndrico (Figura 9). Esse meio sofrerá deformações, resultando em regiões internas de maior e menor pressão, delimitadas por uma superfície S . Suponha que a onda sofra um pequeno deslocamento (vibração) na posição x , denotado por Δx , de modo que a nova função de onda seja $y(x_0 + \Delta x, t)$, ainda no instante t , pois o movimento é simultâneo (à medida que a onda se desloca, ocorrem simultaneamente aumentos de pressão em algumas regiões e diminuições em outras). Com base nessa premissa, podemos escrever:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{S \cdot \Delta y}{S \cdot x_0} ,$$

onde V_0 é o volume inicial quando a onda estava na região do deslocamento x_0 (Figura 9), e essa região cilíndrica tem um volume dado pelo produto da área da base S pela altura x_0 . Como a variação de volume ΔV ocorre dentro do mesmo ambiente cilíndrico, ΔV é igual à área da base S multiplicada pela variação da posição da onda Δy . Simplificando o termo S e considerando Δy como uma variação infinitesimal, ao tomar o limite diferencial onde Δy tende a zero, Δy se torna ∂y . Assim, obtemos a expressão:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta y}{x_0} = \frac{\partial y}{\partial x} .$$

Sendo y a função de onda, temos:

$$\frac{\partial}{\partial x} A \cos(kx - \omega t) . \quad (12)$$

Ao resolver a derivada parcial (Equação 12), e considerando que A é uma constante, ela pode ser fatorada fora da derivada, resultando em:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = A \frac{\partial}{\partial x} \cos(kx - \omega t) . \quad (13)$$

Para derivar essa função em relação à variável x , é necessário considerar a variável t como uma constante, uma vez que o argumento da função envolve ambas as variáveis x e t . Considerando t uma constante, fazendo a mudança de variável $z = kx - \omega t$ e derivando z , obtemos: $dz = kdx$. Dessa forma, a função se reduz a $A \frac{\partial}{\partial x} \cos z$, e sua derivada é:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = A \frac{\partial}{\partial x} \cos z \Rightarrow$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} = A \frac{\partial}{\partial x} - \sin z dz .$$

Ao resolver a derivada, observamos que a variável efetiva é z , mas precisamos expressar tudo em termos de x . Considerando a substituição $z = kx - \omega t$, já mencionada anteriormente, e sabendo que $dz = kdx$, podemos reescrever a derivada em função de x como:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = -A \frac{\partial}{\partial x} \sin(kx - \omega t) kdx ,$$

o que resulta na expressão:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = -A \sin(kx - \omega t) k .$$

Ao reorganizar a função, obtemos:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = -A . k . \sin(kx - \omega t) . \quad (14)$$

Com base nisso, retornando à expressão $\Delta P = -B \frac{\partial y}{\partial x}$ e substituindo $\frac{\partial y}{\partial x}$ pela Equação 14, obtemos:

$$\Delta P = -B . -A . k . \sin(kx - \omega t) \Rightarrow$$

$$\Delta P_{(x,t)} = B.A.k.\text{sen}(kx - \omega t), \quad (15)$$

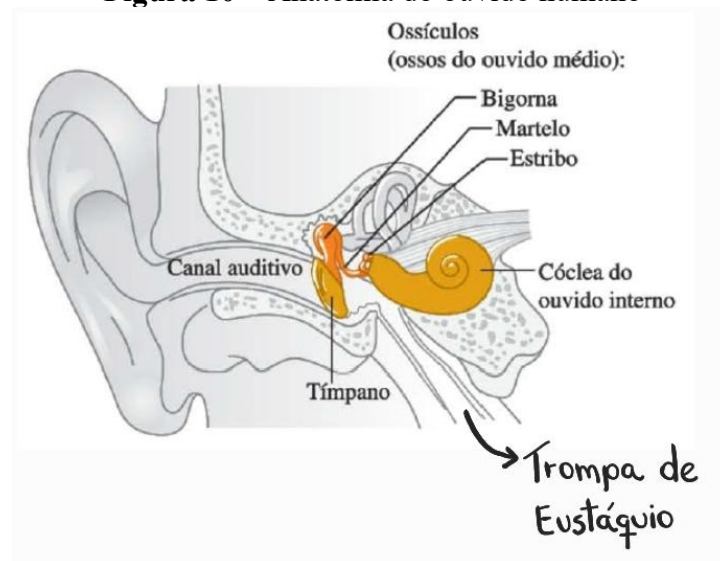
onde $\Delta P_{(x,t)}$ é a flutuação instantânea de pressão que o meio sofre ao ser perturbado por uma onda que se propaga em fluidos, B é uma constante que caracteriza o meio e é denominada módulo de compressão do meio, A é a amplitude da onda, k é uma constante chamada número de onda, ω é a frequência angular da onda, x é a posição que a onda ocupa em diferentes instantes e t é a variável independente tempo. Desse modo, a pressão da onda só varia quando uma das variáveis que aparecem no argumento da função seno muda. Logo, a função seno é responsável pela flutuação da pressão. Considerando a variação da função seno, o valor máximo para ΔP será:

$$\Delta P_{M\acute{A}X} = B.A.k, \quad (16)$$

onde $\Delta P_{M\acute{A}X}$ é a flutuação máxima.

A escuta do ouvido humano depende da flutuação da pressão, logo é importante entendermos como as ondas estão se propagando em termos dessa flutuação. Observe:

Figura 10 – Anatomia do ouvido humano



Fonte: Young e Freedman (2015) com adaptações.

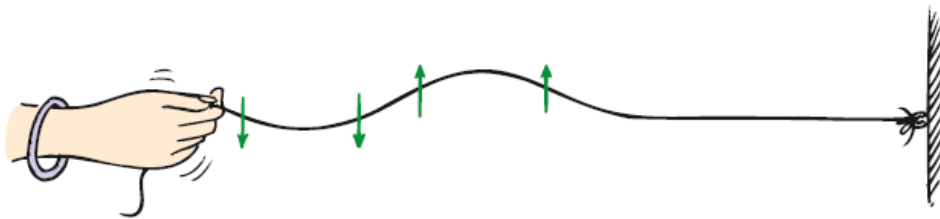
Quando a onda entra pelo ouvido, haverá flutuações de pressão, onde a pressão no canal auditivo será maior que a pressão na Trompa de Eustáquio (tubo auditivo). Essa pequena ΔP faz surgir no tímpano uma diferença de força e ele vibrará. Essa vibração passará pelo martelo, bigorna, estribo e chegará à cóclea onde haverá a transformação dos impulsos elétricos que, ao alcançarem o cérebro, darão a sensação auditiva, o som.

3.4 A velocidade do som em fluidos

O som consiste na propagação de uma onda mecânica longitudinal, caracterizada por uma frente de compressão. Essa onda propaga-se de forma circuncêntrica exclusivamente em meios materiais que possuem massa e elasticidade, abrangendo sólidos (Figura 11), líquidos e gases.

Considere uma onda se propagando em uma corda:

Figura 11 – Uma onda mecânica



Fonte: Hewitt (2015).

Essa onda tem velocidade v , dada por:

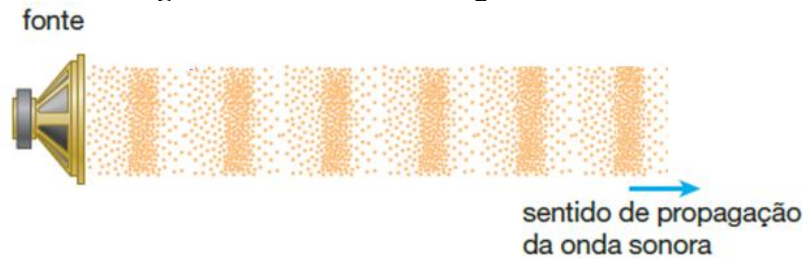
$$v_{\text{onda na corda}} = \sqrt{\frac{F}{\mu}}, \quad (17)$$

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:

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

Deduziremos a velocidade das ondas sonoras em um fluido dentro de um tubo. A voz humana é produzida com base no mesmo princípio; as ondas sonoras se propagam no trato vocal humano, que é basicamente um tubo cheio de ar ligado aos pulmões em uma das extremidades (a laringe), enquanto a outra extremidade (a boca) está em contato com o ar exterior (Young e Freedman, 2015).

Considere uma onda se propagando em um fluido:

Figura 12 – Uma onda longitudinal

Fonte: Amabis *et al.* (2020).

De maneira que, a velocidade dessa onda será: $v = \sqrt{\frac{\text{propriedade elástica}}{\rho}}$, onde ρ é a densidade volumétrica do fluido (propriedade inercial).

Para descobrirmos a propriedade elástica, analisaremos um pequeno pedaço desse fluido e uma partícula que se move nele. Essa partícula se movimenta, pela ação de uma onda que passa por ela. Uma onda pode ser considerada como a oscilação ou a variação da pressão em determinado ponto. Quando a onda se propaga, ela atinge zonas de compressão e rarefação (ver Figura 12).

A propriedade que determina o quanto um elemento de um meio muda de volume, ao ser submetido a uma pressão, é o módulo de elasticidade volumétrica B . Podemos determiná-lo, através de uma analogia com a Lei de Hooke.

Para o caso unidimensional da corda: quanto maiores as forças de deformação, maior a deformação resultante (Lei de Hooke). Em módulo:

$$F = k \cdot x, \quad (18)$$

onde F é a força que uma mola ou outro material elástico exerce quando deformado, k é a constante de elasticidade que indica a rigidez do material elástico, e x é a deformação que representa a distância que a mola é esticada ou comprimida. Dessa forma:

$$T_{\text{CORDA}} = \text{módulo de elasticidade} \times \text{deformação},$$

assim,

$$\text{Módulo de elasticidade} = \frac{\text{Tensão}}{\text{Deformação}}.$$

Para o caso volumétrico, a pressão desempenha o mesmo papel da tensão e a deformação correspondente será a variação relativa do volume:

$$\text{Módulo de elasticidade volumétrico } (B) = \frac{\text{Variação de pressão}}{\text{Variação relativa de volume}},$$

dessa forma,

$$B = -\frac{\Delta P}{\frac{\Delta V}{V}}.$$

Reescrevendo, temos:

$$B = -V \frac{\Delta P}{\Delta V}. \quad (19)$$

Substituindo μ (*densidade linear*) por ρ (*densidade volumétrica*) e F por B na equação da velocidade (Equação 17), obtemos a expressão para a velocidade do som em fluidos:

$$v_{\text{som em fluidos}} = \sqrt{\frac{B}{\rho}}, \quad (20)$$

onde B é a propriedade elástica e ρ a propriedade inercial.

Logo, a velocidade de propagação das ondas sonoras depende do meio onde elas se propagam, como podemos ver no quadro a seguir:

Quadro 3.1 - 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, o som que ouvimos muda suas características dependendo do meio onde se propaga e poderá ou não ser audível, dependendo do valor da frequência com que a fonte vibra. Esta frequência influencia na altura do som, uma das três qualidades fisiológicas, que serão detalhadas a seguir.

3.5 Qualidades do som

Podemos individualizar, para as ondas sonoras, três qualidades relacionadas com a sensação produzida em nosso ouvido e, por isso, denominadas fisiológicas: a **altura**, a **intensidade** e o **timbre**.

O 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.

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. A intensidade será nosso objeto de estudo e a discutiremos a seguir.

3.6 A intensidade sonora e o seu nível

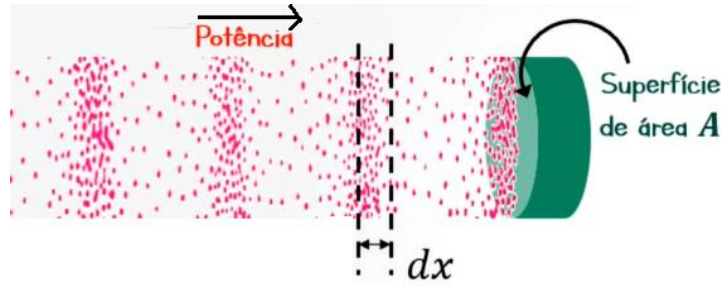
A Intensidade é a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco, também conhecida como volume. As ondas sonoras, assim como outras ondas progressivas, possuem a característica de transferir energia de um ponto a outro em um meio. Essa intensidade I de uma onda sonora em uma superfície 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:

$$I = \frac{P_{\text{potência}}}{A_{\text{área}}}. \quad (21)$$

Assim, no Sistema Internacional, a sua unidade será W/m^2 (watts por metro quadrado).

Suponha a seguinte situação:

Figura 13 – Onda sonora incidindo em uma superfície



Fonte: Soares (2024) com adaptações.

Ao considerar a espessura do elemento de ar infinitesimal, denotada por dx , podemos calcular a energia cinética dK de uma fatia de ar com massa $dm = \rho A_{\text{área}} dx$, onde $A_{\text{área}} dx$ representa o volume dessa fatia. A energia cinética é dada por:

$$dK = \frac{1}{2} dm v_s^2, \quad (22)$$

onde v_s é a velocidade da fatia de ar. Para obter v_s , derivamos parcialmente a expressão $y(x, t) = A \cdot \cos(kx - \omega t)$ em relação ao tempo t , resultando em:

$$v_s = \frac{\partial y}{\partial t} = -\omega A \sin(kx - \omega t). \quad (23)$$

Portanto, a energia cinética pode ser expressa como:

$$dK = \frac{1}{2} \rho A_{\text{área}} [-\omega A \sin(kx - \omega t)]^2 dx,$$

onde dm é substituído por $\rho A_{\text{área}} dx$ e v_s por $-\omega A \sin(kx - \omega t)$. Desenvolvendo essa expressão, obtemos:

$$dK = \frac{1}{2} \rho A_{\text{área}} \omega^2 A^2 \sin^2(kx - \omega t) dx. \quad (24)$$

Ao dividir ambos os lados da Equação 24 por dt , encontramos a taxa com que a energia cinética se propaga com a onda:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{1}{2} \rho A_{\text{área}} \omega^2 A^2 \sin^2(kx - \omega t) \frac{dx}{dt},$$

onde $\frac{dx}{dt}$ é a velocidade da onda. Assim, temos:

$$\frac{dK}{dt} = \frac{1}{2} \rho A_{\text{área}} \omega^2 A^2 v \sin^2(kx - \omega t), \quad (25)$$

onde $\frac{dK}{dt}$ representa a taxa instantânea de transporte de energia cinética.

Além disso, podemos calcular a taxa média de transporte de energia cinética, que corresponde ao valor médio da Equação 25. Nesse cálculo, o termo $\frac{1}{2}\rho A_{\text{área}}\omega^2 A^2 v$ é constante, enquanto sen^2 é a variável. Assim, temos:

$$\left(\frac{dK}{dt}\right)\Big|_{M\acute{E}D} = \frac{1}{2}\rho A_{\text{área}}\omega^2 A^2 v [\text{sen}^2(kx - \omega t)]\Big|_{M\acute{E}D} . \quad (26)$$

Sabendo que $[\text{sen}^2(kx - \omega t)]\Big|_{M\acute{E}D} = \frac{1}{2}$, obtemos:

$$\left(\frac{dK}{dt}\right)\Big|_{M\acute{E}D} = \frac{1}{4}\rho A_{\text{área}}v\omega^2 A^2 , \quad (27)$$

onde ρ representa a densidade, $A_{\text{área}}$ é a área, v é a velocidade da onda, ω é a frequência angular e A é a amplitude de deslocamento.

Devido à conservação da energia, a taxa de transferência de energia potencial é igual à taxa de transferência de energia cinética para ondas mecânicas. Como

$$\left(\frac{dK}{dt}\right)\Big|_{M\acute{E}D} = \frac{1}{4}\rho A_{\text{área}}v\omega^2 A^2 \quad \text{e} \quad \left(\frac{dU}{dt}\right)\Big|_{M\acute{E}D} = \frac{1}{4}\rho A_{\text{área}}v\omega^2 A^2 ,$$

a potência média da onda sonora que se propaga no ar é dada por:

$$P_{M\acute{E}D} = \frac{1}{2}\rho A_{\text{área}}v\omega^2 A^2 . \quad (28)$$

Portanto, a intensidade sonora, definida como

$$I = \frac{P_{\text{potência}}}{A_{\text{área}}} ,$$

pode ser expressa como:

$$I = \frac{\frac{1}{2}\rho A_{\text{área}}v\omega^2 A^2}{A_{\text{área}}} ,$$

o que simplifica para:

$$I = \frac{1}{2}\rho v\omega^2 A^2 , \quad (29)$$

onde ρ é a densidade do meio, v é a velocidade da onda, ω é a frequência angular da onda e A é a amplitude da onda.

No interior do ouvido humano, a amplitude de deslocamento varia entre: $10^{-11} < A < 10^{-5}$, onde 10^{-11} é o som mais baixo que conseguimos ouvir e 10^{-5} o som mais alto que podemos tolerar.

A razão entre a amplitude máxima e mínima, vale $\Delta A = 10^6$. Como a intensidade sonora varia com o quadrado da amplitude, a razão entre as intensidades máxima e mínima que conseguimos ouvir é: $\Delta I \sim (10^6)^2 = 10^{12}$. Isso significa que os seres humanos podem ouvir sons com uma enorme faixa de intensidades.

O nível de intensidade sonora β é definido como:

$$\beta = (10\text{dB}) \log \left(\frac{I}{I_0} \right), \quad (30)$$

onde $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ é uma intensidade de referência e é escolhida por estar próxima ao limite inferior da faixa de audição humana.

Se $I = I_0$, teremos:

$$\beta = (10\text{dB}) \log \left(\frac{I_0}{I_0} \right) = (10\text{dB}) \log (1) = 0. \quad (31)$$

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

Figura 14 – 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 basta que a frequência da onda sonora esteja compreendida entre 20 Hz e 20 kHz para que possamos percebê-la, pois além disso é necessário que haja uma intensidade mínima de energia que faça o tímpano vibrar. Esse valor mínimo varia com a faixa etária, de tal forma que o indivíduo precisa de mais energia para escutar, uma vez que

a tendência com o aumento da idade é ouvir frequências menos altas e que precisem de intensidades maiores. O frequente uso de fones intra-auriculares pela atual geração, desencadeará nesta, danos no aparelho auditivo que podem ser irreversíveis. O estresse causado por esta exposição que requer uma intensidade mínima de energia cada vez maior, também pode inflamar uma estrutura que é a porção auditiva do labirinto, a cóclea. Em Manoussaki *et al.* (2006):

No ouvido, o processamento do som ocorre na membrana basilar da cóclea (MB). Os sons são transmitidos aos fluidos cocleares, que interagem mecanicamente com a membrana, fazendo com que ela vibre na forma de uma onda viajante que se propaga ao longo do comprimento da membrana. Devido à rigidez gradual da MB, a amplitude da onda muda à medida que ela se propaga e é maximizada em função da sua rigidez para uma certa frequência¹ (Manoussaki.; *et al.*, 2006, p. 1, tradução nossa).

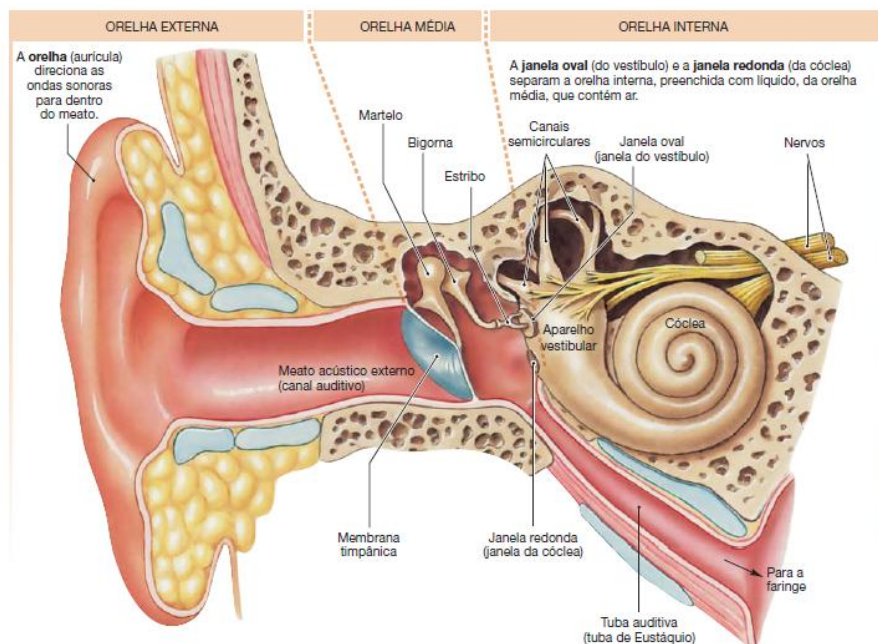
No ouvido humano há outras estruturas como a cadeia ossicular, por exemplo, que em conjunto com a cóclea formam o nosso sistema auditivo, como descrito no próximo tópico.

3.7 A anatomia do ouvido humano

Como citado no final do item 3.3 deste trabalho, 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.

¹ In the ear, sound processing takes place on the cochlea's basilar membrane (BM). Sounds are transmitted to the cochlear fluids, which interact mechanically with the membrane, causing it to vibrate in the form of a traveling wave that propagates along the membrane's length. Because of the BM's graded stiffness, wave amplitude changes as the wave propagates and is maximized at a membrane stiffness characteristic to a certain frequency.

Figura 15 – 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.

É através do canal auditivo que as ondas sonoras são concentradas por reflexões e levadas até o tímpano, já no ouvido médio. O som pode entrar pelo canal auditivo de maneira direta, ou ser refletido pelo pavilhão auditivo, cujo formato é essencial para que ocorram essas reflexões. (Rui e Steffani, 2006, p.38).

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 fato é que o ouvido interno está preenchido completamente por líquidos (a perilinfa e a endolinfa) e não por ar. É necessária uma pressão maior para fazer vibrar um líquido do que para fazer vibrar o ar e são os ossículos os responsáveis por tal amplificação. (Rui e Steffani, 2006, p.40)

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.

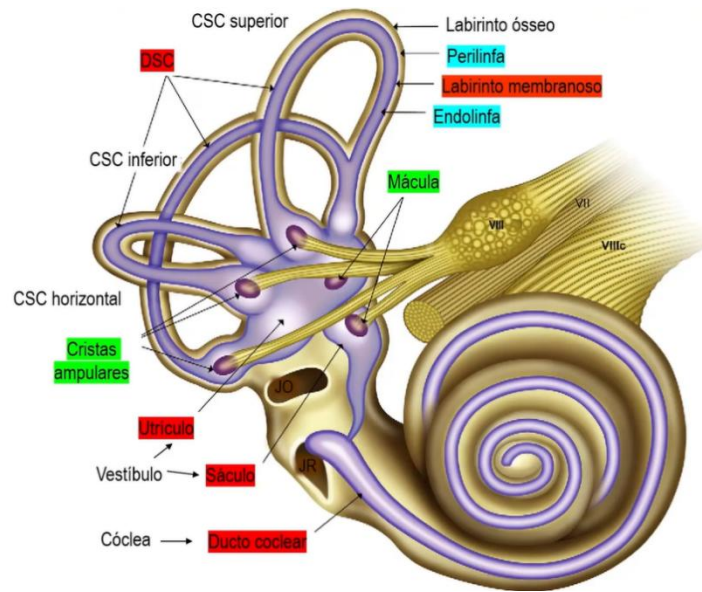
Figura 16 – Ossículos do ouvido



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 17). 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 cerebelo.

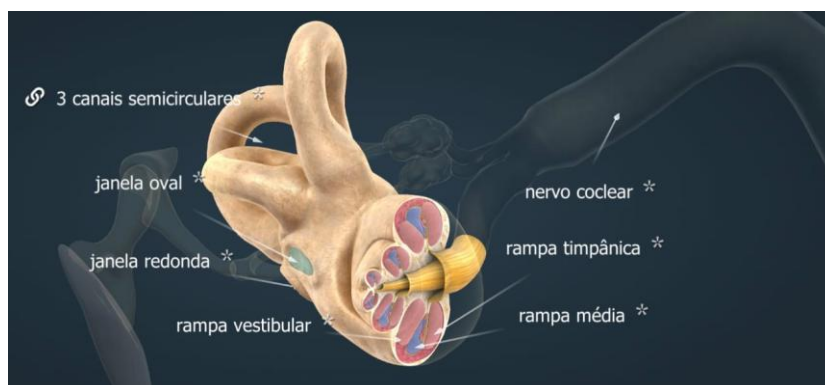
Figura 17 – Ouvido interno – Labirinto ósseo e membranoso



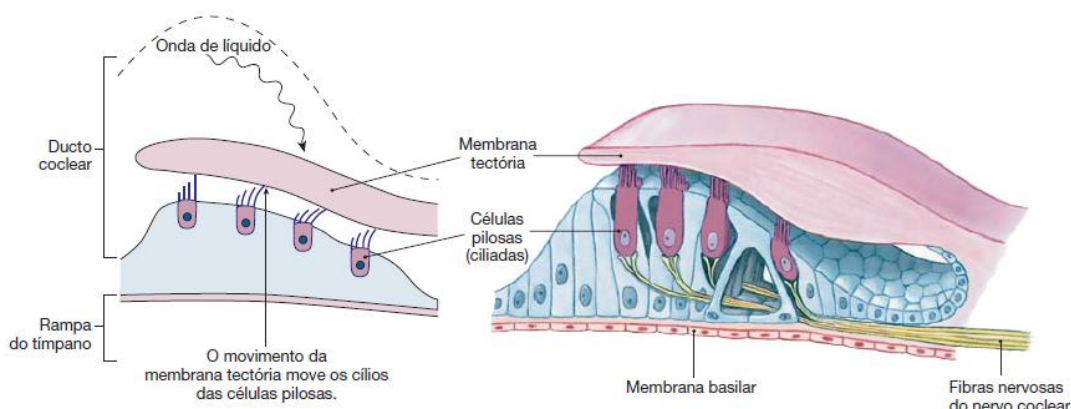
Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=HBRYP7f87rM>.

A cóclea (Figura 18), 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 19), 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 18 – Cóclea



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

Figura 19 – 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.

Outrossim, quando ocorrem grandes variações na pressão atmosférica, a tuba de Eustáquio que liga o ouvido médio à faringe através de uma válvula, que normalmente está fechada, se abre permitindo entrada ou saída de ar. (Rui e Steffani, 2006, p.42)

Como veremos adiante, esse processo complexo permite-nos não apenas ouvir sons, mas também distinguir entre diferentes frequências, intensidades e origens sonoras.

3.8 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 perilinfa, um líquido, vibra junto com os ossículos, movimentando a membrana tectória do órgão de Corti.

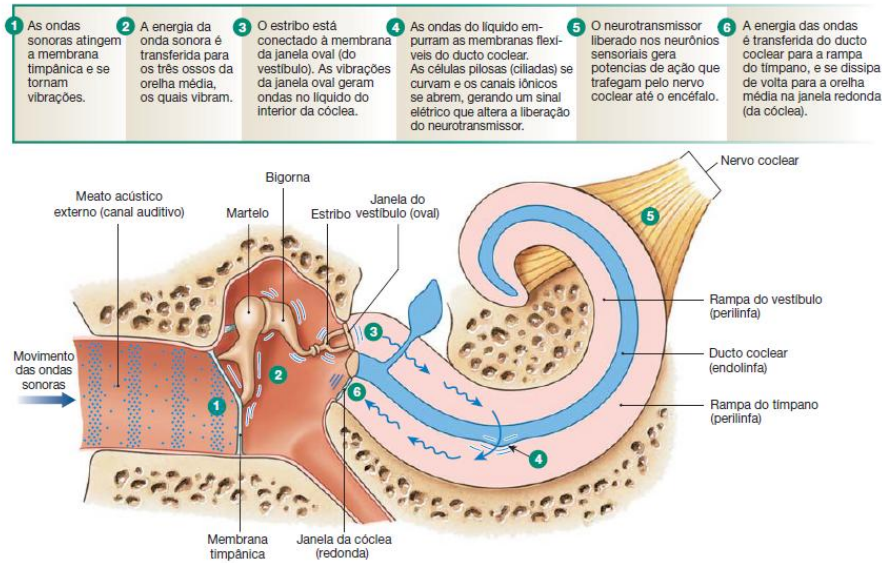
A membrana tectória está em contato direto com células pilosas, estimulando-as a ativarem o nervo auditivo. Dessa forma, a energia mecânica sonora é convertida em sinais

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.

A codificação para o tom do som é primariamente uma função da membrana basilar. Próximo de onde se fixa, entre a janela oval e a janela redonda, essa membrana é rígida e estreita, mas se torna alargada e flexível à medida que se aproxima de sua extremidade distal. Ondas de alta frequência, quando entram na rampa vestibular, criam um deslocamento máximo da porção da membrana basilar próxima à janela oval e, conseqüentemente, não são transmitidas muito longe ao longo da cóclea. As ondas de baixa frequência percorrem toda a membrana basilar e geram seu deslocamento máximo próximo à extremidade distal flexível. (Silverthorn, 2017, p.335).

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.

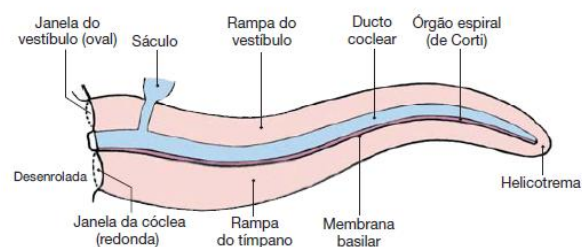
Os movimentos da membrana basilar estimulam os sensíveis órgãos de Corti, que se estendem sobre a membrana, por todo o seu comprimento. A posição da ondulação de maior amplitude na membrana basilar, determinará qual parte do órgão de Corti será ativada, transformando as informações em impulsos elétricos para serem enviados ao encéfalo o, via nervo auditivo. (Rui e Steffani, 2006, p.44)

Figura 20 – 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.

A ressonância está presente no mecanismo da audição. Este fenômeno ocorre entre a onda sonora e as fibras da membrana basilar. Dependendo da frequência do som que chega, somente uma porção dessa membrana será colocada em vibração com maior intensidade. (Pockszevnicki, 2021, p.35)

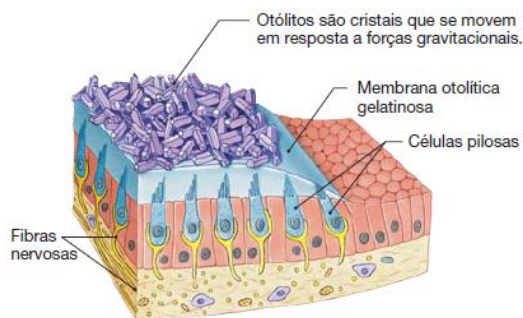
Figura 21 – Diagrama esquemático da cóclea (desenrolada)

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 endolíngua, um líquido que, juntamente com os

cristais de carbonato de cálcio (otólitos), permite a percepção do equilíbrio e direção durante movimentos.

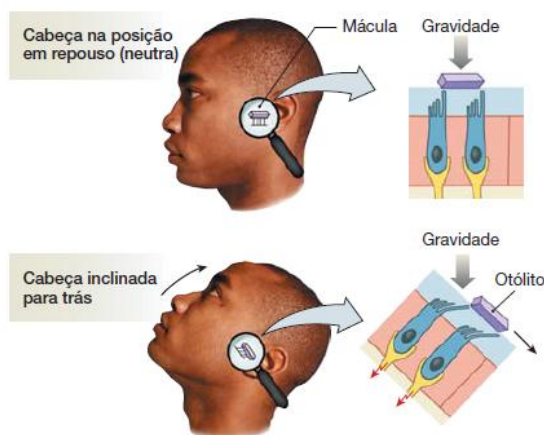
Figura 22 – Diagrama esquemático da mácula (receptor sensorial para a aceleração linear e a posição da cabeça)



Fonte: Silverthorn (2017).

A movimentação dos otólitos, induzida pela movimentação corporal, permite a percepção da direção (Figura 23). Consequentemente, a cúpula se move, estimulando o nervo vestibulo-coclear, essencial para o equilíbrio.

Figura 23 – Movimento da cúpula



Fonte: Silverthorn (2017).

A percepção auditiva é um processo sofisticado que envolve a captação, transmissão e interpretação de sons pelo sistema auditivo. Para entendermos como ocorre essa percepção, descreveremos a seguir, resumidamente, a sequência de ensino que explorará a audição, abordando conceitos-chave deste estudo e os mecanismos fisiológicos envolvidos.

4 PERCURSO METODOLÓGICO

Este capítulo é estruturado em três seções: (i) panorama do ensino de física em escolas públicas regulares; (ii) caracterização da escola onde ocorrerá a intervenção; e (iii) procedimentos metodológicos e referencial teórico-metodológico. Esta pesquisa buscou um suporte metodológico que favoreça o ensino dialógico e a interação entre os sujeitos envolvidos, com vistas à melhoria do ensino de física, especialmente acústica, na rede pública.

4.1 A EEEFM Senador Humberto Lucena e o cenário do ensino de física nas escolas públicas regulares

A educação nas escolas públicas regulares é marcada por uma série de desafios, incluindo o contexto socioeconômico desfavorável dos discentes, a desmotivação docente, a carência de professores qualificados e uma base educacional fraca em leitura, escrita e matemática.

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Senador Humberto Lucena (EEEFM Senador Humberto Lucena) tem como missão, enfatizada em seu Projeto Político-Pedagógico (PPP): contribuir de forma significativa com uma educação de qualidade para os nossos alunos, no intuito de formar cidadãos conscientes de seu papel transformador, para que sejam capazes de construir uma sociedade mais justa, ética, democrática, responsável, inclusiva, sustentável e solidária (EEEFM Senador Humberto Lucena, 2024, p. 5). Desta forma, elaborou o seu PPP, alicerçado nos pressupostos de uma teoria pedagógica crítica, afinada com os interesses da maioria da população escolar, visando concretizar seus objetivos, mediante a efetivação da política educacional proposta pela escola. É uma instituição pública de ensino nas modalidades Fundamental II, Ensino Médio e EJA, sem fins lucrativos, administrada pelo governo do estado da Paraíba e localizada na zona urbana do município de Campina Grande. Para a escola, os princípios norteadores que orientam o processo educacional são: educação de qualidade, gestão democrática e participativa, escola para todos, acesso, permanência e sucesso, respeito à diversidade e incentivo à cidadania.

A EEEFM Senador Humberto Lucena enfrenta uma série de fatores que influenciam seu funcionamento e o desenvolvimento das atividades educacionais, incluindo aspectos positivos, como o bom relacionamento com a comunidade e parcerias com instituições que

visam o bem comum, além de desafios, como a falta de infraestrutura adequada para esportes, laboratórios e a vulnerabilidade à influência de drogas e vandalismo. A maioria dos alunos da instituição reside nos bairros adjacentes, onde há uma significativa dependência dos programas governamentais, como o Bolsa Família. A comunidade escolar em questão enfrenta desafios significativos ao abordar questões socioambientais, diferenças sociais, étnicas e de gênero, o que resulta em violências e obstáculos para o aprendizado, levando a consequências negativas, como evasão, reprovação e baixo desempenho no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), que alcançou 4,1 em 2024.

Diante da complexidade desses desafios, a instituição busca desenvolver projetos interdisciplinares que visem promover a inclusão social, a cidadania e a melhoria da qualidade de vida dos seus educandos e da comunidade escolar, em consonância com os princípios da educação integral e da cidadania ativa. De acordo com Guimarães (2004), a educação ambiental torna os ambientes educativos em ambientes de mobilização de indivíduos com propostas de intervenção sobre a realidade e seus problemas socioambientais, para que seja possível, propiciar um processo educativo que vise o exercício de uma cidadania ativa.

A escola propõe uma abordagem por meio de atividades práticas e motivadoras que contemplem a observação, análise, desenvolvimento de habilidades corporais, culturais e sociais, valorizando as diferenças de cada um e cuidado com o meio, para que todos consigam sair do analfabetismo funcional. Ela acredita ainda que se faz necessária uma proposta de ações que incentivem a melhorar a sua metodologia, o trabalho interdisciplinar em equipe, com o intuito de incentivar o gosto por aprender conhecimentos e o gosto por transmiti-los.

Campina Grande é um município brasileiro do estado da Paraíba. A urbanização do município tem um forte vínculo com suas atividades comerciais desde os primórdios até hoje. Primeiramente, o município foi lugar de repouso para tropeiros, em seguida se formou uma feira de gado e uma grande feira geral (grande destaque no Nordeste). Posteriormente, o município deu um grande salto de desenvolvimento devido às atividades tropeiras e ao crescimento da cultura do algodão, quando Campina Grande chegou a ser a segunda maior produtora de algodão do mundo. Atualmente, o município tem grande destaque no setor de informática e desenvolvimento de softwares. Considerada um dos principais polos industriais da Região Nordeste, foi fundada em 1 de dezembro de 1697, tendo sido elevada à categoria de cidade em 11 de outubro de 1864. De acordo com estimativas do IBGE de 2020, sua população era de 411.807 habitantes, sendo a segunda cidade mais populosa da Paraíba, e sua região metropolitana, formada por dezenove municípios, possui uma população estimada em 638 017

habitantes. É um importante centro universitário, contando com vinte e uma universidades e faculdades, sendo três delas públicas. Também é a cidade com proporcionalmente o maior número de doutores do Brasil, 1 para cada 590 habitantes, seis vezes a média nacional. Além de ensino superior, o município é destaque também em centros de capacitação para o nível médio e técnico.

Apesar de se destacar na área tecnológica e no ensino superior, o cenário é bem diferente no que se refere à educação básica. Escolas sem infraestrutura, salas superlotadas, espaços educativos barulhentos, alunos desmotivados, uma realidade que sempre é “maquiada” a fim de obter bons índices. Considerando a importância da temática, este trabalho visa abordar a intensidade sonora, utilizando uma perspectiva dialógica entre o saber tradicional e o conhecimento científico. Isso será feito por meio de uma sequência de ensino, com o objetivo de contribuir para a melhoria do ensino de Física nas escolas públicas.

A EEEFM Senador Humberto Lucena enfrenta a problemática do crescente uso de fones de ouvido pelos alunos, bem como o alto nível de ruído em grande parte das salas de aula. Como a Ondulatória, em especial a Acústica, é trabalhada no 2º ano do ensino médio, utilizamos conceitos desta área da Física para uma melhor compreensão sobre a poluição sonora. Para alcançar esse objetivo, será desenvolvida uma sequência de ensino que abordará conceitos fundamentais, tais como altura, intensidade, timbre, fontes de poluição sonora e fisiologia auditiva. Além disso, serão empregadas diversas estratégias de ensino, incluindo reportagens, vídeos, experimentos e o uso do smartphone como decibelímetro, por meio do aplicativo *Sound Meter*.

4.2 Sequência de ensino e momentos pedagógicos

A presente sequência de ensino foi aplicada com estudantes do 2º ano do ensino médio, de uma escola pública regular, na cidade de Campina Grande - PB. Previamente ao início do projeto, organizamos uma reunião com os pais e a gestão escolar, na ocasião compartilhamos os objetivos do estudo e detalhamos o envolvimento dos alunos. Durante essa reunião, apresentamos o termo de assentimento livre e esclarecido, conforme estabelecido pela Resolução 466/2012, que pode ser consultado no Apêndice A. Visando proteger a confidencialidade e a privacidade dos dados, os nomes dos participantes serão substituídos por

pseudônimos na análise dos resultados, utilizando a designação “aluno” seguida de um número cardinal.

A disseminação da Educação Ambiental é defendida, entre outros, por Santos (2023). Baseando-se nesse estudo e na abordagem metodológica proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), serão utilizados textos, aplicativo instalado nos celulares dos alunos e vídeos.

A seguir, apresentamos um resumo dos momentos pedagógicos e das atividades propostas em cada um deles. As aulas realizadas durante esta pesquisa tiveram duração de 50 minutos cada e foram consecutivas, com um intervalo escolar entre elas.

Quadro 4.1 – 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 imagem transmite? As respostas dos alunos serão registradas no quadro. Em seguida, serão lidas três 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 três 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.	Promover um debate para identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre a poluição sonora e suas causas.	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	Identificar os impactos da poluição sonora na saúde humana e no meio ambiente	Fontes de poluição sonora. Efeitos da poluição sonora.

	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.		
--	---	--	--

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Quadro 4.2 – 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. 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. Utilizando o PhET, vamos 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>	Identificar e caracterizar as propriedades do som e analisar sua relação com a poluição sonora.	Altura; Intensidade; Timbre; Frequência; Amplitude; Potência.

	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, 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	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	Simulação da propagação do som; Função do tímpano; Função e objetivo do decibelímetro.

	uma explicação detalhada sobre seu uso e funcionalidades.	decibelímetro na avaliação da intensidade sonora. Entender a unidade de medida utilizada para expressar a intensidade sonora, o decibel (dB).	
--	---	--	--

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Quadro 4.3 – 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. As turmas participantes serão selecionadas dentre as do 6º ao 9º ano, 1º ano e o intervalo, com duas turmas visitadas por aula, visando garantir a representatividade e a diversidade de participantes. Os estudantes iniciarão a coleta de dados de intensidade sonora nas salas de aula do 6º e 7º ano, 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 serão realizadas nas salas de aula do 8º e 9º ano, 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 para a sala do 1º ano,	Desenvolver habilidades para	Intensidade sonora.

	posteriormente calculando as médias dos valores obtidos ao retornar à sala de origem.	medir e analisar o nível de ruído em diferentes ambientes.	
9	Inicialmente, será realizada 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 serão realizadas durante o intervalo.	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 (2024).

Com base no referencial teórico que orientou nossa pesquisa, apresentaremos a seguir as etapas das atividades contempladas no produto educacional proposto. Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) destacam que a polissemia do termo conteúdo e seu emprego no cotidiano escolar pode levar à interpretação dicotômica de que o conteúdo do conhecimento universal sistematizado constitui apenas produto dado, sem gênese processual, e que, além do mais, se reduz ao conteúdo veiculado por livros didáticos.

Iniciamos o primeiro momento pedagógico (1º MP) com uma problematização inicial, analisando uma arte utilizada em um protesto contra a poluição sonora. Em seguida, realizamos uma leitura coletiva de três reportagens sobre a poluição sonora em cidades da Paraíba, abrindo espaço para uma discussão sobre a temática e identificando as concepções prévias dos alunos sobre ruído, intensidade sonora e poluição sonora. Durante a segunda aula do 1º MP, foi

realizado o primeiro questionamento por meio de um formulário do Google, intitulado “*A poluição sonora é um mal invisível?*”, que permitiu identificar as concepções iniciais dos alunos sobre a temática e serviu de base para o segundo momento pedagógico, organização do conhecimento.

O segundo momento pedagógico (2º MP) teve como objetivo consolidar os conceitos fundamentais de altura, intensidade, timbre, frequência, amplitude e potência, muitas vezes apresentados de forma matematizada e descontextualizada nos livros didáticos. Durante a terceira aula da sequência de ensino, realizada no âmbito do 2º MP, os alunos foram expostos a um áudio de uma animação do vascak em uma frequência incômoda, com o objetivo de provocar uma reação de desconforto e, conseqüentemente, uma solicitação para reduzir o volume. Em seguida, foi realizado o segundo questionamento: “*A altura do som é o seu volume? Por quê?*”. Esta etapa do estudo envolveu a realização de atividades diversificadas durante as três aulas do 2º MP, incluindo simulações, animações 3D, aulas expositivas, questionamentos com respostas pessoais e pesquisadas na internet, vídeos e dinâmica musical. Os registros das atividades foram realizados em folhas de ofício distribuídas aos grupos e no quadro branco, visando documentar o processo de aprendizagem.

Na última aula do segundo momento pedagógico, foi realizado um experimento que permitiu visualizar o comportamento da onda sonora para cada tipo de som emitido, e os estudantes tiveram a oportunidade de manipulá-lo. Posteriormente, ainda nesta aula, foi exibida uma reportagem sobre a poluição sonora, abordando os limites permitidos e o dispositivo de medição da intensidade sonora, o que serviu como uma transição para o terceiro momento pedagógico, aplicação do conhecimento. Após a apresentação da reportagem, os alunos tiveram acesso ao aplicativo que seria empregado para realizar as medições. Receberam orientações sobre como utilizá-lo e, em seguida, realizaram o download em seus dispositivos.

Durante o terceiro momento pedagógico, compreendido entre as aulas 6 e 10, os alunos realizaram as medições e coleta de dados. Neste período, foram apresentadas tabelas que relacionam níveis sonoros e seus efeitos, bem como a tabela da NR15, que estabelece o tempo máximo de exposição permitido. Essa dinâmica proporcionou o embasamento necessário para a aula 10, na qual foi realizada uma retomada do questionamento inicial e desenvolvidas estratégias para solucionar o problema em questão.

A avaliação final, realizada na aula 10, teve como objetivo avaliar se os estudantes haviam modificado sua compreensão sobre a relação entre altura e volume, além de identificar se estavam cientes dos riscos associados à exposição a ruídos e destacar a importância da

temática ambiental nas aulas de Física. A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002). Nossa relação com o meio ambiente ganha cada vez mais evidência. Para entender os problemas e agir sobre eles, a educação ambiental é extremamente necessária (Santos, 2023).

4.3 Referencial teórico-metodológico

A melhoria no ensino de física está diretamente relacionada à formação continuada do professor, pois é por meio dela que o docente se atualiza sobre as últimas teorias da aprendizagem, desenvolve suas habilidades e práticas em educação, e reflete sobre sua prática pedagógica, visando melhorar o ensino e o aprendizado de seus alunos, em consonância com as necessidades do século XXI. É fundamental compreender os processos de aprendizagem humanos e desenvolver métodos de ensino mais eficazes, com o objetivo de criar ambientes de aprendizagem mais favoráveis. A partir do conhecimento de novas teorias da aprendizagem, o professor poderá alcançar resultados mais significativos.

Diversas teorias da aprendizagem existem, cada uma apresentando uma perspectiva única sobre o processo de aprendizagem humano. Entre as teorias mais relevantes, destacam-se a teoria behaviorista, a teoria cognitiva e a teoria social cognitiva. É fundamental que o docente tenha conhecimento das diferentes teorias, a fim de selecionar a mais apropriada para cada situação de aprendizagem específica. Compreendendo a realidade onde este estudo foi realizado, sentimos curiosidade em saber o que os alunos conheciam sobre os malefícios causados pela poluição sonora. Apoiadas nas ideias da dialogicidade no ensino e na investigação temática de Paulo Freire, optamos por um processo de formação que conscientizasse e transformasse a realidade dos participantes. Foi assim que chegamos aos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco.

Em outros termos: é para problematizá-lo que o professor deve aprender o conhecimento já construído pelo aluno; para aguçar as contradições e localizar as limitações desse conhecimento, quando cotejado com o conhecimento científico, com a finalidade de propiciar um distanciamento crítico do educando, ao se defrontar com o conhecimento que ele já possui, e, ao mesmo tempo, propiciar a alternativa de apreensão do conhecimento científico (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002, p. 199).

Esta pesquisa adotou uma abordagem metodológica quali-quantitativa, combinando técnicas quantitativas e qualitativas para investigar o ambiente sonoro em salas de aula. O pressuposto básico dessa forma de investigação é que a integração dos dados qualitativos e quantitativos gera uma compreensão que vai além das informações fornecidas pelos dados quantitativos ou qualitativos isoladamente (Creswell; Creswell, 2021). Foram realizadas medições da intensidade sonora utilizando um aplicativo instalado nos celulares dos alunos, proporcionando dados numéricos sobre os níveis de ruído. Paralelamente, um formulário foi aplicado para coletar percepções subjetivas dos alunos sobre a poluição sonora. As atividades realizadas em sala de aula também foram observadas e documentadas, permitindo uma compreensão mais aprofundada do contexto em que os dados foram coletados e da influência do ambiente sonoro no processo de ensino-aprendizagem. A integração desses métodos permitiu uma análise abrangente e multifacetada dos dados, proporcionando uma visão detalhada do ambiente sonoro na escola e em seu entorno.

Por envolver estudantes menores de idade, o projeto foi apresentado à direção da escola no dia 19 de setembro de 2024. A escola tinha uma reunião marcada com os responsáveis para o dia 2 de outubro de 2024 e a direção incluiu em pauta a nossa participação para que fizéssemos as explicações e esclarecimentos necessários sobre a pesquisa. Assim, entregamos o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) para que os responsáveis levassem para casa e realizassem a leitura junto ao(a) filho(a). O Termo de Assentimento é um documento elaborado em linguagem acessível para os menores ou para os legalmente incapazes, por meio do qual, após os participantes da pesquisa serem devidamente esclarecidos, explicitarão sua anuência em participar da pesquisa, sem prejuízo do consentimento de seus responsáveis legais (Brasil, 2012).

Os alunos tiveram até o dia 10 de outubro de 2025 para nos entregar o TALE assinado ou não. Para os pais que não estiveram presentes no dia da reunião, contamos com a colaboração da direção da escola, que os convocou na semana anterior à aplicação da intervenção. Nesse momento, a direção explicou sobre como se daria a pesquisa e apresentou o TALE para que eles assinassem, caso concordassem com a participação do(a) filho(a). Nossa comunidade escolar tem um histórico de participação ativa nas reuniões escolares e ações da escola. Somado ao apoio que tivemos da direção, conseguimos uma concordância de 100% dos pais para que os filhos participassem do presente estudo.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A sequência de ensino foi aplicada de 15 de outubro à 12 de novembro de 2024, em uma turma do 2º ano do Ensino Médio, no turno da tarde, em uma escola pública regular de Campina Grande - PB.

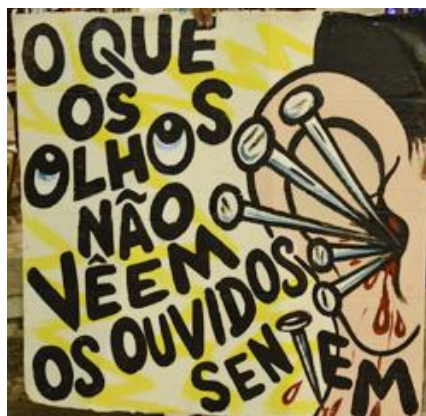
A intervenção foi desafiadora devido à proximidade do fim do ano letivo e ao calendário escolar concorrido. A realidade da comunidade escolar nos obrigou a adaptar e reorganizar algumas etapas planejadas, o que não contradiz a relação horizontal entre professor-aluno preconizada por Freire. A seguir, apresentamos os momentos pedagógicos, atividades desenvolvidas e resultados.

5.1 Primeiro momento pedagógico – aulas 1 e 2:

A primeira aula iniciou-se às 14h30min e deveria terminar às 15h15min. No entanto, devido a uma reunião com professores, encerrou-se às 15h00min. Nessa sessão, 23 dos 29 alunos frequentes estavam presentes.

O objetivo principal da aula foi promover debates e identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre poluição sonora e suas causas. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) por não ser um sujeito neutro, os alunos trazem para a escola e a sala de aula seus conhecimentos prévios ou sua cultura prevalente. Para isso, iniciamos com a análise de uma imagem (Figura 24), criada por um artista plástico baiano e utilizada em protesto contra poluição sonora.

Figura 24 – Imagem apresentada como estímulo inicial

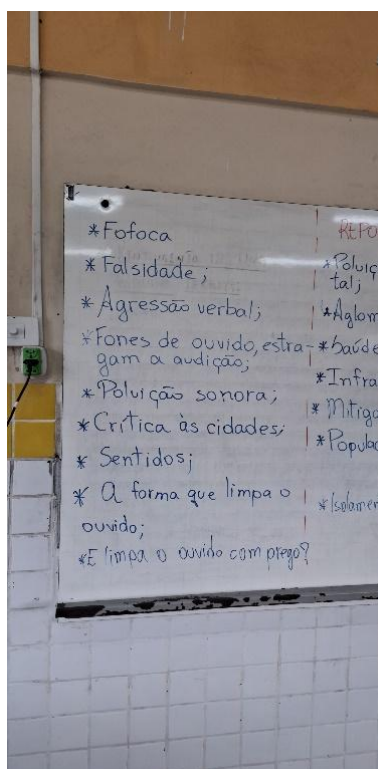


Fonte: <https://www.destaquebahia.com.br/noticias/4077-2015/03/17/poluicao-sonora--atraves-da-arte-robson-trindade-fez-o-seu-protesto>.

Os alunos foram convidados a interpretar a imagem, identificando a mensagem que ela transmitia. As respostas foram registradas no quadro (Figura 25). Inicialmente, os estudantes apresentaram respostas desvinculadas da Física e da poluição sonora.

Após receber respostas desvinculadas da temática, intervimos, questionando se alguma parte da imagem possuía relação com alguma disciplina. Os alunos mencionaram a Biologia, citando o sangue na orelha como referência. Para Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) é a desestruturação das explicações contidas no conhecimento de senso comum dos alunos que se pretende inicialmente, para logo após formular problemas que possam levá-los à compreensão de outro conhecimento, distintamente estruturado. Após uma discussão aprofundada, surgiram respostas relevantes, como: “Fones de ouvido estragam a audição”, “Poluição sonora”, “Crítica às cidades”, “Sentidos” e “Forma que limpa o ouvido”, conforme ilustrado abaixo.

Figura 25 – Ideias inicialmente apresentadas



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Em seguida, realizamos a leitura coletiva de duas das três reportagens sobre poluição sonora na Paraíba, devido à alteração no horário do intervalo. Analisamos detalhadamente apenas a primeira reportagem. Após cada leitura, solicitamos que os alunos compartilhassem o que mais lhes chamou atenção.

As reportagens analisadas foram:

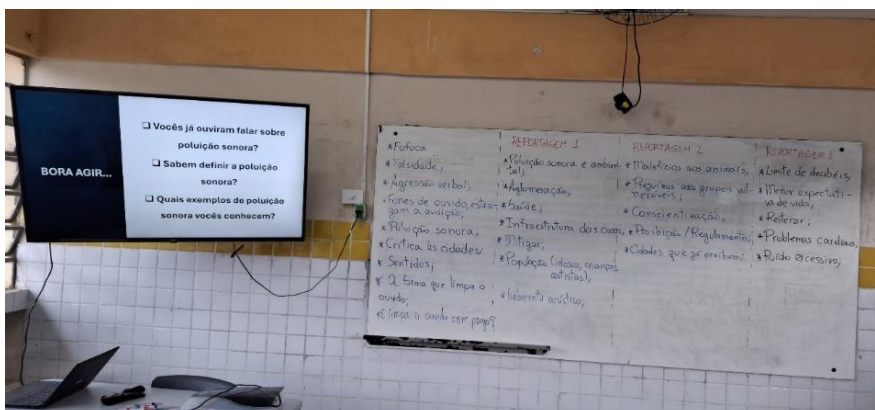
1. Diário do Nordeste (28/09/2023): recomendação do Ministério Público pode cancelar o show de Wesley Safadão na Paraíba. (Azevedo, 2023)
2. Jornal da Paraíba (28/11/2023): orientações do Ministério Público sobre medidas contra fogos de artifício barulhentos. (Jornal da Paraíba, 2023)
3. Diário do Sertão (24/04/2023): alerta de um professor da UFCG sobre o aumento da poluição sonora em Sousa. (Diário do Sertão, 2023)

A leitura coletiva das reportagens objetivou promover discussões sobre a problemática da poluição sonora. Apesar dos desafios iniciais, como desatenção e reserva em expressar opiniões, observou-se aumento significativo na participação dos alunos ao longo da aula. Realizamos a leitura coletiva da Reportagem 1, e os alunos destacaram as seguintes palavras: “Poluição sonora e ambiental”, “Aglomeração”, “Saúde”, “Infraestrutura das casas”, “Mitigar”, “População (idosos, crianças e autistas)” e “Isolamento acústico”.

Após o intervalo, a aula foi retomada até às 16h20. Inicialmente, os alunos identificaram e destacaram termos relevantes da Reportagem 2, quais sejam: “Malefícios aos animais”, “Prejuízos aos grupos vulneráveis”, “Conscientização”, “Proibição/Regulamento” e “Cidades que já proíbem”. Na terceira reportagem, os destaques foram: “Limite de decibéis”, “Menor expectativa de vida”, “Reiterar”, “Problemas cardíacos” e “Ruído excessivo”.

Após a leitura das três reportagens, a turma foi dividida em seis grupos. Cada grupo recebeu uma folha de ofício para registrar as respostas (Apêndice B) e sem pesquisa online. Devido à configuração da sala, optamos por dispor as mesas frente a frente, fomentando interação e discussão. Três perguntas foram propostas (Figura 26): 1. Vocês já ouviram falar sobre poluição sonora? , 2. Sabem definir poluição sonora? e 3. Quais exemplos de poluição sonora vocês conhecem?

Figura 26 – Perguntas inicialmente formuladas



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

A análise das respostas dos grupos evidencia que a abordagem metodológica adotada, envolvendo discussão de imagem e leitura de reportagens, foi eficaz em promover uma compreensão mais profunda da problemática da poluição sonora. Os resultados indicam que todos os grupos associaram a poluição sonora ao ruído, enquanto cinco grupos a consideraram um problema social. Para garantir a autenticidade, as respostas dos alunos são apresentadas abaixo, sem modificação ou correção:

“Sim, poluição sonora são barulhos que incomodam a sociedade, interferindo na saúde dos cidadãos e grupos vulneráveis, como, crianças autistas, idosos, crianças e animais. Os exemplos são: outdoor, buzinas, caixas de som, carros de som, etc...”.
(Grupo 1)

“Sim, já ouvimos falar pelo fato da poluição sonora ser muito presente no nosso dia-dia e já ter se tornado algo comum e rotineiro. Poluição sonora se define em uma junção de sons específicos presentes no cotidiano, como ruídos, sons no trânsito, música alta em bares ou festas e gritaria em parques de diversões.

Estes eventos citados acima são apenas alguns exemplos de poluição sonora, e todos esses eventos juntos se tornam incômodos para a sociedade, principalmente a crianças autistas (ou autistas adultos também!), idosos e animais.”. (Grupo 2)

Observa-se que o Grupo 3 apresentou uma abordagem notável, destacando os efeitos adversos da poluição sonora na saúde.

“Já, é um conjunto de ruídos ao qual prejudica o ecossistema urbano e os seus cidadãos em uma definição mais clara pode ser definido como um barulho, eventos, ou ambiente fechado ou público que afeta os moradores de uma determinado ambiente. exemplos: motos, carros, festas, eventos, construções, fogos de artifícios e etc. Problemas que trazem a saúde: ansiedade, estresse, problemas cardiovascular, danificação dos ouvidos e etc.”. (Grupo 3)

“Sim, a poluição sonora são barulhos que podem interferir na sociedade de uma formam ruim, podendo causar danos a toda população por causa de ruídos excessivos. Exemplos: fogos de artifício, festas.”. (Grupo 4)

“Sim.

Sim. É um ambiente que causa prejuízos a saúde e ao bem estar da população.

Carreata, construções civis, show em lugares públicos, festas de ruas,...”. (Grupo 5)

“Com base nun nosso conhecimento sobre poluição sonora, ela ocorre quando á com excesso de ruindo que afetar a sua saúde mental. Temos como exemplo, shoz em locais muitos próximo a moradia, escola em locais de trabalho, por conta do som exagerado em locais inapropriado, trazendo desconforto o moradores em animais que habitam nas proximidades.”. (Grupo 6)

Em seguida, formulamos a pergunta "A poluição sonora é um mal invisível?" via formulário do Google (Apêndice C). Todos os alunos presentes responderam, sem recurso à internet. O link foi compartilhado no grupo de WhatsApp da turma, com um prazo determinado para resposta. Para assegurar a inclusão, fornecemos acesso à internet para alguns alunos. Aqueles sem dispositivos móveis receberam suporte para responder e o quadro abaixo ilustra as respostas coletadas.

Quadro 5.1 – Respostas do primeiro formulário

ALUNO	A POLUIÇÃO SONORA É UM MAL INVISÍVEL?
Aluno 1	Sim, a poluição sonora é um mal invisível, com efeitos na saúde e qualidade de vida que não são facilmente percebidos.
Aluno 2	Não, o próprio som não é visível, porém o causador de tal poluição é visível, temos como exemplos: veículos, construções, festas e demais. Tal poluição não é visível, não ela por conta própria como já dito.
Aluno 3	Sim, pois ondas sonoras são tecnicamente incríveis e fazem mal pra a saúde de crianças, idosos, animais etc.
Aluno 4	Sim. Porque prejudica a audição e a mentalidade
Aluno 5	A olho no sim, em seus efeitos não
Aluno 6	Não, pois é um tipo de poluição que nós escutamos, vemos etc
Aluno 7	É sim, pois não pode ser visto, assim como na figura mostrada pela professora no dia de hoje, o que o olhos não veem os ouvidos sentem, o som pode incomodar através da audição e não dá visão
Aluno 8	Sim, porque ela é uma poluição invisível pra nós, mais prejudica os ouvidos
Aluno 9	É invisível aos olhos, pois o som é uma onda em sentido de vibração, porém possuímos a capacidade de sentirmos o som, por meio dos tímpanos. O que torna, o som, ao ver, sim visível, porque temos a capacidade de captá-lo. E prova disso, é o excesso do som, as shows, veículos, etc.
Aluno 10	Sim, pelo fato de não ser um problema que podemos ver aos olhos, mas, que ao decorrer do tempo essa poluição nos desagrada com doenças que "não sabemos a causa" como dores de ouvido, ansiedade, crise de pânico, ou até mais além, como

	problemas cardíacos. Esse tipo de poluição ainda não é uma pauta levantada em debates ou em congressos e que pode se agravar ao decorrer dos anos.
Aluno 11	Sim, pq vai fazendo um mal inteiro para a sociedade, prejudicando o ouvido e mentalidade de todos 👍
Aluno 12	A poluição sonora é um perigo invisível. Não pode ser visto, mas está presente, tanto na terra como no fundo do mar
Aluno 13	Não, pois é algo que podemos evitar e são causadas por nós mesmos
Aluno 14	Sim, porque é um mal invisível que não conseguimos ver mas conseguimos sentir.
Aluno 15	Sim, pois ondas sonoras são invisíveis, e muitas vezes escuta-se um barulho distante de algum paredão por exemplo que o vento levou e nem sabemos de onde veio
Aluno 16	Sim, pois é causado pelo excesso de som, algo que não podemos ver
Aluno 17	Sim, pois a poluição é algo que é causado por ruídos, que afeta o ar, causando o barulho.
Aluno 18	sim, a poluição sonora é frequentemente chamada de "mal invisível" porque, ao contrário de outras formas de poluição, como a poluição do ar ou da água, ela não é vista, mas seus efeitos são profundamente sentidos. o ruído excessivo e constante pode causar estresse, problemas de sono, perda auditiva e até doenças cardiovasculares, mesmo que muitas vezes as pessoas não percebam o impacto imediato. além disso, a exposição prolongada pode comprometer a qualidade de vida nas cidades, afetando tanto a saúde física quanto mental.
Aluno 19	Sim, pois nós não enxergamos mas sentimos com os nossos ouvidos, O poluição sonora pode causar estresse, ansiedade, problemas auditivo e cardiovascular, insônia e entre outros problemas que pode causar.
Aluno 20	Sim, pois é algo que os olhos não vêem, mas o ouvido sente.
Aluno 21	Sim, pois não vemos! Apenas ouvimos. Faz mal, pois, pode prejudicar um grupo vulnerável e muitas vezes não tem conscientização à população
Aluno 22	Sim, porque o que os olhos não vê os ouvidos sente
Aluno 23	Sim, pois não dá pra ver, mas dá pra sentir

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Dos 23 alunos, três (alunos 2, 6 e 13) consideram que a poluição sonora não é um mal invisível. O aluno 2 reconheceu algumas fontes de poluição sonora. Já os alunos 6 e 13 forneceram respostas vagas, demonstrando falta de compreensão sobre o tema. É importante notar que esses dois alunos não participaram ativamente das discussões iniciais e só começaram a se envolver quando iniciamos as medições de intensidade sonora.

Entre as 23 respostas, 20 foram afirmativas. Dessas, dez (alunos 1, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 15, 16 e 17) não apresentaram clareza na explicação, provavelmente devido à falta de participação nas primeiras aulas. Outras quatro respostas (alunos 14, 20, 22 e 23) foram consideradas superficiais. Classificamos como falta de clareza as respostas que mencionaram efeitos ou fontes de poluição sonora sem detalhes, e como respostas rasas, aquelas que foram reproduções simplistas da mensagem da imagem inicial. A análise dessas 20 respostas revelou:

- Efeitos da poluição sonora: 7 menções
- Grupos vulneráveis: 2 menções
- Referência à figura inicial: 1
- Vibração e tímpano: 1
- Fontes sonoras: 2
- Ruído: 1
- Tempo de exposição: 1
- Conscientização: 1

De modo que, a verificação das 23 respostas totais permitiu identificar esses conceitos-chave:

Tabela 5.1 – Conceitos-chave do formulário inicial

Efeitos	Grupos vulneráveis	Vibração/ Tímpano	Fontes	Ruído	Tempo de exposição	Conscientização
7 vezes	2 vezes	1 vez	3 vezes	1 vez	1 vez	1 vez

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Durante as aulas, os alunos receberam orientações sobre o tempo disponível para cada atividade, a fim de evitar demoras excessivas. A última aula deste momento pedagógico foi encerrada com uma pesquisa em grupo sobre fontes de poluição sonora e seus efeitos nocivos, realizada em determinado intervalo de tempo. No entanto, devido à dificuldade de alguns

grupos em resumir as informações e ao intervalo escolar prolongado, não foi possível realizar a socialização das respostas nos cinco minutos finais. Os registros dos alunos foram feitos em folhas de ofício e constam no Apêndice B deste trabalho. Para adaptar ao tempo perdido, precisamos ajustar o cronograma, pois os minutos extras no intervalo afetaram o plano original.

5.2 Segundo momento pedagógico – aulas 3, 4 e 5:

A terceira aula da intervenção ocorreu em 22/10/2024, com uma taxa de comparecimento reduzida (16 alunos), em virtude da cessão da instituição à Justiça Eleitoral. Na aula em questão, estavam presentes representantes de cinco grupos (1, 2, 3, 4 e 6) que participaram do 1º Momento Pedagógico, porém o Grupo 5 não compareceu. Apenas uma aluna do Grupo 2 participou do 2º Momento, mas conseguiu realizar a atividade sem dificuldades, graças ao acompanhamento das aulas anteriores e os alunos que faltaram ao 1º MP foram alocados em grupos.

A aula iniciou com uma simulação sonora do vascak² em 2164Hz, visando demonstrar o desconforto causado pela poluição sonora. Após alguns minutos, os alunos começaram a se queixar e pausamos o áudio. Em seguida, pedimos que se formassem os mesmos grupos da aula anterior. Sem exibir imagens na TV, apenas o áudio foi reproduzido por meio de caixas de som. Esperávamos que algum aluno pedisse para baixar o volume, o que nos permitiria lançar a pergunta inicial. No entanto, a maioria tapou as orelhas, levando-nos a perguntar: "Por que vocês taparam as orelhas?" e "O que acharam desse som?". Todas as respostas foram unânimes em afirmar: *Abafar o barulho, perturbador e agudo*.

Posteriormente, propusemos a questão: "A altura do som é o seu volume? Por quê?". Os grupos registraram suas respostas em folhas distribuídas (Apêndice D), sem recurso à internet e dentro do prazo estabelecido. As respostas obtidas foram:

"Dependendo do volume do som pode alcançar distâncias com ondas que incomoda quem recebe e teoricamente sim, o som é o volume, o volume é a intensidade dele."
(Grupo 1)

"Altura está relacionado a frequência, enquanto o volume está relacionado a amplitude. Ambos fazem parte do som, mas são coisas distintas." (Grupo 2)

² Disponível em https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=kv_zvuk&l=pt Acesso em 22/10/2024.

“Altura é a frequência volume é os Hertz que estão sendo emitidos, logo a altura não é volume.”. (Grupo 3)

“Sim, pois a altura do som depende do seu volume.”. (Grupo 4)

“Sim, pois apartir do momento que ela incomoda ela passa a ser da forma que eu me sentir melhor. o mesmo deveria acontecer se trocasse os lugares.”. (Grupo 6)

A análise das respostas revela que os Grupos 1 e 6 associaram o desconforto sonoro à distância da fonte, embora apenas o Grupo 6 tenha afirmado claramente que a altura é sinônimo de volume. Já os Grupos 2 e 3 relacionaram corretamente altura com frequência, sendo que o Grupo 2 também associou volume à amplitude e a resposta do Grupo 4 demonstrou uma compreensão limitada, afirmando uma relação unilateral entre altura e volume. Destacamos que, na aula em questão, o Grupo 1, apesar de participativo, foi representado por dois alunos historicamente menos atentos e participativos. Já o Grupo 2 contou com uma aluna ativa e engajada. O Grupo 3 apresentou quase todos os seus representantes e demonstrou participação ativa. Por outro lado, os Grupos 4 e 6 mostraram baixa atenção e participação. Chamou nossa atenção a resposta precisa dos Grupos 2 e 3, composto por alunos historicamente participativos. A representante do Grupo 2, proveniente da rede privada, demonstrou familiaridade com conceitos de ondulatória. Ademais, o Grupo 3 conta com um membro com conhecimento em acústica e música, o que contribuiu para o sucesso de sua resposta.

Considerando a heterogeneidade da turma, com alunos com e sem conhecimento prévio em ondulatória, tornou-se necessário apresentar uma introdução sobre os elementos constituintes das ondas e conceitos fundamentais como frequência. Apresentamos uma demonstração interativa, compartilhando a tela do computador e ilustrando a gênese do estímulo sonoro inicial (simulação do vascak³), com variações controladas na frequência. Os alunos observaram que, após um determinado valor, o som se tornava inaudível, o que nos levou a discutir as frequências audíveis (entre 20 Hz e 20.000 Hz). Além disso, analisamos o comportamento da onda no gráfico. Também realizamos uma simulação no PhET⁴, variando inicialmente a frequência com amplitude constante e, posteriormente, manipulando ambas as grandezas. Em seguida, formulamos a pergunta "O que percebemos no áudio?" e a maioria dos alunos respondeu que o aumento da amplitude diminuía o volume. Ao questionarmos sobre as alterações no gráfico, as respostas foram: *as ondas ficam mais evidentes ao aumentar a*

³ Disponível em https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=kv_zvuk&l=pt Acesso em 22/10/2024.

⁴ Disponível em https://phet.colorado.edu/sims/html/sound-waves/latest/sound-waves_all.html Acesso em 22/10/2024.

amplitude; a amplitude constante e variando a frequência, a dissipação (comprimento) da onda varia; aumentando a amplitude e diminuindo a frequência, as ondas “sumiram” mas ainda existem.

Nos dez minutos subsequentes, apresentamos uma aula expositiva sobre as qualidades fisiológicas do som, definindo-o e explorando suas propriedades e duração. Em seguida, os alunos responderam à pergunta (Apêndice D): "Como a intensidade e duração do som contribuem para a poluição sonora?" em folhas de registro. Para superar dificuldades iniciais com o conceito de duração, utilizamos o exemplo do áudio inicial. Como resultado, obtivemos as seguintes respostas:

“A presença desse som perturbador causa irritação e dor de cabeça, assim sendo uma poluição sonora.”. (Grupo 1)

“São fatores cruciais que contribuem para a poluição sonora. A intensidade e a duração do som são fundamentais para entender a poluição sonora e seus impactos. Tanto no ambiente urbano quanto na saúde humana e animal.”. (Grupo 2)

“A intensidade alta já prejudica muito a nossa saúde mais isso depende muito da duração como, se um som com uma intensidade alta mais com a duração curta não prejudica muito, mas se tiver uma longa duração já começa a dar problemas a nossa saúde, ao solo, casas etc.”. (Grupo 3)

“Se for muito intensa e com uma longa duração, pode causar problemas auditivos.”. (Grupo 4)

“Quanto maior intensidade maior perturba.”. (Grupo 6)

A quarta aula integrou o 2º Momento Pedagógico (2ºMP) e ocorreu após o intervalo. Foi uma aula expositiva sobre anatomia do ouvido humano. Inicialmente, relembramos conceitos de frequência e amplitude, essenciais para compreender a audição humana. Em seguida, abordamos as principais estruturas do ouvido que serão estudadas em nossa pesquisa: tímpano, ossículos e cóclea. Os alunos inicialmente demonstraram dificuldade em entender o conteúdo expositivo. No entanto, após a apresentação de uma animação 3D no Mozaik Education⁵ (Figura 27), a compreensão melhorou significativamente. A ideia de utilizar esse aplicativo surgiu da dissertação de mestrado de Janice Pockszevnicki [2021]. Idealmente, cada aluno instalaria o aplicativo em seu celular para explorar a animação. No entanto, considerando que eles já precisam instalar o aplicativo de medição de intensidade sonora e muitos relatam

⁵ Disponível em: https://www.mozaweb.com/pt/Extra-Cenas_3D-O_ouvido_e_o_aparelho_auditivo-139742
Acesso em 22/10/2024

problemas de armazenamento ou instabilidade nos dispositivos, priorizamos a instalação do decibelímetro.

Figura 27 – Tela inicial da simulação 3D (Mozaik Education)



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

Nessa animação 3D, encontramos recursos que permitem visualizar as estruturas do sistema auditivo de forma detalhada. Os estudantes podem observar como o sistema se comporta na presença de sons agudos ou graves. Além disso, é possível identificar todas as estruturas do ouvido, permitindo que os alunos visualizem os nomes enquanto interagem com a animação.

Os alunos demonstraram grande curiosidade, solicitando a visualização de outras estruturas, como a cóclea em detalhes internos. No entanto, para evitar discussões complexas além do objetivo da aula, optamos por não aprofundar nos fenômenos ondulatórios. Considerando que a sequência de ensino foi desenvolvida nas aulas de uma disciplina eletiva, uma vez que a disciplina de Física no 2º ano da EEEFM Senador Humberto Lucena é trabalhada por outro professor, que prioriza os conteúdos de Calorimetria e Termodinâmica devido à reduzida carga horária na disciplina de Física, o que o força a fazer essa escolha. Isso acarreta que a Ondulatória não seja trabalhada nesta série na escola onde o presente estudo se desenvolveu, e, por isso, alguns alunos da turma em questão nunca estudaram conceitos básicos da Ondulatória. Assim, limitamo-nos a mencionar que dentro da cóclea ocorrem fenômenos de ressonância e transformação de energia mecânica em eletromagnética, sem entrar em detalhes mais técnicos. No slide subsequente, abordamos um tópico já antecipado durante a discussão sobre o áudio perturbador: a percepção do som em relação à idade. Para concluir essa seção,

apresentamos um vídeo do Instagram⁶ que ilustra como o som é processado pelo ouvido e interpretado pelo cérebro.

A parte final da aula consistiu no experimento 'estátua', inspirado na dissertação de mestrado de Rúbia Mara Pancieri [2022]. Com o auxílio da música da Xuxa⁷, os estudantes desenvolveram atividades que exigiam equilíbrio, executando os movimentos solicitados pela música. Devido às limitações de espaço e tempo, apenas um representante de cada grupo participou da dinâmica. Após a execução da música, os alunos responderam às perguntas: “Ficou tonto (a)? Por que isso acontece?” e “O que você fez para manter o equilíbrio?”. Embora apenas o participante direto deveria responder, observamos que os colegas de grupo também contribuíram com sugestões sobre o que causa tontura ao girar. As respostas obtidas, disponíveis no Apêndice D, foram:

“Resposta 1: Sim. Acho que girar faz pressão na cabeça.

Resposta 2: Focar em um ponto fixo.”. (Grupo 1)

“Resposta 1: Sim, vi uma vez que temos um líquido nos nossos ouvidos, e que quando nos mexemos, rapidamente, este líquido em movimento acaba nos deixando tontos.

Resposta 2: Fechei os olhos.”. (Grupo 2)

“Resposta 1: Com os giros em torno do meu próprio eixo, o meu cérebro, que é volátil, com o mexer intenso, ele deve ter se desregulado.

Resposta 2: Nada que me recordo.”. (Grupo 3)

“Resposta 1: Sim, acho que pelo fato de acabar mexendo muito a cabeça com movimentos rápidos.

Resposta 2: Olhei para baixo e tentei ficar parada ao máximo.”. (Grupo 4)

“Resposta 1: Sim, pelos movimentos variáveis.

Resposta 2: Foco em um ponto no campo de visão.”. (Grupo 6)

A análise revela que os grupos 1 e 6 adotaram a estratégia de focar o olhar em um ponto fixo para evitar tontura, demonstrando conhecimento prévio alinhado com o senso comum. Novamente, a representante do grupo 2 mostrou familiaridade com o conteúdo, citando o líquido endolinfático do ouvido interno como fator causador da tontura. No entanto, ela mencionou fechar os olhos como estratégia, o que, paradoxalmente, prolonga a sensação de tontura. O grupo 3 aplicou incorretamente o conceito de volatilidade e demonstrou lacuna em conhecimento sobre a relação entre sistema auditivo e equilíbrio. Já a representante do grupo 4

⁶ Disponível em <https://www.instagram.com/reel/DAOLG4dOQdf/?igsh=b3Q3dThjY214cTVy> Acesso em 22/10/2024

⁷ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=b1dYkXjj-1o> Acesso em 22/10/2024

sugeriu permanecer parada ao máximo, o que pode ser interpretado de duas formas: girar lentamente (não observado durante a participação) ou focar o olhar em um ponto. Antes dessa aula, conversamos com a professora de Biologia da turma e verificamos que o sistema sensorial, do qual o ouvido faz parte, é um conteúdo frequentemente prejudicado pelo cronograma escolar e carga horária da disciplina. Sua abordagem geralmente ocorre apenas no final do ano letivo, por meio de seminários. Esse fato justifica a falta de embasamento teórico nas respostas da maioria dos alunos, exceto da representante do grupo 2, sobre um tema que já deveria ter sido abordado na disciplina de Biologia.

Encerramos a aula atribuindo uma tarefa (Apêndice D) de pesquisa online aos grupos: investigar a importância do labirinto para audição e equilíbrio e dicas para cuidar dos ouvidos. Devido à limitação de tempo, não foi possível compartilhar as respostas. Os resultados obtidos foram:

“Resposta 1: A audição e o equilíbrio estão interligados, pois ambos dependem de informações sensoriais recebidas pelo ouvido interno. Alterações em uma dessas funções podem afetar a outra; por exemplo, problemas auditivos podem levar a dificuldade no equilíbrio.”

Resposta 2: Pode proteger seus ouvidos e garantir uma boa saúde auditiva ao longo da vida se você tiver preocupações específicas sobre a saúde dos seus ouvidos, não hesite em procurar um profissional de saúde.”. (Grupo 1)

“Resposta 1: O labirinto é uma estrutura localizada no ouvido interno que desempenha um papel crucial tanto na audição quanto no equilíbrio. Ele é dividido em duas partes principais: o órgão de Corti, responsável pela audição, e o sistema vestibular, que é responsável pelo equilíbrio.”

Resposta 2: Higiene, proteção, evitar exposição a ruídos excessivos, hidratação, consultas regulares, tratar infecções, cuidado com substâncias estranhas.”. (Grupo 2)

“Resposta 1: O labirinto é uma estrutura, do ouvido interno, com o propósito da audição e do equilíbrio, que é uma parte de suma importância.”

Resposta 2: Escutando fones de ouvido com uma frequência recomendada, mantém a limpeza regulada, sem utilizar cotonete.”. (Grupo 3)

“Resposta 1: Ele é essencial por permitir ouvir sons e manter a coordenação ao se mover.”

Resposta 2: Evitar o uso de contonetes, manter os ouvidos secos, proteger os ouvidos de barulhos altos, evitar exposição prolongada a sons altos e manter uma boa higiene geral.”. (Grupo 4)

“Resposta 1: Os labirintos, região da orelha interna constituída por um tecido ósseo e ligada às funções de audição e de equilíbrio do corpo. percebem a movimentação da cabeça e sua posição em relação a gravidade.

Resposta 2: Evite barulhos altos, fique longe de fontes de ruído intenso, como shows, festas ou máquinas ruidosas. Evite usar fones de ouvido em volume alto.”. (Grupo 6)

A pesquisa realizada pelos alunos sobre a importância do labirinto revelou respostas instigantes, que, se socializadas, teriam gerado um debate proveitoso e enriquecido a aprendizagem sobre o sistema auditivo, reduzindo a lacuna existente nas aulas de Biologia. Expressões como “ouvido interno”, “órgão de Corti” e “sistema vestibular” foram mencionadas em algumas respostas. Uma discussão mais aprofundada, com auxílio do Mozaik Education, poderia ter explorado essas estruturas de forma mais detalhada. Dois grupos (3 e 6) mencionaram o uso de fones de ouvido em suas respostas sobre cuidados com a saúde auditiva, um fator motivacional chave desta pesquisa. Observamos que dois grupos (1 e 6) responderam à pergunta sobre cuidados auditivos de forma autônoma, sem recorrer à pesquisa online, indicando que as discussões em sala alcançaram alunos anteriormente pouco participativos, promovendo conscientização sobre saúde auditiva.

A aula 5 iniciou-se às 14:40 e contamos com a presença de 25 alunos, incluindo os que haviam faltado à aula anterior, os quais enfrentaram dificuldades em acompanhar as discussões devido à falta de conhecimento prévio sobre frequência, amplitude e estrutura do ouvido. Durante a discussão sobre o som como onda de pressão, fez-se necessária uma breve revisão dos conceitos abordados na aula anterior, seguida da apresentação do experimento “Você já viu a sua voz?” (Figura 28).

Figura 28 – Interação experimental

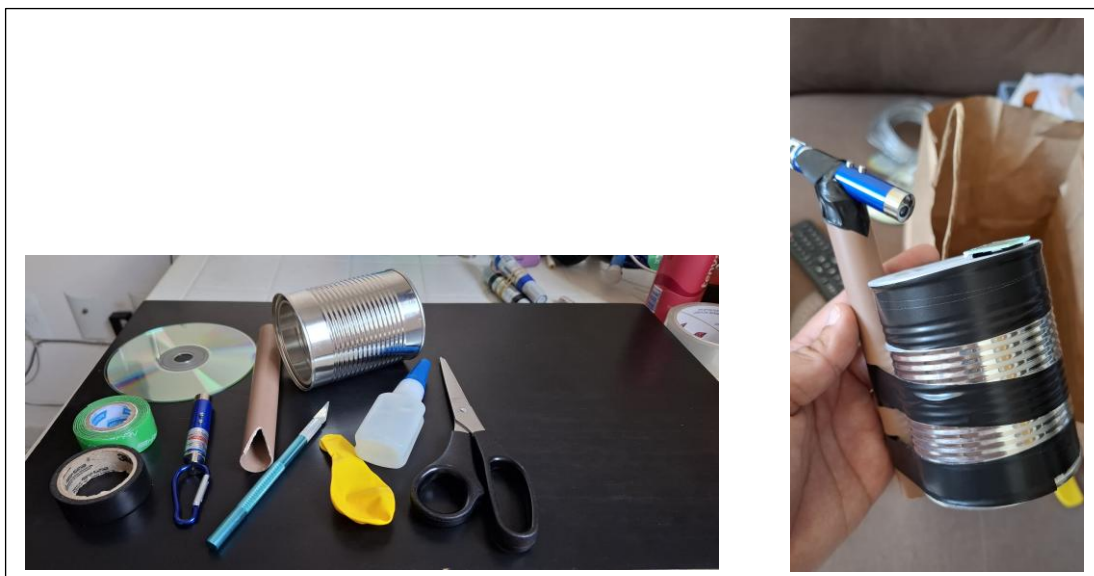


Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Embora alguns alunos demonstrassem hesitação, dois participaram ativamente: um aluno com voz grave e uma aluna com voz aguda. A atividade consistiu em falar na extremidade de uma lata, provocando vibrações em uma bexiga esticada na outra extremidade que, por meio de feixe de laser refletido em um espelho, eram visualizadas na parede ou quadro. Devido à iluminação da sala, a visualização ideal não foi alcançada. No entanto, o reflexo do laser foi mais perceptível na parede, permitindo uma demonstração eficaz. Durante a discussão, um aluno destacou a influência do ar dentro da lata, o que nos permitiu reforçar o conceito de propagação da onda sonora e a transmissão de vibrações através do ar até a bexiga.

O experimento (Figura 29) utiliza materiais simples (lata, bexiga esticada, laser, cano PVC, CD, fita adesiva, cola, tesoura e abridor de latas) para demonstrar o comportamento das ondas sonoras e os alunos podem observar a função da membrana timpânica, representada pela bexiga. Essa atividade foi adaptada do livro “Física – Ciência e Tecnologia”.

Figura 29 – Recursos e experimento montado



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Em seguida, apresentamos uma reportagem do Bom Dia Paraíba⁸ (Figura 30) sobre poluição sonora, discutindo limites permitidos e a função do decibelímetro.

Figura 30 – Reportagem sobre poluição sonora em exibição

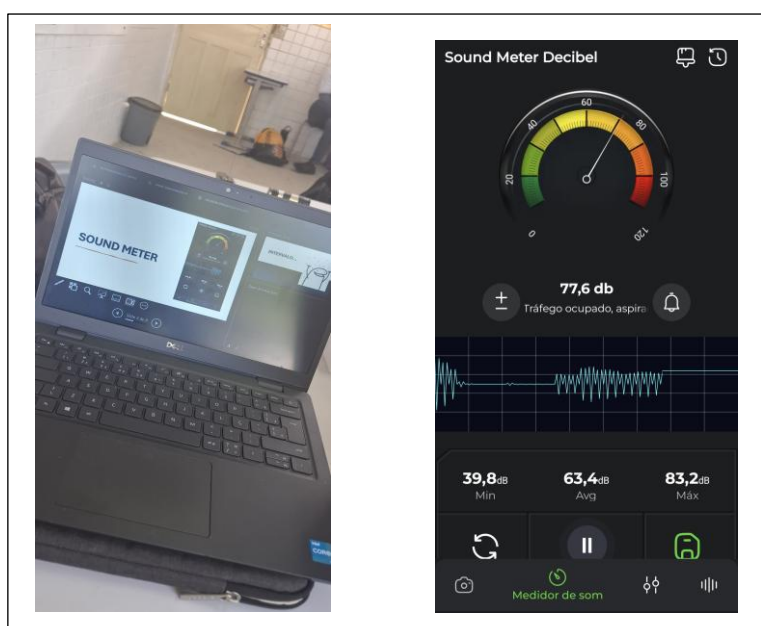


Fonte: Elaborada pela autora (2024).

⁸ Disponível em <https://globoplay.globo.com/v/10336110/> Acesso em 29/10/2024

Para medir a pressão sonora, utilizamos o aplicativo Sound Meter⁹ (Figura 31), que transforma o celular em um decibelímetro, utilizando o microfone para capturar a intensidade sonora e está disponível gratuitamente no Google Play. Após apresentar o aplicativo, pedimos que os alunos o baixassem, mas alguns encontraram obstáculos técnicos, como armazenamento insuficiente ou incompatibilidade com seus celulares. O aplicativo apresenta uma interface intuitiva, permitindo a visualização gráfica da pressão sonora, além de comparar diferentes fontes sonoras, funcionando offline. Ressaltamos que decibelímetros oficiais são calibrados pelo Inmetro, enquanto microfones de celulares são otimizados para capturar voz humana (40-60 dB). Além disso, os valores máximos de intensidade sonora variam entre modelos de celulares, resultando em leituras distintas.

Figura 31 – Apresentação do sound meter no computador e sua interface em demonstração no celular



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

5.3 Terceiro momento pedagógico – aulas 6, 7, 8, 9 e 10:

Na aula 6, realizada em 29/10/2024, iniciamos as medidas de intensidade sonora. Os alunos coletaram dados em cinco salas (6º, 7º, 8º, 9º e 1º ano) e em um intervalo da escola,

⁹ Disponível em <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.decibelmeter.soundmeter.noisemeter> Acesso em 29/10/2024

registrando os resultados em uma tabela fornecida (Apêndice E). Nessa aula, selecionamos duas turmas (6º e 7º ano) para realizar as medições. Dividimos os alunos da seguinte forma: cada grupo teve um representante para realizar as medidas no 6º ano, seguidos por outros seis no 7º ano, garantindo a participação de todos.

Antes de prosseguir para o 6º ano, fornecemos instruções detalhadas aos grupos sobre procedimentos, posicionamento na sala, preenchimento da tabela e sincronização com o sinal para pausar o aplicativo. Aguardamos 10 minutos para permitir que a turma se organizasse após o intervalo. Às 15:40, ingressamos na sala do 6º ano, onde estava em andamento uma aula de geografia com leituras. Dado que já havíamos comunicado nossos planos aos professores, eles estavam cientes de nossa visita. A professora informou aos alunos que estávamos realizando uma pesquisa e solicitou que continuassem com a aula normalmente, pois nossa presença no fundo da sala não interferiria com a atividade. Embora turmas do 6º ano sejam frequentemente consideradas barulhentas, a turma em questão é conhecida por sua disciplina. Nossa presença influenciou minimamente seu comportamento, permitindo-nos coletar dados interessantes. É importante notar que os ventiladores presentes nas salas da escola são barulhentos e influenciaram os níveis de ruído registrados. Devido ao grande número de alunos e ao tamanho da sala, posicionamo-nos no fundo da sala para realizar as medições. Posteriormente, retornamos à sala de origem, onde os demais colegas já aguardavam para prosseguir para o 7º ano. Antes de partir, os alunos calcularam a média das intensidades sonoras obtidas no 6º ano (conforme Apêndice E).

Às 16h, prosseguimos para a sala do 7º ano, onde estava em andamento uma aula de inglês. Embora essa turma fosse conhecida por ser tranquila, naquele dia apresentava um nível de conversa elevado. A professora explicou brevemente que realizaríamos uma pesquisa, sem fornecer detalhes sobre o cálculo do nível de ruído, a fim de não interferir nos dados obtidos. Vale notar que todas as salas da escola possuem o mesmo tamanho e são equipadas com ventiladores barulhentos. Nessa ocasião, para garantir medições mais precisas de intensidade sonora, pedimos que os alunos se dividissem em pontos estratégicos da sala. Três alunos ficaram no fundo, um no meio e dois próximos ao quadro (um em cada extremidade). Embora tenhamos enfatizado a importância de registrar a unidade de medida, alguns alunos não o fizeram, o que é evidente nas anotações das folhas de registro. Realizamos 10 medições, cada uma com duração de um minuto, conforme o procedimento adotado no 6º ano e a ser seguido nas demais turmas. Concluímos as medições às 16h12min, momento em que a turma apresentava um nível de conversa elevado devido à proximidade do término da aula (16h15), o que influenciou os últimos valores medidos. Retornamos à sala dos alunos participantes da

pesquisa, onde eles calcularam a média das intensidades sonoras encontradas no 7º ano e registraram os resultados nas respectivas folhas. Posteriormente, recolhemos as folhas e as devolvemos na aula seguinte, para que outros alunos pudessem realizar as medições nas demais turmas.

As aulas 7 e 8 foram realizadas em 05/11/2024, contando com a presença de 23 alunos, a partir das 14h30. Iniciamos com as instruções e solicitamos que um representante de cada grupo nos acompanhasse à turma do 8º ano. Devido à dispersão de alguns alunos que participariam das medições, foi necessário reexplicar o procedimento e o funcionamento do aplicativo Sound Meter. Durante 10 minutos revisamos as instruções e foi interessante observar que alguns alunos que haviam participado das medições anteriores também estavam ajudando a explicar o processo aos colegas. Visamos envolver todos os alunos nas medições, evitando a repetição de participantes. No entanto, alguns alunos extremamente tímidos optaram por não participar, o que resultou em algumas medições sendo realizadas pelos mesmos alunos em determinados grupos. Em virtude das reclamações prévias sobre propagandas, reforçamos que o aplicativo apresenta melhor desempenho sem conexão com a internet, reduzindo significativamente a quantidade de propagandas.

Às 14h40, dirigimo-nos à sala do 8º ano, onde estava em andamento uma aula de geografia. A professora informou aos alunos que estávamos realizando uma pesquisa, sem mencionar explicitamente que se tratava de medição de intensidade sonora, a fim de evitar influências nos resultados. Em seguida, os alunos se distribuíram estrategicamente pela sala, com quatro no fundo e dois próximos ao quadro, um em cada extremidade. Uma das alunas posicionadas próximas ao quadro precisou de auxílio nas primeiras medições, pois estava tendo dificuldades em entender o procedimento. No entanto, após orientação, conseguiu realizar as medições de forma autônoma. Conforme mencionado anteriormente, algumas medidas não foram consideradas (ver Apêndice E), devido à distração de um dos alunos, que não atendia aos nossos sinais para registrar as medidas a cada minuto. É importante salientar que essa turma do 8º ano é historicamente conhecida por ser barulhenta.

Às 14h50, retornamos à sala e outros alunos nos acompanharam até a sala do 9º ano. Antes de prosseguir, solicitamos que os alunos que realizaram as medições calculassem as médias aritméticas das medidas e as registrassem na folha de atividade (Apêndice E). Em seguida, dirigimo-nos à sala do 9º ano, onde chegamos às 15 horas e encontramos a turma em aula de biologia. A turma do 9º ano é reconhecida por seu bom comportamento. Após a apresentação feita pela professora, sem revelar o objetivo de calcular intensidades sonoras, notamos que alguns alunos perceberam o propósito e pediram silêncio em alguns momentos.

Nessa turma, as medidas finais foram interrompidas, conforme Apêndice E, devido ao intervalo da tarde ter sido antecipado. Como a turma foi liberada após o intervalo, optamos por manter os resultados obtidos até então, apesar de alguns alunos terem sugerido que retomássemos as medições.

Na oitava aula, após o intervalo, fornecemos orientações à turma e ressaltamos a importância de prestar atenção aos nossos sinais para evitar a perda de dados, como aconteceu no 8º ano. Às 15h45, nos dirigimos à sala do 1º ano, onde os alunos estavam em aula de matemática. A princípio, nossa intenção era realizar a medição na sala de aula dos alunos pesquisadores. No entanto, reconsideramos essa decisão, pois os alunos já estavam cientes do nosso objetivo e isso poderia comprometer a validade dos resultados. Por essa razão, escolhemos realizar a medição com a turma do 1º ano. Infelizmente, a professora de matemática esqueceu o combinado e acabou comunicando à turma sobre as medições de intensidade sonora, comprometendo assim a precisão dos valores obtidos. A disposição dos alunos permaneceu a mesma das outras salas, com quatro alunos posicionados no fundo e dois na frente. No 1º ano, também foi necessário prestar auxílio inicial a uma aluna durante as medições, mas logo conseguiu realizá-las sozinha. Posteriormente, às 15h55, voltamos à sala do 2º ano, onde os alunos realizaram o cálculo da média aritmética dos valores encontrados desta vez.

A aula 9 iniciou-se às 14h45 do dia 12 de novembro de 2024. Inicialmente, esperamos que alguns grupos revissem e corrijam os erros encontrados nos cálculos das médias das intensidades sonoras realizados em aulas precedentes, os quais foram causados pela falta de atenção. Essa aula contou com a participação de 27 alunos. Após a orientação sobre as medições a serem realizadas durante o intervalo e a correção das medidas, utilizamos os 30 minutos restantes para uma discussão (conforme Figura 32) sobre as intensidades sonoras medidas até o momento. Além disso, discutimos o tempo máximo de exposição a ruídos, conforme NR-15 (Anexo I), e apresentamos tabelas específicas sobre níveis sonoros e seus efeitos (Anexo II) e fontes de intensidade sonora (Anexo III). Para contextualizar, comparamos essas fontes com as turmas onde realizamos as medições, como por exemplo, níveis de até 90 dB, equivalentes ao ruído de um caminhão a 1 metro de distância.

Figura 32 – Orientação sobre as medidas de intensidade sonora e apresentação das tabelas de referência



Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Às 15h10, nos dirigimos ao refeitório, que é o primeiro destino da maioria dos alunos após o sinal. Para essa medição, selecionamos os alunos que haviam demonstrado maior atenção nas medições anteriores, a fim de evitar a perda de dados, como ocorreu anteriormente. No refeitório, realizamos cinco medidas. Posteriormente, nos dirigimos ao pátio da escola, pois a maioria dos alunos já havia recebido sua merenda e se deslocava para o local. Durante essa etapa, enfrentamos alguns obstáculos técnicos. Uma das alunas do grupo 1 teve seu celular descarregado e não pôde continuar as medições. Além disso, o aluno do grupo 6 enfrentou problemas com o aplicativo, que travou durante as primeiras medidas. Devido ao curto intervalo de tempo disponível (15 minutos), não foi possível utilizar o celular de outro colega, já que alguns alunos haviam desinstalado o aplicativo. Procedemos com os estudantes restantes para o pátio, onde concluímos as medições. Para as medições realizadas durante o intervalo, adotamos uma configuração em que os alunos permaneciam próximos, em contraste com as salas, onde cada aluno ocupava um espaço distinto. Essa abordagem teve como objetivo prevenir a dispersão dos alunos, garantir que eles prestassem atenção aos nossos comandos para pausar e registrar as medidas e, assim, minimizar a perda de registros.

Após concluir as medições, regressamos à sala de aula, onde os alunos procederam ao cálculo das médias das intensidades sonoras medidas durante o intervalo. Posteriormente, responderam em grupo à atividade final (conforme Apêndice F), levando cerca de 30 minutos para concluir essa etapa. A dificuldade enfrentada pelos alunos para redigir suas respostas e a complexidade das duas últimas questões, que integravam a avaliação do projeto, contribuíram para o tempo necessário para essa atividade. Durante essa atividade, os alunos puderam revisar

as tabelas apresentadas na aula anterior. Nos 10 minutos finais da aula, os alunos responderam a uma pergunta única por meio de um formulário do Google (Apêndice G), que era obrigatório para todos. Alguns alunos observaram que a questão era idêntica à aplicada no primeiro momento pedagógico. Nessa parte da aula, permitimos que todos os alunos respondessem, incluindo aqueles que não haviam respondido na primeira aplicação do questionário. Alguns alunos que haviam respondido ao questionário na primeira ocasião não o fizeram dessa vez, pois estavam sem celular e foram convocados para uma reunião com a direção da escola no momento exato da aplicação da atividade. Ressalta-se que o formulário foi configurado para permitir apenas uma resposta por pessoa, visando evitar que os alunos tentassem corrigir suas respostas e fornecer respostas mais precisas de outra forma.

Após analisar os quadros preenchidos pelos grupos com registros de intensidade sonora nas salas de aula e no intervalo, elaboramos uma tabela sintética para melhor visualização dos resultados. Esta tabela apresenta as intensidades sonoras máximas ($I_{MÁX}$) e mínimas ($I_{MÍN}$) encontradas em cada sala de aula, além da intensidade máxima ($I_{MÁX}$) no intervalo, conforme demonstrada abaixo:

Tabela 5.2 – Intensidades sonoras máximas e mínimas registradas

Grupos	$I_{MÁX}$ - Turma	$I_{MÍN}$ - Turma	$I_{MÁX}$ - Intervalo
1	87,1 dB – 8º ano	70,5 dB – 1º ano	85,9 dB
2	91 dB – 7º ano	58,2 dB – 9º ano	92,5 dB
3	85,1 dB – 8º ano	72,3 dB – 1º ano	83,7 dB
4	86,8 dB – 8º ano	72,1 dB – 1º ano	86,1 dB
5	84,6 dB – 8º ano	69,8 dB – 1º ano	84,4 dB
6	89,6 dB – 1º ano	73,7 dB – 6º ano	89,6 dB

Fonte: Elaborada pela autora (2024).

Os dados apresentados na tabela acima corroboram as observações feitas ao longo deste trabalho. Observa-se que os maiores valores de intensidade sonora foram registrados na turma do 8º ano, superando os valores verificados no intervalo. Conforme relatos dos professores, essa turma apresenta dificuldades para iniciar as aulas, requer frequentes solicitações de silêncio e apresenta o menor rendimento entre todas as turmas do ensino fundamental. O professor de Matemática nos informou que a turma apresentou uma média geral de 6,1 em 2024, não alcançando a média mínima de 7,0. Além disso, 35% dos alunos não obtiveram nota suficiente. A superlotação, falta de materiais e espaço reduzido da sala dificultam o ensino, levando a metodologias em grupo e um ambiente propício ao barulho. As turmas do 7º e 1º ano aparecem

apenas uma vez na coluna dos valores máximos de intensidade sonora. Isso pode ser atribuído à variabilidade nos resultados obtidos com diferentes smartphones, como mencionado anteriormente. Observa-se que a turma do 7º ano, normalmente tranquila, apresentou valores elevados de intensidade sonora, provavelmente influenciados pela nossa presença. Em contraste, o 1º ano, que já estava ciente do procedimento, apresentou os menores valores.

Analisando as intensidades mínimas, observa-se que a turma do 1º ano concentra o maior número de registros. Esse resultado está relacionado à prévia informação fornecida pela professora de Matemática, que influenciou o comportamento dos alunos. O registro isolado do 9º ano não é confiável, pois foi afetado pela falta de atenção do aluno e pela limitada quantidade de medições. O 6º ano também apresenta um registro na coluna de intensidades mínimas, o que está em consonância com as medidas obtidas pelos outros grupos e os relatos dos professores sobre o comportamento tranquilo dessa turma.

Surpreendentemente, os dados revelam que a intensidade máxima de ruído na turma do 8º ano superou a do intervalo. Isso indica desafios como ambiente inadequado, gerenciamento precário, superlotação e carência de recursos. Relatos de professores corroboram essas dificuldades, destacando problemas de concentração e desmotivação. Essa constatação reforça que ambientes escolares barulhentos não propiciam aprendizado saudável e produtivo.

A atividade final consistiu em quatro questões, permitindo-se apenas a consulta às tabelas apresentadas em aula e incluídas nos anexos deste trabalho. A primeira questão visava a identificação do local e valor das maiores e menores intensidades sonoras. A segunda questão, dividida em três itens, solicitava análise sobre o impacto da poluição sonora na saúde auditiva dos alunos (itens 'a' e 'b') e o tempo máximo de exposição seguro para os valores encontrados (item 'c'). As duas últimas questões focavam em propostas de solução para a problemática na escola e comunidade, além da avaliação do projeto. Considerando que a atividade completa se encontra no Apêndice E desta pesquisa, juntamente com as respostas dos alunos, destacaremos aqui apenas as respostas às duas últimas questões.

A questão 3 da atividade final solicitava: **“Proponham uma solução para reduzir a poluição sonora nas salas de aula da EEEFM Senador Humberto Lucena” e em suas comunidades. Justifiquem as suas escolhas.**”. A seguir, apresentam-se as respostas dos grupos, transcritas integralmente:

Grupo 1:

“Educação comportamental, no caso das escolas. O sinal da escola também prejudica para quem estiver perto, e pode causar perda de audição temporária. Das

comunidades: o barulho das motos, aqueles ‘rantantan’, buzinas sem necessidades, carros de som.”.

Grupo 2:

“Encontrar uma forma de diminuir o ruído externo das salas de aula, como tentar fechar o ambiente com novas paredes diminuir ou mudar o som do sinal que toca entre as aulas e se certificarem de não deixá-lo mais de 1 ou 2 minutos tocando, essas duas causas juntas acadeiam grandes níveis de estresse, dores de cabeça e também causa incômodo em dobro para alunos mais sensíveis ou que contém algum tipo de cuidado especial.”.

Grupo 3:

“Com abafadores sonoros. Troca de ventiladores por ar-condicionados, com a política de não barulho.”.

Grupo 4:

“Menor intensidade sonora, principalmente em ambientes fechados e ter um certo controle no nível sonoro para não causar uma perda de audição, mesmo que seja pouca mas afeta.”.

Grupo 5:

“Instalação de materiais acústicos, regras de silêncio em áreas comuns, e limite de uso de aparelhos sonoros.”.

Grupo 6:

“Professores que impõe moral, como o de física hibernal, excelente exemplo de respeito dentro da sala, resumindo, professores que não fazem o gosto dos alunos.”.

A análise das respostas dos grupos à questão 3 evidencia um desconforto dos alunos em relação ao sinal do toque da escola, que também é frequentemente reclamado pelos professores quanto à intensidade e duração. As respostas mencionam o problema diário de motociclistas no entorno da instituição, que permanecem estacionados por longos períodos, gerando ruído excessivo de escapamento. Além disso, buzinas desnecessárias e carros de som são apontados como fontes de perturbação. Os alunos sugerem melhorias no isolamento acústico da escola, o que traria benefícios significativos para alunos, professores e comunidade, como melhoria da concentração, redução do esforço vocal e diminuição da poluição sonora. Além disso, destacam a importância de adaptar o ambiente escolar para atender às necessidades dos alunos com deficiência, garantindo igualdade de oportunidades. Outra solução proposta é a troca dos ventiladores barulhentos, juntamente com a implementação de medidas disciplinares e gerenciamento eficiente das salas para minimizar o ruído.

A questão 4 solicitava que os alunos avaliassem o projeto: **“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.”**. As respostas dos grupos são apresentadas abaixo, sem alterações:

Grupo 1:

“As crianças muito barulhentas, e meio chatas. O que mais gostamos (alguns) de sair cedo, e sair de sala. Mas, a parte da aluna Sarah, foi ver os alunos curiosos para saber do que se tratava e ainda o desafio de descobrir algo novo. O que menos gostamos foi o barulho. Aprendemos a ter controle do barulho e respeito ao ouvir alguém com atenção. Não faríamos diferente, pois foi uma experiência nova e diferente.”

Grupo 2:

“A parte mais desafiadora para nós foi aguentar todo barulho durante as medições (principalmente das turmas mais novas rsrs). o que mais gostamos foi aprender sobre toda limitação e sensibilidade que o ser humano possui na audição e seus efeitos colaterais no corpo, o que menos gostamos também foi o barulho!. Novamente, aprender sobre os efeitos colaterais, limitações e níveis diferentes de sons foram os principais aprendizados e se tivéssemos que refazer o projeto iríamos nos atentar mais aos ruídos que ouvimos.”

Grupo 3:

“Se pudessemos refazer, gostaríamos de corrigir todos os erros de escrita cometidos, também gostaríamos de ter feito com mais calma.”

Grupo 4:

“Gostamos bastante do projeto, pois aprendemos que sons elevados podem nos trazer danos auditivos irreversíveis. Não faríamos nada diferente pois com esse projeto conseguimos aprender mais sobre a intensidade sonora e seus riscos.”

Grupo 5:

“O mais desafiador foi o sol quente e o calor. O que a gente mais gostou foi o trabalho fora de sala. O que a gente menos gostou foi o horário do sol. Os principais aprendizados foram que aprendemos a cuidar melhor do nossos ouvidos, assim cuidamos mais da nossa saúde sonora. Não faria nada diferente, pois adorei o projeto.”

Grupo 6:

“Tomar vergonha na cara de sair para medir os dB em outras salas foi o mais desafiador, da pontuação e experiencia do nível que é apropriado diariamente para nossa audição, gostamos de tudo, aprendemos a controlar o som ao nosso redor, evitar fones de ouvidos internos e usar externos, faríamos em locais públicos próximos.”.

As respostas à questão quatro da avaliação final demonstram a importância de metodologias inovadoras no ensino, promovendo engajamento e aprendizado. Os principais desafios enfrentados pelos grupos foram: gerenciamento do ruído nas salas, superação das dificuldades de escrita, condições ambientais adversas durante as medições e superação da timidez para realizar as medições. Os pontos positivos do projeto foram destacados como: saída da sala de aula, experiência inovadora, conscientização sobre uso responsável de fones de ouvido e exposição a diferentes níveis de ruído. Para uma possível reedição, sugere-se mais tempo para cada etapa e realização de medições em locais públicos próximos, considerando a segurança como prioridade.

A análise demonstra que metodologias inovadoras e atividades extraclasse promovem benefícios substanciais para a aprendizagem e desenvolvimento social dos estudantes, além de serem bem recebidas pelos alunos.

A sequência de ensino foi finalizada reaplicando-se a questão "A poluição sonora é um mal invisível?", apresentada na aula 2. Os alunos receberam o link via WhatsApp, sem pesquisa online, e os que não responderam inicialmente puderam fazê-lo nesta segunda oportunidade."

A seguir, apresentamos o Quadro 5.2 com as respostas finais, mantendo a numeração dos alunos do Quadro 5.1 para facilitar a comparação da evolução das respostas. Os alunos ausentes na primeira rodada são destacados em amarelo (24, 25, 26 e 27), enquanto os que participaram da reunião com a direção são marcados como “NÃO RESPONDEU”.

Quadro 5.2 – Respostas da reaplicação do formulário 1

ALUNO	A POLUIÇÃO SONORA É UM MAL INVISÍVEL?
Aluno 1	A poluição sonora é um problema invisível que envolve sons indesejados, afetando a saúde e o bem-estar, causando estresse e problemas de sono. É importante reduzi-la para melhorar a qualidade de vida.

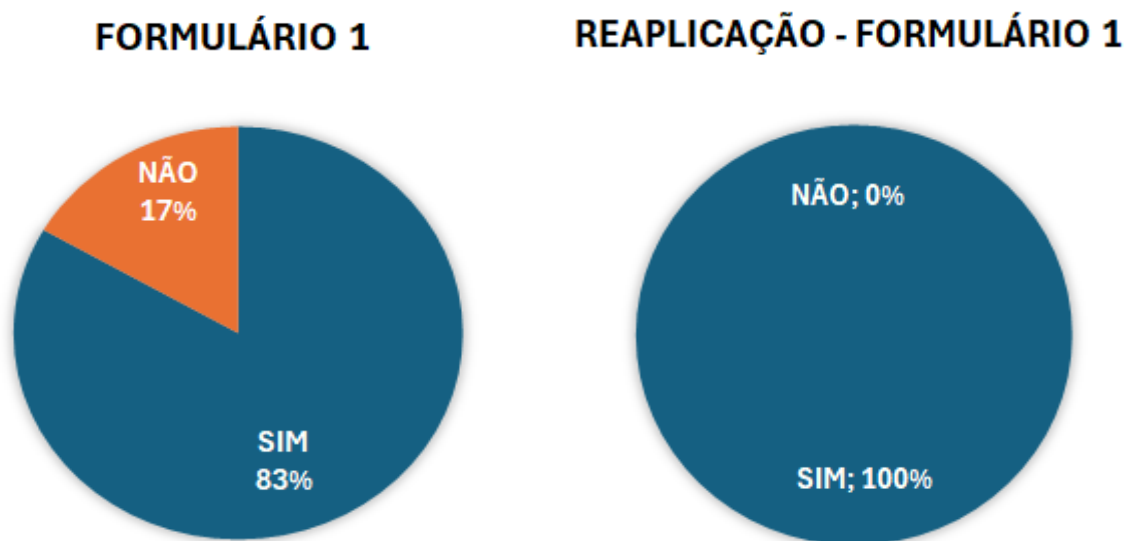
Aluno 2	Bom, ele é invisível, pois não conseguimos o observar já que é uma onde invisível a olho nú, o som de propaga pelo ar, que por sua vez tbm é invisível
Aluno 3	Sim, pois ondas sonoras não são visíveis a olho nu e fazem um grande mal a saúde com uma certa intensidade e frequência
Aluno 4	Sim. Porque a contrário de outras poluição ela não e visível aos olhos.
Aluno 5	NÃO RESPONDEU
Aluno 6	Sim,pode ser considerada um mal invisível porque, apesar de suas consequências serem bastante evidentes e impactantes no meio ambiente e na saúde humana, muitas vezes as causas e as fontes de poluição não são imediatamente perceptíveis a olho nu.
Aluno 7	Podemos dizer que sim e que não,pois não podemos vela mais podemos senti,pois pode causar muitos danos prejudiciais!
Aluno 8	NÃO RESPONDEU
Aluno 9	NÃO RESPONDEU
Aluno 10	Sim, mesmo com seus efeitos colaterais sendo tão comuns como estresse "sem motivo", dor de cabeça, tensões pelo corpo, tonturas e até mesmo falta de memória, nunca são interligados ao alto nível de barulho q está no nosso dia-dia.
Aluno 11	Sim, porque a gente não vê o som, e a poluição sonora faz muito mal a nossa saúde
Aluno 12	Sim, pode causa perca auditiva
Aluno 13	sim,pois é algo que está presente e podemos evitar com menos intensidade sonora
Aluno 14	Sim, porque diferente de outros tipos poluições ela não é visível aos olhos da humanidade.
Aluno 15	Sim, a poluição sonora, no geral, é um conjunto de ondas sonoras que trazem consequências prejudiciais ao nosso e mente.
Aluno 16	Sim, pois nos afeta fisiologicamente e mentalmente, mas não vemos.

Aluno 17	NÃO RESPONDEU
Aluno 18	sim, a poluição sonora pode ser considerada um mal invisível. por ser invisível e muitas vezes ignorada, a poluição sonora é um mal silencioso que afeta a qualidade de vida de milhões de pessoas. é fundamental aumentar a conscientização sobre seus impactos para que medidas eficazes possam ser adotadas, tanto em espaços públicos quanto privados, para proteger a saúde de todos.
Aluno 19	Sim para os nossos olhos, mas não para os nossos ouvidos, pois os nossos ouvidos sofrem graves problemas auditivos.
Aluno 20	Sim, pois nos afeta sem que passamos ver, pois o que os olhos não veem, o ouvido não sente.
Aluno 21	É sim, pois não vemos mais podemos sentir, e é extremamente prejudicial para nós.
Aluno 22	Sim!
Aluno 23	NÃO RESPONDEU
Aluno 24	Sim,pois assim podendo arruinar a sua audição e vc não ter o que fazer depois!
Aluno 25	Não, por que o som se propaga pelo ar
Aluno 26	Sim,pois ela não visível aos olhos da comunidade
Aluno 27	Sim, pois pode nos afetar de inumeras formas mesmo sem percebermos
Aluno 28	Sim,muitos agem como se não fosse nada mas e um coisa muito prejudicial.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Na primeira aplicação do questionário, 23 alunos participaram, enquanto na segunda, 27 alunos responderam, representando um acréscimo de quatro alunos. No entanto, cinco alunos que responderam ao primeiro formulário não responderam ao segundo devido à ausência. Portanto, para fins de análise, consideramos apenas as respostas dos 18 alunos que responderam aos dois questionários. As Figuras 33 e 34 ilustram os resultados obtidos.

Figura 33 – Reconhecimento da poluição sonora como um mal invisível entre os alunos



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Figura 34 – Análise da evolução das respostas após a intervenção educacional

COMPARAÇÃO PRÉ E PÓS-INTERVENÇÃO



Fonte: Elaborada pela autora (2025).

Os resultados da aplicação e reaplicação do questionário demonstram um aumento na percepção da poluição sonora como mal (Figura 33). Apesar de 56% dos alunos não apresentarem evolução (Figura 34), a intervenção é considerada bem-sucedida, levando em conta desafios e resultados. O resultado de 56% não foi surpreendente, pois conhecíamos

anteriormente o perfil da turma escolhida para a aplicação do produto, marcado por falta de comprometimento e interesse. Os Quadros 5.1 e 5.2 revelam que uma parcela dos alunos não se esforçou para responder ao questionamento, repetindo uma frase anterior. Na segunda aplicação, as respostas foram similares, com um caso de resposta extremamente concisa. A ausência desses alunos em algumas aulas da sequência, também pode ter influenciado esse resultado. A falta de cinco alunos na segunda aplicação do questionário, incluindo três com respostas inicialmente promissoras, foi um obstáculo. A convocação para uma reunião com a direção escolar os afastou. A pesquisa enfrentou desafios típicos da realidade escolar, como infraestrutura inadequada, cancelamentos, eventos e ausências frequentes.

Analisando os 44% dos 18 alunos que apresentaram evolução em suas concepções sobre poluição sonora (Figura 34), observamos que 11% mencionaram problemas como estresse, insônia e impactos na saúde física e mental, conceitos ausentes nas respostas iniciais, mas presentes após a intervenção. Outros 33% dos dados apresentados na Figura 34 são particularmente positivos, pois refletem a absorção de conceitos discutidos durante as aulas, como propagação de ondas, intensidade sonora, frequência, fontes de poluição e conscientização.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência de ensino promove um planejamento estruturado, alinhando objetivos e atividades, estimula o desenvolvimento gradual de conceitos e habilidades, e oferece um cenário educacional inovador, conforme relatado pelos estudantes na avaliação final do nosso projeto. Com base na dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos, o produto educacional demonstrou ser uma estratégia eficaz no ensino da Ondulatória, uma vez que os alunos envolvidos na presente pesquisa, em sua maioria, não conheciam os conceitos básicos da Ondulatória, como mencionado anteriormente, e demonstraram evolução, como podemos ver na análise dos resultados, especialmente na interação entre onda sonora e ouvido. Além disso, o produto indica potencial para estudos interdisciplinares entre Física e Biologia. A utilização de experimentos interativos, simulações e aplicativos em 3D foi fundamental para aproximar os educandos de um tema intuitivo, geralmente abordado de forma conteudista e matematizada, contribuindo significativamente para o processo de ensino e aprendizagem.

A incorporação de temas ambientais nas aulas de Física do Ensino Médio é fundamental para uma formação científico-tecnológica integral. A poluição sonora, abordada em nossa atividade didática, demonstrou ser um tema relevante para o nível médio, promovendo participação ativa, engajamento e conscientização sobre questões sociais e ambientais. Para Vasconcelos e Brito (2014), a educação problematizadora é aquela capaz de fazer com que o oprimido tome consciência de sua condição e da relevância de se ter consciência disto, ou seja, da importância de ser um cidadão que sabe que já foi inconsciente (alienado) e reconhece as implicações dessa alienação. Entende-se que somente assim será possível a educação de indivíduos capazes de agir criticamente e de fazer uso das informações que o processo educacional lhes dá para transformar efetivamente a realidade em seu próprio benefício.

A abordagem da acústica por meio da temática da poluição sonora proporciona um ensino mais significativo e relevante, aumentando o interesse dos alunos, pois permite conectar conceitos fundamentais a situações cotidianas, incluindo o ambiente escolar.

Verificou-se que metodologias inovadoras são eficazes em nossa sociedade globalizada, criando um ambiente propício para participação ativa e crítica dos alunos, e transformando-os em participantes engajados. Para Freire (1987) é quando os alunos se sentem mais desafiados que tendem a criar novas compreensões de novos desafios que vão surgindo, dessa forma, os educandos vão sendo problematizados como seres no mundo que buscam responder aos desafios. É fundamental ressaltar que, além de fomentar a formação dos alunos, também é necessário que os professores passem por um processo de capacitação contínua, especialmente

em áreas interdisciplinares como Física e Biologia. Outro aspecto relevante é a infraestrutura escolar, que pode interferir no sucesso da pesquisa, necessitando de soluções criativas para superar limitações de acesso à internet.

Analisando a aprovação da metodologia utilizada, verificamos que os alunos não apenas a aprovaram, mas também sugeriram sua aplicação em ambientes externos à escola. Além disso, observamos que estudantes tímidos começaram a participar mais ativamente após atividades interativas.

A importância da contextualização no ensino e o ambiente dialógico proporcionado pela estratégia de ensino utilizada permitiram que os alunos identificassem a ciência em seu cotidiano, promovendo um avanço na forma de pensar e uma aprendizagem mais significativa. Este progresso foi evidenciado na análise dos resultados do presente estudo, por meio das atividades desenvolvidas ao longo da sequência de ensino. Notadamente, os alunos passaram a fornecer respostas que demonstravam compreensão da relação entre a intensidade sonora, especialmente em ambientes urbanos, e a qualidade de vida. Por exemplo, eles citaram o ruído de motos, um tema que anteriormente gerava risos, mas agora é abordado com seriedade e compreensão. Durante as aulas em que exploramos a percepção auditiva por meio do aplicativo Mozaik Education e da dinâmica do experimento "Estátua", os alunos expressaram surpresa ao descobrir a importância do labirinto para a audição e o equilíbrio. Uma análise comparativa das respostas antes e depois da aplicação do formulário revelou que 44% dos estudantes passaram a reconhecer a poluição sonora como um problema ambiental e de saúde pública, e refletiram sobre a responsabilidade individual na redução dessa poluição. Assim, a sequência de ensino em questão contribuiu para uma maior conscientização entre os estudantes sobre os efeitos nocivos da poluição sonora e visa inspirar professores de física a adotarem abordagens participativas e interativas.

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.

AZEVEDO, Raissa. **Recomendação do Ministério Público pode barrar show de Wesley Safadão na Paraíba; entenda - É Hit** - Diário do Nordeste. Matéria publicada em 28 de Setembro de 2023 - 18:38. Disponível em:

<https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/entretenimento/e-hit/recomendacao-do-ministerio-publico-pode-barrar-show-de-wesley-safadao-na-paraiba-entenda-1.3424199>.

Acesso em: 27 set. 2024.

BERNARDO, André. **Poluição sonora: um problema do barulho (e de saúde pública)**. Disponível em: <https://saude.abril.com.br/medicina/poluicao-sonora-um-problema-do-barulho-e-de-saude-publica>. Acesso em: 1 maio 2023.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 dez. 2012.

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.

BRASIL. Presidência da República. **LEI Nº 15.100, DE 13 DE JANEIRO DE 2025**. “Dispõe sobre a utilização, por estudantes, de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nos estabelecimentos públicos e privados de ensino da educação básica”. Brasil, 2025.

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.

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

CAMARGO, Sérgio; NARDI, Roberto. **Formação inicial de professores de Física: Marcas de referenciais teóricos no discurso de licenciandos**. Artigo. Disponível em: https://www.academia.edu/13660292/Forma%C3%A7%C3%A3o_inicial_de_professores_de_f%C3%ADsica_marcas_de_referenciais_te%C3%B3ricos_no_discurso_de_licenciandos. Acesso em: 19 junho 2024.

CARNEIRO, Jéssika Lapa Falcão. **O ensino do som como fenômeno situado: o que contam professores de um Programa de Residência Pedagógica em Física**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2021.

CHACON, Daniel Ribeiro de Almeida. **10 Lições sobre Paulo Freire**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2023.

CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e mistos**. Tradução de Sandra Maria Mallmann. Revisão técnica de Dirceu da Silva. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

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

DIÁRIO DO SERTÃO. **Professor da UFCG faz alerta sobre o aumento da poluição sonora na cidade de Sousa** - Diário do Sertão. Publicado em 24/04/2023 às 17h46 . Disponível em: <https://www.diariodosertao.com.br/noticias/cidades/616351/professor-da-ufcg-faz-alerta-sobre-o-aumento-da-poluicao-sonora-na-cidade-de-sousa.html>. Acesso em: 27 set. 2024.

ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO SENADOR HUMBERTO LUCENA. Projeto Político-Pedagógico. Campina Grande, 2024.

FREIRE, Paulo. Carta de Paulo Freire aos professores. **Estudos avançados**, v. 15, p. 259-268, 2001.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 2009.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996 (Coleção Leitura).

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GARCIA, Néelson Jahr. **Pensamento e linguagem**. Fonte digital. Ed Ridendo Castigat Mores, 2001.

GOULART, J. L. Desinteresse escolar: em busca de uma compreensão. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Ano 7, Ed. 1, Vol. 4, p. 89-110, jan. 2022. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/desinteresse-escolar>. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/educacao/desinteresse-escolar. Acesso em: 8 out. 2024.

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

JORNAL DA PARAÍBA. **MP orienta que medidas contra fogos de artifício barulhentos sejam adotadas**. Matéria publicada em 28/11/2023 às 14:16. Disponível em: <https://jornaldaparaiba.com.br/cotidiano/mp-orienta-que-medidas-contr-fogos-de-artificio-barulhentos-sejam-adotadas>. Acesso em: 27 set. 2024.

MANOUSSAKI, Daphne; DIMITRIADIS, E. K.; CHADWICK, R. S. Cochlea's graded curvature effect on low frequency waves. **Physical review letters**, v. 96, n. 8, p. 088701, 2006.

MEDEIROS, L.M.B. **Concepções Pedagógicas dos Docentes do Curso de Pedagogia da Universidade Estadual da Paraíba**. Campina Grande: UEPB, 2002. Revisado em 09 abr. 2015.

MORAIS, Maristela. **A Perspectiva Dialógica Freiriana na Educação: Ação-Reflexão-Ação na Prática Docente**. São Paulo: Editora Dialética, 2023. 84 p.

MORAIS, Regis de. **Sala de aula: Que espaço é esse?**. 3. ed. Campinas: Papirus, 1988.

MOREIRA, Antonio Marco. **Grandes desafios para o ensino da Física na Educação Contemporânea**. Artigo. Disponível em: http://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2014_Moreira_DesafiosEnsinoFisica.pdf. Acesso em: 19 junho 2024.

MORSCHHEISER, Luana Marciele; JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; LEITE, Rosana Franzen. Um olhar sobre as definições de abordagem temática na perspectiva de Paulo Freire: o que dizem os autores?. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, n. 52, p. 65-82, 2022.

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.

NETO, Demétrio Delizoicov. **Ensino de Física e a concepção freireana da educação**. Tese de doutorado – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1982.

OLIVEIRA, Denilson Alves de; CAMARGO, Akemi Teramoto de. **Poluição sonora: o uso de fone de ouvido**. Artigo, 2013. Disponível em: < http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uepg_cien_artigo_denilson_alves_de_oliveira.pdf>. Acesso em: 26 abril 2024.

PEREIRA FILHO, Edson. **Um tormento chamado zumbido 'fantasma'**. Matéria publicada na Folha de Londrina em 31 de dez de 1999. Disponível em: <https://www.bonde.com.br/saude/corpo-mente/um-tormento-chamado-zumbido-fantasma-84526.html>. Acesso em: 23 abril 2024.

POCKSZEVNICKI, J. **O som e o sentido da audição: uma proposta de interdisciplinaridade entre física e biologia para o ensino médio**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Blumenau. Brasília, 2021.

REZENDE, Thiago Anunciação. **A utilização dos 3 MP para abordagem da temática ambiental no currículo de física da educação básica – os rios voadores da Amazônia e o ciclo da água**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação da Universidade de Brasília, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Brasília, 2018.

RICARDO, Elio Carlos. **Problematização e contextualização no ensino de física**. Ensino de Física. São Paulo: *Cengage Learning*, p. 29-48, 2010.

SANTOS, Bernúbia Almeida; COSTA, Maria Helena Carvalho da; VIANA-BARBOSA, Celso José. **Interação professor-aluno em sala de aula: uma visão a partir de uma ferramenta para análise de discurso**. Artigo. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10471/13/48.pdf>. Acesso em: 21 junho 2024.

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

SALVADOR, C. C.; ALEMANY, I. G.; MARTÍ, E.; MAJÓS, T. M.; MESTRES, M. M.; GOÑI, J. O.; GALLART, I. S.; GIMÉNEZ, E. V. **Psicologia do Ensino**. 1. ed. [S.I.]: Penso, 2000.

SILVA, Wilson Antônio da. **Contribuições da articulação entre a educação problematizadora de Paulo Freire e a educação CTSA para o ensino de química à luz da investigação temática**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, p. 48. 2023.

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.

VASCONCELOS, Maria Lúcia; BRITO, Regina Helena Pires de. **Conceitos de Educação em Paulo Freire: Glossário**. 6. ed. Petrópolis, RJ: Vozes; São Paulo, SP: Mack Pesquisa – Fundo Mackenzie de Pesquisa, 2014.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; FORD, A. Lewis. **Física I, Sears e Zemansky: Mecânica**. Tradução de Sônia Midori Yamamoto. Revisão técnica de Adir Moysés Luiz. 12. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2008.

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 - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada: 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, sob a responsabilidade de: Millena Lima Ferreira e da orientadora Prof^ª. Dr^ª. Laércia Maria Bertulino de Medeiros, de forma totalmente voluntária.

Antes de decidir sobre sua permissão para a participação na pesquisa, é importante que entenda a finalidade da mesma e como ela se realizará. Portanto, leia atentamente as informações que seguem.

O objetivo desta pesquisa é conscientizar os estudantes sobre os efeitos prejudiciais da poluição sonora na saúde e reduzir a lacuna no estudo do sistema auditivo. Apenas com sua autorização realizaremos a coleta dos dados. Os dados serão coletados através de atividades em sala de aula e um formulário online do Google *Forms*, e a sequência de ensino será desenvolvida em dez aulas, com frequência de duas aulas por semana.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento.

Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se.

O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação.

Os dados individuais serão mantidos sob sigilo absoluto, antes, durante e após a finalização do estudo. Os resultados da pesquisa poderão ser apresentados em congressos e publicações científicas, sem qualquer meio de identificação dos participantes, no sentido de contribuir para ampliar o nível de conhecimento a respeito das condições estudadas.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada, sendo que seu nome ou o material que indique sua participação será mantido em sigilo. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será

fornecida a você. Este termo foi elaborado em conformidade com o Art. 228 da Constituição Federal de 1988; Arts. 2º e 104 do Estatuto da Criança e do Adolescente; e Art. 27 do Código Penal Brasileiro; sem prejuízo dos Arts. 3º, 4º e 5º do Código Civil Brasileiro.

Em caso de dúvidas, você poderá obter maiores informações entrando em contato com Millena Lima Ferreira através do telefone (xx xxxxx-xxxx) ou através do e-mail: millenalferreira@gmail.com.

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade (se já tiver documento) _____, fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações junto ao pesquisador responsável. Estou ciente que o meu responsável poderá modificar a decisão da minha participação na pesquisa, se assim desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Campina Grande, ____ de _____ de ____.

Assinatura do Responsável

Assinatura do Pesquisador

**APÊNDICE B – RESPOSTAS COLETADAS DURANTE A AULA 2 DO 1º
MOMENTO PEDAGÓGICO**

Grupo 1

Sim, poluição sonora são barulhos que incomodam a sociedade, interferindo na saúde dos cidadãos e grupos vulneráveis, como, crianças autistas, idosos, crianças e animais. Os exemplos são: outdoor, buzinas, caixas de som, carros de som, etc...

Fontes de poluição sonora: casas de shows
Construções
Aeroportos

Agitação respiratória, aceleração da pulsação, aumento da pressão arterial, dor de cabeça e, no caso de barulho extremos e constantes, gastrites, colites ou inclusive enfartes. essas são suas causas. ↑

Grupo 2

- Sim, já ouvimos falar pelo fato da poluição sonora ser muito presente no nosso dia-a-dia e já tem se tornado algo comum e rotineiro.
 Poluição sonora se define em uma função de sons desagradáveis presentes no cotidiano, como ruídos, sons no trânsito, música alta em bares ou festas e gritaria em parques de diversões.
 Estes exemplos citados acima são apenas alguns exemplos de poluição sonora, e todos esses exemplos juntos se tornam incômodos para a sociedade, principalmente a crianças autistas (ou autistas adultos também!), idosos e animais.
- 3 fontes de poluição sonora e seus possíveis efeitos:
 - trânsito (veículos, aviões, trens):
 - efeitos: Problemas de audição, aumento do estresse, insônia e, a longo prazo, risco de hipertensão e doenças cardíacas.
 - Obras e construções:
 - efeitos: irritabilidade, dificuldades de concentração, distúrbios do sono, além de afetar o bem-estar de pessoas que morem ou trabalhem próximas a esses locais.
 - Estabelecimentos comerciais e eventos:
 - efeitos: Perda auditiva, aumento de ansiedade e estresse, além de prejudicar o descanso das pessoas que vivem nas proximidades.

Grupo 3

Já, é um conjunto de ruídos ao qual prejudica o ecossistema urbano e os seus cidadãos em uma definição mais clara pode ser definido como um barulho, eventos, ou ambiente fechado ou público que afeta os moradores de uma determinado ambiente. exemplos: motos, carros, festas, eventos, construções, fogos de artifícios e etc. Problemas que trazem a saúde: ansiedade, estresse, problemas cardiovasculares, deterioração dos ouvidos e etc.

2ª Atividade

temos como exemplos as construções urbanas, os carros e os fogos de artifícios.

* As construções muitas das vezes causaram problemas, como o incomodo auditivo, por conta do volume alto e contínuo.

* Veículos em geral causam poluição pelos ruídos gerados, na sua grande maioria pelo motor.

* Os fogos pelo altíssimo barulho, que não pega de surpresa

Grupo 4

Sim, a poluição sonora são barulhos que podem interferir na sociedade de uma forma ruim, podendo causar danos a toda população por causa de ruídos excessivos.
Exemplos: Jogos de Antifón, festas.

3 fontes de poluição sonora e efeitos:

1º Tráfego urbano:

- Efeitos: Aumenta o estresse, provoca distúrbios de sono e pode levar a problemas cardiovasculares.

2º Construção civil:

- Efeitos: causa irritação, dificuldade de concentração e pode afetar a saúde mental devido à constante exposição ao barulho.

3º Indústrias:

- Efeitos: pode provocar perda auditiva, estresse crônico e impacto na comunicação entre trabalhadores, aumentando o risco de acidentes.

Grupo 5

- Vocês já ouviram sobre poluição sonora?

Sim.

- Sabem definir a poluição sonora?

Sim. É um ambiente que causa prejuízos a saúde e ao bem estar da população.

- quais exemplos de poluição sonora vocês conhecem?

- carreta.

- construções civis.

- Show em lugares públicos.

- festas de ruas.

...

- pesquise e liste, no mínimo, 3 fontes de poluição sonora e seus possíveis efeitos.
Trafego automobilístico: o ruído do trânsito de veículos automotores e o que mais contribui para a poluição sonora.

Construções civis: os trabalhadores das construções produzem sons o tempo todo.

Equipamentos eletrônicos: os aparelhos domésticos, como liquidificadores, aspiradores de pó, batedeiras, aparelhos de sons, secadores de cabelo, cortadores de grama, entre outros, também são fontes de poluição sonora.

Grupo 6

Com base num novo Construintes Sobre produção sonora,

Ela ocorre quando há um excesso de ruído que afetar a sua saúde Mental. Temos como exemplo, Shree em locais muito próximos a maradeia, Brada em locais de trabalho, por conta do som exagerado em locais inapropriados, trazendo desconforto o maradeiros em animais que habitam nas proximidades.

Trafego automobilístico

O principal foco de ruído nas Cidades é o causado pelos carros por exemplo, a buzina de um carro produz 90db e a de um ônibus 100 db.

Trafego avio

O numero de avião que sobrevoam uma cidade é menor que o dos carros, mas seu impacto é maior: So um desses aparelhos produz 130db

Obras de construção

A: construção de um novo edificio, um novo estacionamento ou o reaparelhamento asfáltico de um pavimento provoca ruído. Por exemplo, uma britadeira pneumática tem intensidade sonora de 110 db.

APÊNDICE C – PRIMEIRO FORMULÁRIO APLICADO

QUESTIONÁRIO SOBRE A POLUIÇÃO SONORA

Orientação:

Pense com calma e responda.

** Indica uma pergunta obrigatória*

1. E-mail *

2. Nome Completo: *

No que diz respeito à poluição sonora:

3. A POLUIÇÃO SONORA É UM MAL INVISÍVEL? *

0 pontos

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE D – RESPOSTAS COLETADAS DURANTE AS AULAS 3 E 4 DO 2º MOMENTO PEDAGÓGICO

Grupo 1

~~O ~~que~~ ~~perceber~~~~ o que percebemos no ouvido

*

*

Dependendo do volume do som pode alcançar distâncias com ondas que ~~isomoda~~ quem recebe e teoricamente sim, o som é o volume, o volume é a intensidade dele.

A presença desse som perturbador causa irritação e dor de cabeça, assim sendo uma poluição sonora.

1. Sim. Acho que ~~gizar~~ faz pressão na cabeça.

2. Focar em um ponto fixo.

3. A audição e o equilíbrio estão interligados, pois ambos dependem de informações neurais recebidas pelo ouvido interno. Alterações em uma dessas funções podem afetar a outra; por exemplo, problemas auditivos podem levar a dificuldade no equilíbrio.

4. Pode proteger seus ouvidos e garantir uma boa saúde auditiva ao longo da vida se você tiver preocupações específicas sobre a saúde dos seus ouvidos, não hesite em procurar um profissional de saúde.

Grupo 2

- Altura está relacionada à frequência, enquanto o volume está relacionado à amplitude. Ambos fazem parte do som, mas são coisas distintas.
- São fatores cruciais que contribuem para a poluição sonora. A intensidade e a duração do som são fundamentais para entender a poluição sonora e seus impactos. Tanto no ambiente urbano quanto na saúde humana e animal.
- Sim, vi uma vez que temos um líquido nos nossos ouvidos, e que quando nos mexemos, rapidamente, este líquido em movimento acaba nos deixando tontos.
- Fechei os olhos.
- O labirinto é uma estrutura localizada no ouvido interno que desempenha um papel crucial tanto na audição quanto no equilíbrio. Ele é dividido em duas partes principais: o órgão de Corti, responsável pela audição, e o sistema vestibular, que é responsável pelo equilíbrio.
- Higiene, proteção, evitar exposição a ruídos excessivos, hidratação, consultas regulares, tratar infecções, cuidado com substâncias estranhas.

Grupo 3

1) Outra é a frequência volume em Hertz que estão sendo emitidos, logo a altura mais o volume ^{o que está quer}

2) A intensidade alta faz prejudicar muito a nossa saúde mais isso depende muito da duração como, se um som com uma intensidade alta mais com a duração curta não prejudica muito, mas se tiver uma longa duração faz começa a dar problemas a nossa saúde, ao sono, casos etc.

1-) Com o girar em torno do meu próprio eixo, o meu cerebelo, que é responsável com o meu equilíbrio, ele deve ter se desregulado.

2-) Nada que me recorde.

1-) O labirinto é uma estrutura, do ouvido interno, com o propósito da audição e do equilíbrio, que é uma parte de suma importância.

2-) Escutando fones de ouvido com uma frequência recomendada, mantém a limpeza ~~da~~ regulada, sem utilizar contatos.

Grupo 4

Pergunta ①

Sim, pois a altura do som depende do seu volume.

Pergunta ②

Se for muito intensa e com uma longa duração, pode causar problemas auditivos.

Pergunta ③

Sim, acho que pelo fato de ativar muito a cabeça com movimentos rápidos.

Pergunta 4

Olhei para baixo e tentei ficar parada ao máximo.

Pergunta 5

Ele é essencial para permitir ouvir sons e manter a coordenação ao se mover.

Pergunta 6

Evitar o uso de cotonetes, manter os ouvidos secos, proteger os ouvidos de barulhos altos, evitar exposição prolongada a sons altos e manter uma boa higiene geral.

Grupo 6

Pergunta I: Sim, pois a partir do momento que ela incomoda ela passa a ser da forma que eu me sentiria melhor, o mesmo deveria acontecer se trocasse os lugares.

Pergunta II: ~~Quanto maior a intensidade maior a perturbação.~~ Quanto maior intensidade maior perturbação.

I. Sim, pelos movimentos variáveis

II. Foco em um ponto no campo de visão

III. • As laringeas, órgãos da voz interna constituída por um tecido vivo e ligada às funções da audição e do equilíbrio do corpo, possuem a maior capacidade de carga e são capazes em relação ao organismo.

IV. • Evite barulhos altos; Fique longe de fontes de ruído intenso, como Shavers, Estão, ou Máquinas ruidosas.

• Evite usar fones de ouvido em volume alto

APÊNDICE E – REGISTROS DAS MEDIDAS DE INTENSIDADE SONORA

GRUPO 1	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀
6º ANO	72,0dB	72,0dB	72,0dB	72,0dB	72,0dB	73,4dB	74,1dB	74,1dB	74,1dB	74,1dB
7º ANO	82,9dB	81,2dB	84,7dB	82,6dB	81,0dB	82,3dB	83,1dB	83,0dB	81,5dB	82,7dB
8º ANO	80,3dB	78,6dB	78,9dB	81,0dB	83,6dB	83,4dB	83,0dB	83,8dB	85,3dB	87,3dB
9º ANO	76,7	72,6	78,5	83,3	80,3	83,9	—	—	—	—
2º E	77,1dB	78,0dB	77,5dB	76,6dB	70,5dB	71,8dB	72,9dB	75,3dB	75,6dB	75,0dB
INTERVALO	85,9dB	85,2dB	82,9dB	84,7dB	—	—	—	—	—	—

Média das intensidades

$$6^{\circ} \text{ ano: } \frac{729,8}{10} = 72,98$$

$$7^{\circ} \text{ ano: } \frac{824,4}{10} = 82,44$$

$$8^{\circ} \text{ ano: } \frac{825,5}{10} = 82,55$$

$$9^{\circ} \text{ ano: } \frac{770,9}{10} = 77,09$$

$$5^{\circ} \text{ ano D: } \frac{750,3}{10} = 75,03$$

$$\text{Intervalo: } \frac{338,7}{4} = 84,67$$

GRUPO 2	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀
6º ANO	86dB	81dB	86dB	87dB	85dB	89,5dB	87,2dB	81,0dB	85dB	79,0dB
7º ANO	79dB	83,5dB	84,7dB	91dB	86dB	80dB	88,0dB	91dB	79dB	76dB
8º ANO	77,9	76,4	76,6	77,1	78,0	79,6	78,6	75,7	80,1	80,9
9º ANO	71,3dB	58,2dB	78,4dB	—	—	—	—	—	—	—
2º E	72,1	72,0	71,3	70,3	70,0	66,2	68,1	69,7	73,7	68,3
INTERVALO	80,5dB	87,2dB	85,5dB	82,0dB	81,6dB	82,5dB	89,5dB	90dB	88,6dB	90,5dB

Médias das intensidades

$$6^{\circ} \text{ ano: } \frac{761,7}{10} = 76,17 \rightarrow \frac{846,7}{10} = 84,67$$

$$7^{\circ} \text{ ano: } \frac{838,2}{10} = 83,82$$

$$8^{\circ} \text{ ano: } \frac{784,2}{10} = 78,42$$

$$9^{\circ} \text{ ano: } \frac{207,9}{3} = 69,3$$

$$1^{\circ} \text{ D: } \frac{707}{10} = 70,7$$

$$\text{intervalo: } \frac{867,9}{10} = 86,79$$

GRUPO 3	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀
6º ANO	71,1dB	71,9dB	71,3dB	73,4dB	71,1dB	80,6dB	77,2dB	73,9dB	77,4dB	77,7dB
7º ANO	82,3 ^{db}	81,3dB	84,2dB	80,9dB	79,3dB	78,6dB	81,9dB	83,3 ^{db}	83,2 ^{db}	81,0dB
8º ANO	74,1dB	75,2dB	76,2dB	77,9dB	80,1dB	82,8dB	82,7dB	82,9dB	83,1dB	85,1dB
9º ANO	75,1	79,6	79,6	81,0	—	81,0	—	—	—	—
2º E	74,6	74,0	80,1	76,8	72,9	72,3	79,3	75,5	79,6	77,6
INTERVALO	82,0	82,9	81,8	81,0	79,9	83,3	83,7	82,2	81,0	81,9

$$6^{\circ} \text{ ano: } \frac{841,5}{10} = 84,15$$

$$7^{\circ} \text{ ano: } \frac{819}{10} = 81,9$$

$$8^{\circ} \text{ ano: } \frac{816,5}{10} = 81,65 \quad \frac{799,5}{10} = 79,95$$

$$9^{\circ} \text{ ano: } \frac{799,1}{10} = 79,91 \quad \frac{398,1}{5} = 79,62$$

$$1^{\circ} \text{ E: } \frac{757,7}{10} = 75,77$$

$$\text{intervalo: } \frac{819,7}{10} = 81,97$$

GRUPO 4	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀
6º ANO	79,5dB	79,5dB	78,1dB	77,3dB	79,7dB	81,1dB	77,5dB	78,6dB	77,7dB	77,1dB
7º ANO	82,3	83,4	84,1	84,4	84,4	84,4	83,3	84,8	84,8	84,8
8º ANO	80,6dB	80,5dB	73,5dB	80,9dB	83,0dB	85,0dB	83,3dB	84,6dB	83,9dB	86,8dB
9º ANO	81,3dB	76,8dB	80,8dB	77,3dB	82,6dB	83,5dB	—	—	—	—
2º E	75,7dB	—	77,5dB	79,5dB	79,5dB	77,9dB	76,0dB	77,6dB	73,7dB	72,1dB
INTERVALO	85,7dB	86,1dB	85,5dB	84,8dB	83,4dB	84,8dB	84,5dB	85,1dB	83,9dB	85,4dB

$$6^{\circ} \text{ ano: } \frac{786,1}{10} \Rightarrow 78,61$$

$$7^{\circ} \text{ ano: } \frac{840,7}{10} \Rightarrow 84,07$$

$$8^{\circ} \text{ ano: } \frac{822,1}{10} \Rightarrow 82,21$$

$$9^{\circ} \text{ ano: } \frac{482,3}{6} \Rightarrow 80,3$$

$$1^{\circ} \text{ D: } \frac{689,2}{9} \Rightarrow 76,5$$

$$\text{Intervalo} \rightarrow \frac{849,2}{10} \Rightarrow 84,92$$

GRUPO 5	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀
6º ANO	72,2dB	76,7dB	79,0dB	—	80,7dB	81,8dB	78,1dB	79,5dB	77,6dB	78,9dB
7º ANO	81,0dB	83,5dB	82,7dB	82,9dB	83,1dB	82,8dB	83,5dB	84,4dB	84,5dB	84,0dB
8º ANO	80,9dB	75,6dB	77,2dB	76,9dB	83,2dB	83,7dB	83,8dB	82,9dB	82,9dB	84,6dB
9º ANO	79,7dB	77,6dB	80,1dB	77,8dB	80,5dB	80,2dB	—	—	—	—
10º E	73,0dB	74,3dB	74,1dB	73,6dB	69,8dB	71,0dB	71,0dB	70,1dB	75,4dB	70,0dB
INTERVALO	84,1dB	83,5dB	83,7dB	83,8dB	81,8dB	84,1dB	83,0dB	82,7dB	82,3dB	84,5dB

~ médias das intensidades ~

$$6^\circ \text{ano: } \frac{704,5}{9} = 78,27...$$

$$7^\circ \text{ano: } \frac{832}{10} = 83,2$$

$$8^\circ \text{ano: } \frac{807,8}{10} = 80,78$$

$$9^\circ \text{ano: } \frac{475,9}{6} = 79,31$$

$$10^\circ \text{ano: } \frac{723,1}{10} = 72,31$$

$$\text{intervalo: } \frac{833,7}{10} = 83,37$$

GRUPO 6	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇	t ₈	t ₉	t ₁₀
6º ANO	82,9 ^{db}	88,2 ^{db}	83,4 ^{db}	82,4 ^{db}	89,3 ^{db}	80,3 ^{db}	88,0 ^{db}	81,3 ^{db}	84,2 ^{db}	89,3 ^{db}
7º ANO	82,9 ^{db}	82,3 ^{db}	82,4 ^{db}	82,4 ^{db}	82,5 ^{db}	82,4 ^{db}	83,9 ^{db}	84,4 ^{db}	81,2 ^{db}	83,7 ^{db}
8º ANO	84,2 ^{db}	84,2 ^{db}	84,2 ^{db}	84,2 ^{db}	84,5 ^{db}	85,5 ^{db}	85,5 ^{db}	85,5 ^{db}	85,5 ^{db}	85,7 ^{db}
9º ANO	81,8	86,8	81,4	80,4	83,4	82,9	—	—	—	—
1º D	88,0	84,8	88,8	89,5	89,6	89,3	89,2	84,6	84,3	89,0
INTERVALO	89,6	89,5	—	—	—	—	89,5	89,5	89,5	89,5

$$6^\circ \text{ANO: } \frac{814,9}{10} = 81,49$$

$$7^\circ \text{ANO: } \frac{837,6}{10} = 83,76$$

$$8^\circ \text{ano: } \frac{848,9}{10} = 84,89$$

$$9^\circ \text{ano: } \frac{495}{6} = 82,5$$

$$1^\circ \text{Dano: } \frac{882,1}{10} = 88,21$$

$$\text{Intervalo: } \frac{537,1}{6} = 89,516\ldots 67$$

APÊNDICE F – ATIVIDADE FINAL

ATIVIDADE – AULA 10

GRUPO: 1

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: 8º ano, 87,1 dB

➤ MENOR INTENSIDADE: 1º ano D, 70,5 dB

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?

Podem afetar a concentração, causar dor de cabeça, estresse e agitação. E em casos como estes, podem causar traumas auditivos.

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

Podem causar fadiga fisiológica, insônia, perda de atenção, agressividade, gastrite, e até queda de rendimento no trabalho.

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

maior: 6 horas

menor: mais de 8 horas, de acordo com a tabela apresentada.

3. Proponham uma solução para reduzir a poluição sonora nas salas de aula da EEEFM Senador Humberto Lucena e em suas comunidades. Justifiquem as suas escolhas.

Educação Comportamental, no caso das escolas.
O sinal da escola também prejudica para quem estiver perto, e pode causar perda de audição temporária.
Das comunidades: O barulho das motos, cigarras "tamtamtan",
luzes sem necessidades, carros de som.

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.

As crianças muito barulhentas, e meio chatas.
O que mais gostamos (alguns) de sair cedo, e sair de sala. Dura, a parte da aluna Sarah, que era as
outras crianças para saber do que se tratava e ainda
o desafio de descobrir algo novo. O que menos gostamos
foi o barulho. Aprendemos a ter controle do barulho
e respeito ao ouvir alguém com atenção. Não gostaríamos
degrante, pois foi uma experiência nova e diferente.

ATIVIDADE – AULA 10

GRUPO: 2

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: maior intensidade no intervalo, 92,5 dB

➤ MENOR INTENSIDADE: menor intensidade no 1D, 66,2 dB

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?

A maior intensidade encontrada foi durante o intervalo, ou seja, havia um ~~alto~~ acúmulo de pessoas por todo local, a poluição sonora neste local pode acarretar dores de cabeça, tonturas e zumbidos no ouvido e agressividade.

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

A menor intensidade foi encontrada em uma sala de aula, o que na teoria é ótimo. Entretanto, poluição sonora em uma sala de aula gera estresse, falta de atenção, dores de cabeça e reações que podem mexer com o emocional de alunos, mais severas gerando crises de pânico ou ansiedade.

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

92,5 = 3 horas de acordo com a tabela apresentada.

66,2 = ~~10~~ menos de 8 horas.

3. Proponham uma solução para reduzir a poluição sonora nas salas de aula da EEEFM Senador Humberto Lucena e em suas comunidades. Justifiquem as suas escolhas.

Encontrar uma forma de diminuir o ruído externo das salas de aula, como tentar fechar o ambiente com portas e janelas, diminuir ou mudar o som do sinal que toca entre as aulas e se certificar de não deixar mais de 1 ou 2 minutos tocando, essas duas causas juntas causam grandes níveis de estresse, dores de cabeça e também causa mais incômodo em alunos mais sensíveis ou que sentem algum tipo de alergia especial.

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.

A parte mais desafiadora para nós foi aguentar toda a manhã durante as medições (principalmente das turmas mais novas suas), o que mais gostamos foi aprender sobre a limitação e sensibilidade que o ser humano possui na audição e seus efeitos colaterais no corpo, o que menos gostamos também foi o barulho! Aprendemos sobre o ruído, aprendemos sobre os efeitos colaterais, limitações e muito mais diferentes de como gostamos foram os principais aprendizados e se tivéssemos que refazer o projeto iríamos nos atentar mais aos ruídos que ouvimos.

ATIVIDADE – AULA 10

GRUPO: 3

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: 7^o ano, 84,7

➤ MENOR INTENSIDADE: 1^o ano, 22,3 -> 1^a d

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?

Maior intensidade sonora encontrada foi de 84,7 no 7^o ano. Se exposto durante 8h com esse volume pode causar trauma auditivo.

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

A menor foi de 22,3 no 1^o ano d. De 8h ou mais pode causar reações fisiológicas.

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

Até 8h de acordo com a Tabela.

3. Proponham uma solução para reduzir a poluição sonora nas salas de aula da EEEFM Senador Humberto Lucena e em suas comunidades. Justifiquem as suas escolhas.

Com abafadores sonoros,
troca de ventiladores por ar-condicionados,
com a política de não barulho.

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.

Se pudessemos refazer, gostaríamos de corrigir todos os erros de escrita cometidos, também gostaríamos de ter feito com mais calma.

ATIVIDADE – AULA 10

GRUPO: 4

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: Nº 8º andar; 86,8 dB

➤ MENOR INTENSIDADE: Nº 1º D; 72,1 dB

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?

Os alunos podem ter trauma auditivo, reações psíquicas e fisiológicas além de lesões irreversíveis, como estresse, insônia, gastrite, entre outros.

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

Os alunos também podem ter traumas, porém com menos danos, causando mais "lesões".

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

7 horas, e de acordo com a tabela, mais de 8 horas.

3. Proponham uma solução para reduzir a poluição sonora nas salas de aula da EEEFM Senador Humberto Lucena e em suas comunidades. Justifiquem as suas escolhas.

menor intensidade sonora, principalmente em ambientes fechados e ter um certo controle no nível sonoro para não causar uma perda de audição, mas não que seja pouco mais quieto.

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.

gostamos bastante do projeto, pois aprendemos que sons elevados podem nos trazer danos auditivos irreversíveis. Não faríamos nada diferente pois com esse projeto conseguimos aprender mais sobre a intensidade sonora e seus riscos.

ATIVIDADE – AULA 10

GRUPO: 5

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: 8º Ano 84,6 dB

> MENOR INTENSIDADE: 1º Ano 70,1 dB

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?

Bom, pode afetar em várias coisas relacionadas a nossa ~~saúde~~ saúde como exemplo a perda de audição, trauma auditivo, gastrite, perda de memória, ... E a maior intensidade encontrada foi 84,6 dB.

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

Bom, pode afetar em várias coisas relacionadas a nossa saúde, mas mais relacionado na questão física, como dor de cabeça, gastrite, zumbido, ... E a menor intensidade encontrada foi 70,1 dB

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

para o maior é mais de 8 horas e para o menor é aproximadamente mais de 9 horas.

3. Proponham uma solução para reduzir a poluição sonora nas salas de aula da EEEFM Senador Humberto Lucena e em suas comunidades. Justifiquem as suas escolhas.

instalação de materiais acústicos, regras de silêncio em
áreas comuns, e limite de uso de aparelhos sonoros.

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.

o mais desafiador foi o sol quente e o calor.

o que a gente mais gostou foi o trabalho fora de sala.

o que ~~menos~~ a gente menos gostou foi horário do sol.

os principais aprendizados foram que aprendemos a cuidar me-
lhor do nosso ouvido, assim cuidamos mais da nossa saúde so-
nora.

não faria nada diferente, pois adorei o projeto.

ATIVIDADE – AULA 10

GRUPO: 6

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: No intervalo 4 → 89,6 db

➤ MENOR INTENSIDADE: 6º ano → 73,1 db

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?

Trauma auditivo e lesões irreversíveis
no sistema auditivo após 4 horas e 30
minutos

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

Trauma auditivo após > 8 horas

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

> 8 horas e 4 horas e 30 minutos.

3. Proponham uma solução para reduzir a poluição sonora nas salas de aula da EEEFM Senador Humberto Lucena e em suas comunidades. Justifiquem as suas escolhas.

Professores que impõe moral, como o de física hibernal, excelente exemplo de respeito dentro de sala, resumindo, professores que não fazem o gosto dos alunos.

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.

Temos vergonha na cara de sair para mostrar as 10 em letras azuis foi muito desafiador, da pontuação e experiência de nível que é apropriado diariamente para nossa audição, gostamos de tudo, aprendemos a controlar a som ao nosso redor, evitar fones de ouvido intermitentes externos, fariam em locais públicos próximos.

APÊNDICE G – REAPLICAÇÃO DO FORMULÁRIO 1

QUESTIONÁRIO 2 SOBRE A POLUIÇÃO SONORA

Orientação:

Pense com calma e responda.

** Indica uma pergunta obrigatória*

1. E-mail *

2. Nome Completo: *

No que diz respeito à poluição sonora:

3. A POLUIÇÃO SONORA É UM MAL INVISÍVEL? *

0 pontos

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE H – PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DE ENSINO

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.



Millena Lima Ferreira

Orientadora

Professora Doutora Laércia Maria Bertulino de Medeiros

2025

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

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.....	5
1.1 Ondas: Conceitos básicos, fenômenos relacionados e classificação.....	5
1.2 Ondas na corda	8
1.3 O som é uma onda de pressão.....	9
1.4 A velocidade do som em fluidos.....	10
1.5 Qualidades fisiológicas do som.....	11
1.6 A anatomia do ouvido humano.....	13
1.7 O processo de percepção auditiva	17
Capítulo 2 Sequência de ensino – O impacto fisiológico da poluição sonora: uma análise integrada.....	20
2.1 Momentos pedagógicos.....	20
2.1.1 Público-alvo.....	26
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 concentricamente 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

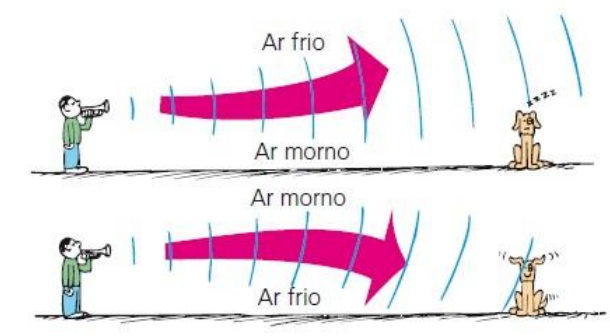
Chamamos de *eco* o som refletido. A fração de energia transportada pela onda de som refletida será maior se a superfície refletora for rígida e lisa do que se ela for macia e irregular. A energia sonora que não é transportada com a onda refletida é transportada pela onda “transmitida” (absorvida) [...] 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.

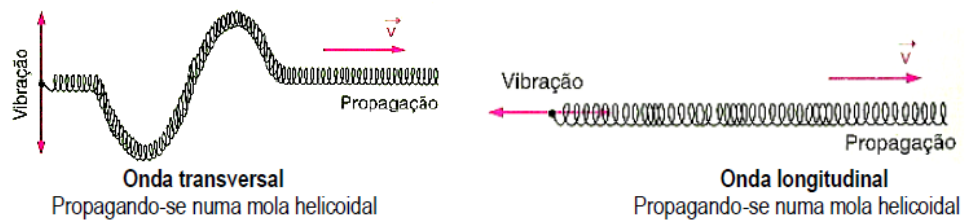
As **ondas eletromagnéticas** resultam de vibrações de cargas elétricas, transportando energia sob a forma de *quanta* (“pacotes” de energia). Por isso, as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em alguns meios materiais. Exemplos: ondas luminosas (luz), ondas de rádio ou TV, micro-ondas, raios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



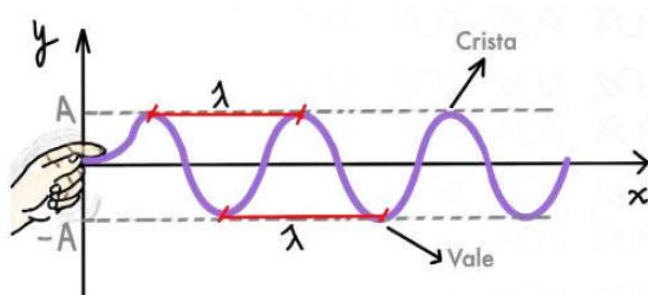
Fonte: Brito (2023)

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:

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

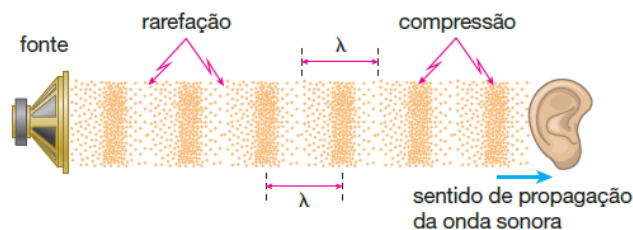
onde v é a velocidade do som no meio (m/s); λ é o comprimento da onda (m) e f é a frequência (Hz). É importante observar que essa equação, além de permitir o cálculo da velocidade de uma onda, também possibilita verificar das quais grandezas λ e f dependem.

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



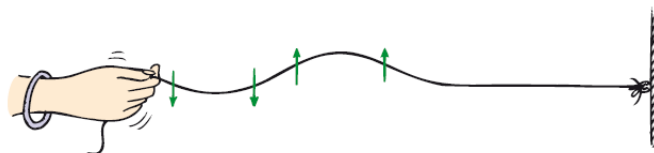
Fonte: Amabis, M. J. *et al* (2020)

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 logaritmicamente, 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)

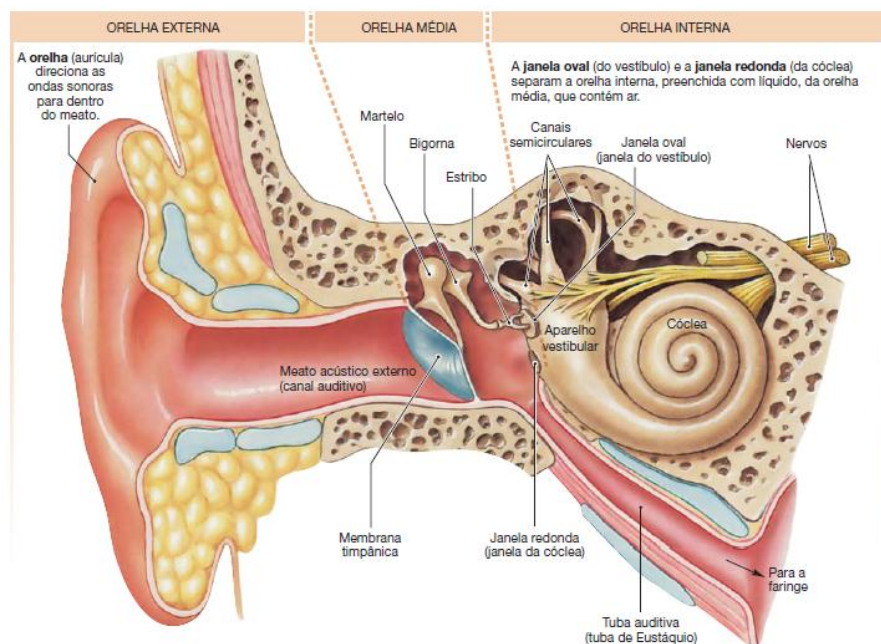
Dessa maneira, não é suficiente que a frequência da onda sonora esteja compreendida entre 20 Hz e 20 kHz para que possamos percebê-la. Além disso, é necessário que haja uma intensidade mínima de energia capaz de fazer o tímpano vibrar. Esse valor mínimo varia de acordo com a faixa etária, de modo que 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.

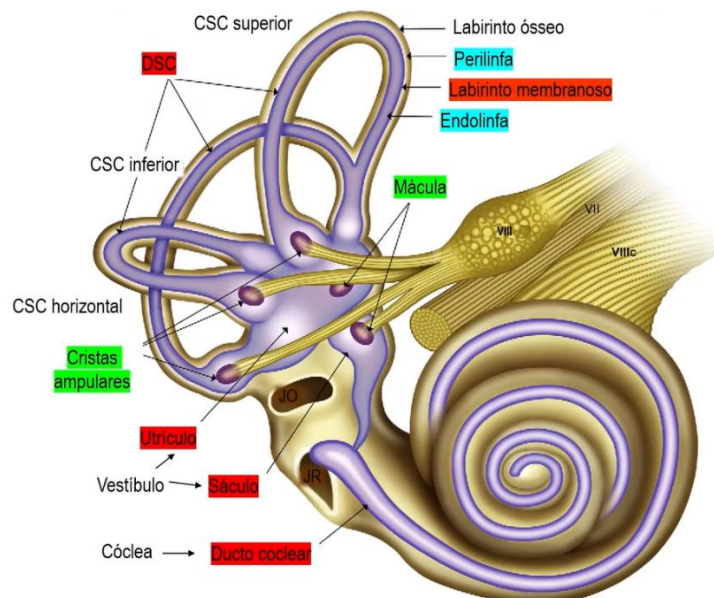
Figura 9: Ossículos do ouvido



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 cerebelo.

Figura 10: Ouvido interno – Labirintos ósseo e membranoso

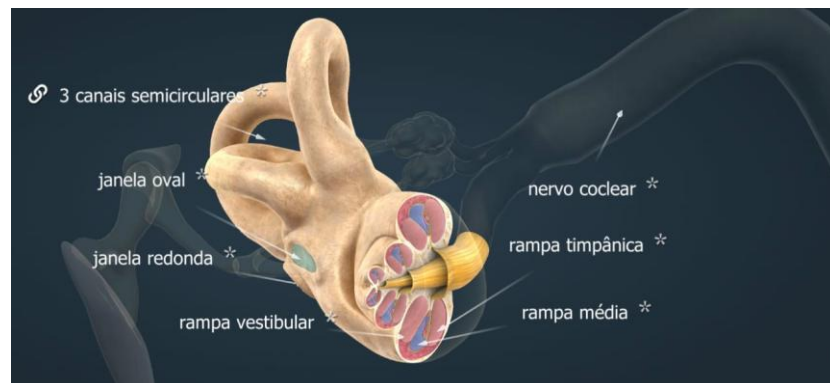


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=HBRYP7f87rM>

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

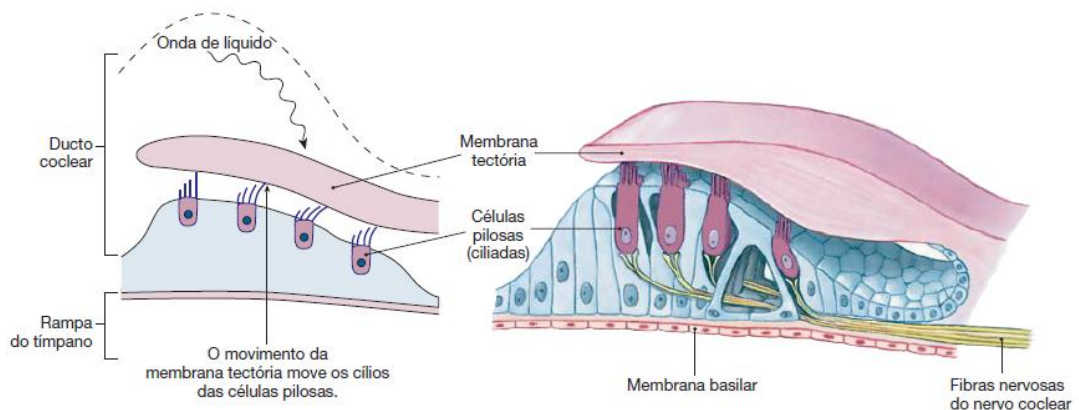
estímulos auditivos. As extremidades das células pilosas possuem filamentos denominados cílios, localizados no órgão de Corti (Figura 12), um complexo sistema de células ciliadas dentro da cóclea, e estão inseridos na membrana tectorial subjacente. A membrana tectória movimenta os cílios das células 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)

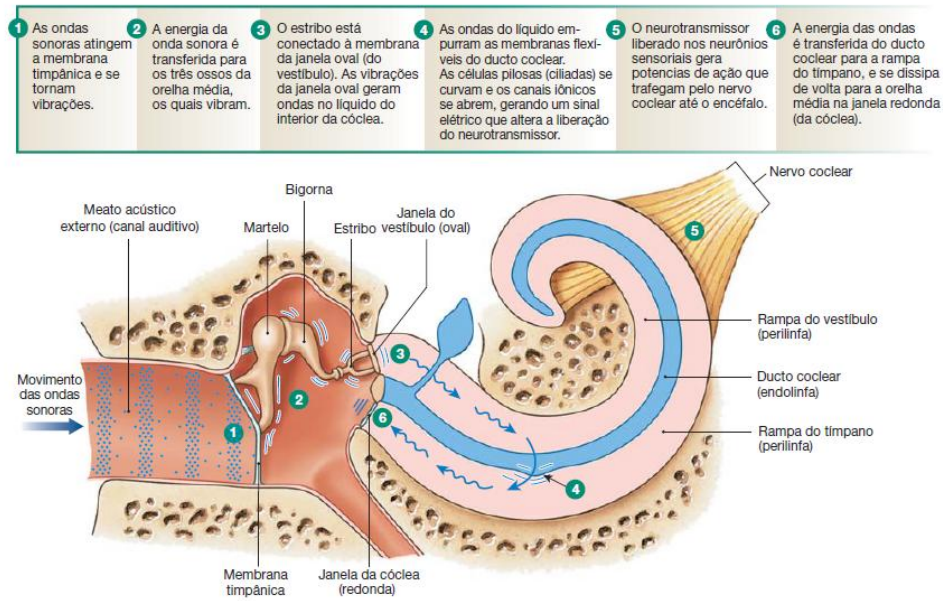
O movimento dos cílios converte as ondas sonoras em sinais neurais. Na região inferior da orelha interna, encontra-se a tuba auditiva ou tuba de Eustáquio, responsável por regular a pressão.

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 perilinfa, 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.

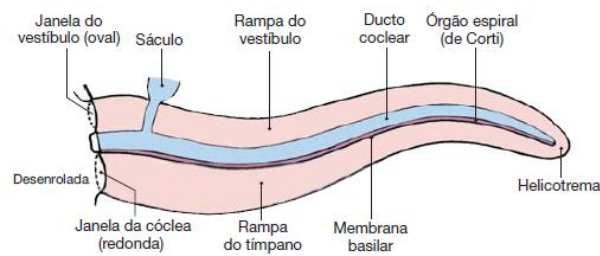
Figura 13: Trajeto do som até o cérebro



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.

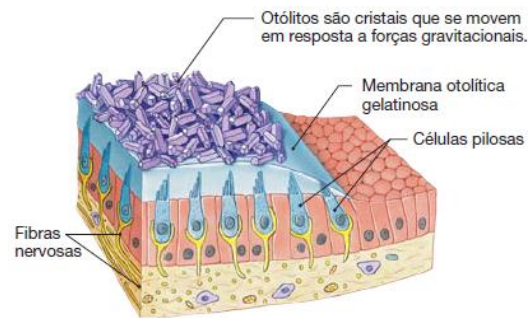
Figura 14: Diagrama esquemático da cóclea (desenrolada)



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 endolíngua, um líquido que, juntamente com os cristais de carbonato de cálcio (otólitos), permite a percepção do equilíbrio e direção durante movimentos.

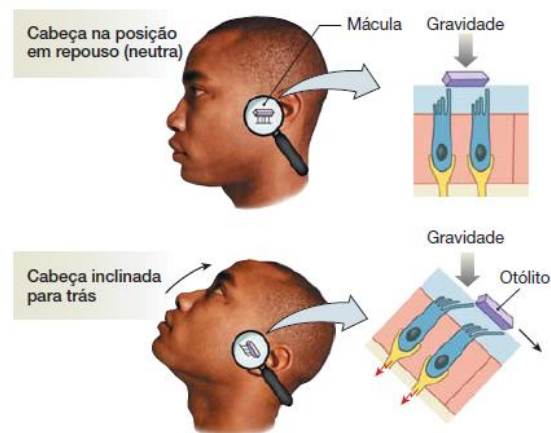
Figura 15: Diagrama esquemático da mácula (receptor sensorial para a aceleração linear e a posição da cabeça)



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 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.	Promover um debate para identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre a poluição sonora e suas causas.	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. 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.	Identificar e caracterizar as propriedades do som e analisar sua relação com a poluição sonora.	Altura; Intensidade; Timbre; Frequência; Amplitude; Potência.

	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, 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.	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.	Simulação da propagação do som; Função do tímpano; Função e objetivo do decibelímetro.

		Entender a unidade de medida utilizada para expressar a intensidade sonora, o decibel (dB).	
--	--	---	--

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	Desenvolver habilidades para	Intensidade sonora.

	medições, incluir alunos que não participaram anteriormente e corrigir erros de execução. As medições continuarão, como parte da sequência da atividade.	medir e analisar o nível de ruído em diferentes ambientes.	
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.

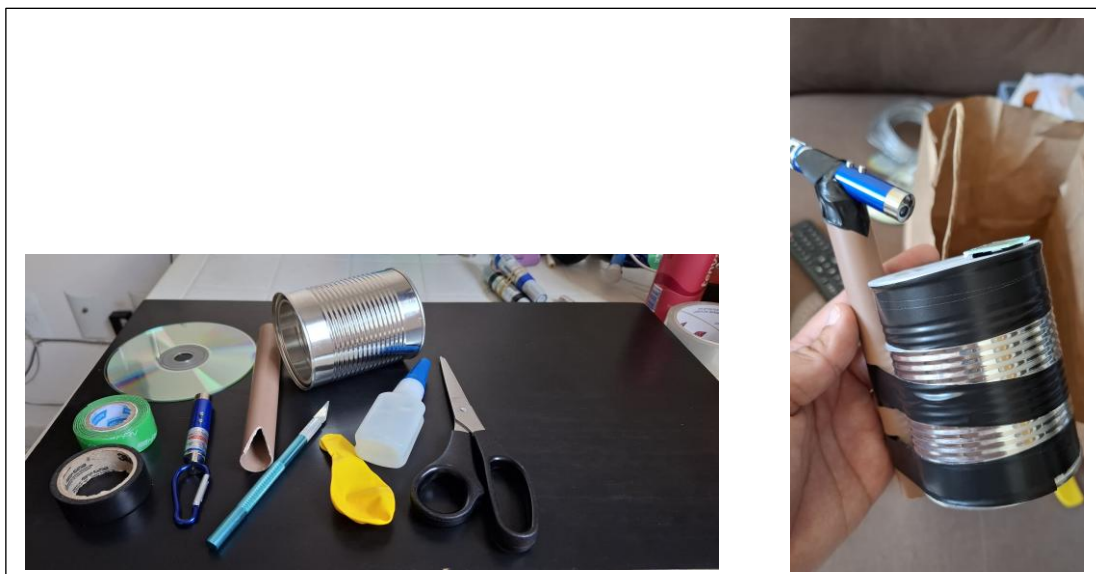
Procedimento:

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 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>

ANEXO A – 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>

ANEXO B – 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 C – 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/>