



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF
POLO CAMPINA GRANDE

MARCOS PAULO ARAUJO SOUSA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA ENSINO DE ONDAS SONORAS NUMA
PERSPECTIVA PROBLEMATIZADORA

CAMPINA GRANDE-PB

2024

MARCOS PAULO ARAUJO SOUSA

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA ENSINO DE ONDAS SONORAS NUMA
PERSPECTIVA PROBLEMATIZADORA**

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 Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Orientador: Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire

CAMPINA GRANDE-PB

2024

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.

S725a Sousa, Marcos Paulo Araujo.
Atividades experimentais para ensino de ondas sonoras numa perspectiva problematizadora [manuscrito] / Marcos Paulo Araujo Sousa. - 2024.
135 f. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação : Prof. Dra. Morgana Ligia de Farias Freire, Departamento de Física - CCT".

1. Ensino Fundamental. 2. Ondas sonoras. 3. Experimentos no ensino. 4. Perspectiva Problematizadora. I. Título

21. ed. CDD 530.7

MARCOS PAULO ARAUJO SOUSA

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA ENSINO DE ONDAS SONORAS NUMA
PERSPECTIVA PROBLEMATIZADORA

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 Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Aprovada em: 02/10/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Morgana Ligia de Farias Freire** (***.350.644-**), em **24/04/2025 14:24:51** com chave **07fc87b2213111f081ab1a1c3150b54b**.
- **Ana Raquel Pereira de Ataíde** (***.970.704-**), em **26/04/2025 09:38:59** com chave **6cde3048229b11f0b8b11a1c3150b54b**.
- **Francisco de Assis de Brito** (***.927.524-**), em **24/04/2025 19:20:50** com chave **6100ab44215a11f0a3ea06adb0a3afce**.

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: 26/04/2025

Código de Autenticação: 7a1410



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, acima de todas as coisas, por sua infinita bondade e misericórdia. Agradeço pela força para vencer esta etapa, que foi dura e complexa, mas toda jornada tem um fim, da forma e no tempo que Deus determina.

Agradeço aos meus queridos professores e amigos desta vida acadêmica, desde o início da minha graduação em física. Estar junto de vocês, recebendo e compartilhando ciência, é uma honra.

Como não agradecer ao apoio inestimável da minha eterna orientadora, Professora Morgana Ligia de Farias Freire, que sempre me apoiou e incentivou a tornar a física atrativa e prazerosa para os alunos.

Agradeço às Anas, Ana Raquel Ataíde e Ana Paula Bispo, que nos fazem refletir sobre física. Neste momento, não posso deixar de mencionar a tranquilidade nas palavras do nosso eterno Mará (*in memoriam*), que nos fazia desejar “só mais 5 minutinhos” de aula para terminar a explicação de uma questão, e que, no final, se transformavam em 2 horas. Agradeço a Jamilton, o amigo que se tornou professor, sempre com sua alegria e suavidade desde 2003, e a Marcelo Germano e Heron, que sempre foram incentivadores e motivadores.

Posso agora parafrasear Sir Isaac Newton, que disse: “Se cheguei até aqui, foi me apoiando em ombros de gigantes”. Assim como Newton, também tive o privilégio de ter gigantes para alicerçar meus conhecimentos.

Agradeço ao meu pai, meu eterno professor de matemática, de quem herdei o gosto pelas ciências, e meu maior incentivador a realizar uma pós-graduação. À minha mãe (*in memoriam*), que de onde estiver, emana forças para que eu siga seus passos, e aos meus irmãos, por todo o apoio.

Agradeço à minha esposa, pelo companheirismo e incentivo diário a buscar sempre mais na educação, e ao meu filho, para quem espero ser um dia um exemplo. Aos meus familiares que sempre estão comigo, em todos os momentos, cunhados, cunhadas, sogras e amigos. Enfim, a todos, o meu MUITO OBRIGADO!"

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

RESUMO

A experimentação tem sido amplamente defendida como uma estratégia eficaz para tornar o ensino de física mais dinâmico e engajador, superando o modelo tradicional de aulas exclusivamente teóricas. Ao propor atividades práticas, espera-se que os alunos se tornem agentes ativos e participativos, formulando hipóteses e construindo conceitos de forma significativa. Limitando-se ao conteúdo de ondas sonoras, objetivamos planejar e experienciar uma sequência de ensino a partir de atividades experimentais num contexto problematizador direcionada aos professores de física da educação básica, especialmente para aqueles do ensino fundamental. A aplicação foi realizada em três encontros de 1 hora e 40 minutos cada, nos quais os alunos foram desafiados a resolver problemas e realizar experimentos. A pesquisa, de natureza qualitativa, foi realizada em uma turma do nono ano do ensino fundamental. Os dados foram coletados por meio da observação das atividades em sala de aula e da análise das respostas dos alunos. Os resultados indicaram que a estratégia utilizada foi eficaz, pois despertou o interesse dos alunos, promovendo a participação ativa e a construção de conhecimentos sobre as ondas sonoras. Ao invés de simplesmente transmitir informações, essa estratégia permitiu os alunos explorarem seus próprios interesses e a capacidade de aprender, construindo um conhecimento relevante e duradouro.

Palavras-chave: experimentação; perspectiva problematizadora; ondas sonoras; ensino fundamental.

ABSTRACT

Experimentation has been widely advocated as an effective strategy to make the teaching of Physics more dynamic and engaging, overcoming the traditional model of exclusively theoretical classes. By proposing practical activities, it is expected that students will become active and participatory agents, formulating hypotheses and building concepts in a meaningful way. Focusing on the content of sound waves, we aim to plan and experience a teaching sequence based on experimental activities in a problem-solving context aimed at basic education physics teachers, especially those in elementary school. The application was carried out in three meetings of 1 hour and 40 minutes each, in which students were challenged to solve problems and carry out experiments. The research, of a qualitative nature, was carried out in a ninth-grade elementary school class. Data were collected through observation of classroom activities and analysis of student responses. The results indicated that the strategy used was effective, as it aroused students' interest, promoting active participation and the construction of knowledge about sound waves. Instead of simply transmitting information, this strategy allowed students to explore their own interests and ability to learn, building relevant and lasting knowledge.

Keywords: experimentation; problematizing perspective; sound waves; elementary school.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas da estratégia da Atividade Experimental numa Perspectiva Problematizadora, ou seja, AEXPP.....	22
Figura 2 - Quanto ao sentido da oscilação: ondas transversais.....	29
Figura 3 - Quanto ao sentido da oscilação: ondas longitudinais.....	29
Figura 4 - Ondas na superfície de um líquido.....	30
Figura 5 - Uma onda senoidal produzida numa (a) corda, num movimento para cima e para baixo; e, (b) num tubo cheio de ar com o movimento do êmbolo para frente e para trás.....	31
Figura 6 - Produção de onda transversal periódica numa corda.....	32
Figura 7 - Uma fonte pontual S emite ondas sonoras com a mesma intensidade em todas as direções. As ondas atravessam uma esfera imaginária de raio r e centro em S.....	37
Figura 8 - Amplitude e comprimento de uma onda periódica.....	37
Figura 9 - A amplitude de uma onda senoidal.....	39
Figura 10 - A reflexão de ondas sonoras.....	41
Figura 11 - O eco através do funcionamento de um sonar em um navio.....	41
Figura 12 - Esquema de eco localização de um morcego.....	41
Figura 13 - Refração de ondas sonoras.....	43
Figura 14 - A interferência de duas ondas.....	45
Figura 15 - Interferência de ondas criadas em um líquido, e representação dos pontos de interferência construtiva e destrutiva.....	45
Figura 16 - A de ressonância de ondas sonoras entre duas taças.....	46
Figura 17 - Os timbres de uma flauta, uma pessoa e um violino.....	48
Figura 18 - Ondas estacionárias em uma corda fixa.....	48
Figura 19 - Ondas estacionárias em uma corda de violão.....	51
Figura 20 - Ondas estacionárias numa corda e seus harmônicos.....	51
Figura 21 - Ondas estacionárias em tubos abertos e fechados.....	52
Figura 22 - Clarões de relâmpagos.....	59
Figura 23 - Uma onda no mar.....	62
Figura 24 - Esquema do gerador ou máquina de ondas.....	66
Figura 25 - Efeito das ondas sonoras de um “paredão de som” nos cabelos de uma garota.....	67
Figura 26 - Xilofones, instrumentos musicais, sendo um com sete e outro com cinco acordes musicais.....	70
Figura 27 - Ilustração da flauta pan construída com canos de PVC.....	72
Figura 28 - Criando ondas em uma corda durante a intervenção didática.....	76
Figura 29 - Ondas Transversal (a) e ondas longitudinais (b) em uma mola.....	77
Figura 30 - Tela referente à simulação do PhET utilizada para o conceitos de amplitude, frequência e comprimento de onda.....	78
Figura 31 - Telas referentes às simulações do PhET utilizadas para diferenciar os tipos de ondas: mecânicas e eletromagnéticas. (a) ondas na água; (b) o som; e, (c) a luz.....	79

Figura 32 - A propagação de uma perturbação com um experimento utilizando peças de dominós por dois grupos.....	81
Figura 33 - Alunos com seu grupo construindo a máquina de ondas.....	83
Figura 34 - Uma máquina de ondas construída por um grupo de alunos.....	83
Figura 35 - Comunicação entre dois celulares (a) ambos sem a cobertura de papel alumínio e (b) um com a cobertura de papel alumínio.....	87
Figura 36 - Alunos manuseando o xilofone.....	90
Figura 37 - A construção da flauta pan.....	91
Figura 38 - Uma flauta pan finalizada.....	92

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO EM ENSINO.....	12
2.1	Ensino de física na educação básica.....	12
2.2	A importância das atividades experimentais no ensino de física....	14
2.3	A abordagem problematizadora.....	17
2.4	Atividades experimentais e a perspectiva problematizadora no ensino de física.....	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO EM FÍSICA.....	26
3.1	Ondas: tipos e classificação.....	26
3.2	Ondas sonoras.....	35
3.3	Ondas sonoras e algumas características.....	40
3.4	Os instrumentos musicais e as ondas sonoras.....	46
3.4.1	<i>Ondas estacionárias em cordas.....</i>	48
3.4.2	<i>Tubos sonoros.....</i>	51
4	O PERCURSO METODOLÓGICO.....	53
4.1	Descrição da pesquisa.....	53
4.2	O planejamento da intervenção didática.....	55
4.3	A estratégia da intervenção didática.....	57
4.4	Descrição dos Encontros.....	59
4.5	Avaliação da proposta de intervenção.....	73
4.6	Produto educacional.....	73
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	74
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	98
	REFERÊNCIAS	99
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....	103

1 INTRODUÇÃO

A educação está se tornando cada vez mais complexa. Os alunos de hoje têm diversas oportunidades de interação com o mundo, o que pode ser benéfico para o processo de aprendizagem. No entanto, se essas interações não forem bem direcionadas, podem prejudicar o ensino. No ambiente escolar, o uso generalizado de celulares e tecnologias tornou-se um desafio. Muitos professores veem os celulares como concorrentes nas aulas. A crescente utilização de celulares em sala de aula exige que os professores busquem novas abordagens pedagógicas. É preciso desenvolver atividades que tornem as aulas dinâmicas e interessantes, incentivando os alunos a se desconectar do mundo virtual e a participar ativamente das discussões. Ao integrar os conteúdos com a realidade dos alunos, é possível despertar a curiosidade e promover um aprendizado efetivo. A física, por exemplo, oferece diversas oportunidades para a realização de experimentos e a resolução de problemas práticos. Essas pontuações são preocupações fundamentais que precisam ser abordadas para garantir um ambiente educacional produtivo.

As constantes mudanças na sociedade exigem que a escola se adapte e ofereça um ensino de qualidade. Para atender às necessidades dos alunos e superar os desafios do mundo contemporâneo, é preciso repensar as práticas pedagógicas e buscar novas formas de mediar o conhecimento.

Muitas vezes, os conteúdos a serem trabalhados em sala de aula estão presentes e ativos no dia a dia do aluno, mas não há atrativos que captem sua atenção. Por isso, a utilização de atividades experimentais numa perspectiva problematizadora é uma estratégia de ensino que pode ser adotada para estimular a participação ativa dos alunos.

Na educação, nos deparamos com a difícil compreensão de alguns conteúdos, que deixam os alunos inertes diante do processo de ensino e aprendizagem, apresentando assim grande dificuldade de assimilação durante a etapa educativa.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino fundamental incentiva a construção de uma cultura científica, estimulando os estudantes a investigarem fenômenos naturais e tecnológicos. No ensino de física, essa proposta se concretiza ao promover a experimentação, a resolução de problemas e a aplicação do conhecimento em situações do cotidiano, contribuindo para a formação de cidadãos críticos e participativos (Brasil, 2018).

Ao ensinar física pretende-se formar alunos como seres pensantes e críticos do mundo, compreendendo a dinâmica do universo e permitindo que transcendam seu tempo e espaço, compreendendo os fenômenos que os cercam com suas características físicas.

É um desafio para os professores de ensinar física na sala de aula, pois temos vários alunos com aptidões diferentes. Permitir que aquele aluno que não tem aptidão compreenda e tenha acesso ao conhecimento de forma minimamente simples. É neste ponto que o professor precisa atuar como um elo de ligação com os alunos, instigando-os a gostarem do estudo da física.

Com o intuito de tornar os conhecimentos da física mais atraente aos olhos dos alunos, propomos um roteiro de produção de atividades experimentais que os instigue a compreender melhor os conceitos de ondas e permita que identifiquem como esses conceitos estão interligados ao nosso dia a dia em diversas situações. Buscamos fugir da ideia de apenas decorar fórmulas, prática frequentemente associada ao aprendizado de física. O estudo da física é muito mais do que a resolução mecânica de exercícios repetidos; trata-se da compreensão e interpretação do mundo que nos cerca.

Para Carvalho et al. (1998), é o professor que deve propor

[...] problemas a serem resolvidos, que irão gerar ideias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as ideias são respeitadas [...] Ele deve perguntar, estimular, propor desafios, encorajar a exploração de ideias, permitindo que todos tenham oportunidade de expor suas ideias e transmitir informações novas (Carvalho et al., 1998, p. 36).

Nesse sentido, ao adotar atividades experimentais que apresentem problemas instigantes, o professor pode criar um ambiente de aprendizado dinâmico e eficaz.

Ao adotar as atividades experimentais com problemas que instiguem os alunos a compreender os conceitos de ondas e sua relação com o cotidiano, atendemos à necessidade de uma estratégia que permita aos alunos explorarem as ondas de forma atrativa. Essa estratégia não apenas torna o ensino de ondas sonoras interessante, mas também contribui para o desenvolvimento de habilidades como a observação e a resolução de problemas, essenciais para a formação de cidadãos críticos e criativos.

Por que ensinar ondulatória aos alunos do ensino fundamental (anos finais) e/ou médio? É um pilar fundamental da física e, portanto, merece destaque no

currículo escolar. Sua abordagem, frequentemente relegada ao final dos livros didáticos, impede uma exploração aprofundada e limita a compreensão dos alunos sobre diversos fenômenos naturais e tecnológicos. Conseqüentemente, a riqueza do tema não é explorada adequadamente, o que exige novas abordagens de ensino.

Em alguns casos, os professores utilizam métodos como trabalhos, pesquisas ou atividades extraclasse para abordar esse conteúdo. Com a nossa proposta, esperamos que os alunos compreendam que as ondas, como o som, estão presentes no dia a dia em situações como ouvir música, sintonizar uma rádio ou um canal de televisão, ou fazer uma ligação pelo celular. Espera-se que, a partir dessa estratégia, os alunos observem e compreendam que as ondas vão muito além do movimento observado nas águas do mar.

Limitando-se ao conteúdo de ondas sonoras, esta pesquisa objetivou planejar e experienciar uma sequência de ensino a partir de atividades experimentais num contexto problematizador direcionada aos professores de física da educação básica, especialmente para aqueles do ensino fundamental.

Apresentamos o Produto Educacional “Experimentos Simples e Divertidos para o Ensino de Ondas Sonoras”. Este produto foi desenvolvido especialmente para auxiliar professores do ensino fundamental a tornar o ensino de ondas sonoras divertido e eficaz. Trata-se de experimentos práticos e simples que podem ser realizados em sala de aula para despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a compreender conceitos e definições. Ao realizar essas atividades, os alunos poderão explorar o mundo do som e entender como os princípios das ondas sonoras estão presentes no cotidiano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO EM ENSINO

2.1 Ensino de física na educação básica

O ensino de física na educação básica é um tema que tem sido bastante discutido nos últimos anos. Alguns dos desafios enfrentados pelos professores de física incluem despreparo, condições de trabalho, reduzido número de aulas e progressiva perda de identidade no currículo da educação básica (Costa e Barros, 2019; Moreira, 2018). Além disso, o ensino da física na educação contemporânea estimula a aprendizagem mecânica de conteúdo desatualizados (Costa e Barros, 2019). É preciso mudar esse panorama e buscar novas formas de ensinar física que estimulem a aprendizagem dos alunos (Moreira, 2021; Moreira 2017).

Ao longo de seu processo histórico o ensino de física foi marcado por intensos debates acerca dos seus objetivos e finalidades tanto no interior da escola como fora dela. Nesse sentido, são inúmeras as elaborações de diversas propostas que direcionaram o ensino de física na educação básica para uma área em que um indivíduo possa usar de forma crítica, cidadã e pedagógica no seu cotidiano. Para isso, os pesquisadores em ensino de física se debruçam em diferentes campos do conhecimento humano, como teorias da educação, história, antropologia, sociologia, filosofia etc. como intuito de melhorar a base para a aprendizagem na física. Apesar de avanços nos últimos anos, Moran (2012) relata que em alguns contextos existe a dificuldade de incorporá-los à sua prática.

Conforme apontado por Moreira (2021), um dos principais desafios do ensino de física é a reprodução mecânica de conteúdos, com os alunos memorizando fórmulas e definições sem estabelecer conexões com a realidade e aplicações práticas.

O ensino da física na educação contemporânea estimula a aprendizagem mecânica de conteúdos que porque muitas vezes o foco está na preparação para as provas e não na aprendizagem da física.

As dificuldades no ensino de física na educação básica são objeto de estudo há bastante tempo, com diversas pesquisas investigando suas causas e consequências. A necessidade de superar as limitações das abordagens tradicionais de ensino é um consenso entre pesquisadores. Diante disso, muitos professores buscam constantemente novas qualificações para atender às demandas dos alunos do século XXI (Antonowiski, Alencar e Rocha, 2017).

À medida que a educação básica atravessa um período de transformações em consonância com a implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), cuja finalidade é orientar a elaboração de um currículo, verifica-se a necessidade de os alunos desenvolverem habilidades específicas na área das ciências naturais. A BNCC preconiza que os alunos sejam capazes de investigar, analisar e discutir situações-problema que surgem em diversos contextos socioculturais, “além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de questões individuais, sociais e ambientais” (Brasil, 2018, p. 548). Assim, a área em que a física está inserida tem o seguinte relato:

A área de Ciências da Natureza, por meio de um olhar articulado de diversos campos do saber, precisa assegurar aos alunos do Ensino Fundamental o acesso à diversidade de conhecimentos científicos produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica (Brasil, 2018, p. 321).

O ensino de física no ensino fundamental, segundo a BNCC deve proporcionar aos alunos a compreensão dos conceitos fundamentais, “promovendo a investigação, a experimentação e a reflexão sobre os fenômenos físicos” (Guimarães e Martins, 2023, s/p.); e, relacionar com situações cotidianas quanto com o contexto científico. Não se pode ensinar física como se essa fosse um vasto conjunto de fórmulas e respostas corretas, em que cada pergunta se tem uma resposta (Moreira, 2018).

No contexto da pesquisa em ensino de física, os estudos convergem para o fato de que as atividades experimentais têm se consolidado e apresentado um crescimento acentuado nesta década de 2020, com o objetivo de substituir, sempre que possível, as aulas tradicionais-verbais por experimentos (Ferreira et al., 2022; Araújo e Abib, 2003; Silva, Moura e Pino, 2017).

Assim, é de grande importância capacitar os professores para que estejam integrados e atualizados com os avanços tecnológicos e abordagens educacionais, permitindo que estejam aptos a se reinventarem durante o processo de ensino-aprendizagem. O ato de ensinar é uma tarefa de duas vias, é uma troca de conhecimento, onde ambos os elementos do processo podem ganhar e enriquecer seu conhecimento.

É importante o papel do professor dentro da sala de aula, sendo um guia para que os alunos possam produzir conhecimento significativo dos conteúdos trabalhados em sala. Isso implica em fugir das velhas e obsoletas práticas, onde o professor é o detentor do conhecimento e cabe ao aluno buscar essa fonte de sabedoria. Nossos

alunos hoje chegam com uma bagagem de conhecimentos prévios sobre diversos conteúdos.

2.2 A importância das atividades experimentais no ensino de física

A experimentação é tão importante que pode ser empregada para demonstrar os conteúdos trabalhados na teoria. A utilização da experimentação demonstrativa, em conjunto com a resolução de problemas, pode tornar as ações dos alunos ainda mais ativas.

Quando uma abordagem transcende a simples demonstração, abrindo espaço para a investigação, a formulação de hipóteses e a revisão de conceitos, ela promove um aprendizado eficaz. Essa perspectiva, defendida por Giordan (1999), permanece relevante quase duas décadas depois, ou seja:

[...] abordagem experimental, não tanto pelos temas de seu objeto de estudo, os fenômenos naturais, mas fundamentalmente porque a organização desse conhecimento ocorre preferencialmente nos entremeios da investigação. Tomar a experimentação como parte de um processo pleno de investigação é uma necessidade, reconhecida entre aqueles que pensam e fazem o ensino de ciências, pois a formação do pensamento e das atitudes do sujeito deve se dar preferencialmente nos entremeios de atividades investigativas (Giordan, 1999, p. 4).

Existem diversos tipos de atividades experimentais que podem ser utilizadas no ensino de física. Alguns exemplos incluem: (1) Atividades experimentais de demonstração; (2) Atividades experimentais de verificação; (3) Atividades experimentais de investigação.

Com as atividades experimentais em sala de aula e os aspectos multidisciplinares da física, reflete-se uma melhora na competência dos temas abordados. Se um roteiro de experimentos de baixo custo pode incentivar o professor a preparar e executar aulas com atividades práticas demonstrativas, isso deve ser colocado em prática.

Segundo Pinho Alves (2000, p.176 a 179) as modalidades para o laboratório didático de ensino médio são:

(a) Laboratório de demonstrações: os experimentos são realizados pelo professor e o aluno tem pouco envolvimento com o equipamento. As principais funções são ilustrar conteúdos vistos em sala de aula, facilitar a compreensão, despertar o interesse e desenvolver a atenção, a observação e a reflexão dos alunos;

(b) Laboratório tradicional: o aluno realiza a atividade usando um roteiro de aula que orienta e assim limita sua participação ativa. É direcionado para a obtenção de dados, construção de gráficos, análise dos resultados e dos erros em relação ao valor esperado;

(c) Laboratório divergente: não se tem rigidez na sua organização. A primeira etapa descreve a experiência, os procedimentos, as medidas necessárias e o funcionamento dos instrumentos de medida. Numa segunda etapa, cabe aos alunos decidir as hipóteses que serão testadas e quais procedimentos experimentais vão utilizar. O professor tem o papel de orientador;

(d) Laboratório de projetos: proporciona aos estudantes ampla autonomia para definir objetivos, estratégias e cronogramas. No entanto, exige domínio de técnicas de medida, planejamento e procedimentos experimentais. Essa abordagem, embora enriquecedora, demanda investimentos em infraestrutura e recursos financeiros da instituição;

(e) Laboratório biblioteca: o aluno tem à disposição uma variedade de experimentos permanentemente montados, de fácil manuseio e de rápida execução para serem realizados conforme um roteiro.

Carvalho (2013) afirma que, para favorecer a construção de conhecimentos pelos alunos, os professores devem propor questões desafiadoras aos mesmos, e que, ao resolverem os questionamentos, possam apreciar a importância da cultura científica para o desenvolvimento pessoal e social. A atuação do professor e dos alunos em diferentes níveis de envolvimento com a atividade experimental tem uma “régua” para graduar os comportamentos do professor com relação aos alunos - o que chama de grau de liberdade (Quadro 1 e Quadro 2).

No ensino contemporâneo, acreditamos que as escolas públicas do Brasil, quando ocorre o ensino por meio de aulas experimentais (Quadro 2), geralmente é trabalhado nos níveis zero ou um de graus de abertura (Andrade e Massabni, 2011). Diversos fatores podem contribuir para essa situação, como a falta de formação adequada dos professores para o desenvolvimento de atividades investigativas, a carência de recursos materiais e a rigidez dos currículos escolares, que muitas vezes não valorizam a experimentação como um objetivo de aprendizagem, mas como uma atividade complementar.

Para superar esses desafios, é fundamental que políticas públicas e ações pedagógicas sejam implementadas para promover a prática do ensino por investigação nas escolas públicas brasileiras. A oferta de formação continuada aos professores, a revisão dos currículos escolares e a valorização da experimentação

como um componente essencial do processo de ensino-aprendizagem são medidas cruciais para garantir que todos os estudantes tenham a oportunidade de desenvolver habilidades científicas e pensamento crítico, principalmente com relação ao ensino de física.

Quadro 1 – Graus de abertura das atividades experimentais.

NÍVEL	PROBLEMA	MÉTODO	SOLUÇÃO
0	É dado	É dado	É dada
I	É dado	É dado	Fica em aberta
II	É dado	Fica em aberto	Fica em aberta
III	Fica em aberto	Fica em aberto	Fica em aberta

Fonte: Herron (1997)

Embora algumas escolas possuam espaço de laboratório para ciências, muitas apresentam sérias deficiências em sua estrutura, como falta de materiais ou materiais danificados, o que faz com que os professores tenham que improvisar recursos para conduzir aulas experimentais. Dessa forma, os laboratórios muitas vezes servem apenas para a demonstração do professor ou são laboratórios tradicionais, nos quais os alunos seguem apenas um roteiro fixo. Essas aulas geralmente são incluídas na composição curricular como uma formalidade, sem considerar a importância da prática, e muitas vezes são apenas um horário disponível, tornando o tempo dedicado à prática irrelevante.

A literatura sobre atividades experimentais revela uma grande variedade de abordagens, cada uma com suas particularidades. Embora não haja um modelo único e ideal, é consenso entre os pesquisadores que a escolha da estratégia deve ser flexível e adaptada às características de cada turma, ao tempo disponível e aos recursos da escola (Pinho Alves, 2000).

Quadro 2 – Os graus de liberdade Professor (P) e Aluno (A) nas atividades experimentais, assim como também a Classe e a Sociedade.

ENFOQUES CIENTÍFICOS	GRADUAÇÕES				
	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
Envolvimento					
Problema	****	P	P	P	P/A
Hipóteses	****	P/A	P/A	P/A	A
Plano de Trabalho	****	A/P	A	A	A
Obtenção de Dados	****	A/P	A	A	A
Conclusão	****	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Sociedade

Fonte: Zompero e Laburú (2010, p. 16).

Dessa forma, ao conectar as atividades experimentais ao cotidiano dos alunos, o professor pode personalizar o ensino, despertando a curiosidade e o interesse por aprender. Ao vincular os conteúdos científicos a questões relevantes para os alunos, a aprendizagem se torna eficaz, permitindo que cada aluno estabeleça conexões entre o que aprende na escola e o mundo ao seu redor.

2.3 A abordagem problematizadora

Na abordagem problematizadora, o papel do professor é auxiliar no conhecimento, propondo a situação-problema, fornecendo os recursos e oportunizando ao aluno condições para que ele possa dar soluções para o problema em questão e elaborar conclusões argumentativas.

Nessa perspectiva, o aluno é encorajado a ter uma postura ativa no processo de ensino-aprendizagem, sendo estimulado a desenvolver sua consciência crítica da realidade. A problematização busca possibilitar ao aluno a aprendizagem a partir da inserção na realidade, concebida como construção social, objetivando que ele aprenda a partir de suas próprias experiências e conhecimentos prévios, valorizando sua vivência cotidiana.

O professor não deve fornecer explicações prontas, mas sim problematizar com os alunos suas observações, ou seja, a leitura do experimento, fazendo-os reconhecer a necessidade de outros conhecimentos para interpretar os resultados experimentais.

Nesse tipo de atividade, deve-se proporcionar aos alunos a possibilidade de realizar, discutir com seus colegas ou grupo, refletir, levantar hipóteses, avaliar as hipóteses e explicações e participar de uma discussão com o professor durante todas as etapas.

O ensino de física com uma perspectiva problematizadora poder representar uma importante ferramenta pedagógica que visa desenvolver habilidades críticas e analíticas nos alunos (Giordan, 1999). Ao se depararem com questões desafiadoras, os alunos são estimulados a buscar respostas, construir suas próprias explicações e conectar os conceitos científicos com o mundo real.

Ao contrário do modelo tradicional de ensino, no qual o professor desempenha um papel predominantemente expositivo, na abordagem problematizadora o professor atua como mediador do conhecimento, estimulando os alunos a questionar, investigar e propor soluções para problemas reais ou fictícios relacionados à física (Delizoicov, 2001).

Uma das características fundamentais dessa abordagem é a utilização de situações-problema como ponto de partida para a aprendizagem. Essas situações são apresentadas aos alunos de forma a desafiá-los a pensar criticamente, aplicar os conceitos físicos aprendidos e buscar soluções por meio de experimentação, análise e discussão em grupo (Delizoicov, 2001; Freire, 1975).

Além disso, a abordagem problematizadora, valoriza a contextualização do conhecimento, buscando estabelecer conexões entre os conceitos físicos estudados e as experiências do cotidiano dos alunos. Isso permite que os alunos compreendam a relevância e a aplicabilidade da física em suas vidas, tornando o aprendizado mais significativo e motivador (Campos et al., 2012).

Outro aspecto importante dessa abordagem é o papel do professor como facilitador do processo de aprendizagem. Em vez de simplesmente fornecer respostas prontas, o professor incentiva os alunos a levantar hipóteses, testar ideias e avaliar criticamente os resultados obtidos. Dessa forma, os alunos desenvolvem não apenas um entendimento mais profundo dos conceitos físicos, mas também habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe. Acredita-se que as atividades baseadas na exploração de conceitos

[...] podem surgir como alternativa à forma como os professores têm tentado abordar conteúdos relacionados à física. Tais atividades, que devem ser incentivadoras e que podem instigar as crianças para o conhecimento científico, são as atividades investigativas, que visam o estímulo à

experimentação, ao teste, ao pensamento lógico e à resolução de situações-problema (Campos et al., 2012, p. 1402-5).

Assim, “a problematização, como mediadora de práticas docentes, tem orientado potencialmente várias iniciativas” (Muenchen e Delizoicov, 2013, p. 2448). No ensino de física representa uma mudança significativa no paradigma educacional, colocando o aluno no centro do processo de aprendizagem e estimulando-o a se tornar um participante ativo na construção do conhecimento. Ao promover uma aprendizagem significativa, contextualizada e reflexiva, essa abordagem prepara os alunos não apenas para compreender os princípios da física, mas também para aplicá-los de forma criativa e inovadora em suas vidas pessoais e profissionais.

Embora as escolas abordem a física, mesmo que de forma implícita nas aulas de ciências, valorizando a memorização em detrimento da compreensão profunda dos conceitos, e, desse modo, as atividades parecem ter somente a função de ocupar as crianças no período escolar (Muenchen e Delizoicov, 2013).

Nesse contexto, com relação ao ensino fundamental, da educação básica, existem algumas componentes básicas, dentre elas ciências, que deveriam contemplar algumas competências e habilidades com relação às ciências da natureza. No entanto, o que tem se observado é um pouco enfoque de conceitos físicos. O que se deveria fazer é aproximar as crianças de conhecimentos científicos. Nesse sentido, deve-se dar enfoque a ações que levem em conta tais considerações (Muenchen e Delizoicov, 2014).

Deve evidenciar que nessa abordagem é necessário estabelecer a distinção entre pergunta e problema, ou seja, toda a problematização se origina de uma pergunta, no entanto, nem toda pergunta é uma problematização (Muenchen e Delizoicov, 2014). É a partir dessa distinção que se estrutura a investigação da problematização.

Por isso, adotamos as atividades experimentais numa perspectiva problematizadora como estratégia, uma importante ferramenta pedagógica que visa não apenas transmitir conhecimento, mas também desenvolver habilidades críticas e analíticas nos alunos (Giordan, 1999). Essa estratégia busca envolver os alunos de forma ativa em seu próprio processo de aprendizagem, promovendo uma reflexão sobre os conceitos físicos e sua aplicação no mundo real.

2.4 Atividades experimentais e a perspectiva problematizadora no ensino de física

A trajetória da história do ensino de física tem sido um campo de constante aprimoramento dos professores, que enfrentam obstáculos para torná-la atrativa e relevante, fruto do esforço contínuo de pesquisadores, para oferecer aos alunos uma experiência de aprendizado rica e relevante.

Devido ao seu próprio caráter, o ensino de física, tem uma relação entre a teoria e a prática, entre conhecimento científico e senso comum. Esta proposta de metodologia apresenta como eixo teórico um processo de experimentação a partir de uma situação-problema. Com o problema, deve-se ter em mente o objetivo experimental e as diretrizes metodológicas.

Diante o exposto, pode-se definir uma AEXPP (Atividade Experimental numa Perspectiva Problematizadora) como uma estratégia de ensino em que uma atividade experimental será desenvolvida a partir da resolução de um problema teórico em que o professor desenvolve. Deve ser ressaltado que é diferente da abordagem AEP (Atividade Experimental Problematizadora), em que se pressupõe uma articulação entre objetivo experimental e diretrizes metodológicas, a partir da demarcação e da análise crítica de uma questão. A articulação deve conter elos com a realidade do aluno. Parte-se de uma questão, de natureza teórica, contextualizada. E a questão requer uma conexão com a atividade experimental, da qual tem-se as ações orientadoras pelo professor (Moura, Silva e Kauark, 2020; Silva, Moura e Pino, 2017;

Para trabalharmos o tema de ondas sonoras com os alunos do 9º ano, que ainda estão no ensino fundamental, vamos utilizar a estratégia experimental com uma perspectiva problematizadora. Isso significa que, em vez de seguirmos o modelo completo da Abordagem Experimental Problematizadora (AEP), vamos focar em dois aspectos principais:

Pergunta Problematizadora: Iniciaremos a aula com uma pergunta desafiadora que instigue a curiosidade dos alunos e os motive a investigar o tema.

Perguntas Norteadoras: servem para auxiliar os alunos na compreensão do tema, que pode ser um pouco complexo para eles, utilizaremos estas perguntas ao longo da atividade experimental. Elas servirão como um guia, direcionando a atenção dos alunos para os conceitos-chave e ajudando-os a construir o conhecimento de forma gradual.

Acreditamos que esta estratégia permitirá os alunos explorarem o tema de forma prática, ao mesmo tempo em que recebem o suporte necessário para compreender os conceitos de ondas sonoras.

O problema proposto da AEP requer a elaboração de uma solução por uma rota de ações experimentais. No nosso caso, não. Ou seja, a estratégia da AEXPP tem a solução guiada pelo professor, que após a realização de etapas que inclui a atividade experimental levarão os alunos a compreenderem o tema. As etapas são: Problema; Objetivo determinado pelo professor; Desenvolvimento da atividade; Perspectiva dos alunos e Resultado esperado. Com ajuda do estudo de Silva, Moura e Pino (2017, p. 183) as articulações apresentadas na Figura 1 são definidas como:

Problema indica o tema central ou problema inicial que será abordado pelo professor.

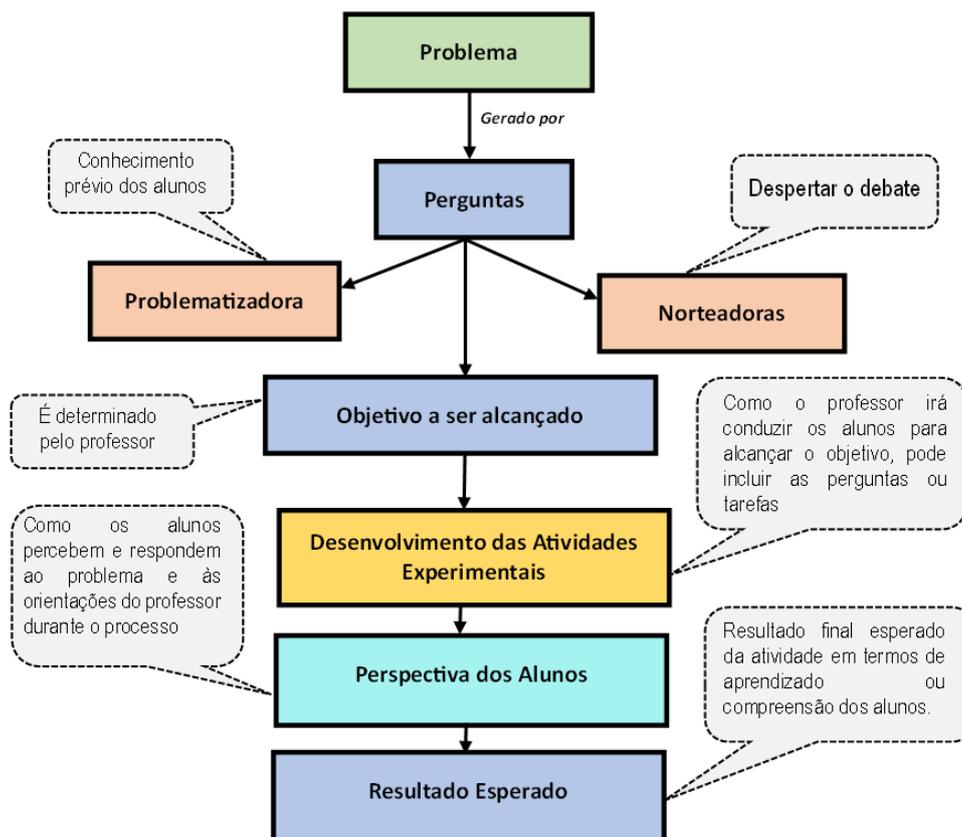
Objetivo do Professor é aquele que o professor pretende alcançar com essa estratégia. O objetivo deve orientar a atividade e as interações.

Desenvolvimento da Atividade: professor conduz os alunos para alcançar o objetivo, que pode incluir pergunta ou tarefas.

A perspectiva dos alunos, correspondem com estes percebem e respondem ao problema e às orientações do professor durante o processo. Sugere-se discussão em Grupo. Os alunos podem inicialmente se sentir confusos, mas a orientação do professor ajudará a alguns esclarecimentos. Pois, as orientações podem incluir dúvidas, insights e descobertas durante o processo.

Resultado Esperado: trata-se do resultado esperado da aplicação da estratégia da AEXPP em termos de compreensão dos alunos. Esta etapa é para descrever o resultado final que se espera que os alunos alcancem. Isso deve incluir a compreensão adquirida e as habilidades desenvolvidas.

Figura 1 – Etapas da estratégia da Atividade Experimental numa Perspectiva Problematizadora, ou seja, AEXPP.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

A estratégia da AEXPP visa estimular a curiosidade e o pensamento crítico dos alunos, por meio da resolução de perguntas. Pode ser utilizada em diversos componentes curriculares, incluindo a física, e tem como objetivo principal desenvolver a capacidade dos alunos de formular hipóteses, testá-las e avaliar os resultados obtidos. A escolha poderia ser a abordagem investigativa; mas como foi aplicada a alunos do ensino fundamental escolheu-se a experimental, tendo em vista que estão iniciando os conhecimentos com relação à física.

Podemos afirmar que as AEXPP confirmam o que é esperado e descrito na BNCC (2018), são adequadas que se desenvolvem a partir da demarcação de uma pergunta (questão) de natureza teórica. É o ensino por experimentação que visa o entendimento das perguntas norteadoras colocadas (Silva et al., 2019).

Particularmente no ensino fundamental as atividades experimentais são estratégias de ensino essenciais no ensino de ciências - física, pois elas podem contribuir para a superação de obstáculos na aprendizagem de conceitos. Mesmo partindo de uma pergunta pode-se dizer que elas propiciam interpretações,

discussões e confrontos de ideias entre alunos, e também pela busca da resolução. Desse modo, as atividades experimentais contribuem para compreensão de conceitos científicos (Reis, Schwarzer e Strohschoen, 2020; Mota e Cavalcanti, 2012; Bondia, 2002; Arruda e Laburu, 1998).

A estratégia da AEXPP pode propiciar aos alunos a possibilidade de realizar, discutir com os colegas, refletir, levantar hipóteses, avaliar as hipóteses e explicações, discutir com o professor todas as etapas do experimento (Gioppo, Scheffer e Neves, 1998). Assim, pode ajudar os alunos a atuarem como construtores do conhecimento e não meros ouvintes (Ferreira et al., 2022).

O ato de ensinar promove a expressão individual e a colaboração em grupo, favorecendo a construção conjunta do conhecimento, como apontam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Esses autores defendem que para tornar a aprendizagem dos conhecimentos científicos em sala de aula num desafio prazeroso é:

[...] conseguir que seja significativa para todos, tanto para o professor quanto para o conjunto dos alunos que compõem a turma. É transformá-la em um projeto coletivo, em que a aventura da busca do novo, do desconhecido, de sua potencialidade, de seus riscos e limites seja oportunidade para o exercício e o aprendizado das relações sociais e dos valores (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002, 153).

A relevância das atividades experimentais é um caminho para que o ensino e a aprendizagem em física sejam eficazes no cenário educacional. Trata-se de um potencial instrumento de desenvolvimento, já que as habilidades e capacidades individuais e coletivas podem ser trabalhadas na sala de aula. O processo de aprendizagem dos sujeitos envolvidos professor e alunos pode ser construído com diálogo, já que a sala de aula passa a ser:

[...] um espaço de trocas reais entre os alunos e eles e o professor, diálogo que é construído ente conhecimentos sobre o mundo onde se vive e que, ao ser um projeto coletivo, estabelece a mediação entre as demandas afetivas e cognitivas de cada um dos participantes (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002, p.153).

Dado que nos concentramos na educação básica, especificamente no ensino de física, vamos compartilhar experiências em que os professores desempenharam o papel de mediadores na construção do conhecimento científico. Um exemplo é quando os alunos utilizam experimentos sobre ondas sonoras para interagir com seus

colegas e construir seu entendimento. Nesse contexto, adotaremos a estratégia com a perspectiva problematizadora (Delizoicov e Angotti, 2003).

Assim, para que uma atividade experimental em sala de aula tenha êxito é, necessário iniciar com uma pergunta, uma vez que esta pode contextualizar os conteúdos para se descobrir quais os caminhos de aprender-aprendendo, descobrindo os caminhos que fundamentam o processo de ensino-aprendizagem de alunos e professor.

É de suma importância estimular no aluno a curiosidade, permitindo ao mesmo que possa descobrir questionando-se sobre o tema a ser abordado, a pergunta-problema inicial deve dar margem para que apareça nos alunos uma série de questionamentos que não de alicerçar a pesquisa em busca da resposta, criando assim um significado para o aluno. O professor deve ser o guia e o fomentador desse conhecimento, cabendo a ele, estimular, incentivar e fornecer ferramentas que permitam que o aluno desenvolva conhecimento e habilidades. Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco:

[...] O professor é na sala de aula, o porta voz do conteúdo escolar, que não é só um conjunto de fatos, nomes e equações, mas também uma forma de construir conhecimento específico imbuído de sua produção histórica e de procedimentos próprios. Como principal porta voz do conhecimento científico, é o mediador do processo de aprendizagem do aluno (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002, p.151).

Já não existe mais o momento em que a educação era depositária que tratava o aluno como mero elemento onde despejamos um conhecimento adquirido pelo professor. Na proposta advinda de Delizoicov, Angotti e Pernambucano (2002) o aluno é o elemento motor da aprendizagem, o sujeito interativo que produz o próprio conhecimento desenvolvendo por seus questionamentos e respostas um aprendizado que fará sentido para o mesmo.

É nesse sentido que foi pensado essa coletânea de experimentos para o ensino ondas, onde o aluno por meio do fazer com as próprias mãos deverá desenvolver o aprendizado tornando-o algo significativo, assim, o aprender por meio de um experimento. Deverá despertar no aluno a motivação, o sentimento de desafio intelectual, a capacidade de discussão e de articulação de ideias. Espera-se criar nos alunos a autonomia permitindo-lhe a capacidade de formular teorias e testar hipóteses durante os experimentos. O aluno é o protagonista desse processo de ensino e

aprendizagem e o professor será o incentivador durante o processo, permitindo-lhe e auxiliando na construção de seu conhecimento.

O uso das atividades experimentais como o enfoque numa perspectiva problematizadora foi nossa motivação em termos de estratégia para estimular o interesse dos alunos durante as aulas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO EM FÍSICA

3.1 Ondas: Tipos e classificação

Na área da física, as ondas se destacam como fundamental e como algo que está presente em todos os lugares ao mesmo tempo. As ondas permeiam nosso universo em uma variedade de formas, desde as ondas sonoras que nos permitem ouvir música até as ondas eletromagnéticas que nos conectam através de comunicações sem fio. Assim, as ondas representam a propagação de energia através de um meio ou do espaço, transportando consigo informações, vibrações e padrões.

Em sua forma mais básica, uma onda é caracterizada por sua amplitude, frequência, período e velocidade. A amplitude refere-se à altura máxima (ou profundidade mínima) da oscilação, enquanto a frequência representa o número de ciclos completos da onda que ocorrem em um determinado período de tempo. O período é o inverso da frequência, indicando o tempo necessário para um ciclo completo da onda. Por fim, a velocidade da onda descreve a taxa na qual a energia é transmitida através do meio.

As ondas podem ser classificadas em várias categorias principais, incluindo ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. As ondas mecânicas requerem um meio material para se propagar, como água ou ar, e incluem exemplos como as ondas sonoras e as ondas sísmicas. Por outro lado, as ondas eletromagnéticas não exigem um meio material e podem viajar através do vácuo do espaço, destacando-se na forma de luz visível, radiação infravermelha, micro-ondas, rádio, raios X e raios gama.

Além disso, as ondas podem exibir uma variedade de fenômenos interessantes, como reflexão, refração, difração e interferência. A reflexão ocorre quando uma onda encontra uma superfície e retorna ao meio original, como o eco de uma voz em uma parede sólida. A refração ocorre quando uma onda passa de um meio para outro, mudando de direção devido a uma mudança na velocidade, como a luz que se curva ao passar de ar para a água. A difração ocorre quando uma onda contorna um obstáculo ou passa através de uma abertura, resultando em curvatura ou dispersão, como o som dobrando ao redor de uma esquina. A interferência ocorre quando duas ou mais ondas se sobrepõem, criando padrões de reforço ou cancelamento, como os padrões de luz observados em uma película fina.

Sob uma análise diferenciada, as ondas são muito mais do que meros conceitos abstratos; elas são a própria essência do movimento e da conexão em nosso universo. Desde os sons que ouvimos até as ondas utilizadas nas comunicações, elas permeiam nossa existência, revelando uma teia de energia e informação que nos une e define. Ao compreendermos melhor sua natureza e seus comportamentos, abrimos portas para descobertas mais profundas.

As ondas são entidades físicas que podem se propagar pelo espaço sem transportar matéria. Quando pensamos em ondas, muitas vezes nos vem à mente o movimento do mar. No entanto, como já mencionado, as ondas na física vão muito além do deslocamento do ar, abrangendo fenômenos relacionados à luz, ao som de instrumentos musicais ou aos trovões. O campo de estudo das ondas é vasto e importante, e suas inúmeras aplicações vão além da indústria musical, que envolve diversos atores, desde a composição de músicas por artistas até os espectadores em uma plateia. Outras aplicações incluem ondas sísmicas, observação de relâmpagos e trovões, entre outras. As ondas e seus comportamentos são estudados no ramo da física denominado Ondulatória. Os especialistas nessa área têm a responsabilidade de entender como as ondas funcionam e qual é o seu comportamento no espaço e em diferentes ambientes.

Podem ser classificadas de várias maneiras, dependendo de diferentes critérios. Aqui estão algumas classificações comuns: (1) De acordo com a direção de vibração: (a) Longitudinais: As partículas do meio vibram na mesma direção da propagação da onda. Exemplo: ondas sonoras. (b) Transversais: As partículas do meio vibram perpendicularmente à direção da propagação da onda. Exemplo: ondas em uma corda. (2) De acordo com a natureza do meio: (a) Mecânicas: Precisam de um meio material para se propagar. Exemplo: ondas sonoras, ondas em uma corda. (b) Eletromagnéticas: Podem se propagar através do vácuo do espaço. Exemplo: luz visível, ondas de rádio, micro-ondas. (3) De acordo com a forma de propagação: (a) Unidimensionais: Propagam-se apenas em uma direção. Exemplo: ondas em uma corda; (b) Bidimensionais: Propagam-se em duas direções. Exemplo: ondas em uma superfície líquida; (c) Tridimensionais: Propagam-se em todas as direções. Exemplo: ondas sonoras no ar. (4) De acordo com a regularidade do movimento: (a) Periódicas, têm um padrão de repetição regular ao longo do tempo. Exemplo: ondas senoidais; (b) Aperiódicas não possuem um padrão regular de repetição, como exemplo cita-se ruído branco. (5) De acordo com a amplitude e frequência: (a) Altas frequências são

as com ciclos curtos e alta frequência, um exemplo é a luz visível; (b) Baixas frequências são ondas com ciclos longos e baixa frequência, como exemplo tem-se as ondas de rádio. (6) De acordo com a fonte de energia as ondas podem ser: (a) naturais, que se originam de fontes naturais, como terremotos e ondas oceânicas; (b) artificiais que são criadas por intervenção humana, como ondas produzidas em um tanque de ondas ou em um alto-falante.

A natureza das ondas é definida conforme a necessidade de um meio material para se propagar. Por isso são divididas em dois grandes grupos: as mecânicas e as eletromagnéticas.

As ondas mecânicas são aquelas que necessitam de um meio material para se propagar no espaço. Elas são as mais conhecidas, pois estão presentes no nosso dia a dia. Os principais exemplos são as ondas sonoras, as ondas do mar, as ondas sísmicas e as ondas em uma corda. No último caso, imagine que, se a corda não existisse, o movimento ondulatório também não ocorreria. Quanto às ondas sísmicas elas ajudam os estudiosos sobre abalos e terremotos. Dessa forma, os terremotos são exemplos de ondas mecânicas. Eles têm comportamento ondulatório, se disseminam em meio físico (a terra) e geram perturbações visíveis sobre essa matéria.

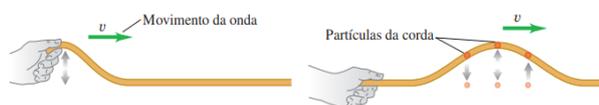
Já as ondas eletromagnéticas são menos conhecidas, mas nem por isso menos utilizadas. Ao contrário das ondas mecânicas, elas não precisam de um meio material para se propagar, sendo resultado da interação entre campos elétricos e magnéticos. Sua característica peculiar é a capacidade de se propagar no vácuo. Exemplos incluem a luz, os raios X, as ondas de sinais de internet e a tecnologia de micro-ondas. Isso explica por que, mesmo no vácuo, a luz pode ser encontrada. As ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com uma velocidade $3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

Outra forma de classificar as ondas, é quanto ao sentido de propagação, ou seja, quanto ao sentido da oscilação. O sentido de oscilação das ondas relaciona a vibração do meio de propagação e a direção de propagação da onda, que são: (1) Transversais é quando as partículas do meio vibram perpendicularmente à direção de deslocamento da onda, significa que aquela é uma onda transversal. Quando agitamos ou movemos a extremidade esquerda da corda, essa agitação se espalha ao longo de todo o seu comprimento. Cada seção subsequente da corda experimenta o mesmo tipo de movimento que aplicamos à sua extremidade, porém em momentos progressivamente posteriores. Como os deslocamentos do meio ocorrem perpendicularmente à direção de propagação da onda ao longo da corda, esse

movimento é denominado onda transversal, como está representado na Figura 2 e (2) onda longitudinal, em que a onda tem o mesmo sentido de oscilação que a vibração das partículas observadas. No exemplo abaixo, o meio em questão é um líquido ou gás contido dentro de um tubo, com uma parede rígida localizada na extremidade direita do tubo e um pistão móvel na extremidade esquerda. Ao fazer o pistão oscilar para frente e para trás, ocorre uma perturbação no deslocamento e uma variação na pressão que se propagam ao longo do meio. Nesse caso, as partículas do meio oscilam para frente e para trás na mesma direção da propagação da onda (Figura 3).

Existem duas maneiras de criar uma onda que se desloca para a direita: movendo a extremidade de uma corda para cima e retornando à posição inicial, produzindo uma onda transversal; ou comprimindo um líquido ou gás para a direita com um pistão e retornando, produzindo uma onda longitudinal. Na Figura 2, à medida que a onda passa, cada partícula da corda se move para cima e para baixo, perpendicularmente à direção de propagação da onda. Na Figura 3, à medida que a onda passa, cada partícula do fluido se move para frente e para trás, paralelamente à direção de propagação da onda.

Figura 2 - Quanto ao sentido da oscilação: ondas transversais.



Fonte: Young e Freedman (2015, p.114).

Figura 3 - Quanto ao sentido da oscilação: ondas longitudinais.

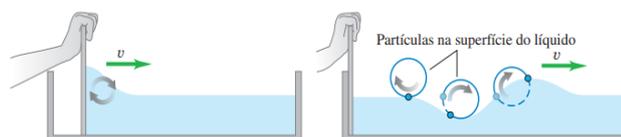


Fonte: Young e Freedman (2015, p.114).

Na Figura 4, ao considerar que o meio é um líquido em um canal, como a água em um canal de irrigação, e ao fazer uma placa oscilar para frente e para trás em uma das extremidades, gera-se uma perturbação ondulatória que se propaga ao longo do canal. Assim, o deslocamento da água gera dois tipos de oscilação ou propagação: transversal e longitudinal. Em outras palavras, ao se deslocar, a água possui dois

componentes. Esses componentes ocorrem à medida que a onda passa, e cada partícula da superfície da água se movimenta em um círculo.

Figura 4 - Ondas na superfície de um líquido.



Fonte: Young e Freedman (2015, p. 114)

Cada um dos sistemas mencionados anteriormente possui um estado de equilíbrio característico. No caso da corda esticada, o equilíbrio é alcançado quando o sistema está em repouso, com a corda esticada em linha reta. Para o fluido dentro do tubo, o equilíbrio é atingido quando o fluido está estacionário, com pressão uniforme em todo o sistema. Já para a água, o equilíbrio é representado pela superfície da água permanecendo nivelada horizontalmente (Young e Freedman, 2015). O movimento ondulatório surge devido a uma perturbação no estado de equilíbrio, que se propaga de uma região para outra do meio. Nessas situações, forças restauradoras estão presentes, agindo para que o sistema retorne à sua posição de equilíbrio original.

Dessa forma se percebe que uma onda mecânica se trata uma perturbação que se desloca através de um material, denominado meio, que se propaga de acordo com as partículas que o constituem, sofrendo deslocamentos de várias espécies, a depender da natureza da onda. Em cada caso a perturbação se desloca ou se propaga com uma velocidade definida pelo meio. O módulo dessa velocidade denomina-se velocidade de propagação da onda, ou simplesmente velocidade da onda, que depende das propriedades do meio. O movimento ondulatório, ou ondas, tem como característica transferir energia de uma região para outra do meio sem transportar energia.

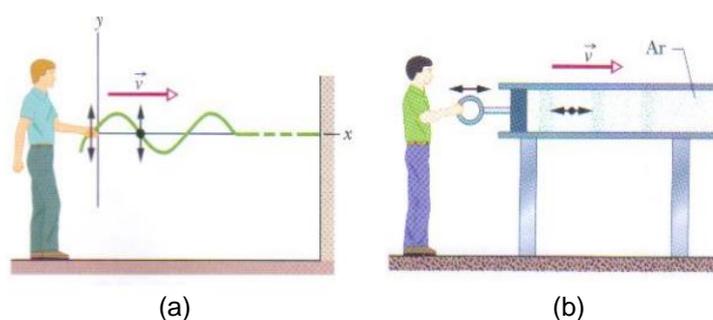
Antes de abordar diretamente o tema das ondas sonoras, é necessário estudar as ondas periódicas, pois se trata de um tema fundamental. Essa fundamentalidade se deve a diversas razões: suas aplicações no dia a dia, como o som, as ondas do mar e a luz, e sua contribuição para a compreensão de princípios fundamentais como

amplitude, frequência, período, velocidade de propagação, interferência, entre outros conceitos.

Para ilustrar, diversas aplicações contemporâneas dependem do entendimento das propriedades das ondas periódicas, como comunicações sem fio, imagens médicas, dispositivos de detecção, entre outras. Em resumo, o estudo das ondas periódicas é essencial para compreender a natureza, avançar em diversas áreas do conhecimento e desenvolver tecnologias que impactem positivamente nossa sociedade.

As ondas harmônicas são uma classe especial de ondas. Elas se caracterizam por se repetirem periodicamente e terem uma forma senoidal. São produzidas, por exemplo, ao esticar uma corda e puxá-la para cima e para baixo, com a mesma distância e velocidade, até que se produza uma figura estacionária, como apresentada na Figura 5; ou pelo movimento de um êmbolo em um tubo de ar, para frente e para trás. Dessa forma, tanto a corda quanto o êmbolo produzem um movimento harmônico. Uma onda harmônica não precisa ser estacionária, podendo se propagar indefinidamente

Figura 5 - Uma onda senoidal produzida numa (a) corda, num movimento para cima e para baixo; e, (b) num tubo cheio de ar com o movimento do êmbolo para frente e para trás.

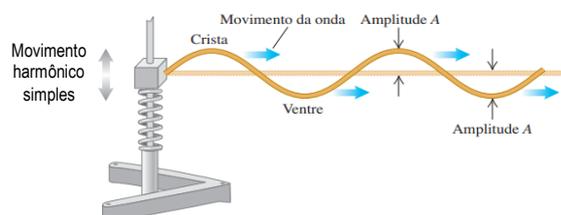


Fonte: Young e Freedman (2015, p. 114).

Para apresentar as características das ondas, considera-se as ondas periódicas, em que cada partícula da corda executa um movimento periódico à medida que a onda se propaga. Ondas periódicas são caracterizadas por sua frequência, comprimento de onda e velocidade (Figura 6). A onda resultante é uma sequência simétrica de cristas e vales. Como veremos, uma onda periódica pode ser produzida por um movimento harmônico simples. Além disso, qualquer onda periódica pode ser

representada pela combinação de ondas senoidais. Portanto, esse tipo de onda merece atenção especial.

Figura 6 - Produção de onda transversal periódica numa corda.



Fonte: Young e Freedman (2015, p. 116)

Uma das características de uma onda é o período de oscilação. O tempo decorrido para a onda voltar a um mesmo ponto é chamado de período (T). Quanto maior esse intervalo de tempo, mais lentamente a onda se propaga no meio. De modo semelhante, quando a onda é rápida, ela volta ao mesmo ponto em um curto espaço de tempo.

A Figura 6, tem um bloco com uma determinada massa que está preso a uma mola. Esse sistema sofre um movimento harmônico simples, produzindo uma onda transversal senoidal que se propaga da esquerda para direita ao longo da corda. O movimento harmônico simples da mola e da massa gera uma onda senoidal na corda. A onda gerada resultante é uma sequência simétrica de cristas e ventres. Cada partícula na corda apresenta o mesmo movimento harmônico da mola e da massa. Se considerássemos um sistema real teria que se aplicar uma força no bloco para compensar a energia transportada pela onda.

A forma da corda em um dado instante, que se repete, caracteriza uma onda periódica. O comprimento de onda λ é a distância entre duas cristas sucessivas ou entre dois vales consecutivos. Também pode ser definido como a distância de qualquer ponto até o ponto correspondente na próxima repetição da forma de onda. O tempo necessário para completar uma repetição, ou um comprimento de onda, é o período, representado pela letra T .

Assim, o que chamamos frequência, representada pela letra f , corresponde ao número de oscilações da onda em determinado intervalo de tempo. A frequência de uma onda não depende do meio de propagação, apenas da frequência da fonte que produziu a onda. No sistema internacional a frequência é medida em Hertz (Hz) e o período é medido em segundos (s). A frequência é a grandeza que relaciona quantas

oscilações aquela onda é capaz de completar em um segundo. Dessa forma existe uma relação entre período e frequência dada por:

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

Na Figura 6 apresenta-se a amplitude, representada pela letra A que corresponde à altura da onda, marcada pela distância entre o ponto de equilíbrio da onda até a crista. A crista, indica na realidade o ponto de máximo; assim como o vale, representa o ponto mínimo. A velocidade da onda, geralmente representada pela letra v, depende do meio em que ela está se propagando. Assim, quando uma onda muda seu meio de propagação, a sua velocidade pode mudar. Para uma onda periódica, considerando que a corda, tem-se que sua forma em um dado instante e é uma configuração que se repete. O padrão da onda se desloca com velocidade constante v avançando uma distância λ no intervalo T. A velocidade é dada por:

$$v = \frac{\lambda}{T}, \quad (2)$$

como o período é o inverso da frequência, tem-se que a velocidade pode ser dada como:

$$v = \lambda \cdot f. \quad (3)$$

Consideramos as ondas unidimensionais, ou seja, as que se propagam em apenas uma dimensão. Todavia, as definições de frequência, comprimento de onda e amplitude se aplicam às ondas que se propagam em duas ou três dimensões.

Uma forma comum de onda periódica é a função seno ou cosseno, também conhecidas como ondas harmônicas, dada pela seguinte expressão:

$$y(x, t) = A \text{ sen}[k(x + vt)] = A \text{ sen}[kx + kvt]. \quad (4)$$

Onde A e k são constantes. A é a amplitude da onda, ou seja, o valor máximo que a perturbação pode ter. Essa perturbação pode ser, por exemplo, o deslocamento

vertical de uma onda se propagando em uma corda. O valor de k , que é o número de onda, está relacionado com o comprimento de onda, dado por:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}. \quad (5)$$

A expressão matemática $y(x, t)$ é a função que descreve a onda. Quando se conhece essa função para uma dada onda, podemos usá-la para achar o deslocamento (a partir do equilíbrio) de qualquer partícula em qualquer instante. Use-se, também, a Equação (4) da seguinte forma:

$$y(x, t) = A \text{ sen}[kx + \omega t], \quad (6)$$

onde ω é denominada de frequência angular dada por:

$$\omega = kv. \quad (7)$$

A frequência angular (ω) tem uma relação com o período (T) e a frequência (f), como:

$$\omega = 2\pi f \quad (8)$$

e

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

Se combinarmos algumas relações, tem-se que a velocidade da onda, pode ser expressa em termos dessas quantidades:

$$v = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f. \quad (10)$$

Esta relação é válida para qualquer onda periódica.

3.2 Ondas sonoras

A definição mais geral de som é uma onda longitudinal que se propaga em um meio. Sendo uma onda mecânica, o som ou onda sonora se propaga no ar; porém, pode se propagar nos meios gasoso, líquido ou sólido.

Por exemplo, o som de uma trombeta desloca-se mais lentamente em um dia frio de inverno no alto das montanhas do que em um dia quente de verão no nível do mar. Tal fato deve-se ao comportamento do ar por conta da temperatura, densidade e pressão.

Com relação ao espectro do som, tem-se que o ouvido humano é sensível aos sons que correspondem ao intervalo audível. Mas, também temos o som com frequências maiores (ultrassom) ou menores (infrassom), que são os limites do intervalo audível.

Como características das ondas sonoras apresenta-se a frequência, a amplitude, o comprimento de onda, a velocidade de propagação do som, a altura e a direção de propagação.

FREQUÊNCIA

A frequência de uma onda sonora é uma medida da quantidade de ciclos completos que as partículas de um meio realizam em um determinado período de tempo. Em termos mais simples, a frequência é o número de vezes que a onda sonora se repete em um segundo. Para as ondas sonoras o intervalo das frequências percebidas pelo ouvido humano, vai de 20 Hz a 20.000Hz. As ondas sonoras vão de baixa frequência a alta frequência. Sons emitidos próximos de 20 Hz são considerados sons graves (baixo ou grave no popular), já ondas sonoras emitidas próximas do 20000Hz são considerados sons agudos (altos ou finos). Podemos citar como exemplos, o som emitido por uma sirene, ou por um apito de futebol, esses são sons agudos ou finos popularmente, já o som emitido por um baixo de uma banda é um som grave, ou grosso. Sons emitidos abaixo de 20Hz são denominados infrassons e sons acima dos 2000 Hz são chamados de ultrassons, estes não podem sensibilizar o ouvido humano. É bastante comum confundirmos a altura de um som com a sua intensidade sonora. Já se ouviu alguém pedindo para falar mais alto ou mais baixo, isso não está se referindo a frequência de vibração de sua voz, mas sim a sua intensidade sonora, que está relacionada a sua amplitude

AMPLITUDE

A amplitude de uma onda sonora é uma medida da máxima distância de deslocamento das partículas do meio a partir da sua posição de equilíbrio durante uma oscilação. Em termos simples, a amplitude de uma onda sonora é a altura máxima da onda. Para uma onda sonora em forma de onda senoidal, a amplitude é a distância vertical do ponto médio da onda (chamado de linha de base) até o ponto mais alto da crista da onda ou até o ponto mais baixo do vale da onda.

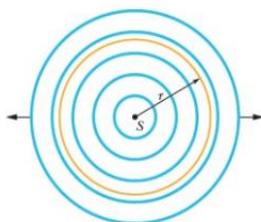
Quanto maior a amplitude, maior a variação de pressão ou deslocamento das partículas do meio, o que resulta em um som mais forte ou mais intenso. A amplitude está diretamente relacionada à intensidade do som percebido. A unidade de medida para a amplitude pode variar dependendo do contexto e da forma da onda, mas geralmente é medida em metros (m) para deslocamento ou em pascal (Pa) para pressão sonora.

Por exemplo, em um sistema de som, a amplitude de um sinal de áudio pode ser expressa em termos de Volts (V) para um sinal elétrico ou em termos de decibéis (dB) para a intensidade do som percebido. Pode-se determinar a intensidade sonora por meio da relação:

$$I = \frac{P_{m\u00e9dia}}{A}. \quad (11)$$

Onde I é a intensidade sonora, que no Sistema Internacional de Unidades (SI) é dada em $W.m^{-2}$; P é a potência média emitida pela onda sonora, em W e A é a área da superfície esférica em m^2 . Se a fonte emissora do som seja uma fonte pontual e emite as ondas em todas as direções do espaço ao redor dela como Figura 7, a energia será distribuída de forma uniforme sobre a superfície esférica de raio r , logo pode-se determinar a área por $A = 4. \pi. r^2$.

Figura 7 - Uma fonte pontual S emite ondas sonoras com a mesma intensidade em todas as direções. As ondas atravessam uma esfera imaginária de raio r e centro em S.

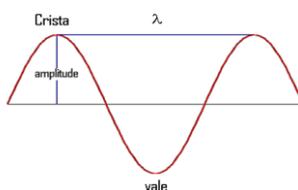


Fonte: Halliday et al. (2011, p. 159)

COMPRIMENTO DE ONDA

O comprimento de onda de uma onda sonora é a distância física entre dois pontos consecutivos em fase de uma onda sonora (Figura 8). Em outras palavras, é a distância que a onda sonora percorre durante um ciclo completo. O comprimento de onda é representado pela letra grega lambda (λ) e é medido em metros (m). O comprimento de onda é “a distância (medida paralelamente a direção de propagação da onda) entre repetições em forma de onda. Pode, então, serem representados pela distância entre picos (máximos), vales (mínimos), ou duas vezes a distância entre nós” (Halliday et al., 2008, p. 119), geralmente para o ar a 20 °C tem velocidade de aproximadamente 343 metros por segundo.

Figura 8 - Amplitude e comprimento de uma onda periódica:



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM

A velocidade de um corpo ou de uma onda, é a relação entre a distância percorrida em certo intervalo de tempo necessário. Toda onda, quer seja ela mecânica ou eletromagnética, tem uma velocidade que está diretamente associada ao meio de propagação, o som por exemplo, tem sua velocidade diretamente associada ao meio em que ela se encontra. Quando se observa o estouro de rojões em festejos de São João, verifica-se primeiramente a luz proveniente da queima de fogos e em seguida

escutamos o estampido da explosão dos fogos. Esse fato ocorre porque a luz tem uma velocidade muito maior que a do som.

A velocidade de uma onda mecânica, que seja ela transversal ou longitudinal, depende tanto das propriedades inerciais do meio como das propriedades elásticas. Quando uma onda sonora se propaga em um meio fluido ela provoca áreas de compressões e expansões nas partículas desse fluido. Assim, essa força restauradora está diretamente ligada à facilidade que as partículas do fluido possuem de se comprimirem, ou seja, a elasticidade do meio, representado por B , chamada de módulo da elasticidade volumétrica. Já a força resistiva inercial é representada pela massa específica do meio ρ . Assim, a velocidade de uma onda sonora em um meio é determinada por:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \text{ (velocidade do som).} \quad (12)$$

Assim, quanto maior for a densidade de um meio maior será a velocidade das ondas sonoras, logo, a velocidade de um som num sólido é maior que a velocidade do som nos líquidos que é maior que a velocidade do som nos gases. Se tomarmos como referência a velocidade do som no ar a 296,15 K (23°C) temos uma velocidade de 343 m/s, já velocidade do som na água do mar ela tem em média 1500 m/s e em um trilho de ferro tem em média 5100 m/s (Tabela 1). Dessa forma, tem que a velocidade do som nos sólidos, líquidos e gases que:

$$V \text{ sólidos} > V \text{ líquidos} > V \text{ gases.}$$

Tabela 1- Valores da velocidade do som e vários meios.

MEIO	VELOCIDADE (m/s)
GASES	
Ar * (0°C)	331
Ar (20°C)	343
Hélio	965
Hidrogênio	1284
LÍQUIDOS	
Água(0°C)	1402
Água(20°C)	1482
Água Salgada**	1592
SÓLIDOS	
Ferro	5120
Alumínio	6420
Aço	5941
Granito	6000
Borracha Vulcanizada	54

* A 0°C e 1 atm de pressão, a menos que haja indicação contrária.

** a 20°C e salinidade igual a 3,5%.

Fonte: Hallyday, Resnick e Walker (2008).

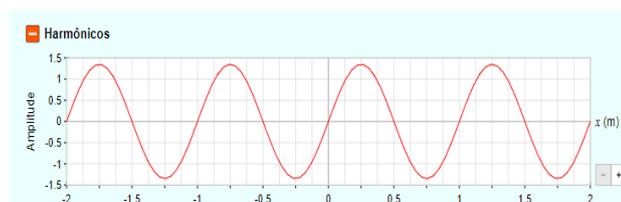
ALTURA

A altura de uma onda sonora, também conhecida como amplitude, refere-se à medida da variação máxima da pressão que a onda sonora causa no meio através do qual ela está se propagando. Em outras palavras, a altura da onda sonora está relacionada com a intensidade ou volume do som.

Quanto maior a amplitude de uma onda sonora, mais alto o som será percebido. A altura está relacionada com a quantidade de energia transportada pela onda sonora. No entanto, a altura de uma onda sonora não está diretamente relacionada ao comprimento de onda ou à frequência da onda.

Em termos mais técnicos, a altura de uma onda sonora é a variação máxima da pressão acústica em relação à pressão atmosférica média. Isso pode ser representado graficamente como a distância entre o ponto mais alto e o ponto mais baixo da onda, a partir do eixo horizontal de referência (Figura 9).

Figura 9 - A amplitude de uma onda senoidal.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/fourier-making-waves/latest/fourier-making-waves_all.html?locale=pt_BR

DIREÇÃO DE PROPAGAÇÃO

Uma onda tridimensional é uma onda que se propaga em três dimensões do espaço. Isso significa que a perturbação associada à onda ocorre não apenas em uma direção, como em uma onda unidimensional, ou em um plano, como em uma onda bidimensional, mas em todas as direções do espaço.

Outro exemplo é uma onda de som se espalhando em uma sala. Quando alguém fala em uma sala, as ondas sonoras se propagam em todas as direções, preenchendo o espaço tridimensional da sala. As ondas sonoras são variações de pressão que se espalham pelo ar, e essas variações ocorrem em três direções do espaço.

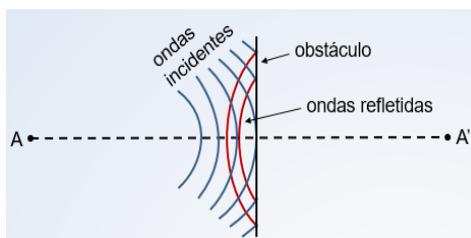
Então, uma onda tridimensional é simplesmente uma onda que se move em todas as direções do espaço, em oposição às ondas unidimensionais ou bidimensionais que se movem em apenas uma ou duas direções, respectivamente.

3.3 Ondas sonoras e algumas características

Quando as ondas sonoras se propagam em um determinado meio e encontram um obstáculo, elas podem ser absorvidas, refratadas ou refletidas. Denominamos reflexão de uma onda sonora, quando uma onda sonora proveniente de uma fonte se propaga em um meio e encontra um obstáculo atinge esse obstáculo e retorna ao meio de origem (Figura 10).

A reflexão de uma onda sonora pode ser classificada em dois tipos: (1) Reflexão especular: Isso ocorre quando a superfície é lisa e plana, como uma parede lisa. Nesse caso, a onda sonora é refletida de volta para o meio de forma organizada, mantendo a direção de incidência. Um exemplo comum disso é quando você fala em direção a uma parede e ouve seu eco e (2) Reflexão difusa: Quando a superfície é irregular ou rugosa, como uma parede texturizada ou uma superfície irregular, a onda sonora é refletida em várias direções. Isso resulta em uma dispersão do som, onde o som refletido parece se espalhar por uma área mais ampla e não é tão claro quanto na reflexão especular. É um fenômeno importante em muitas situações, como na acústica arquitetônica (design de salas de concerto para ter uma boa reflexão difusa), na ecografia (ultrassom) e em sistemas de sonar, onde é crucial entender como as ondas sonoras interagem com diferentes superfícies e meios.

Figura 10 - A reflexão de ondas sonoras.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

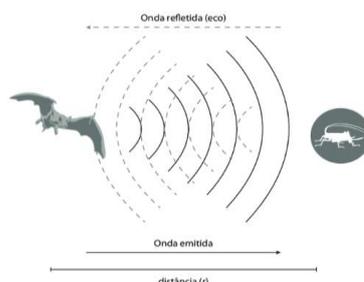
Sempre que escutamos uma diferença entre o som emitido e o som refletido e essa diferença é maior do que 0,1 s denominamos esse fenômeno de eco. Assim, tomando como referência a velocidade do som no ar a 20°C, que em média 340 m/s a distância mínima para que ocorra um eco é de 17 m entre a fonte emissora e o obstáculo. O eco é muito usado por navegações para medir a profundidade do fundo do mar, para isso ele usam um aparelho sonar Figura 11, que envia um pulso sonoro que se propaga até o fundo do mar, sofrendo reflexão e retornando ao navio, assim o aparelho consegue calcular a distância que se encontra o obstáculo, neste caso o fundo do oceano. Os morcegos também usam o eco para sua localização e deslocamento durante o voo Figura 12.

Figura 11 - O eco através do funcionamento de um sonar em um navio.



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/sonar.htm>

Figura 12 - Esquema de eco localização de um morcego.



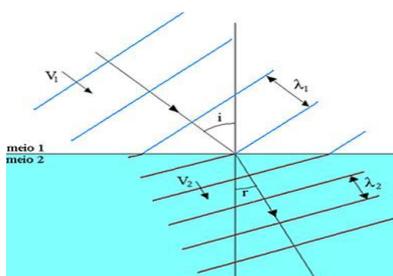
Fonte: Internet, 2024.

A reverberação é um fenômeno acústico que ocorre quando o som é refletido várias vezes em várias superfícies antes de chegar ao ouvinte. É responsável pelo prolongamento e suavização do som após a fonte sonora ter cessado. A reverberação é fundamental em ambientes como salas de concerto, teatros, igrejas e salas de gravação, onde desempenha um papel crucial na qualidade do som. Quando um som é emitido em um ambiente fechado, como uma sala, ele se propaga em todas as direções e é refletido pelas paredes, teto, piso e outros objetos presentes. Essas múltiplas reflexões resultam em uma série de ecos que persistem após a fonte sonora ter parado de emitir som. É caracterizado pelo tempo que leva para que o som reflita várias vezes e se desvaneca gradualmente até não ser mais audível. O tempo que leva para o som se degradar em um determinado ambiente é chamado de tempo de reverberação. O tempo de reverberação e o padrão de reflexões afetam a qualidade acústica de um espaço. Salas de concerto, por exemplo, são projetadas para ter um tempo de reverberação específico que melhora a qualidade sonora, enquanto salas de reunião podem precisar de menor reverberação para garantir clareza de fala.

Para controlar a reverberação, materiais absorventes de som são frequentemente utilizados para reduzir o número de reflexões e o tempo de reverberação em um ambiente. Carpetes, cortinas, painéis acústicos e materiais porosos são comumente usados para absorver o som. Em gravações de música, a reverberação é muitas vezes adicionada artificialmente para criar uma sensação de espaço ou ambiente. Isso pode variar de uma reverberação sutil para dar profundidade a uma faixa, até uma reverberação mais pronunciada para simular o som de uma grande sala.

A refração de ondas sonoras ocorre quando as ondas sonoras mudam de direção ao passar de um meio para outro com diferentes propriedades acústicas (Figura 13), como densidade ou velocidade do som. Esse fenômeno é semelhante à refração da luz quando ela passa de um meio para outro com índices de refração diferentes, como do ar para a água. Quando uma onda sonora encontra uma superfície entre dois meios com diferentes velocidades de propagação (velocidades do som diferentes), como o ar para a água ou o ar para o vidro, ocorre a refração. A refração pode resultar em mudanças na direção da onda sonora e até mesmo na sua velocidade.

Figura 13 - Refração de ondas sonoras.



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/refracao-ondas.htm>

A mudança na direção da onda sonora durante a refração ocorre porque a velocidade do som é diferente nos dois meios. A onda sonora se move mais rápido no meio em que a velocidade do som é maior e mais lenta no meio em que a velocidade do som é menor. Quando a onda sonora atinge a interface entre esses dois meios, a parte da onda que atinge primeiro a interface muda de velocidade primeiro, causando uma mudança de direção.

As leis da refração de ondas sonoras são semelhantes às leis da refração da luz e podem ser descritas da seguinte maneira: a onda sonora é desviada em direção à normal (linha perpendicular à interface) quando passa para um meio onde a velocidade do som é menor; a onda sonora é desviada para longe da normal quando passa para um meio onde a velocidade do som é maior.

A refração de ondas sonoras é um fenômeno importante em várias situações, como em sonar, em que a detecção de objetos subaquáticos depende da compreensão de como as ondas sonoras se comportam ao passar de um meio (água) para outro (ar ou água). Quando uma onda sonora sofre refração a frequência desta onda não sofre alteração.

A difração de uma onda sonora ocorre quando essa onda encontra um obstáculo ou passa por uma abertura e se curva ao redor desse obstáculo ou através da abertura. Esse fenômeno é semelhante à difração de outras ondas, como a luz, mas ocorre especificamente com ondas sonoras. Quando uma onda sonora encontra um objeto ou uma abertura em seu caminho, parte da energia da onda é espalhada ao redor do objeto ou através da abertura. A difração de uma onda sonora é mais pronunciada quando o tamanho do objeto ou da abertura é comparável ao comprimento de onda da onda sonora.

Os principais pontos sobre a difração de ondas sonoras são a abertura, obstáculo e padrão; descritos a seguir.

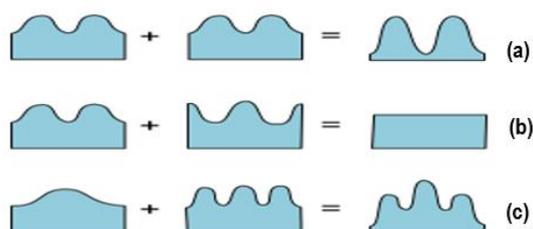
- **Abertura Pequena:** Se a onda sonora encontrar uma abertura relativamente pequena em uma barreira, ela se curvará ao redor da borda da abertura. Isso cria um padrão de difração característico, com regiões de interferência construtiva e destrutiva.
- **Obstáculo:** Quando uma onda sonora encontra um objeto sólido, como uma parede ou um obstáculo no caminho, parte da energia da onda será difratada ao redor do objeto. Isso pode resultar em um som sendo ouvido mesmo atrás do objeto, onde, sem difração, o som poderia ser bloqueado.
- **Padrão de Difração:** O padrão de difração resultante depende do tamanho do obstáculo ou da abertura, bem como do comprimento de onda da onda sonora. Em geral, quanto maior o objeto em relação ao comprimento de onda, mais pronunciada é a difração.

A difração de ondas sonoras tem aplicações práticas em várias áreas. Por exemplo, em arquitetura acústica, o design de salas de concerto leva em consideração a difração para criar uma dispersão uniforme do som por todo o espaço. Também é importante em sonares e em técnicas de ultrassom, onde entender como as ondas sonoras interagem com diferentes objetos e meios é crucial.

A interferência de onda é um fenômeno que ocorre quando duas ou mais ondas se encontram no mesmo ponto do espaço. Quando isso acontece, as amplitudes das ondas se somam ou se subtraem, resultando em um padrão de reforço ou cancelamento conhecido como interferência (Figura 14).

Existem dois tipos principais de interferência de onda: a construtiva e a destrutiva. A interferência construtiva ocorre quando duas ondas se encontram em fase, ou seja, as cristas de uma onda se alinham com as cristas da outra, e os vales se alinham com os vales. Quando isso acontece, as amplitudes das ondas se somam, resultando em uma amplitude total maior. O resultado é uma região de reforço, onde a amplitude da onda resultante é maior do que qualquer uma das ondas individuais. Já a interferência destrutiva ocorre quando duas ondas se encontram fora de fase, com as cristas de uma onda se alinhando com os vales da outra e vice-versa. Nesse caso, as amplitudes das ondas se subtraem, resultando em uma amplitude total menor. O resultado é uma região de cancelamento, onde a amplitude da onda resultante é menor do que qualquer uma das ondas individuais.

Figura14 – A interferência de duas ondas.

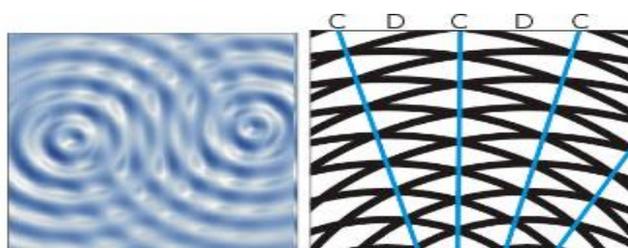


Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Na Figura 14 (a) observa-se o encontro de duas ondas que possuem mesma fase, logo ao se cruzarem haverá uma soma de fase, fazendo com a amplitude da onda se torne maior, ou seja, a interferência é construtiva; na Figura 14 (b) as fases das ondas são opostas e ao se cruzarem haverá uma interferência destrutiva fazendo com as fases se anulem, mas se as fases tiverem amplitudes diferentes veremos que haverá subtração em suas amplitudes, como na Figura 14 (c).

Os principais pontos sobre interferência de ondas são (1) Fase das Ondas: que descreve a posição relativa das cristas e vales das ondas, sendo fundamental para determinar se a interferência será construtiva ou destrutiva e (2) Padrão de Interferência: quando múltiplas ondas se encontram, padrões de interferência podem ser observados. Isso pode ser visto em experimentos como o de fenda dupla, onde ondas passando por duas fendas criam um padrão de franjas claras e escuras na tela de detecção. A Figura 15 exhibe a existência do padrão de interferência para ondas criadas por duas fontes na água.

Figura 15 - Interferência de ondas criadas em um líquido, e representação dos pontos de interferência construtiva e destrutiva.



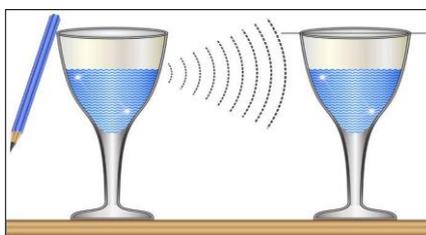
Fonte: <http://www.conecteducacao.com/escconnect/medio/fis/FIS06030200.asp>

A ressonância é um fenômeno que ocorre quando um sistema físico ou uma onda de frequência específica é exposta a uma força externa ou estimulação periódica que tem a mesma frequência natural de vibração do sistema. Isso resulta em uma

amplificação significativa da amplitude de vibração ou resposta do sistema. Todos os sistemas físicos têm uma frequência natural de vibração, que é a frequência na qual o sistema prefere vibrar quando não há forças externas presentes. Essa frequência depende das propriedades do sistema, como sua massa e rigidez. Quando a frequência de uma força externa ou estimulação periódica corresponde à frequência natural do sistema, a energia transferida para o sistema é maximizada. Isso leva a uma amplificação significativa da amplitude da vibração ou resposta do sistema. É observada em uma ampla gama de fenômenos naturais e tecnológicos. Exemplos incluem o balanço de um pêndulo, a quebra de uma taça de cristal quando uma nota musical específica é tocada (Figura 16) ou mesmo o colapso de uma ponte devido à ressonância causada pelo vento.

A ressonância pode ser útil em várias aplicações, como em instrumentos musicais, em que ajuda a amplificar o som produzido, ou em tecnologias de comunicação, onde é usada em antenas para sintonizar em frequências específicas.

Figura 16 - A de ressonância de ondas sonoras entre duas taças.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ressonancia.htm>

3.4 Os instrumentos musicais e as ondas sonoras

É praticamente impossível não pensar em ondas sonoras e não associar as ondas sonoras e instrumentos musicais, mas, é interessante pensar que cada instrumento tem suas características na produção do som. Todo instrumento produz som a partir da vibração de suas partes ou de elementos, vibração essa que são transmitidas para as partículas do ar à sua volta. Cada instrumento possui características específicas de produção de som que resultam em diferentes qualidades tonais, timbres e volumes. Quando se observa os instrumentos pode-se classificá-los como: instrumentos de corda, como guitarra, violão; instrumentos de

sopro, como a flauta, tuba; instrumentos de percussão, como bateria e tambor, xilofone; instrumentos de teclado, como órgão, pianos.

Quando se escuta uma música, se todos os instrumentos tocam ao mesmo tempo a mesma nota musical, tem-se uma harmonia da música; no entanto, é possível reconhecer cada instrumento quanto à música. Porque será que isto é possível? O som é caracterizado por 3 qualidades, a altura, a intensidade e o timbre.

A altura está diretamente ligada a frequência desse som, um som alto é agudo, ou seja, de alta frequência um som baixo é um som de baixa frequência, já a intensidade sonora é o nosso popular volume sonoro, para intensidade sonora tem-se os sons denominados fortes, que no dito popular é chamado de som alto, e sons fracos que é classificado como som baixo na linguagem comum. Um som forte é um som de alta intensidade sonora, maior energia, isso acontece quando está próximo da fonte sonora, já um som de baixa intensidade ele tem baixa energia a ser transmitida, por exemplo, quando você se encontra longe da fonte sonora, ouve um som fraco.

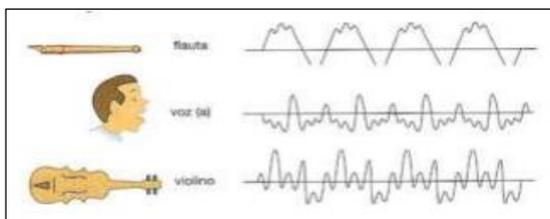
O timbre sonoro é uma característica do som que permite distinguir entre diferentes fontes sonoras, mesmo quando elas estão produzindo a mesma nota musical (mesma frequência). É o que torna possível distinguir o som de um violino do som de um piano, mesmo quando ambos estão tocando a mesma nota musical. O timbre é determinado por várias propriedades do som, incluindo a forma como a onda sonora varia ao longo do tempo e contribui para o timbre. Por exemplo, uma onda sonora pode ter uma forma de onda senoidal pura (como uma flauta) ou uma forma de onda complexa com muitas sobreposições de harmônicos (como um piano).

O timbre é influenciado pelos harmônicos presentes no som. Harmônicos são múltiplos inteiros da frequência fundamental. Instrumentos musicais e fontes sonoras diferentes têm diferentes padrões e intensidades de harmônicos. O envelope sonoro refere-se à forma como o som muda ao longo do tempo, incluindo o ataque (início), a sustentação (duração) e a decaída (fim). Por exemplo, o som de um piano tem um ataque forte e uma decaída gradual, enquanto o som de um tambor tem um ataque rápido e uma decaída rápida. O material, o tamanho e a forma do instrumento influenciam o timbre. Por exemplo, um violino e um saxofone produzem sons muito diferentes devido às suas diferenças estruturais.

Ele é afetado pela distribuição das frequências na onda sonora (Figura 17). Alguns instrumentos podem ter uma resposta de frequência mais enfatizada em certas faixas do que em outras, influenciando o timbre percebido. É uma característica

fundamental da percepção auditiva e é o que nos permite reconhecer e diferenciar entre diferentes instrumentos, vozes e fontes sonoras. É por isso que mesmo duas pessoas cantando a mesma nota na mesma altura ainda terão um som diferente, devido às diferenças em seus timbres individuais.

Figura 17 - Os timbres de uma flauta, uma pessoa e um violino.



Fonte: <https://www.aprendateclado.com/timbre/>

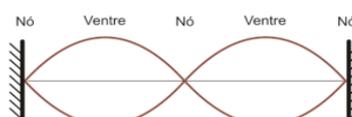
3.4.1 Ondas estacionárias em cordas

Ondas estacionárias são um fenômeno interessante que ocorre quando duas ondas de mesma amplitude e frequência se propagam em sentidos opostos em um meio, e então se superpõem. Este fenômeno ocorre em diversos contextos, desde ondas sonoras até ondas em uma corda vibrante, em tubos sonoros e até mesmo em ondas eletromagnéticas.

Uma característica importante das ondas estacionárias é que, apesar do nome, elas não permanecem estacionárias no sentido de ficarem paradas. O que acontece é que pontos específicos da onda parecem ficar "parados" em determinadas posições, chamados de nós e antinós também chamado de ventre.

Nós: São pontos onde a amplitude da onda estacionária é sempre zero. Isso significa que esses pontos não se movem, ficando sempre em posições fixas. Os ventres são pontos onde a amplitude da onda estacionária é máxima. Estes pontos oscilam entre valores positivos e negativos, mas a amplitude é sempre a mesma (Figura 18).

Figura 18 - Ondas estacionárias em uma corda fixa.



Fonte: <https://descomplica.com.br/d/vs/aula/ondas-estacionarias-e-acustica/>

Os nós e os ventres são fundamentais para o entendimento das ondas estacionárias. Eles ocorrem em padrões específicos, dependendo da configuração do sistema que está gerando as ondas. Por exemplo, em uma corda vibrante, ao fixar uma extremidade da corda e mover a outra extremidade para cima e para baixo em uma frequência específica, pode-se gerar uma onda estacionária na corda. Os nós serão pontos onde a corda não se move, e os ventres serão pontos onde a corda vibra com maior amplitude.

Se duas ondas senoidais de mesma amplitude e mesmo comprimento de onda se propagam em sentidos opostos em uma corda, a interferência mútua produz uma onda estacionária, considerando suas equações como:

$$y_1(x, t) = A \text{ sen}(kx - \omega t) \quad \text{equação do pulso 1} \quad (14)$$

e

$$y_2(x, t) = A \text{ sen}(kx + \omega t) \quad \text{equação do pulso 2,} \quad (15)$$

pelo princípio da superposição de ondas, a onda resultante será:

$$y'(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) = A \text{ sen}(kx - \omega t) + A \text{ sen}(kx + \omega t). \quad (16)$$

Aplicando a identidade trigonométrica: $\text{sen } a + \text{sen } B = 2 \cos\left(\frac{a-b}{2}\right) \cdot \text{sen}\left(\frac{a+b}{2}\right)$, encontra-se que $y'(x, t) = 2A \text{ sen}(kx) \cdot \cos(\omega \cdot t)$. Observa-se que a amplitude depende de kx e do tempo em $\omega \cdot t$.

Os pontos onde a amplitude será máxima correspondem a condição:

$$Kx = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots = \left(n + \frac{1}{2}\right) \cdot \pi \quad \text{Ventres} \quad (17)$$

E a amplitude mínima (zero) correspondem aos pontos com a condição em que:

$$Kx = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, \dots = n \cdot \pi \quad \text{Nós.} \quad (18)$$

Na Figura 19 apresenta-se como oscilam as cordas de um violão. Pode-se compreender a formação de ondas nas cordas. Considere uma corda de comprimento

L presa em suas duas extremidades. É possível obter uma expressão para as frequências de ressonância da corda no momento em que elas vibram de forma estacionária, considerando que deve existir um nó em cada extremidade, pois estas são fixas e não podem oscilar. A configuração mais simples que satisfaz essa condição é a da Figura 20 em que o 1º harmônico é apresentado na corda nas posições extremas (uma representada por uma linha contínua e a outra por uma linha tracejada). Existe apenas um ventre, no centro da corda. O comprimento L da corda é igual a meio comprimento de onda. Assim, para essa configuração, $\lambda/2 = L$ e, portanto, para que as ondas que se propagam para a esquerda e para a direita produzam essa configuração por interferência, devem ter um comprimento de onda $\lambda = 2L$.

Uma segunda configuração simples que satisfaz o requisito de que existam nós nas extremidades fixas aparecemos na Figura 20, 2º harmônico. Essa configuração tem três nós e dois ventres. Para que as ondas que se propagam para a esquerda e para a direita a excitem, elas precisam ter um comprimento de onda $\lambda = L$. Uma terceira configuração é a que tem quatro nós e três ventres e o comprimento de onda é $\lambda = 2L/3$. Poder-se-ia continuar essa progressão desenhando configurações cada vez mais complicadas. Em cada passo da progressão, o padrão teria um nó e um ventre a mais que o passo anterior e um meio comprimento de onda adicional seria acomodado na distância L. Assim, uma onda estacionária pode ser excitada em uma corda de comprimento L por qualquer onda cujo comprimento de onda satisfaz a condição:

$$\lambda = \frac{2L}{n}, \quad (19)$$

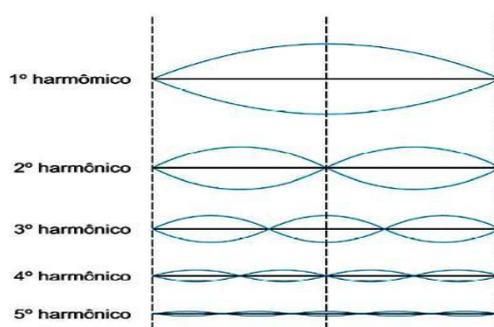
em que $n = 1, 2, 3, \dots$ são números inteiros correspondendo aos harmônicos e λ ao comprimento de onda estacionária. Para frequência de oscilação tem-se a seguinte equação com relação às ondas estacionárias:

$$f = \frac{V}{\lambda n} = \frac{n \cdot V}{2 \cdot L}. \quad (20)$$

Figura 19 - Ondas estacionárias em uma corda de violão.



Figura 20 - Ondas estacionárias numa corda e seus harmônicos.



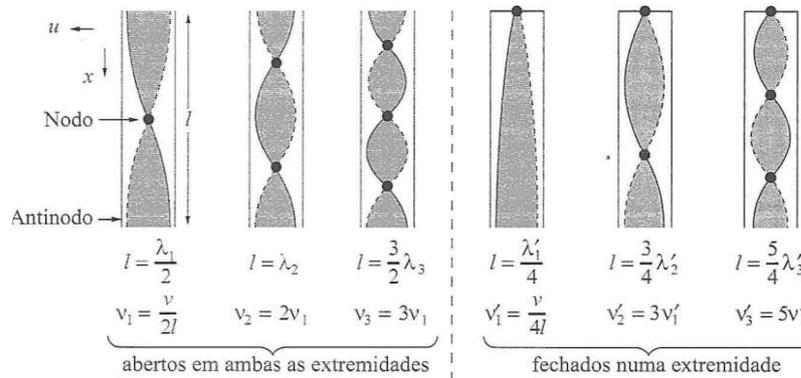
Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

3.4.2 Tubos sonoros

As ondas em tubos fechados referem-se ao comportamento das ondas sonoras ou de pressão em um tubo que tem ambas as extremidades fechadas. Este é um conceito importante em acústica e física das ondas, especialmente quando se considera a ressonância e as frequências naturais de um sistema.

Quando uma onda sonora é gerada dentro desses tubos fechados, ela se reflete nas extremidades fechadas do tubo. Isso cria padrões de ondas estacionárias, onde nós e antinós (ventres) se formam em diferentes pontos ao longo do tubo (Figura 21). Os nós são pontos onde a amplitude da onda é sempre zero, enquanto os antinós são pontos onde a amplitude é máxima.

Figura 21 - Ondas estacionárias em tubos abertos e fechados.



Fonte: Nussenzveig (1998).

Existem dois tipos de tubos fechados, (1) os tubos fechados em ambos os lados (ou em ambas extremidades), então não pode haver deslocamento de ar através deles. Como exemplos podemos citar os tubos de órgão e instrumentos de sopro como clarinetes e flautas; (b) tubo fechado em uma extremidade (ou uma das extremidades), ou seja, uma extremidade é fechada e a outra é aberta. Um exemplo cotidiano é uma garrafa de vinho ou champanhe em que se pode "soprar" na boca e ouvir um som ressonante. O comportamento do ar dentro desses tubos gera ondas estacionárias com as mesmas características das ondas criadas em cordas fixas.

Para os tubos fechados em uma das extremidades o processo de formação das ondas estacionárias no seu interior é dado por:

$$\lambda = \frac{4L}{n} \text{ com } n = 1, 3, 5, \dots \quad (21)$$

e

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{4L} \text{ com } n = 1, 3, 5, \dots, \quad (22)$$

que correspondem aos comprimentos de onda e as frequências de vibração do tubo. Observa-se que o número dos harmônicos n são sempre números ímpares, ou seja, para n igual a números pares, não se tem a formação de antinós.

4 O PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo descrevemos o percurso metodológico usado para o desenvolvimento da pesquisa, que teve como objetivo o ensino de ondas sonoras para alunos do 9º ano do ensino fundamental anos finais. Escolhemos a AEXPP como estratégia didática, considerando a faixa etária dos alunos e a importância de promover a construção ativa de conceitos e definições que envolve o estudo de ondas sonoras, a partir de uma questão teórica.

4.1 Descrição da pesquisa

Sabemos que não existe nenhum método de pesquisa melhor do que o outro. Numa pesquisa o que o método que será bom é aquele que é capaz de conduzir a alcançar o objeto, explicá-lo e compreendê-lo. Por isso, quanto à natureza da pesquisa escolhemos a qualitativa e quanto aos procedimentos foi a pesquisa translacional. A escolha se deu caráter prático da nossa pesquisa, uma turma de escola, permitindo-nos coletar informações diretamente no ambiente escolar

E pode-se dizer que quanto aos objetivos da pesquisa usamos a exploratória, que tem como característica principal obter uma maior familiaridade e compreensão do problema em estudo.

Para Chizzotti (2010) a pesquisa qualitativa caracteriza-se pelo fato do ambiente – no nosso caso uma turma de uma escola, ser a fonte direta de dados e dos eventos observados. A abordagem qualitativa parte do fundamento de que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o(s) sujeito(s), ou seja:

[...] uma interdependência viva entre o sujeito e o objeto, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito. O conhecimento não se reduz a um rol de dados isolados, conectados por uma teoria explicativa; o sujeito-observador é parte integrante do processo de conhecimento e interpreta os fenômenos atribuindo-lhes um significado. O objeto não é um dado inerte e neutro; está possuído de significados e relações que sujeitos concretos criam em suas ações (Chizzotti, 2010, p. 79).

A pesquisa translacional, inicialmente aplicada à medicina, expandiu-se para a educação, impulsionando a busca por soluções inovadoras e eficazes para os desafios do ensino (Colombo, Anjos e Antunes, 2019; Cabral Filho, Silva Júnior e Agra, 2013). Esta, ao ser utilizada, busca conectar a teoria à prática; encontrando eco

no ensino, “ideia central da pesquisa translacional se encaixa bem nessa problemática como transferência de resultados de pesquisa para o ambiente escolar, ou seja, a incorporação de resultados de pesquisa à prática profissional” (Silva, Frant e Chaves, 2022, p. 267). Ao aplicar essa abordagem, os educadores são incentivados a transformar conhecimentos teóricos em ações concretas em sala de aula, promovendo a experimentação, a reflexão crítica e a construção do conhecimento pelos alunos (Moreira, 2018).

Como a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), na área de ensino em termos de pesquisa da seguinte forma: "essencialmente de pesquisa translacional, que busca construir pontes entre conhecimentos acadêmicos gerados em educação e ensino, para sua aplicação em produtos e processos educativos na sociedade" (CAPES, 2016¹, p.3). “A pesquisa translacional conversa no campo, com o campo e é para o campo, articulando os sujeitos, objetos de estudo com contribuições de suas práticas e levando a reflexões e estratégias de ensino como fonte” (Pisacco, Ferreira e Emiliano, 2023, p. 77).

A pesquisa translacional na sala de aula na AEXPP por ser uma ponte entre a teoria e a experimentação na física. Sabe-se que a pesquisa translacional, tradicionalmente associada a grandes laboratórios, no entanto, ela pode ser adaptada e aplicada em um contexto menor: a sala de aula.

Como no ensino de física, a pesquisa translacional pode ser entendida como o processo de transformar descobertas e conceitos teóricos em experiências práticas e relevante para os alunos. É como se a sala de aula se tornasse um laboratório, onde os alunos, investigam fenômenos, formulam hipóteses e chegam a suas próprias conclusões – um pequeno processo científico para eles.

A experimentação problematizadora, nesse contexto, é uma ferramenta fundamental. Em vez de apresentar aos alunos os conceitos prontos, o professor propõe uma questão, incentivando-os a buscar respostas por meio da experimentação.

Para sala de aula utilizamos as seguintes etapas: (1) Identificação de um problema pelo professor: O professor identifica um fenômeno físico que desperte a curiosidade e que possa ser investigado em sala de aula; (2) Planejamento do

¹¹ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Diretoria de Avaliação (DAV), Documento de Área, Área 46, Ensino, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/ENSINO.pdf>.

experimento e da questão pelo professor: o professor planejou uma o mais questão problema com seus respectivos experimentos para serem aplicados; (3) Aplicação e Execução da AEXPP pelo professor e aluno: os alunos realizam o experimento, coletando dados e observando os resultados para responderam a questão; nesta fase teve-se a formulação de hipóteses por parte dos alunos com base em seus conhecimentos prévios, sobre o que poderia estar acontecendo; (4) Análise dos dados pelos alunos: os alunos analisam os dados coletados e comparam os resultados com as hipóteses iniciais; e, (6) Conclusão dos alunos e depois dos alunos com o professor: os alunos tiram conclusões sobre o experimento e discutem as implicações dos resultados.

Tendo vista o objetivo do trabalho a pesquisa foi exploratória, pois permitiu uma imersão profunda no fenômeno, possibilitando uma compreensão de suas características e complexidades, alinhada com o objetivo do trabalho.

4.2 O planejamento da intervenção didática

Para planejar a intervenção didática com uma AEXPP para o estudo de ondas sonoras, iniciamos a proposta identificando uma questão relevante para os alunos e coletamos evidências de sua ocorrência. A partir disso, elaboramos as atividades experimentais que permitissem aos alunos investigar a questão proposta de forma autônoma e organizamos os recursos necessários para a execução das atividades.

Para a sequência de ensino, esperávamos que os alunos pudessem aprender que a ondulatória está presente em seu dia a dia em situações simples, como ao ouvir uma música, sintonizar uma rádio ou um canal de televisão, e até mesmo numa ligação feita a partir do celular. Assim, como também, que o aluno pudesse observar e compreender que as ondas estão muito além de um movimento observado nas águas do mar, por exemplo.

Com o intuito de estimular o interesse dos alunos pela física e tornar o ensino desse conteúdo eficaz, propomos uma sequência de ensino que contém atividades experimentais sobre ondulatória, direcionada aos alunos do 9º ano do ensino fundamental. Essa mesma sequência de ensino pode ser adaptada para a 2ª série do ensino médio, oferecendo um ponto de partida para os estudos nesse tema.

A sequência de ensino, consistiu em três encontros de 1 hora e 40 minutos cada, nos quais os alunos foram desafiados a resolver problemas e realizar

experimentos. Através da estratégia prática, proporcionamos aos alunos a oportunidade de construir o próprio conhecimento sobre as ondas, desenvolvendo habilidades como a observação, a análise de dados e a resolução de problemas.

Contextualizar os fenômenos físicos por meio de atividades experimentais podem permitir que os alunos possam estabelecer conexões entre a teoria e a prática, tornando o aprendizado relevante. Ao explorar diferentes situações e desafios, os alunos lidaram com dificuldades durante a construção do conhecimento e exploraram suas habilidades, além das meramente lógico-matemáticas; podendo desenvolvem autonomia e senso crítico, características essenciais para a formação de cidadãos mais conscientes e engajados.

Conforme Francisco Júnior, Ferreira e Hartwig (2008), atividades experimentais problematizadoras estimulam a observação, a reflexão e o debate entre os pares, além de promover a formulação e avaliação de hipóteses. A interação com o professor em todas as etapas do experimento fomenta o pensamento crítico e reflexivo, tornando os estudantes protagonistas de sua própria aprendizagem.

4.3 A estratégia da intervenção didática

Na nossa proposta optamos por seguir pela AEXPP de ensino. Para justificar a escolha do tema "ondas sonoras" essa foi motivada por diversos fatores: em primeiro lugar, a intenção de aproximar o conteúdo estudado das situações do cotidiano dos alunos; e em segundo lugar, a identificação de equívocos conceituais ainda presentes em relação no estudo das ondas, como intensidade e amplitude.

A construção deste roteiro foi embasada em reflexões teóricas sobre seu significado e propósito, e sua estrutura detalhada consta no próximo tópico. A seguir, no Quadro 3, apresenta-se as descrições dos encontros.

A estratégia experimental sobre ondas sonoras numa perspectiva problematizada visou não apenas transmitir informações sobre o tema, mas também promover o questionamento, a reflexão e a investigação por parte dos alunos. Nesse contexto, apresentamos questões desafiadoras relacionadas às características e propriedades associadas às ondas, incentivando os alunos a explorarem o assunto de maneira crítica e criativa.

Como desenvolvemos atividades práticas a partir de questões, que denominamos doravante como perguntas problematizadoras, tivemos debates em grupo que puderam estimular os alunos a compreenderem não apenas os conceitos básicos das ondas sonoras, mas também a aplicá-los em contextos do mundo real, fazendo reflexões das implicações cotidianas.

Ao adotar a perspectiva problematizadora nos experimentação sobre ondas sonoras, os professores podem ajudar os alunos a desenvolverem habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas, colaboração e comunicação, esperando promover um aprendizado representativo.

Quadro 3 - Uma breve descrição dos encontros como o tema, os objetivos e os conteúdos para intervenção didática sobre ondas sonoras para alunos do nono ano do ensino fundamental.

ENCONTROS	DESCRIÇÃO	
1º	TEMA CENTRAL	♦ Ondas e suas características
	OBJETIVOS:	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender o que é onda; • Identificar as diferentes formas de ondas; • Entender as definições de frequência, período e comprimento de onda

	CONTEÚDOS:	<ul style="list-style-type: none"> • Conceito de ondas • Frequência, período e comprimento de onda
2°	TEMA CENTRAL	♦ Ondas e o que elas transportam
	OBJETIVOS:	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender que as ondas transportam energia • Recolher as ondas mecânicas e seus tipos transversal e longitudinal
	CONTEÚDOS:	<ul style="list-style-type: none"> • Classificação das ondas mecânicas • Transporte de energia e velocidade de propagação das ondas
3°	TEMA CENTRAL	♦ Tipos de ondas, som e instrumento musicais
	OBJETIVOS:	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciar ondas mecânicas e eletromagnéticas, em termos do meio de propagação • Compreender o que é som; • Reconhecer as características de um som, como: timbre, altura e volume (intensidade sonora);
	CONTEÚDOS:	<ul style="list-style-type: none"> • Ondas eletromagnéticas e mecânicas; • O som; • Instrumentos musicais.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024

A seguir descrevermos o que se pensou para cada encontro, em que envolveu perguntas com situações desafiadoras para os alunos pensar criticamente, questionarem e buscarem soluções.

4.4 Descrição dos encontros

1º ENCONTRO - ONDAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Como primeira etapa deste encontro, foi realizada uma discussão exploratória sobre o conceito de onda, com o objetivo de diagnosticar o conhecimento prévio dos alunos e direcionar as atividades subsequentes. Para isso, foi utilizada a seguinte pergunta problematizadora 1.

PERGUNTA PROBLEMATIZADORA 1

Em um dia de chuvas ou tempestade percebemos o clarão e o ruído de relâmpago e um de um trovão, respectivamente. Chegam aos nossos olhos e ouvidos. Descreva como isso acontece?

Figura 22 - Clarões de relâmpagos.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Raio_%28meteorologia%29

A pergunta problematizadora proposta aos participantes é a distinção entre trovão e raio elétrico, bem como a relação entre esses fenômenos. A análise da Figura 22 permite compreender que a energia percebida, resultante da descarga elétrica, propaga-se no espaço como luz e som. Dessa forma, define-se o trovão como a propagação do som e o relâmpago como a propagação da luz emitida pelo raio. Destaca-se que as ondas luminosas são ondas eletromagnéticas, e o transporte de energia de um ponto a outro envolve conceitos da física clássica, embora não abranja a totalidade da complexidade e diversidade das ondas observadas na natureza e investigadas pela ciência.

Em seguida, procedeu-se à formulação de outras questões, aqui denominadas norteadoras, com o intuito de estimular o debate sobre o conceito de onda. As questões norteadoras utilizadas foram as seguintes:

PERGUNTAS NORTEADORAS

- *Como você define uma onda?*
- *Qual a característica principal de uma onda?*

Visando promover a aprendizagem construtiva e interativa dos alunos, planejou-se a realização de atividades experimentais. Para tanto, deve proceder a divisão dos alunos em grupos, aos quais incumbiu-se a execução dos experimentos. Em seguida, cada grupo apresentaria os resultados aos demais participantes, com o objetivo de que, ao término da atividade, todos identificassem os elementos, características e tipos de ondas. Os experimentos conduzidos foram os denominados 1 e 2, detalhados a seguir.

Experimento 1 – Compreendendo uma onda usando uma corda, explorando ondas transversais.

Para apresentar de forma simples e visual o conceito de ondas e suas principais características, deve-se utilizar uma corda longa e resistente. Deve-se ter um ponto fixo para prender a corda, tipo cadeira, parede etc. para prender a corda e um cronômetro. Sendo o cronômetro um elemento opcional. Para a criação de um pulso único, puxe uma das extremidades da corda para cima e solte rapidamente. Deve, então, observar que a perturbação se propaga ao longo da corda. Para criar ondas contínuas deve agitar uma das da corda para cima e para baixo, tentando fazer isso, de forma com uma certa frequência, para observar o padrão formado pelas ondas. Para variar a amplitude deve aumentar ou diminuir a oscilação feita na extremidade.

Experimento 2 - Compreendendo uma onda usando molas de brinquedo, explorando ondas longitudinais.

Para investigar o comportamento de ondas em molas de brinquedo, aquelas que esticam e encolhem, vendidas em diversas lojas, deve-se observar com as ondas se propagam em resposta a diferentes movimentos. A perturbação inicial influencia diretamente a maneira como a onda se propaga na mola. Inicialmente pedimos que perturbem a mola, semelhante a corda. Em seguida sobre o chão (superfície plana), para isso, deve-se esticar mola, deixando-a com uma certa tensão. Para produzir um pulso único, deve-se comprimir uma das extremidades da mola e soltar rapidamente, observando como a compressão se propaga ao longo da mola. Em seguida, para gerar um padrão de ondas contínuas, deve-se comprimir e soltar a mola repetidamente, verificando o padrão de compressões e expansões que se forma. Quanto à variação de amplitude, deve-se aumentar ou diminuir a compressão; quanto à frequência aumentar ou diminuir o número de compressões num determinado intervalo de tempo.

Depois de deve discutir as respostas dadas e introduzir o conhecimento por meio de material didático auxiliar. Para isso, optou-se pelo livro didático adotado pela escola e o laboratório virtual PHET (https://phet.colorado.edu/pt_BR/)² para ilustrar cada situação.

Para que os alunos compreendam os padrões das ondas, é fundamental explorar o que acontece quando se perturbam uma corda ou uma mola de brinquedo.

Amplitude trata-se da distância máxima que uma partícula de um meio oscila em relação à sua posição de equilíbrio. Ao aumentar a força com que se move a extremidade da corda ou da mola, aumenta-se a amplitude da onda, ou seja, quando mover a extremidade da corda para cima e para baixo, a distância máxima que a corda se afasta da sua posição inicial é a amplitude da onda. Quanto maior a amplitude, mais “alta” é a onda.

² PhET é uma plataforma de simulações interativas gratuitas para o ensino e aprendizado de ciências e matemática. São desenvolvidas pela Universidade do Colorado Boulder. Foi criada em 2002 por Carl Wieman, prêmio Nobel.

A frequência é o número de oscilações completas que uma partícula realiza em um determinado intervalo de tempo, está relacionada com a velocidade com que ela oscila para cima e para baixo, quanto maior a frequência, mais rapidamente a onda oscila.

O comprimento de onda é a distância entre dois pontos consecutivos da onda que estão em fase, ou seja, que vibram da mesma maneira. Por exemplo, no caso de uma onda em uma corda, o comprimento de onda é a distância entre duas cristas consecutivas (pontos mais altos da onda) ou entre dois vales consecutivos (pontos mais baixos da onda).

Ao dominarem conceitos como perturbação, amplitude, frequência e comprimento de onda, os alunos poderão estarem aptos a compreender vários fenômenos ondulatórios presentes no dia a dia.

2º ENCONTRO – ONDAS E O QUE ELAS TRANSPORTAM

Para alcançar o objetivo desejado, formulou-se a seguinte pergunta problematizadora 2, dada a seguir, associada a Figura 23.

PERGUNTA PROBLEMATIZADORA 2

O que acontece com o nosso corpo quando é atingido por uma onda forte ao entrar no mar?

Figura 23 - Uma onda no mar.



Fonte: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/formacao-das-ondas-mar>.

Quando somos atingidos por uma onda forte ao entrar no mar, nosso corpo experimenta uma série de reações e forças. A intensidade dessas reações dependerá da força da onda, da profundidade da água e da nossa posição no momento do

impacto. Alguns destes efeitos são: (a) impacto: a força da água em movimento exerce uma pressão considerável sobre nosso corpo, podendo causar desde leves escoriações até fraturas, dependendo da intensidade; (b) arraste: a onda pode arrastar nosso corpo por uma certa distância, aumentando o risco de colisões com objetos submersos ou a própria praia; (c) submersão: ondas muito fortes podem submergir completamente o indivíduo, dificultando a respiração e aumentando o risco de afogamento. Ao sermos atingidos por uma onda forte, podemos ter consequências para o nosso corpo.

Por isso, é fundamental tomar precauções e estar atento às condições do mar para evitar acidentes. Ficara atento às bandeiras, para respeitar as sinalizações da praia é fundamental para evitar acidentes. No nosso estado, escolher locais seguros, evitando entrar no mar com fortes correntes ou ondas muito altas.

As perguntas norteadoras utilizadas são dadas a seguir.

PERGUNTAS NORTEADORAS

- *E o que ocorre se você estiver na parte mais profunda após a rebentação das ondas?*
- *O que é o som e ele pode transportar matéria?*

Neste segundo encontro, planejamos o uso de dominós, palitos de churrasco e massinhas de modelar ou jujubas, propondo três atividades lúdicas (Experimentos 3, 4 e 5) que permitissem entender como as ondas transportam energia e suas características, como forma de vibração e propagação, amplitude, frequência e comprimento de onda.

Experimento 3 – Compreendendo a transmissão de energia de uma onda.

Para compreender a velocidade de propagação e transmissão de energia em uma onda, propõe-se o seguinte experimento: os grupos deverão construir uma sequência de peças de dominós, colocando-as em pé, uma após a outra, para gerar uma perturbação a partir da primeira peça. Observar-se-á a transmissão dessa perturbação até a última peça, permitindo assim a observação da transmissão de energia e da velocidade da perturbação de uma extremidade a outra. Ao final da sequência das peças de dominós, será colocado uma bexiga inflável, e na ponta da última peça de domínio será posicionada um alfinete, que, ao ser derrubada, estourará a bexiga, demonstrando a transmissão de energia de uma extremidade a outra.

Experimento 4 – Compreendendo a velocidade a propagação de uma onda e sua relação com a densidade do meio.

Os grupos de alunos deverão montar três novas sequências de peças de dominó enfileiradas, com distâncias diferentes entre elas, para verificar a velocidade de transmissão da onda em estados de agregação distintos. Na primeira sequência, onde as peças devem estar mais próximas, iremos verificar a transmissão em um meio sólido, onde as moléculas se encontram mais próximas umas das outras. Na segunda sequência, onde as peças devem estar um pouco mais distantes entre si, destacaremos que se trata de um meio líquido. E na terceira sequência, as peças devem ficar mais afastadas do que na segunda situação, identificaremos um meio gasoso. Por meio de uma régua, perturbaremos as três sequências ao mesmo tempo. Espera-se que os alunos observem que as peças caem em tempos diferentes, identificando assim que em meios diversos a velocidade de uma

A energia liberada pelo estouro do balão pode ser comparada à energia transmitida em uma onda, como no efeito dominó. Quanto à velocidade de propagação, no efeito dominó depende da distância entre as peças: quanto mais próximas, mais rápida a propagação.

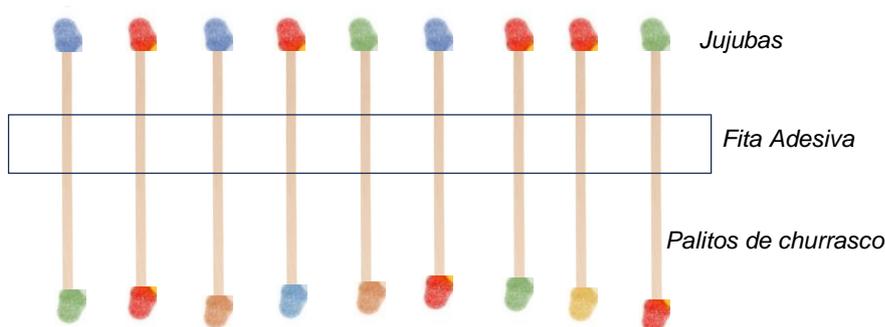
Para entender a transmissão de energia, é importante perceber que as ondas transportam energia e não matéria. As peças de dominó caem, mas a energia se propaga ao longo da fileira. A velocidade de propagação da onda no efeito dominó depende da distância entre as peças. Quanto mais próximas, mais rápida a propagação. Isso demonstrará que a velocidade da onda depende das propriedades do meio em que se propaga: meios mais rígidos ou densos geralmente permitem uma propagação mais rápida.

Ao compreender conceitos como perturbação, transmissão de energia e velocidade de propagação, os alunos podem estar aptos a entender diversos outros.

Experimento 5 – Compreendendo a propagação de uma onda.

O gerador ou máquina de ondas ilustra o movimento das ondas usando uma série de palitos de churrasco unidos por uma fita adesiva. Os palitos de churrasco devem ser fixados na fita adesiva de forma que seus centros coincidam com a linha central da fita. Em cada extremidade dos palitos, colocamos jujubas. A fita adesiva atua como um meio de transmissão, permitindo que a energia se propague de um palito para outro. Ao aplicarmos uma pequena perturbação em um dos palitos, observamos uma onda se propagar ao longo da estrutura, tornando a dinâmica visível (Figura 24).

Figura 24 - Esquema do gerador ou máquina de ondas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

O movimento dos palitos e jujubas simula o comportamento de ondas invisíveis, como as ondas sonoras que viajam pelo ar (ou as ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo). Essa analogia pode ajudar a visualizar como a energia se propaga em diferentes tipos de ondas.

Observando o movimento dos palitos e jujubas, é possível entender de forma simples e divertida como a energia se propaga nas ondas.

Através deste experimento, buscou-se proporcionar a visualização e exploração dos fenômenos de reflexão, refração, interferência e ressonância. Procedeu-se à variação da frequência e amplitude das perturbações, visando observar os diferentes padrões de ondas e, conseqüentemente, facilitar a compreensão dos princípios básicos da propagação ondulatória.

Durante a realização do experimento com a corda e a mola, solicita-se aos alunos que observassem a amplitude, o período e a frequência das oscilações. A partir das observações, instruiu-se os alunos a analisarem o comportamento da onda. A atividade foi planejada com o intuito de proporcionar aos alunos uma compreensão concreta da relação entre as características de uma onda e a propagação de energia através do meio.

Como resultado esperado ou conclusão em termos de compreensão dos alunos, espera que os alunos alcancem a compreensão. Depois da discussão das respostas dadas pelos alunos e questioná-los, vamos introduzir o conhecimento por meio de material didático auxiliar como apresentação de slides para exemplificar as ondas em termos de classificação e algumas características, como: amplitude, frequência, comprimento de onda e período, usando o laboratório virtual PHET (https://phet.colorado.edu/pt_BR/) para ilustrar cada situação.

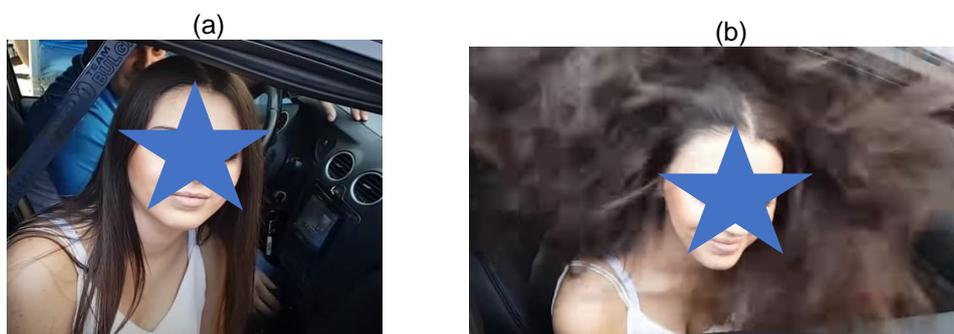
3° ENCONTRO – TIPOS DE ONDAS, SOM E INSTRUMENTO MUSICAIS

Assim, como nos encontros anteriores, iniciaremos esse encontro com uma pergunta, cujas respostas devem ser desenvolvidas em grupos. A pergunta utilizada foi a problematizadora 3, dada a seguir.

PERGUNTA PROBLEMATIZADORA 3

O que acontece quando estou perto de um paredão e meu corpo treme e meus cabelos voam com as batidas do som, como na Figura 23 (a) e (b)? Por que será que isso acontece? O que esse evento tem em termos de ondas (tipos)?

Figura 25 - Efeito das ondas sonoras de um “paredão de som” nos cabelos de uma garota.



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

Esta pergunta problematizadora 3, tem o intuito de analisar o fenômeno das ondas sonoras, propôs-se aos participantes a observação de situações cotidianas, como a percepção da vibração corporal e do movimento capilar na proximidade de fontes sonoras de alta potência (Figura 25 b).

A partir dessa observação, buscou-se estimular a reflexão sobre o mecanismo de produção e propagação das ondas sonoras, enfatizando a formação de regiões de alta e baixa pressão pelo movimento dos alto-falantes e a conseqüente vibração do ar.

Além disso, deve incentivar a análise do fenômeno da ressonância, relacionando-o à vibração dos cabelos e à analogia do balanço, com o objetivo de evidenciar a coincidência entre a frequência das ondas sonoras e a frequência natural de vibração dos fios. Por fim, visando aprofundar a compreensão dos participantes, realizou-se uma discussão sobre a distinção entre ondas mecânicas e eletromagnéticas no contexto dos sistemas de som, destacando o papel das ondas

eletromagnéticas na transmissão e processamento dos sinais e a produção do som audível pelas ondas mecânicas geradas pela vibração do diafragma dos alto-falantes."

Apresentaremos outras perguntas mais simples, as perguntas norteadoras, para que sejam entendidos quais os conceitos e definições relacionados ao som pelos alunos.

PERGUNTAS NORTEADORAS

- ***O que é o som?***
- ***Porque o som é uma onda mecânica?***
- ***No espaço é possível ter som?***
- ***Será que é possível ver umas ondas sonora?***

Todas as respostas dos grupos devem ser compartilhadas com a turma. Esse momento é fundamental para que os alunos possam ouvir diferentes perspectivas sobre o tema e aprofundar sua compreensão.

Com relação à pergunta deve-se ter em mente que o som precisa de um meio para se propagar. Neste caso o meio será o ar atmosférico. E com relação às perguntas norteadoras tem-se som é uma onda mecânica, no espaço não é possível ter som, e no dia a dia não é possível ver uma onda sonora. Os efeitos das ondas sonoras podem ser vistos em condições controladas.

Neste terceiro e último encontro, planejamos os Experimentos 6, 7 e 8 que permitissem entender como as ondas transportam energia e suas características, como forma de vibração e propagação, amplitude, frequência e comprimento de onda.

Experimento 6 – Usando dois celulares para desvendar as ondas eletromagnéticas

Para descobrir como seus celulares se conectam às antenas, realizaram um experimento simples. Os alunos devem envolver seus celulares em diferentes materiais, tais como: plástico filme e, papel alumínio, em seguida tentaram fazer ligações e enviar mensagens. Eles devem perceber que o papel alumínio bloqueava o sinal do celular, enquanto o plástico filme não. Com a ajuda do professor, os alunos comparam o comprimento de onda das ondas de rádio (usadas nos celulares) com outros tipos de ondas, como a luz visível e os raios X, com ajuda do espectro eletromagnético entregue numa folha de papel ou em um slide. Explique que cada nota musical corresponde a uma frequência diferente e que as notas mais agudas têm frequências mais altas.

Com o objetivo de investigar o mecanismo de comunicação dos celulares, planejou-se o Experimento 6 envolvendo diferentes materiais. Os alunos devem ser instruídos a envolver seus celulares com papel alumínio e, em seguida, com plástico filme, e tentar realizar ligações em ambas as situações. A partir da observação dos resultados, deve-se buscar promover a análise do espectro eletromagnético, com o auxílio do professor, para que os alunos compreendessem a relação entre o comprimento de onda das ondas de rádio utilizadas pelos celulares e a interação dessas ondas com materiais condutores, como o alumínio. A atividade prática pode permitir aos alunos visualizar a importância das antenas na maximização da propagação das ondas eletromagnéticas e na garantia da comunicação eficiente.

Em seguida propusemos a realização dos Experimentos 7 e 8 descritos a seguir.

Experimento 7 – Utilizando o xilofone como instrumento musical.

Como experimento utilizando xilofones de brinquedo (um para cada grupo ou um para a demonstração do professor) e uma régua de madeira ou plástico para medir os tamanhos das placas dos xilofones. Divida a turma em grupos. Peça para cada grupo tocar diferentes notas no xilofone e observar as diferenças nos sons produzidos. Incentive os alunos a descrever os sons em termos de altura (agudo ou grave) e intensidade (forte ou fraco). Peça para cada grupo de alunos medir o comprimento das placas que dão os sons do xilofone e observem o que elas têm de diferentes.

O xilofone de brinquedo é uma ferramenta educativa fantástica para aprender sobre som e música (Figura 26). Ao brincar com ele, os alunos podem explorar a relação entre o tamanho, a vibração e o som, além de desenvolver a coordenação motora e a musicalidade. Para isso utilizou-se as perguntas norteadoras dadas a seguir.

PERGUNTAS NORTEADORAS

- *Por que se reconhecem diferentes notas musicais em um xilofone?*
- *O que diferencia a produção de cada nota?"*

Figura 26 - Xilofones, instrumentos musicais, sendo um com sete e outro com cinco acordes musicais.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Em seguida os grupos de alunos deveriam construir um instrumento musical com vários tubos abertos em uma das extremidades de tamanhos diferentes. Esta construção é descrita, a seguir, no Experimento 8.

Experimento 8 – Construindo um instrumento musical.

Como experimento vamos construir um instrumento que consiste numa sequência de tubos abertos em uma das extremidades (fechado na outra extremidade) com comprimentos diferentes que geram acordes diferentes, para isso o aluno deverá calcular o comprimento de cada tubo e confecciona-lo em tubos de PVC (polímero policloreto de vinila) que será fornecido a cada grupo. O instrumento será a flauta pan. Depois de construído as flautas os alunos deverão comparar os sons emitidos. Para uma mesma nota musical os sons produzidos pelos xilofones e flautas são diferentes.

Depois dos alunos devem verificarem notas musicais do xilofone e flauta, cabe ao professor incentivar que os mesmos investiguem o motivo das diferenças entre as notas musicais emitidas por cada instrumento. Aqui também o aluno deverá perceber que existem notas agudas e graves identificando a diferença entre essas notas. Utilizamos para isso as perguntas norteadoras a seguir.

PERGUNTAS NORTEADORAS

- ***Como se reconhece a diferença de um som produzido, considerando a mesma nota musical?***
- ***Qual a diferença entre altura e volume de um som?***

Na construção das flautas de pan (Figura 27), os alunos devem receber o apoio do professor. Além disso, pode ser usando aparelhos eletrônicos, para eles experimentar e comparar diferentes volumes e alturas sonoras. Como etapa final, usou-se o Laboratório Virtual VASCAK para que os alunos visualizem de forma clara a relação entre a frequência de uma onda sonora e a altura do som percebido, aprofundando seus conhecimentos sobre a física do som.

Figura 27 - Ilustração da flauta pan construída com canos de PVC.



Fonte: Pinterest (2024)

A flauta pan, conhecida também como flauta de pã ou flauta de cana, é um instrumento musical de sopro tradicionalmente feito de tubos de bambu ou cana. No entanto, utilizaremos tubos de PVC (tubos plásticos de Policloreto de Vinila). A flauta pan é composta por vários tubos de diferentes comprimentos, cada um produzindo um som específico. Ao soprar com os tubos na vertical pode-se criar uma série de notas melódicas.

Espera-se que os alunos entendam as diferenças entre os instrumentos de corda, sopro e percussão afetam diretamente a música. Os instrumentos de corda produzem som através da vibração das cordas, resultando em um som rico e melódico. Os instrumentos de sopro produzem som através da vibração do ar dentro deles, criando um som claro e ressonante. Por fim, os instrumentos de percussão produzem som quando são batidos, sacudidos ou esfregados, acrescentando ritmo e textura à música.

Os instrumentos musicais são usados em uma variedade de gêneros musicais para criar diferentes estilos e atmosferas. Por exemplo, os instrumentos de corda são frequentemente usados em música clássica e jazz para criar melodias sofisticadas, enquanto os instrumentos de sopro são comuns em bandas de rock e música pop para adicionar solos cativantes e melodias memoráveis. Os instrumentos de percussão são amplamente utilizados em todos os tipos de música para fornecer ritmo e “groove”, desde o “hip-hop” até a música folclórica.

Os diferentes instrumentos musicais, com suas características únicas de som e estilo – o timbre, contribuem para a diversidade e riqueza da música que ouvimos, oferecendo uma ampla gama de experiências musicais para apreciar.

Depois de discutirmos as respostas dadas pelos alunos e questiona-los, deve-se chegar à etapa final, com a ajuda de meio de material didático auxiliar, por exemplo a utilização do laboratório virtual PHET (https://phet.colorado.edu/pt_BR/) para ilustrar cada situação.

Ao final deste encontro, espera-se que os alunos compreendam a propagação das ondas sonoras no ar, identifiquem sua natureza longitudinal e sejam capazes de determinar altura, volume e intensidade sonoras.

4.5 Avaliação da proposta de intervenção

A avaliação aconteceu durante os próprios encontros e ao fim de cada atividade realizada, foi possível ao professor lançar as questões pedido que expressem com suas palavras as respostas sobre o que foi trabalhado durante a intervenção. Para identificação dos alunos usamos nomes fictícios e números.

A AEXPP é uma estratégia de ensino que enfatiza a experimentação e a resolução de questões (denominadas, nesta dissertação como perguntas) como formas de aprendizagem. Para avaliação da intervenção didática utilizamos a observação e registros fotográficos.

4.6 Produto educacional

O Produto Educacional que desenvolvemos foram algumas atividades experimentais de ondas sonoras para o ensino fundamental e suas possíveis aplicações, com questionamentos, para serem conduzidas pelos alunos com a orientação do professor (Apêndice A).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões desta intervenção didática, referentes à aplicação da sequência de ensino apresentada de forma sequencial, seguindo a estrutura dos encontros, permitem identificar os avanços e desafios em cada etapa. A intervenção foi realizada em uma turma do 9º ano do ensino fundamental, com o intuito de aplicar atividades experimentais em uma perspectiva problematizadora sobre ondas sonoras.

Os encontros ocorreram em uma instituição escolar da rede privada, Escola Santo Antônio, com a turma de 9 ano do ensino fundamental, a turma foi composta com 25 alunos na cidade de Santa Cruz do Capibaribe no estado de Pernambuco.

Cada encontro teve a duração de duas aulas-aula, equivalente a 90 minutos cada (a duração de 1 aula nesta escola é de 45 minutos). Todos os nomes dos alunos usados foram fictícios.

1º ENCONTRO - ONDAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

O primeiro encontro discutimos o conceito de onda, quais tipos de ondas e suas características. O início se deu com a pergunta problematizadora 1:

♦ Em um dia de chuvas ou tempestade percebemos o clarão e o ruído do relâmpago chegam até nós. Chegam aos nossos olhos e ouvidos. Descreva como isso chega até nós?

A pergunta parte de um fenômeno natural familiar aos alunos, o que facilitou a sua compreensão e gerou interesse por parte dos alunos.

Para esta pergunta obtemos as seguintes respostas.

Aluno 1: Porque o relâmpago é mais devagar do que a luz.

Aluno 2: Porque o som do relâmpago é mais devagar do que a luz dele.

Aluno 3: Porque quando ocorre o relâmpago ou raio a luz que eles emitem viajam rápido.

Professor, [...] é o que acontece na festa de São João, vemos os clarões dos fogos e depois ouvimos o som, acho que é o mesmo.

Na sequência, fizemos as perguntas norteadoras para aprofundar a compreensão do que é uma onda. Para cada uma delas apresentamos as respostas dadas por alguns alunos.

- Como você define uma onda?

Aluno 1: É aquilo que vemos no mar.

Aluno 2: É o que chega a nosso celular.

Aluno 3: É o que faz com que sintonizemos as rádios do carro.

Aluno 4: É o som.

- Qual a característica principal de uma onda?

Aluno 1: É uma coisa que no mar faz o barco subir e descer.

Aluno 2: É algo que sai de um lado a outro.

Aluno 3: É uma coisa que faz os barcos balançarem.

Aluno 4: Viaja no espaço.

Depois de respondidos a estas questões, propomos aos alunos, desafiá-los, através de experimentos, para desvendar alguns segredos das ondas. Pedimos aos mesmos, que para isso fizessem um trabalho em equipe. Assim, dividimos a turma em 5 grupos de 5 alunos. Além disso, foi enfatizado que, sobre o compartilhamento de seus resultados, cada grupo contribuindo para a construção de um conhecimento coletivo sobre o tema, teriam a oportunidade de investigar, descobrir e discutir juntos o que foi observado. Daí, houve uma sugestão de um dos alunos de fazermos de forma coletiva. O professor disse, gostamos da sua sugestão, então vamos nos reunir em círculo para compartilhar as experiências e construir juntos uma compreensão sobre os diferentes tipos de ondas e suas características.

Iniciamos com o Experimento 1, fixando uma das extremidades de uma corda na parede e pedindo a José que produzisse um pulso na outra extremidade (Figura 28). Os alunos observaram a propagação da perturbação ao longo da corda, para identificarem a crista e o vale da onda.

O aluno André questionou o que ocorreria se a extremidade presa estivesse solta, com isso soltamos a corda e repetimos no chão da sala de aula o experimento, realizando primeiramente um pulso, e em seguida repetindo os pulsos. Júlia pediu que aumentasse o tamanho do pulso e depois que se fizesse o pulso mais rápido. José

respondeu a Júlia que ao fazer isso aumentaria a altura (que é a amplitude) e a rapidez (que é frequência) da onda, e João completou que a largura ou tamanho (que é o comprimento) de onda diminuiria. André, então, evidenciou que a largura de onda e a rapidez eram contrários (são inversos). Na medida em que as falas apareciam, o professor foi mediando para todos os alunos ouvirem.

Eles denominam de início denominaram altura, rapidez e largura, para amplitude, frequência e comprimento de onda, respectivamente. No entanto, ficaram trabalho assim até a intervenção do professor. Pois, ao variar a “altura” -amplitude e a “rapidez” - frequência dos pulsos na corda, observamos diretamente a influência dessas grandezas nas características da onda. Aumentando a “altura das cristas e dos vales se tornava maior, enquanto ao aumentar a rapidez a largura-tamanho da onda diminuía, evidenciando a relação inversa entre essas duas grandezas.”

Essa atividade permitiu aos alunos compreender a relação entre amplitude, frequência e comprimento de onda, além de observar o fenômeno da reflexão na extremidade fixa da corda. No entanto, com detonações deles mesmos, sem definições técnicas ou científicas.

Figura 28 - Criando ondas em uma corda durante a intervenção didática.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Na sequência trocamos a corda por molas plásticas, Experimento 2, pedimos que alunos perturbasse a mola a uma certa altura do chão e depois perturbasse a mola na direção vertical apenas executando um pulso apenas. Leticia questionou porque ela não via mais a altura. Já Igor questionou porque ao bater na mola se criavam anéis juntos e esses anéis subiam na mola.

Depois pedimos que no chão, ou seja, na horizontal eles repetissem o experimento. E em seguida executassem o movimento de perturbação como foi feito

na corda, para um lado e para outro. Com isso puderam diferenciar tipos de ondas em termos da direção de perturbação e propagação, ou seja, uma onda longitudinal de uma onda e a transversal de uma mola, para isso o professor teve que intervir (Figuras 29 a e 29 b).

Daí o aluno Igor afirmou que seria fácil lembrar, porque a onda transversal descrevia um T, vibrava num sentido e se propagava em outro; enquanto a longitudinal teria o mesmo sentido. Para Carlos, aluno que possui laudo TDH (Transtorno do déficit de atenção com hiperatividade), relatou ao final que pode compreender as diferenças entre os tipos de ondas e assim achou muito mais interessante participar dessa aula.

Figura 29 - Ondas Transversal (a) e ondas longitudinais (b) em uma mola.



(a)



(b)

Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

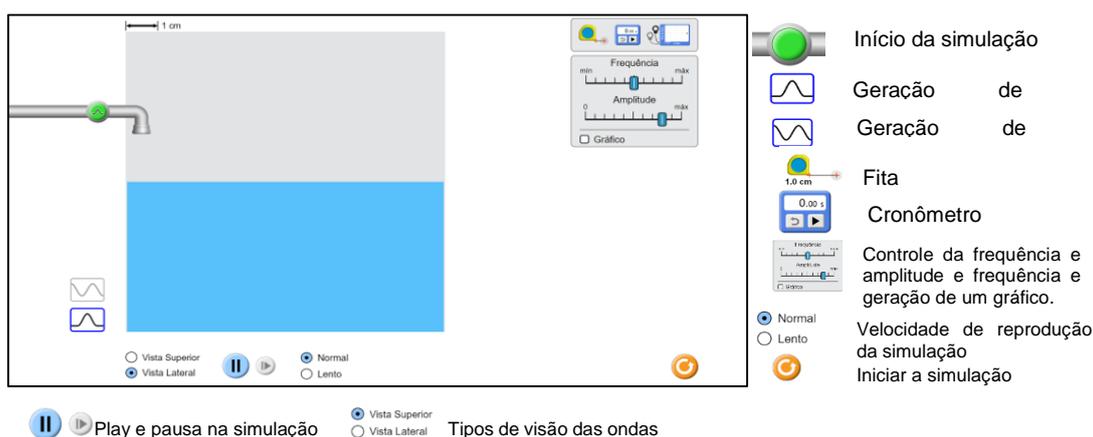
Após José, João e André compartilharem suas observações sobre a altura, largura e tamanho das ondas, o professor, que vinha atuando como mediador da discussão, aproveitou a oportunidade para sistematizar os conhecimentos dos alunos. Com base nas percepções deles, introduziu os conceitos precisos de amplitude, frequência e comprimento de onda, relacionando-os às características das ondas observadas pelos alunos.

Para isso, ao final utilizou o livro texto adotado pela escola e o laboratório virtual Phet, https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/waves-intro. Com o uso dele suas características como amplitude (cristas e vales), frequência e comprimento de onda (Figura 30), evidenciamos a diferença entre os tipos de ondas mecânicas e eletromagnéticas. Utilizamos a formação de pulsos e ondas com visão lateral para água para definirmos amplitude, frequência e comprimento de onda. Já para

diferenciar os tipos de ondas usamos, além de ondas na água, o som e as ondas eletromagnéticas (Figuras 31 a, 31 b e 31 c). Quanto à reflexão, foi realizada uma apresentação no quadro o que seria, usando o caso da corda, em que eles tinham observado durante a realização do Experimento 1.

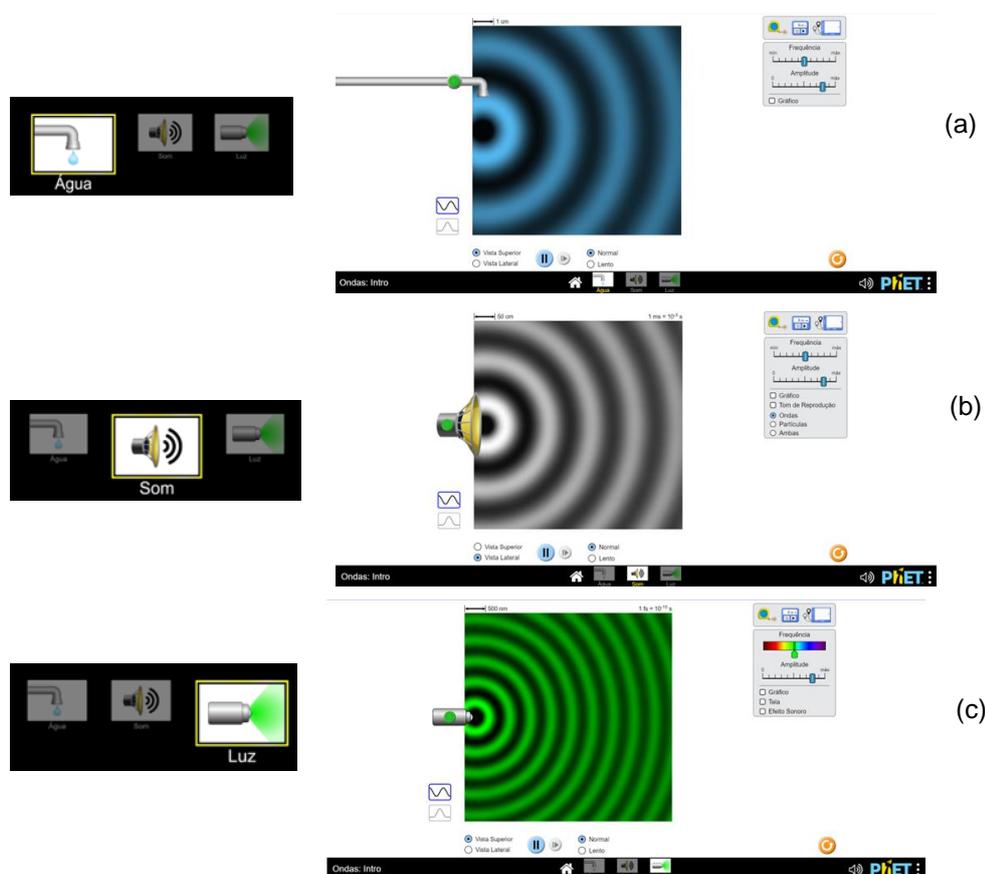
Quanto ao tipo as ondas que vocês observaram nos experimentos são chamadas de ondas mecânicas. Isso significa que elas precisam de um meio material para se propagar, como uma corda, uma mola ou o ar. E quanto à direção em que a perturbação se move através do meio, vimos que nos experimentos com cordas e molas, a perturbação se movia de uma extremidade para a outra e é esse movimento da perturbação ao longo do meio é o que chamamos de propagação. Tem-se dois tipos as ondas transversais e ondas longitudinais. Nas ondas transversais, as partículas do meio vibram perpendicularmente à direção de propagação da onda. É o caso das ondas em uma corda, onde as partículas da corda vibram para cima e para baixo, enquanto a onda se propaga horizontalmente. Já nas ondas longitudinais, as partículas do meio vibram paralelamente à direção de propagação da onda. Um exemplo clássico são as ondas sonoras, onde as moléculas do ar vibram para frente e para trás na mesma direção em que o som se propaga, semelhantes as molas de brinquedos com regiões de compressões e expansões.

Figura 30 - Tela referente à simulação do PhET utilizada para o conceitos de amplitude, frequência e comprimento de onda.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/>

Figura 31 - Telas referentes às simulações do PhET utilizadas para diferenciar os tipos de ondas: mecânicas e eletromagnéticas. (a) ondas na água; (b) o som; e, (c) a luz.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/>

2º ENCONTRO – ONDAS E O QUE ELAS TRANSPORTAM

No segundo abordamos a principal característica de uma onda que o transporte de energia e não de matéria, começamos este encontro com as seguintes perguntas e observamos as respostas.

- O que acontece com o nosso corpo quando é atingido por uma onda forte ao entrar no mar?

Aluno 1: Ela me derruba.

Aluno 2: A onda me arrasta até a praia

Aluno 3: O tombo é feio

- E o que ocorre se você estiver na parte mais profunda após a rebentação das ondas?

Aluno 1: Eu apenas subo e desço quando a onda passa por mim.

Aluno 2: Ela me levanta

Aluno 3: Ela não me arrasta

Aluno 4: Ela faz eu flutuar, subindo e descendo.

- O que é som e ele pode transportar matéria?

Aluno 1: É um barulho, acho que transporta sem a gente ver.

Aluno 2: É aquilo que ouvimos. E não sei dizer o que ela transporta

Aluno 3: É um tipo de onda. E acho que não transporta matéria.

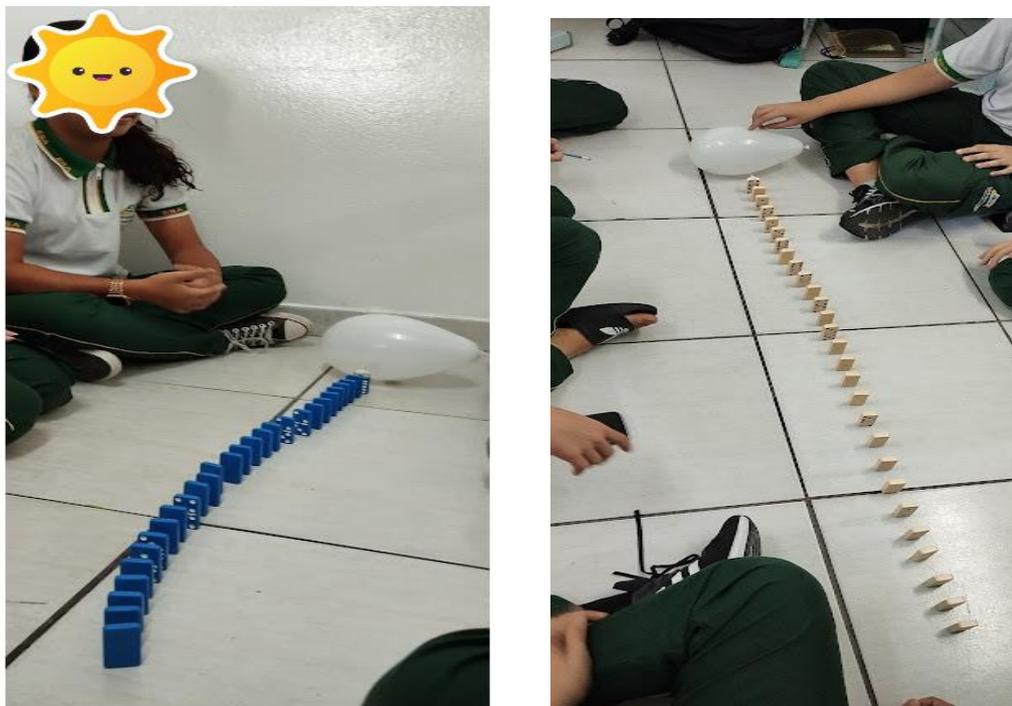
Aluno 4: É uma onda mecânica. [...] Lembrei do final da aula, agora acho que transporta matéria

Baseados em suas respostas propomos como atividade experimental os Experimentos 3 e 4. Para começarmos, dividimos a turma em grupo de 5 alunos, e cada grupo recebeu um jogo de dominó, uma agulha (ou alfinete) e uma fita adesiva. A tarefa era simples, mas desafiadora: construir uma fila de peças de dominós, posicionando-as verticalmente e próximas umas das outras. Na última peça, fixou uma agulha de modo que sua ponta ficasse direcionada à bexiga, posicionada a cerca de 10 cm de distância.

O professor enfatizou que cada grupo deveria enfileira, as peças dos dominós de pé (verticalmente) formando uma reta, com as peças próximas umas das outras (tipo fila indiana), na última peça do dominó deve-se fixar o alfinete sobre ela de modo que a ponta deve ficar apontando para uma bexiga. A bexiga deveria estar na frente desta última peça. A bexiga deveria estar na frente desta última peça. A Figura 32 apresenta como foi realizada a montagem pelos alunos. Assim, pediu-se que cada grupo ao perturbar a primeira peça do dominó verificar o que acontecia.

Os alunos enfatizaram ao final que “todos os dominós” são perturbados até que o “último dominó” com um alfinete, estourou o “balão”. Eles observaram que ao perturbar a primeira peça a propagação se estendeu para todas as peças, e como consequência, a última peça que continha o alfinete, estourou a bexiga.

Figura 32 - A propagação de uma perturbação com um experimento utilizando peças de um dominó por dois grupos.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Em seguida o professor pediu para eles repetirem o mesmo procedimento só que colocando as peças do dominó um pouco mais distantes uma da outra, e novamente perturbar a primeira peça do dominó e observar o que acontece com o balão. Depois com as peças mais distantes umas das outras. As distâncias das peças ficaram a critério de cada grupo. Ao fazer tal solicitação para os grupos, em que cada integrante de cada grupo deveria derrubar a primeira peça da fila. A expectativa era que a energia transmitida pelas peças em queda atingisse a bexiga, causando seu estouro. No entanto, os resultados foram surpreendentes: em alguns grupos, a bexiga estourou com força, enquanto em outros, apenas balançou levemente, não estourou.

O professor ao questionar o que aconteceu em cada situação, o aluno Vitor observou que em algumas situações todas as bexigas foram estouradas. No entanto, não ocorreu o mesmo fato em dois grupos. Por isso, que João questionou achar ser por conta das distâncias entre “os dominós”, ou seja, se era por causa das distâncias deixadas pelos grupos entre as peças do dominó. Luísa observou que as peças caíram com velocidades diferentes, nas diferentes situações. André, afirmou que a distância poderia ter sim influenciado na velocidade e assim na rapidez do estouro.

O Experimento 3 consistia em alinhar uma fileira de peças de dominó e derrubar a primeira. A partir dessa ação simples, o professor questionou a turma: “Houve transporte de matéria entre as peças do dominó?”. Um silêncio se instalou, revelando a complexidade da questão. Após alguns minutos, Júlia sugeriu que não havia ocorrido transporte de matéria. André, por sua vez, intuiu que, se não era matéria, esse deveria ser energia. O objetivo foi, além de verificar a compreensão dos alunos sobre o conceito de transporte de matéria, instigar a discussão sobre a natureza da energia e sua relação com o movimento. A partir dessa atividade, os alunos concluíram que, embora o movimento tenha se propagado ao longo da fileira de peças, não houve transporte de matéria entre elas. A descoberta, obtida por meio de um experimento simples, demonstrou a importância da experimentação para a construção do conhecimento científico e deixou evidente a capacidade dos alunos de raciocinar e formular hipóteses

Após, os alunos observaram que o movimento pode se propagar sem que haja transporte de matéria, como evidenciado pela fila das peças de dominó, o professor pediu aos alunos para montagem da máquina de ondas. Para isso, foi disponibilizado para os grupos fita adesiva, palitos de churrasco e jujubas. Divididos em grupos, os alunos, com a orientação do professor, construíram seus próprios geradores (Experimento 5). Depois, os grupos puderam realizar o experimento de forma eficaz, observando as diferentes situações relacionadas ao movimento ondulatório. De modo a não cair nenhum palito, o professor junto com os alunos passou uma segunda camada de fita adesiva, de modo que os palitos ficassem no centro dessas fitas. Além disso, ajudou a cada grupo de alunos a colocar as jujubas nas extremidades dos palitos como é apresentado na Figura 33.

Com a máquina de ondas montada o professor pediu para que os alunos levantassem um dos palitos de churrasco da extremidade e observassem o que aconteceu com os outros palitos (Figura 34).

Figura 33 - Alunos com seu grupo construindo a máquina de ondas.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Figura 34 - Uma máquina de ondas construída por um grupo de alunos.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Vitor achou “massa” e ficou “encantado” porque toda a estrutura oscilava como se fosse uma onda do mar e ele conseguia ver, agora as amplitudes cristas por mais tempo do tinha visto nos experimentos relacionados à corda ou à mola. Julia observou que as distâncias entre os palitos em cada grupo eram diferente e faziam com que as máquinas oscilassem de maneira diferente. João afirmou que a máquina dele tinha defeito pois pendia mais para um lado, ao ser questionado o motivo ele e André afirmaram e observaram que palitos não estavam alinhados. O grupo que Vinicius estava, observou a mudança do comportamento da máquina quando ele aumentava a frequência de perturbação.

Ao final desse encontro, os alunos estavam empolgados com a produção máquina. Daí, o professor questionou como seria a propagação em diversos meios.

Impulsionados pela curiosidade, os alunos conseguiram associar como as ondas se comportavam em diversos meios, associando a sua velocidade de propagação com as distâncias entre as moléculas.

Ao final do encontro, combinando a experiência prática com o experimento do dominó, chegou o momento de aprofundar os conhecimentos sobre ondas. Através da apresentação do simulador PHET, foi explorado novamente as características como amplitude, frequência e comprimento de onda. Assim, como os alunos puderam visualizar que as ondas não transportam materiais e o algo que elas transportam é a energia, sendo que cada uma tem sua velocidade de propagação de acordo com o meio. Ondas sonoras são mais lentas em termos de velocidade que as ondas eletromagnéticas. Considerando o tempo limitado da aula e o nível dos alunos do ensino fundamental, o professor optou por utilizar uma linguagem simples e exemplos do dia a dia, tornando o conteúdo mais acessível e compreensível.

Quando balançamos uma corda, criamos uma onda. A onda se moveu ao longo da corda, mas a própria corda não se deslocou. O que se moveu foi a energia do movimento, que fizemos com a mão. Foi o que aconteceu com as peças de dominó, embora elas tenham caído, o que se propagou foi a perturbação, ou seja, a energia por isso que estou a bexiga. Assim, como o som, ele viaja mais rápido na água no ar do que. Isso significa que a velocidade de propagação do som é diferente em meios diferentes.

Com relação à velocidade fizemos analogia a de um corredor. A velocidade da onda é como a velocidade de um corredor. Quanto mais rápido a onda se move, maior é sua velocidade.

A frequência é a quantidade de vezes que onda que ele se repete num intervalo de tempo, ou melhor, corresponde ao número de oscilações da onda em determinado intervalo de tempo. A frequência de uma onda não depende do meio de propagação, apenas da frequência da fonte que produziu a onda. O comprimento de onda é a distância entre duas cristas consecutivas de uma onda. Na mola esticada e comprimida, é a distância entre duas partes comprimidas. O professor tentou uma linguagem adaptada à idade e ao nível de conhecimento dos alunos, com intuito dos alunos através das suas hipóteses e observações conseguissem visualizar os conceitos e fazer a conexão com o mundo ao seu redor.

3° ENCONTRO - TIPOS DE ONDAS, SOM E INSTRUMENTO MUSICAIS

A pergunta problematizadora 3, ela foi um ponto de partida importante para que os alunos refletissem sobre a complexidade do som e como ele é utilizado em diferentes contextos. Embora, não tenhamos encontrado respostas definitivas imediatamente, como nos encontros anteriores, pois percebeu a dificuldade em responder.

Por isso, considerando as dificuldades encontradas, propomos perguntas mais simples para que compreender os tipos de ondas e explorar as atividades práticas que permitam aos alunos visualizar e experimentar de forma mais concreta. A pergunta problematizadora e a uma pergunta norteadora que utilizamos são apresentadas a seguir.

- Quando você envia uma mensagem para um amigo, ela chega quase instantaneamente. Essa mensagem viaja do seu celular até o celular do seu amigo. Qual o papel das antenas espalhadas na cidade e como elas se "comunica" com o seu celular para enviar a mensagem?

- Quais diferenças entres as rádios que existem em Santa Cruz do Capibaribe?

Para a primeira questão as respostas mais comuns foram:

Aluno 1: Por ondas.

Aluno 2: Por meio de ondas, mas ondas eletromagnéticas.

Para a segunda questão as respostas mais comuns foram:

Aluno 1: A programação é diferente.

Aluno 2: Uma é melhor que a outra.

Aluno 3: A frequência delas é diferente.

Deve-se enfatizar que quando se propôs a pergunta problematizadora 3, pensou em fazer uma conexão com os dois tipos de ondas, as sonoras e eletromagnéticas. A conexão, pensada residia no fato de que ambas exploram o conceito fundamental de onda, transporte de energia, e sua manifestação em diferentes contextos e características. Daí, teve-se que propor uma pergunta

problematizadora mais simples e apenas uma norteadora, como conexão ao Experimento 6. Assim, as perguntas norteadoras, planejadas, não foram utilizadas.

Assim, ao invés de apenas apresentar o conteúdo de forma tradicional, o professor tentou estimular a autonomia dos alunos, propondo desafios e questionamentos que os levem a investigar por conta própria como seus celulares se comunicam com as antenas. Para isso, os alunos em vez de simplesmente receber informações de como os celulares se comunicam, os alunos foram os protagonistas da descoberta. O professor propôs o Experimento 6, em que eles investigariam como seus próprios celulares se conectam às antenas da cidade, explorando conceitos referentes às ondas eletromagnéticas e alcance do sinal.

Para explorar o funcionamento da comunicação entre celulares e antenas, realizamos um experimento com os alunos. Divididos em grupos, eles investigaram como diferentes materiais interferem na propagação das ondas eletromagnéticas. Para cada grupo em cada grupo pedimos que dois integrantes do grupo, usando seus celulares um realizasse uma ligação para o colega. As ligações foram efetuadas e as chamadas recebidas. Depois, pedimos que esses alunos enviassem mensagens entre os mesmos celulares. As mensagens foram enviadas e recebidas. As ligações realizadas as e as mensagens enviadas entre os celulares ocorreram sem nenhuma interferência.

Em seguida pedimos aos alunos que embrulharam um dos celulares em plástico filme, e repetiram o procedimento, observando que a comunicação não foi afetada.

Foi entregue a cada grupo um pedaço de papel alumínio e eles enrolaram um dos celulares. No entanto, ao envolver um dos celulares em papel alumínio, a maioria dos grupos constatou que a ligação e as mensagens não eram mais recebidas (Figura 35).

Figura 35 - Comunicação entre dois celulares (a) ambos sem a cobertura de papel alumínio e (b) um com a cobertura de papel alumínio.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Ao serem questionados Luísa explicou que a folha de alumínio criou uma barreira para onda do celular o que não aconteceu no celular de André por que ele deixou uma parte de fora. Pois, eles viram que o celular de André não estava enrolado por completo, deixando uma parte de fora. Julia lembrou que quando ela está na garagem do seu prédio o mesmo acontecia com o celular, ele ficava sem rede.

Em seguida foi entregue aos grupos para eles analisassem o espectro de ondas eletromagnéticas, em que o professor pediu para que comparassem a frequência e comprimento de onda (ou a relação já vista por eles),

Ao analisar o espectro eletromagnético, os alunos perceberam que as ondas de rádio, utilizadas na comunicação celular, possuem um determinado comprimento de onda e frequência. Material como o alumínio, que é um condutor, é capaz de bloquear essas ondas, impedindo a comunicação.

A partir desse experimento, os alunos compreenderam a importância das antenas de celular, que são projetadas para maximizar a propagação das ondas eletromagnéticas e garantir uma comunicação eficiente.

Ao verem como o papel alumínio impedia as ondas de celular de passar, os alunos perceberam que as ondas têm diferentes comportamentos. Eles compararam as ondas de celular com a luz do sol, que também é uma onda. João ficou curioso e perguntou se as ondas do micro-ondas eram perigosas como os raios X que os dentistas usam. Explicamos que nem todas as ondas são iguais. As ondas de celular e as de luz são mais fracas e não fazem mal, mas os raios X são muito mais fortes e podem atravessar o corpo, por isso usamos proteção quando fazemos uma

radiografia. Assim, explicando para João e toda a turma evidenciamos que nem todas as radiações são prejudiciais ao corpo humano, e que as radiações que são nocivas ao corpo humano são as radiações de altas frequências e baixo comprimento de onda, como os raios X, e raios alfa, beta e gama.

Na segunda parte do encontro, mudamos as perguntas norteadoras propostas, e apresentamos outras, dadas a seguir.

- **Como podemos diferenciar o som emitido por um piano do som emitido por uma flauta??**
- **O som pode arrastar algum objeto?**
- **O som pode se propagar no vácuo?**
- **Quando você está assistindo um filme ou ouvindo com o som muito alto o que seu Pai/Mãe diz?**

Algumas respostas para estas perguntas são apresentadas a seguir.

Aluno 1: Geralmente o som emitido por um piano é mais suave do que da flauta.

Aluno 2: São bem diferentes os sons emitidos por elas.

Aluno 3: Elas possuem características diferentes.

Aluno 1: Não, já que o som é uma onda, e

Aluno 2: Ondas não arrastam nada

Aluno 1: Pode sim.

Aluno 2: Não, porque não tem nada no vácuo nem o som

Aluno 3: Pode já assisti filmes e séries que escutamos explosões no espaço.

Aluno 4: Eu acho que pode.

Aluno 1: Baixe o volume

Aluno 2: A minha também, baixe o som.

Aluno 3: A minha diz diminua o som.

Para entenderem melhor como o som se comporta propusemos dois trechos do filme Star Wars (https://www.youtube.com/watch?v=1g3_CFmnU7k) que possuem batalhas épicas no espaço com sons de tiros e explosões e do filme Gravidade (<https://www.youtube.com/watch?v=8GQccUSonGY>) que também ocorre explosões e

não se tem sons emitidos pelas mesmas. Para comprovar que o som não se propaga no vácuo passamos mais um vídeo <https://www.youtube.com/watch?v=rzOKLwi2OUo> que mostra uma campainha dentro de uma campânula.

Nos trechos dos filmes se vemos batalhas espaciais com explosões incríveis, mas se parar para pensarmos, por que não ouvimos o barulho dessas explosões? Isso acontece porque no espaço não tem ar, e o som precisa do ar para se propagar. Para se provar isso tivemos um vídeo de um experimento bem simples: uma campainha dentro de uma campânula de vidro. Conforme o ar é retirado da campânula, o som da campainha fica cada vez mais fraco até desaparecer completamente.

Depois, entregamos a cada grupo um xilofone, e dissemos que observassem com atenção o instrumento (Experimento 7). Em seguida lançamos a pergunta dada a seguir.

- ***Por que se reconhecem diferentes notas musicais em um xilofone?***
- ***O que diferencia a produção de cada nota?***

Eles começaram a tocar aleatoriamente, daí o professor, pediu para que observassem, em particular, as placas de cada xilofone (Figura 36). João, que toca e estuda violão, disse que cada placa emitia uma nota com característica diferente, ou seja, ele percebeu que cada placa emite um som diferente. Isso foi compartilhado com todos os grupos, que tinha percebido ao João comentar, que cada placa tem um som diferente. Daí perguntou-se o que faz um som ser agudo ou grave? E por que placas de tamanhos diferentes produzem sons diferentes? Daí foi proposta para cada grupo medir as placas com uma régua e tentar analisar.

Com se tinha três modelos de xilofones diferentes à disposição, os alunos notaram algo curioso: apesar de serem instrumentos semelhantes, cada um produzia sons com características únicas. Isso despertou a curiosidade de Júlia. Para ajudá-la a entender essa diferença, propusemos um desafio: Júlia e Vitor deveriam tocar a mesma nota musical. Ao ouvirem as duas notas, os alunos perceberam que, mesmo sendo a mesma nota, cada um tinha um som diferente. O xilofone de Júlia produzia um som mais agudo do que o de Vitor, o que nos permitiu explorar o conceito de altura

do som. Pedimos que Vitor tentasse tocar bem alto e Luísa, baixo. Assim, os alunos puderam experimentar a diferença de volume entre os sons.

Figura 36 - Alunos manuseando o xilofone.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Ainda, para ajudar Júlia a compreender essa diferença pedi que ela entoasse a nota lá e depois pedi ao Vitor que repetisse o que sua colega acabou de fazer. Assim, foi possível compreender a diferença de timbre entre as vozes de Júlia e de Vitor, também foi possível identificar que Júlia tinha uma voz mais aguda que a de Vitor fazendo os compreender a diferença entre altura de um som, e por último pedimos a Vitor que falasse o mais forte possível aumentando o volume de sua voz, e a Luísa pedimos que falasse com voz mais fraca evidenciando a diferença de volume que se dá por sons fortes e sons fracos.

Ao comparar os diferentes xilofones, eles perceberam que cada um tem sua própria sonoridade, mesmo tocando as mesmas notas. Isso se deve ao timbre, o que eles denominaram antes de som diferente. Depois, com a ajuda do professor de timbre, que é como uma “impressão digital” do som. A voz de cada um de nós também tem um timbre diferente. Demos um exemplo para todos os grupos, utilizando as vozes de Júlia e Vitor ao cantarem a mesma nota musical, da seguinte maneira, perceberam que as vozes soavam diferentes, certo. A altura do som, por sua vez, está relacionada à frequência das vibrações. Sons agudos vibram mais rápido que os sons graves. E o volume? Ele depende da intensidade da vibração. Quando falamos alto, as vibrações são mais fortes, e quando falamos baixo, as vibrações são mais fracas.

Para continuar o nosso encontro, propomos a construção de um instrumento musical. O instrumento foi a flauta pan, ou seja, o Experimento 8. Para isso, utilizou-se tubos de PVC, já cortados, para evitar perigo perigos para os mesmos. Assim, cada grupo recebeu uma tabela personalizada com as medidas exatas para criar seus

próprios instrumentos. Com a ajuda de uma régua, e com os tubos já cortados eles uniram, com auxílio da régua, em ordem crescente, formando uma escala musical.

Daí, o professor ajudou os mesmos a vedarem uma das extremidades de cada tubo, transformando o conjunto de canos em uma flauta pan (Figura 37). Deve-se dizer que a diversão foi garantida enquanto eles exploraram os diferentes sons que poderiam ser produzidos produzir.

Ao mesmo tempo da construção do instrumento musical o professor lançou as seguintes perguntas norteadoras:

- *Como se reconhece a diferença de um som produzido, considerando a mesma nota musical?*
- *Qual a diferença entre altura e volume de um som?*

Figura 37 - A construção da flauta pan.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

O professor pediu que eles respondessem as perguntas; dizendo vamos responder a primeira. A resposta para essa pergunta dada por Júlia, envolveu professor, em que diz é aquilo que cada instrumento tem, professor. Como apenas Júlia respondeu, foi percebido que eles não lembraram e o professor auxiliou com o nome, dizendo que era o timbre, e ainda complementou, que se tratava de uma característica que permite distinguir dois sons de mesma altura e intensidade, mas

produzidos por fontes sonoras diferentes, como o xilofone, por exemplo, como um piano e ou um violão.

O timbre é a característica que permite distinguir dois sons de mesma altura e intensidade, mas produzidos por fontes sonoras diferentes. No caso da flauta de pan (Figura 38), mesmo tocando a mesma nota em tubos de diferentes tamanhos, o timbre do som será levemente diferente. Isso ocorre devido às características físicas de cada tubo, como o material, o tamanho e a forma da embocadura, que influenciam a forma da onda sonora produzida.

Figura 38 - Uma flauta pan finalizada.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2024.

Depois, o professor, questionou os alunos, como seria a resposta pessoal para a segunda pergunta. João afirmou, a altura e o volume são como a voz de uma pessoa. A altura é o que permite “fazer a diferença”, professor, entre os sons agudos de graves. O volume é quando dizemos que está alto e baixo, aí professor é que nossa mãe diz baixe o som ou baixe o volume; tem a ver com a amplitude.

O professor, então, concordou com João, dizendo isso mesmo, e utilizou como exemplo duas pessoas falando: uma criança e um adulto. A voz da criança é mais fina e aguda, enquanto a voz do adulto é mais grossa e grave. Essa diferença é a altura do som. A altura depende de quão rápido o som vibra. Quanto mais rápido, mais agudo o som.

Como eles ficaram empolgados, o professor lançou um desafio: “Quem será que conseguiu criar a melodia mais bonita?”. Daí foi tentado por todos os grupos. E o professor ajudou a todos dizendo, que a maneira como o ar é soprado e a forma da abertura do tubo afetam o timbre.

Após explorarem os sons produzidos pela flauta de pan e pelo xilofone, solicitamos que os alunos comparassem o tamanho dos tubos da flauta com o tamanho das placas do xilofone. Essa atividade permitiu que eles estabelecessem uma relação entre o tamanho do instrumento e a altura do som produzido, aprofundando sua compreensão sobre os princípios da acústica.

Ao tocar a flauta de pan, os alunos podem experimentar e perceber essas diferenças. Ao soprar em tubos de diferentes tamanhos, eles notaram que os sons produzidos são mais agudos ou mais graves, que se tratava da altura. E variando a força do sopro, o som pode ser mais alto ou mais baixo, ou seja, tinha-se o aumento e a diminuição do volume. E ao comparar os sons produzidos por tubos de diferentes tamanhos ou ao soprar de forma diferentes nos tubos, eles puderam identificar as nuances de timbre.

Quanto às respostas, considerando alunos do 9º ano, estas foram consideradas adequadas, pois apresentou os conceitos de forma concisa, em que o professor pode aproveitá-las para introduzir os conceitos que eles sabiam de forma intuitiva, mas não sabiam dizer o nome ao explorar os instrumentos musicais trabalhados.

Para encerramos a discussão, o professor utilizou, também, o simulador, em que enfatizou que ao jogar uma pedra em um lago, ondas se formam e se espalham pela superfície da água. O som funciona de forma semelhante, mas em vez de água, são as moléculas do ar que vibram. Quando algo vibra, como as cordas de um violão ou as pregas vocais de uma pessoa, essas vibrações se propagam pelo ar em forma de ondas sonoras e chega até os nossos ouvidos.

A altura de um som está relacionada à frequência dessas vibrações. A frequência é o número de vezes que uma onda vibra em um segundo. Quanto maior a frequência, mais agudo é o som. Por exemplo, o som de um violino é geralmente mais agudo que o de um contrabaixo, porque as cordas do violino vibram mais rapidamente.

O timbre é o que nos permite distinguir dois sons de mesma altura e intensidade, mas produzidos por fontes diferentes. Por exemplo, um violino e um piano podem tocar a mesma nota (mesma altura), mas o som será diferente porque cada instrumento produz um conjunto único de frequências, chamadas harmônicos. É o timbre que nos permite identificar a fonte sonora. O timbre é o que nos permite identificar a fonte sonora.

O volume é a Intensidade do som, está relacionado à amplitude da onda sonora. Quanto maior a amplitude, mais forte é a vibração e mais alto é o som. É como se o volume fosse o “tamanho” da onda sonora.

A flauta depende essencialmente, por um lado, da natureza e da direção da onda de ar e, por outro, do comprimento da coluna de ar. É um instrumento de sopro. Já o xilofone é instrumento de percussão, vimos que é feito de plaquetas ou lâminas de madeira, dispostas em fileiras horizontais formando uma espécie de teclado

Como analogia, pedimos que eles imaginassem que as barras do xilofone seriam molas de diferentes tamanhos. As molas menores vibram mais rápido quando as soltamos, assim como as barras mais curtas do xilofone.

Ao soprar em um tubo da flauta de pan, fazemos com que o ar dentro do tubo vibre. Essa vibração também se propaga pelo ar em forma de ondas sonoras. Vocês exploraram os diferentes sons que podem ser produzidos variando a força do sopro e escolhendo tubos de diferentes tamanhos. Assim, deixaremos as flautas pan para vocês compartilharem e como desafio criem pequenas melodias, peçam ajuda de seus colegas ou pais, criem músicas simples.

Os alunos demonstraram entusiasmo e participação durante as atividades experimentais, formulando perguntas pertinentes e propondo hipóteses sobre o comportamento das ondas sonoras.

Por isso, podemos dizer que AEXPP, quanto à participação e o engajamento dos alunos foi um encontro que proporcionou um ambiente que despertando a curiosidade dos alunos e incentivando-os a buscar respostas para questões e suas próprias perguntas.

Considerando a concepção freiriana, que valoriza o diálogo como um processo fundamental para a construção do conhecimento e a contextualização do ensino, podemos afirmar que essa estratégia promove a participação ativa dos alunos na construção de seus próprios saberes. A experimentação através de questionamentos, em um contexto de ensino física, estimula a investigação, a reflexão e o desenvolvimento de habilidades, o trabalho em equipe e a autonomia, contribuindo para um ensino transformador (Freire, 2021; Campos et al., 2012; Monteiro; Teixeira, 2004).

A questão problematizadora instigou questionamentos e foi fundamental para a construção do conhecimento pelo aluno (Delizoicov, 2001). Essa estratégia colocou o aluno em um processo contínuo de reflexão; pois ao problematizar e realizar os

experimentos, o professor incentivou o aluno a questionar, investigar e buscar respostas, transformando-o em sujeito ativo do processo de ensino e aprendizagem.

Mesmo utilizando uma estratégia numa perspectiva problematizadora, concorda-se com a afirmação de Campos et al. (2012), ou seja:

[...] união das situações-problema às atividades experimentais visa tornar o aprendizado divertido e prazeroso, desenvolver nos alunos habilidades como tirar conclusões de dados experimentais, argumentar, estabelecer relações, fazer inferências, entre outras. além disso, acredita-se que seja uma forma de promoção da alfabetização científica, pois coloca o aluno em contato com a ciência e pode despertar seu interesse por ela (Campos et al., 2012, p. 1402-2).

As atividades experimentais, ao instigar a curiosidade e a investigação, proporcionam aos alunos um papel ativo na construção do conhecimento. Ao manipularem materiais e observarem as manifestações físicas, eles desenvolvem habilidades de interpretação e análise de dados, o que contribui para uma aprendizagem eficaz (Francisco Júnior, Ferreira e Hartwig, 2008).

As aulas sobre ondas sonoras, com enfoque em atividades experimentais, revelaram-se ser eficazes em despertar o interesse dos alunos do 9º ano do ensino fundamental. A estratégia experimental com uma perspectiva problematizadora, instigou os alunos a questionar os fenômenos físicos observados, proporcionou um ambiente de ensino dinâmico e engajador. Os experimentos permitiram que os alunos construíssem seu conhecimento sobre as características das ondas sonoras, relacionando a teoria com a prática. A participação dos alunos durante as atividades e a capacidade de analisar os resultados obtidos, podemos dizer que as aulas indicam que seus objetivos foram atingidos de forma satisfatória.

Em um ensino por problematização, o problema é o ponto de partida para a pesquisa, motivando os alunos e direcionando suas reflexões ou investigações. Segundo Scarpa e Campos (2018), é a questão que guia todo o processo. Carvalho et al. (1998) complementam, afirmando que o problema deve ser desafiador e aberto, permitindo múltiplas soluções.

Diante do exposto, ressaltamos a importância de um planejamento cuidadoso, considerando as características teóricas de um bom problema (Carvalho, 2013). No entanto, é preciso destacar um ponto negativo sobre a questão problematizadora, como a dificuldade em encontrar problemas que sejam ao mesmo tempo desafiadores e acessíveis a todos os alunos. No terceiro Encontro, tivemos que adaptar a pergunta problematizadora, que foi: “*O que acontece quando estou perto de um paredão e meu*

corpo treme e meus cabelos voam com as batidas do som, como na Figura 25 (a) e (b)? Por que será que isso acontece? O que esse evento tem em termos de ondas (tipos)?” Pois, não conseguimos respostas, existiu um silêncio total na turma. Diante do silêncio da turma, o professor percebeu a necessidade de repensar sua estratégia com relação à questão. Ao planejar suas aulas, é fundamental considerar o público-alvo e elaborar perguntas mais instigantes, capazes de promover a participação e a reflexão dos alunos. Por isso foi proposta uma questão mais simples, que foi: “Quando você envia uma mensagem para um amigo, ela chega quase instantaneamente. Essa mensagem viaja do seu celular até o celular do seu amigo. Qual o papel das antenas espalhadas na cidade e como elas se “comunicam” com o seu celular para enviar a mensagem?” Daí houve uma melhor recepção dos alunos e respostas começaram a aparecer.

A importância do feedback dos alunos é evidente, pois o problema não pode espantar os alunos, também não é qualquer pergunta. Pelo contrário, exige planejamento, e assim deve:

[...] estar contido na cultura social dos alunos, isto é, não pode ser algo que os espantem, e sim provoque interesse de tal modo que se envolvam na procura de uma solução e essa busca deve permitir que os alunos exponham seus conhecimentos anteriormente adquiridos (espontâneos ou já estruturados) sobre o assunto (Carvalho, 2013, p. 11).

A experiência do aluno é fundamental no processo de ensino-aprendizagem, como defendem Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002). Os conhecimentos prévios que o aluno traz para a sala de aula moldam sua forma de compreender o mundo e os conteúdos escolares. O professor deve considerar essa bagagem e utilizá-la como ponto de partida para a construção de novos conhecimentos."

Mesmo que as experiências “despertam em geral um grande interesse nos alunos, além de propiciar uma situação de investigação” (Delizoicov e Angotti, 1994, p.22), na estratégia que utilizamos a questão problema atua como uma espécie de catalisador do processo cognitivo, impulsionando os alunos a refletirem e construir compreensões sobre o tema em questão, quanto utilizaram os experimentos sobre ondas sonoras.

Por isso, queríamos destacar a importância de um planejamento flexível por parte do professor. Ao afirmar isso, queremos dizer que ele deve pensar e refletir

sobre sua prática, o que pode envolver voltar atrás ou analisar com cuidado etapas anteriores.

O ensino é um processo dinâmico que exige do professor a capacidade de adaptar seu planejamento às necessidades e particularidades de cada turma. O silêncio dos alunos, por exemplo, pode ser um sinal de que a estratégia escolhida não está funcionando e que é preciso buscar novas estratégias, demonstrando que o planejamento é um guia dinâmico e não um roteiro rígido.

Assim, podemos dizer o planejamento é um norte, mas não um destino. Como a sala de aula é um “ambiente vivo”, e a reação dos alunos exigiu adaptações no plano inicial. O silêncio da turma, por exemplo, sinalizou a necessidade de uma nova problematização, mais engajadora. Essa experiência demonstra a importância de um planejamento flexível, que permita ao professor ajustar suas estratégias e tornar a aula significativa para os alunos. Por isso, concordamos com Saviani (1998), que o planejamento é um processo de reflexão crítica sobre a prática docente, que se constrói e se transforma no cotidiano da sala de aula.

Considerando o exposto, a aplicação da estratégia das Atividades Experimentais sob uma perspectiva problematizadora, AEXPP, emerge como uma opção viável para contextualizar fenômenos físicos em diversos cenários e enfrentar desafios específicos. Isso proporciona aos alunos a oportunidade de expressar suas ideias, lidar com dificuldades durante a construção do conhecimento e explorar habilidades, além das meramente lógico-matemáticas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um cenário educacional cada vez mais dinâmico, é fundamental encontrar formas de tornar o ensino de física mais relevante e atrativo para os alunos. Ao invés de apenas transmitir informações, buscamos despertar a curiosidade e o interesse dos alunos, conectando os conceitos físicos com suas experiências cotidianas e com as tecnologias que fazem parte de suas vidas

O ensino experimental numa perspectiva problematizadora coloca o aluno no centro do processo educativo, estimulando o pensamento crítico e a resolução de problemas. Essa estratégia, que torna o processo de ensino e aprendizagem lúdico para alunos do nono ano do ensino fundamental, mostrou eficaz especialmente para os alunos que encontram dificuldades para compreender a física, em particular, ondas sonoras, em ambientes de ensino tradicionais.

Atividade experimental com uso de questões pode oferecer uma alternativa promissora para o ensino tradicional, ao colocar o aluno no centro do processo de ensino e aprendizagem, pois estimula o desenvolvimento de habilidades como a resolução de problemas, a criatividade e o trabalho em equipe.

O ensino experimental permite aos alunos aprenderem no seu próprio ritmo. Além disso, a natureza prática e colaborativa do ensino experimental pode ajudar a superar obstáculos como a falta de atenção e a dificuldade de compreensão de conteúdos abstratos.

Ao adotar a estratégia experimental numa perspectiva problematizadora, pode-se dizer que o ensino de física, torna-se mais inclusivo e acessível a todos os alunos, independentemente de seus estilos de aprendizagem. Em vez de simplesmente transmitir informações, essa estratégia incentiva a participação ativa dos alunos, permitindo que explorem seus próprios interesses e desenvolvam suas capacidades de aprender, construindo assim um conhecimento relevante e duradouro.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: Um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.
- ANTONOWISKI, R.; ALENCAR, M. V.; ROCHA, L. C. T. Dificuldades para aprender e ensinar física moderna. **Scientific Eletronic Archives**, v. 10, n. 4, p. 50 – 57, 2017.
- ARAÚJO, S. T DE; ABIB, M. L. V. DOS S. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003
- ARRUDA, S. M.; LABURU, C. E. **Considerações sobre a função de experimento no ensino de Ciências**. In: NARDI, Roberto (Org.). Considerações atuais no ensino de Ciências. São Paulo: Editora Escrituras, 1998. p. 73-87.
- BONDIA, J. L. Notas sobre a experiência e o saber da experiência. **Revista Brasileira de Educação**, n. 19, p. 20, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular Brasília: MEC, 2018.
- CABRAL FILHO, J. E.; SILVA JÚNIOR, J. R. da; AGRA, K. F. Pesquisa Translacional e a importância da sua difusão. **Rev. Bras. Saúde Matern. Infant.**, Recife, v. 13, n.4, p.293-296, 2013.
- CAMPOS B. S.; FERNANDES S.A.; RAGNI A. C. P. B., SOUZA N. F. Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 1402-1- 1402-15, 2012.
- CARVALHO, A. M. P. de **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, A. P. de (orgs.) Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013,
- CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANNUCCHI, A. I., **Conhecimento Físico no Ensino Fundamental**. São Paulo, Editora Scipione, 1998.
- CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 4. ed. - São Paulo: Cortez, 2000.
- COLOMBO, I. M.; ANJOS, D. A. S.; ANTUNES, J. R. Pesquisa translacional em ensino: Uma aproximação. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, v. 3, n. 1, p. 51-70, 2019.
- COSTA, L.; BARROS, M. **O ensino de física no Brasil: Problemas e desafios** In book: Educação no Século XXI, V. 39 - Matemática, Química, Física, 2019.

DELIZOICOV, D. **Problemas e Problematizações**. In: Pietrocola, M. (org.). Ensino de Física: Conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. **Metodologia no ensino de ciências**. 2ª edição. São Paulo: Cortez, 1994.

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

FERREIRA, M., SILVA, A. L. S. da; SILVA FILHO, O. L. da; PORTUGAL, K. O. Atividade Experimental Problematizada (AEP): asserções praxiológicas e pedagógicas ao ensino experimental das ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 1, p. 308–322, 2022.

FRANCISCO JUNIOR, W. E; FERREIRA, L. H; HARTWIG, R. Experimentação problematizadora: Fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Revista Química Nova na Escola**, n. 30, novembro, 2008.

FREIRE, P. **Educação como prática de liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro-São Paulo: Paz e Terra, 2021.

GIOPPO, C.; SCHEFFER, E. W. O.; NEVES, M. C. D. O ensino experimental na escola fundamental: uma reflexão de caso no Paraná. **Educar em Revista**, n. 14, p. 39-57, 1998.

GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, 1999.

GUIMARÃES; U. A; MARTINS, K. R. F.O ensino de física na educação básica brasileira. **Revista FT**, Ciências Exatas e da Terra, Ciências Humanas, v. 27, Ed. Edição 124/JUL 2023, 2023.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física, Vol II**. 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2011.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física, Vol II**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2008.

HERRON, M. D. he nature of scientific inquiry. **School Review**, v. 79, p. 171-212, 1971.

MONTEIRO, M. A. A.; TEIXEIRA; O. P. B. Propostas e avaliação de atividades de conhecimento físico nas séries iniciais do ensino fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 65-82, 2004.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá**. 5. ed. Campinas: Papirus, 2012.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, suppl. 1, 2021.

MOREIRA, M. A. Ensino de física no século XXI: desafios e equívocos. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 3, p. 80–94, 2018. 2018.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, M. A. M Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, 2018.

MOTA, C. M. V. da; CAVALCANTI G. M. D. O papel das atividades experimentais no ensino de ciências, **Anais [...] VI Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade**, São Cristóvão-SE, Brasil, 2012.

MOURA, P. R. G. de; SILVA, A. L. S. da.; KAUARK, F. **Atividade Experimental Problematizada (AEP): da teoria reflexiva à prática experienciada**. In: AMADO; M. V.; FERREIRA; E. C.; SENNA; D. R. de; SOARES; A. B.; AMARAL; S. R. do; LIMA. I. M. S. de. (Org.). *O Professor Pesquisador no Ensino de Ciências*. 1ed. Curitiba/PR: Appris, 2020, p. 57-72.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Concepções sobre problematização na Educação em Ciências. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 1, p. 2447-2451, 2013.

MUENCHEN, C; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciênc. Educ., Bauru**, v. 20, n. 3, p. 617-638, 2014.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**, Vol. II. Editora Edgard Blücher LTDA, 1998.

PINHO ALVES, J. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.17, n.2, p. 174-188, 2000.

PISACCO, T, N. M.; FERREIRA, D. N.; EMILIANO, D. O. **O aporte da pesquisa translacional frente às demandas de formação de professores para a educação inclusiva**. In: ALENCAR, G. A. R. de; YAEGASHI, S. F. R.; CIRINO, R. M. B. (org.). *Educação Inclusiva: articulações teórico-práticas no contexto do PROFEI – Linha 3: Práticas e processos formativos de educadores para educação inclusiva*, Rio de Janeiro, Autografia, 2023, Cap. 9, p. 67-79.

REIS, E. F.; SCHWARZER, C. H.; STROHSCHOEN, A. A. G. A experimentação no ensino de Ciências – reações químicas no Ensino Fundamental. **Revista Educação Pública**, v. 20, n. 9, 2020.

SAVIANI, D. **Educação: do senso comum à consciência filosófica**. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1998.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018.

SILVA, A. L. da; MOURA, P. R. G. de; PINO, J. C. D. Atividade experimental problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o ensino de ciências: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 5, 2017.

SILVA, A. L. S. da; FERREIRA, M.; PEREIRA, S. M.; SILVA FILHO, O. L. da. Atividade experimental problematizada (AEP): revisão Bibliográfica em descritores na Área de ensino de ciências. **Revista Pesquisa e Debate em Educação** - Ensino de Ciências da Natureza e Matemática. v. 9, n. 1, p. 459-471, 2019.

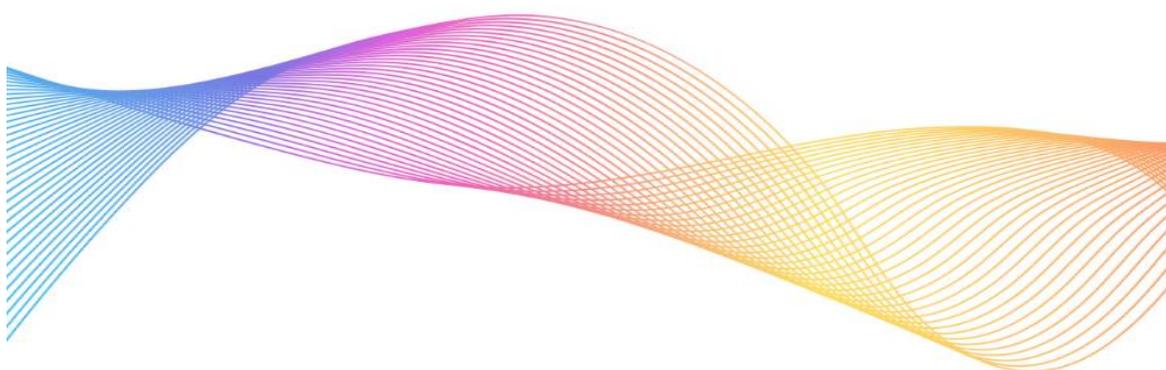
SILVA, A. M. da; FRANT, J. B.; CHAVES, R. Uma pesquisa translacional em educação matemática em perspectiva. **Boletim Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação Matemática**, n. 80, p. 249-272, 2022.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II, Sears e Zemansky: termodinâmica e ondas**, Pearson, 2015.

ZOMPERO, A. de F.; LABURÚ, C. E. As atividades de investigação no ensino de ciências na perspectiva da teoria da aprendizagem significativa. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 5, n. 2, 2010, p.12-19.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

EXPERIMENTOS SIMPLES E DIVERTIDOS PARA O ENSINO DE ONDAS SONORAS



MARCOS PAULO ARAUJO SOUSA
MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO CAMPINA GRANDE



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEFMestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



PRODUTO EDUCACIONAL

EXPERIMENTOS SIMPLES E DIVERTIDOS PARA O ENSINO DE ONDAS SONORAS



MARCOS PAULO ARAUJO SOUSA
MORGANA LÍGIA DE FARIAS FREIRE

ANO 2024



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
POLO CAMPINA GRANDE**

MARCOS PAULO ARAUJO SOUSA

PRODUTO EDUCACIONAL

**EXPERIMENTOS SIMPLES E DIVERTIDOS PARA O ENSINO DE
ONDAS SONORAS**

MARCOS PAULO ARAUJO SOUSA

EXPERIMENTOS SIMPLES E DIVERTIDOS PARA O ENSINO DE ONDAS
SONORAS

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA ENSINO DE ONDAS SONORAS NUMA PERSPECTIVA PROBLEMATIZADORA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 48 – UEPB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Dra. Morgana Lígia de Farias Freire

Campina Grande-PB

2024

AGRADECIMENTOS

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



APRESENTAÇÃO

Prezado Professor(a), para tornar o ensino de Física atrativo e despertar a curiosidade dos alunos, apresentamos alguns experimentos simples sobre **Ondas Sonoras**. Ao realizar esses, os alunos poderão explorar conceitos abstratos de forma concreta, aproximando a Física do seu dia a dia.

Nossos experimentos foram elaborados especialmente para **Professores que atuam no 9º ano do Ensino Fundamental**. No entanto, com adaptações, podem ser utilizados também no Ensino Médio. A proposta é oferecer uma estratégia experimental que estimule o raciocínio crítico e a resolução de questionamentos. O Professor, nesse contexto, atua como mediador, incentivando a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento.

Com o objetivo de tornar o ensino de **Ondas Sonoras** mais acessível e dinâmico, utilizamos materiais simples e de baixo custo. As atividades propostas são fáceis de adaptar e podem ser realizadas em sala de aula, tornando a aprendizagem dinâmica e engajadora.

Sugerimos que os Alunos sejam divididos em grupos para a realização dos experimentos. O professor, nesse papel, atua como orientador, instigando a curiosidade e propondo questionamentos que estimulem a reflexão e a construção dos conceitos.

1

Os Pêndulos e os Sinos das Igrejas

O oscilar de um pêndulo simples não esteja diretamente relacionado às ondas sonoras, ele é um sistema simples para os alunos compreenderem os conceitos de frequência e período. Esse sistema é amplamente utilizado para estudar o movimento harmônico simples. No Quadro I apresentamos o experimento do pêndulo simples.

Quadro I – O experimento do pêndulo simples.

O PÊNDULO SIMPLES
OBJETIVOS
Determinar o período de oscilação de um pêndulo simples e verificar a sua dependência com os outros parâmetros envolvidos.
MATERIAIS:
<ul style="list-style-type: none"> - Cronômetro; - Transferidor; - Fio fino; - Duas massas diferentes; feitas de borrachas, papel alumínio amassadas, porcas de metal ou similares - Régua de 1m.
PROCEDIMENTOS:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Faça variações no comprimento (L) do pêndulo e determine o período para cada um desses comprimentos (coloque o pêndulo próximo à borda da mesa e trabalhe com uma pequena amplitude de oscilação equivalente a, no máximo, $\theta = 10^\circ$). Efetue as medidas necessárias e como sugestão faça sua própria tabela. Seja cuidadoso na obtenção das medidas de tempo. Mantenha os outros parâmetros constantes. 2 - Repita o procedimento acima para massas diferentes, mantendo os outros parâmetros constantes. 3 - Repita o procedimento acima para ângulos diferentes, mantendo os outros parâmetros constantes.
SUGESTÕES DE TAREFAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Com base nos dados experimentais que você obteve, explicita qual é a dependência (relação) entre o período de oscilação de um pêndulo simples, com a massa, com a amplitude e com comprimento do fio. 2. Determine o valor da frequência, utilizando os dados que você obteve e registrou.

Fonte: Própria

Os pêndulos simples podem servir para exemplificar os funcionamentos dos sinos. Os sinos com diferentes tamanhos de pêndulos são conhecidos como sinos harmônicos ou sinos de ressonância. É importante ressaltar que eles são projetados para produzir diferentes tons ou notas musicais. Os sinos são utilizados em instrumentos musicais e experimentos para demonstrar, por exemplo, conceitos relacionados às ondas sonoras e à ressonância.

Experimento I – Compreendendo os conceitos de período (T) e frequência (f).



Com o objetivo de compreender o conceito inicial de período e frequência, propomos a construção de um pêndulo simples utilizando um barbante e alguns objetos de massas diferentes. O aluno deverá construir alguns pêndulos de comprimentos diferentes e com objetos de mesma massa, e pêndulos com mesmo comprimento e massas diferentes. Depois criar tabelas com os dados das medidas do período e da frequência de cada pêndulo simples..

O pêndulo simples é sistema físico mais simples e importantes estudados na mecânica, servindo como modelo para diversos fenômenos, como os oscilatórios.

O pêndulo simples serve como um modelo simplificado para entender o movimento oscilatório de um sino, por exemplo. Ao estudar um pêndulo simples, podemos compreender melhor os princípios físicos que regem o funcionamento dos sinos e de outros sistemas oscilatórios. Quando um sino é tocado, seu badalo oscila para frente e para trás dentro dele, criando o som característico que todos reconhecemos.

A oscilação do badalo dentro do sino é o movimento de um pêndulo físico. À medida que o badalo se move, ele cria vibrações no metal do sino, que se propagam pelo ar como ondas sonoras, produzindo o som familiar que ouvimos. A seguir apresentamos exemplos de vídeos disponíveis que podemos fazer os alunos entenderem a produção dos sons dos sinos e seus diversos significados (Figuras I a V e Quadro II).

Figura I - Sino: 15,684kg “Bell ringing”.



Fonte: <https://youtu.be/6bqpHuloKZs?si=RTTm2tUVLBYUikAG>

Figura II – Sino da Torre do Relógio de Londres “Big Bem”



Fonte: https://youtu.be/-w6tK4jCH6w?si=G5nY2laORCEv_ckf

Figura III – Fabricação um sino de uma igreja.



Fonte: <https://youtu.be/DCHAvJzekcw?si=DAXNL0LhLrgaa7tk>

Figura IV – Algumas maneiras de tocar um sino de uma Catedral.



Fonte: <https://youtu.be/yjwHlbw6l2Y?si=2Y-2v2tH25qjLeje>

Figura V – Algumas maneiras de tocar um sino de uma de uma Igreja Evangélica.



Fonte: <https://youtu.be/imKCabitzeU?si=VtsoYUVCmIhI6jkr>

Quadro II – Sugestões de links de vídeos dos sons de sinos.



TÍTULO ORIGINAL	FONTE
15,684kg Bell ringing	https://youtu.be/6bqpHuloKZs?si=RTTm2tUVLBYUikAG
Visit Big Ben!	https://youtu.be/-w6tK4jCH6w?si=G5nY2laORCEv_ckf
COMO é FABRICADO o SINO de IGREJA #Boravê	https://youtu.be/DCHAvJzekcw?si=DAXNL0LhLrgaa7tk
Maneiras de Tocar um Sino da Catedral	https://youtu.be/yjwHlbw6l2Y?si=2Y-2v2tH25qjLeje
Há 20 anos, Gerson toca sino de igreja em Costa da Serra	https://youtu.be/imKCabitzeU?si=VtsoYUVCmlh6jkR

Classificação das Ondas

As ondas mecânicas são padrões de movimento que se propagam através de um meio material, como exemplo, água ou ar. No que diz respeito a direção da propagação, podemos classificar as ondas mecânicas em dois tipos principais: ondas transversais e ondas longitudinais. Neste experimento simples, exploraremos as características desses dois tipos de ondas e aprenderemos a identificá-las.

Neste experimento simples (Quadro III), aprendemos sobre a classificação das ondas mecânicas em transversais e longitudinais. A capacidade de identificar esses dois tipos de ondas ajuda a compreender como as ondas se comportam e como são importantes em nossas vidas, desde o som que ouvimos até os terremotos que sentimos.

Quadro III – O experimento para classificação das ondas.

CLASSIFICAÇÃO DAS ONDAS
OBJETIVOS
Compreender a classificação da onda quanto à sua forma de vibrar e de se propagar.
MATERIAIS:
<ul style="list-style-type: none"> - Molas plásticas ou molas de brinquedos. - Massas de modelar. - Corda. - Fita crepe para prender as molas ao teto
PROCEDIMENTOS:
<p>Com cada mola plástica fixe em uma das pontas uma pequena massa de modelar e na outra extremidade fixe esse conjunto se possível no teto da sala com auxílio da fita crepe de modo que a mola possa ficar suspensa. Agora puxe com cuidado a massa de modelar para baixo e solte o sistema, observe como o sistema oscila de modo repetitivo.</p> <p>As molas posicionadas agora no chão balançando-as para direita e esquerda e observe a sua formação agora.</p> <p>Com as cordas peça a dois voluntários do grupo que estiquem as cordas o máximo possível e tentem bombear essa corda como quando brincam de pular corda.</p>
SUGESTÕES DE TAREFAS
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pergunta: vocês conseguem executar dois pulsos na corda ao mesmo tempo? Com a corda no chão execute movimentos de vai e vem com a mão e veja o que acontece na corda? 2. Agora responda, qual a diferença entre o primeiro modelo de perturbação na mola e o segundo modelo na corda.

Fonte: Própria

Experimento II – Compreendendo uma onda usando uma corda, explorando ondas transversais.



Para apresentar de forma simples o conceito de ondas e suas principais características, deve-se utilizar uma corda longa e resistente. Procura um ponto fixo para prender a corda, tipo cadeira, parede etc. para prender a corda. Um cronômetro pode ser usado, sendo um elemento opcional. Para a criação de um pulso único, puxe uma das extremidades da corda para cima e solte rapidamente. Observar como a perturbação se propaga ao longo da corda. Para criar ondas contínuas agita a corda para cima e para baixo, observando o padrão formado pelas ondas. Para variar a amplitude aumentar ou diminuir a oscilação feita na extremidade.

Experimento III - Compreendendo uma onda usando molas de brinquedo, explorando ondas longitudinais.



Com o objetivo de compreender o conceito inicial de onda propomos o uso de molas plásticas. O aluno deverá prender uma das extremidades da mola ao teto da sala com auxílio de uma fita adesiva (ou pedir que seu colega segure uma das extremidades da mola) e na extremidade oposta prenda um pouco de massa de modelar, em seguida crie perturbações na vertical para afim de identificar as ondas longitudinais e depois perturbar a mola na vertical permitindo que as mola criem ondas transversais. Repete os experimentos com as molas estendidas no chão da sala.

As ondas permeiam do nosso universo. Para que os alunos compreendam os padrões ondas deve-se explorar que o aconteceu ao perturbarem a corda e a mola de brinquedo.

Amplitude trata-se da distância máxima que uma partícula de um meio oscila em relação à sua posição de equilíbrio. Ao aumentar a força com que se move a extremidade da corda ou da mola, aumenta-se a amplitude da onda, ou seja, quando mover a extremidade da corda para cima e para baixo, a distância máxima que a corda se afasta da sua posição inicial é a amplitude da onda. Quanto maior a amplitude, mais “alta” a onda. A frequência é o número de oscilações completas que uma partícula realiza em um determinado intervalo de tempo, está relacionada com a velocidade com que ela oscila para cima e para baixo, quanto maior a frequência, mais rapidamente a onda oscila. O comprimento de onda é a distância entre dois pontos consecutivos da onda que estão em fase, ou seja, que vibram da mesma maneira. Por exemplo, no caso de uma onda em uma corda, o comprimento de onda é a distância entre duas cristas consecutivas (pontos mais altos da onda) ou entre dois vales consecutivos (pontos mais baixos da onda). Ao dominarem conceitos como perturbação, amplitude, frequência e comprimento de onda, os alunos poderão estarem aptos a compreender vários fenômenos ondulatórios presentes em nosso dia a dia, em particular as ondas sonoras.

Além disso, a classificação das ondas em longitudinais e transversais se baseia na direção de vibração das partículas do meio em relação à direção de propagação da onda. Essa classificação é fundamental para entendermos a natureza e o comportamento de diversos tipos, desde o som até as ondas eletromagnéticas.

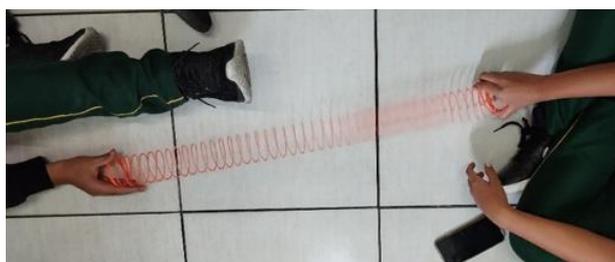
Nas ondas transversais, as partículas do meio vibram em uma direção perpendicular à direção de propagação da onda. Como exemplo, tem-se as ondas em uma corda vibrante., ou seja, ao sacudir uma corda para cima e para baixo, as partículas da corda vibram perpendicularmente à direção em que a onda se move ao longo da corda (Figura VI). Já nas ondas longitudinais as partículas do meio vibram na mesma direção da propagação da onda. Um exemplo, é o que acontece em uma mola sendo comprimida e esticada alternadamente, as regiões comprimidas e rarefeitas da mola se propagam ao longo dela, formando uma onda longitudinal (Figura VII).

Figura VI – Onda transversal em uma corda.



Fonte: Própria

Figura VII – Uma onda longitudinal em uma mola.



Fonte: Própria

3

Transporte de Energia e Velocidade de Propagação

Neste experimento observamos que uma onda não transporta matéria e sim energia, como também que as velocidades das ondas dependem do meio de propagação. No Quadro IV apresentamos o experimento para o transporte de energia e velocidade de uma onda.

Quadro IV – Experimento para o transporte de energia e velocidade de uma onda.

TRANSPORTE DE ENERGIA
OBJETIVOS
Observar que uma onda não transporta matéria e sim energia.
MATERIAIS:
<ul style="list-style-type: none"> - Dominó. - Alfinete ou agulha. - Fita adesiva. - Bexiga ou balão de sopro
PROCEDIMENTOS:
Deve-se construir uma fila de peças de dominó e colar uma agulha na última peça do dominó. Em seguida, colocar a bexiga cheia próximo da última peça que contém a agulha presa por uma fita adesiva. Ao derrubar a primeira peça do dominó, deve-se observar o que acontece com o balão. Repete-se o experimento aumentando a distância entre as peças do dominó para cada situação.
SUGESTÕES DE PERGUNTAS
<ol style="list-style-type: none"> 1 - Em qual situação o balão e as peças do dominó caíram primeiro? 2 - Por que as peças do dominó da primeira situação caíram primeiro, vocês podem explicar. 3 - Quais são as fases de agregação (ou estado) da matéria, como podemos associar o nosso experimento ao estado.? 4 - Como você explicaria esse fato para um colega que nunca ouviu falar sobre ondas?

Fonte: Própria

Experimento IV – Compreendendo a transmissão de energia de uma onda.



Para compreender a velocidade de propagação e a transmissão de energia em uma onda, propõe-se o seguinte experimento: os grupos deverão construir uma sequência de peças de dominó, colocando-as em pé, uma após a outra, para gerar uma perturbação a partir da primeira peça. Observar-se-á a transmissão dessa perturbação até a última peça, permitindo assim a observação da transmissão de energia e da velocidade da perturbação de uma extremidade a outra. Ao final da sequência das peças de dominó, será colocada uma bexiga inflável, e na ponta da última peça de dominó será posicionado um alfinete, que, ao ser derrubada, estourará a bexiga, demonstrando a transmissão de energia de uma extremidade a outra.

Experimento V – Compreendendo a velocidade a propagação de uma onda e sua relação com a densidade do meio.



Grupos de alunos deverão montar três novas sequências de peças de dominó enfileiradas, com diferentes distâncias entre elas, para verificar a velocidade de transmissão da onda em diferentes estados da matéria. Na primeira sequência, onde as peças devem estar muito próximas umas das outras, iremos simular um meio sólido, onde as partículas estão muito próximas. Na segunda sequência, onde as peças devem estar um pouco mais distantes entre si, simularemos um meio líquido. E na terceira sequência, as peças devem ficar mais afastadas do que na segunda situação, simulando um meio gasoso. Por meio de uma régua, perturbaremos as três sequências simultaneamente. Espera-se que os alunos observem que as peças caem em tempos diferentes, identificando velocidades diferentes nas sequências das peças, e assim, em diferentes meios.

O estouro de um balão indica que as peças de dominó transmitem energia umas às outras, criando uma reação em cadeia, “a energia para o estouro se propagou”. Essa experiência, pode ser uma analogia as ondas, como som, transportam energia e não matéria (Figura VIII).

Quanto à velocidade de propagação, a energia se propaga com maior ou menor rapidez de acordo com a distância entre as peças de dominó. Quanto menor a distância entre as peças, mais rápida a propagação. Esse fato, observado com as peças de dominó, demonstra que a velocidade de propagação das ondas depende das características do meio em que se encontram. A analogia é que o meio é a fila de peças; no caso do som, o meio pode ser o ar, a água ou um sólido. Ao entender a relação entre o meio e a velocidade, os alunos podem aprofundar seus conhecimentos sobre velocidade e os meios de propagação das ondas sonoras.

Figura VIII – Peças de dominó enfileiradas, com a bexiga ao final, para verificar o transporte de energética e velocidade de propagação devido a perturbação da primeira peça.



Fonte: Própria

4

Compreendendo a Propagação de uma Onda

Este experimento permite a visualização de diversos fenômenos ondulatórios, como reflexão, refração, interferência e ressonância (Quadro V). Ao variar a frequência e a amplitude das perturbações, podemos observar diferentes padrões de ondas e compreender melhor os princípios que regem a propagação ondulatória.

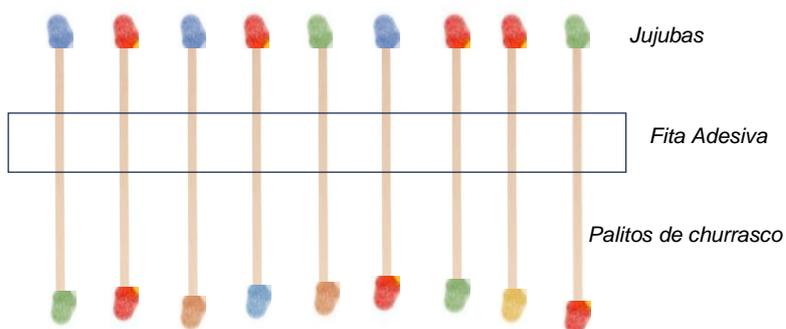
Quadro V – Experimento gerador ou máquina de ondas.

GERADOR OU MÁQUINA DE ONDAS
OBJETIVOS
Observar como se propaga uma onda.
MATERIAIS:
<ul style="list-style-type: none"> - Palitos de churrasco. - Jujubas. - Fita adesiva.
PROCEDIMENTOS:
<p>Entre duas mesas (ou bancadas escolares), estique uma fita adesiva com cerca de 1,5 metro de comprimento. A cada 10 centímetros, marque a fita com uma caneta hidrográfica ou similar. Em cada marcação, cole um palito de churrasco, deixando também 10 centímetros livres em cada extremidade da fita. Em seguida, coloque outra fita adesiva idêntica por cima da primeira, formando um "sanduíche" de fitas e palitos. Certifique-se de que os centros dos palitos coincidam com a linha central da fita. Em cada extremidade dos palitos, coloque uma jujuba. Puxe bem as duas fitas para que fiquem bem esticadas e fixadas às mesas. Agora, perturbe um dos palitos e observe como o sistema se comporta. A fita adesiva, nesse caso, atua como um meio de transmissão, permitindo que a energia se propague de um palito para outro, simulando o comportamento de uma onda.</p>
SUGESTÕES DE TAREFAS
<ol style="list-style-type: none"> 1 – Identifique a amplitude (vales e cristas) e comprimento da onda. 2 – Determine a frequência. 3 - Como podemos associar o nosso experimento a uma onda sonora? 4 - Por que o surfista sempre surfa a crista da onda?

Fonte: Própria

O gerador ou máquina de ondas ilustra o movimento das ondas usando uma série de palitos de churrasco unidos por uma fita adesiva. Os palitos de churrasco devem ser fixados na fita adesiva de forma que seus centros coincidam com a linha central da fita. Em cada extremidade dos palitos, colocamos uma jujuba. A fita adesiva atua como um meio de transmissão, permitindo que a energia se propague de um palito para outro. Ao aplicarmos uma pequena perturbação em um dos palitos, observamos uma onda se propagar ao longo da estrutura, tornando a dinâmica visível (Figura IX).

Figura IX - Esquema do gerador ou máquina de ondas.



Fonte: Própria

Experimento VI – Compreendendo a propagação de uma onda.



O gerador ou máquina de ondas ilustra o movimento das ondas usando uma série de palitos de churrasco unidos por uma fita adesiva. Os palitos de churrasco devem ser fixados na fita adesiva de forma que seus centros coincidam com a linha central da fita. Em cada extremidade dos palitos, colocamos jujubas. A fita adesiva atua como um meio de transmissão, permitindo que a energia se propague de um palito para outro. Ao aplicarmos uma pequena perturbação em um dos palitos, observamos uma onda se propagar ao longo da estrutura, tornando a dinâmica visível.

O movimento do gerador simula o comportamento de ondas, como as ondas sonoras que viajam pelo ar ou as ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo. Essa analogia ajuda a visualizar como a energia se propaga em diferentes tipos de ondas (Figura X). A fita adesiva atua como um meio de transmissão, permitindo que a energia se propague de um palito para outro.

Observando o movimento dos palitos e jujubas, pode ajudar a entender de forma simples e divertida como a energia se propaga nas ondas sonoras.

Com este experimento, podemos visualizar e explorar diversos conceitos da ondulatórios, como reflexão, refração, interferência e ressonância. Ao variar a frequência e a amplitude das perturbações, observamos diferentes padrões de ondas e compreendemos os princípios básicos da propagação ondulatória.

Figura X – Um gerador de ondas construído.



Fonte: Própria

Ondas Sonoras e Instrumentos Musicais

Com o intuito de compreender o comportamento das ondas sonoras nos instrumentos musicais, propomos este experimento que relaciona a análise de um instrumento musical de percussão e a construção de um instrumento musical de sopro, uma flauta pan confeccionada com canos de PVC de 20 mm de espessura (Quadro VI). Pode-se observar como o som se comporta nas diferentes teclas do xilofone, compreender a relação entre as medidas das teclas com o som produzido, a altura (frequência) de cada tecla e som característico das mesmas. Na flauta pode observar a mesma relação entre os tamanhos dos tubos e o som produzido em cada tubo. Ao final o Aluno poderá ser capaz de compreender como o som é produzido em diferentes instrumentos musicais e como o tamanho e a forma de um objeto vibrante influenciam o som que ele produz.

Quadro VI – Experimentos com instrumentos musicais.

INSTRUMENTOS MÚSICAIS
OBJETIVOS
Construir uma flauta utilizando um tubo de PVC e uma flauta PAN (com tubo de plástico).
MATERIAIS:
<ul style="list-style-type: none"> - Xilofones de brinquedos. - Cano de PVC. - Régua - Serra de corte - Rolhas
PROCEDIMENTOS:
<p>Para construir e comparar os sons, propõe duas atividades (1) desvendando o xilofone e (2) criação do instrumento de sopro.</p> <p>Na primeira atividade. Distribua um xilofone para cada grupo. Peça aos alunos que toquem cada tecla e observem a variedade de sons produzidos. Depois, se for o caso sugira o uso de uma régua para medir o tamanho de cada tecla. E se possível use um aplicativo de afinação disponível na internet para identificar as notas musicais correspondentes. Pode-se, durante a medição do tamanho das teclas que eles anotem os valores.</p> <p>Já para a segunda atividade, a criação de um instrumento de sopro, utiliza-se um cano de PVC de 1 metro e 20 mm de espessura, uma serra, lixa, rolhas e tinta de sua preferência. Para o corte e preparo, marca-se: no cano as medidas: 16,5 cm; 15 cm; 14 cm; 13 cm; 12 cm; 11 cm; 10 cm e 9 cm. Corte cuidadosamente os tubos e lixe as bordas. Se o Professor achar perigoso, pode levar os canos já cortados para evitar acidentes. Cada uma das extremidades dos tubos deve ser tampada com uma rolha. Cuidado para não inserir a rolha demais, pois isso altera o tamanho do tubo e o som produzido. Em seguidas os canos devem ser unidos com uma fita adesiva ou uma cola específica. Se o Professor desejar deve pintar os tubos nas cores de sua preferência. Observação: durante a união dos canos, deve organize-os os mesmos em ordem crescente de tamanho. Pronto, agora é brincar e produzir um som bem legal.</p>
SUGESTÕES DE TAREFAS
<ol style="list-style-type: none"> 1 - Qual a melhor maneira de assoprar nas aberturas dos tubos e produzir o som? 2 - Qual o tubo que produz a nota mais aguda e qual produz a nota mais grave? 3- Pesquise e explique o comportamento do ar dentro do tubo? 4- Quais tipos de Xilofone existem?

Experimento VII – Tocando com um xilofone.



Manusear um xilofone e depois, com ajuda de uma régua se for o caso, identificando as diferenças entre as notas musicais (“dó, ré, mi, fá, sol, lá, se, dó”).

Experimento VIII – Construindo um instrumento musical.



Vamos construir um instrumento que consiste numa sequência de tubos abertos em uma das extremidades (fechado na outra extremidade) com comprimentos diferentes que geram acordes diferentes, para isso o aluno deverá calcular o comprimento de cada tubo e confecciona-lo em tubos de PVC (polímero policloreto de vinila). O instrumento será a flauta pan. Depois de construído as flautas os alunos devem comparar os sons emitidos. Verificar, se desejar, uma mesma nota musical os sons produzidos por um xilofone e flauta.

O xilofone de brinquedo é uma ferramenta educativa para aprender sobre som e música. (Figura XI) Ao brincar com ele, os alunos podem explorar a relação entre o tamanho, a vibração e o som, além de desenvolver a coordenação motora e a musicalidade.

Figura XI – Xilofones, instrumentos musicais, sendo um com sete e outro com cinco acordes musicais.



Fonte: Própria

Se os xilofones forem diferentes, pode perceber que cada um tem sua própria sonoridade, mesmo tocando as mesmas notas. Isso se deve ao timbre, o que eles denominaram antes de som diferente. Depois, com a ajuda do professor de timbre, que é como uma “impressão digital” do som.

A flauta pan, conhecida também como flauta de pã ou flauta de cana, é um instrumento musical de sopro tradicionalmente feito de tubos de bambu ou cana (Figura XII). No entanto, utilizaremos tubos de PVC (tubos plásticos de Policloreto de Vinila). A flauta pan é composta por vários tubos de diferentes comprimentos, cada um produzindo um som específico. Ao sopram na flauta pan, na vertical, pode-se criar uma série de notas melodiosas (Figura XIII).

Figura XII - Ilustração da flauta pan construídas com canos de PVC.



Fonte: Pinterest

Figura XIII - Uma flauta Pan construídas com tubos de PVC.



Fonte: Própria



O Som e outras Características

Para visualizar a interação entre o som e a matéria, propõe uma atividade para visualizar a influência da voz humana sobre partículas sólidas. As observações são realizadas sobre o comportamento de granulados de brigadeiro (ou grânulos de sal) quando expostos a ondas sonoras. A ressonância será explorada através de um experimento com dois pandeiros de plástico. Ao produzir sons próximos ao recipiente com os granulados de brigadeiro ou grânulos de sal, pode-se observar as vibrações causadas pelas ondas sonoras, devido ao movimento dos granulados (Quadro VII). E a outra são dadas por dois pandeiros de plástico. Ao fazer um deles vibrar, o outro também vibrará, demonstrando como as ondas sonoras podem se propagar e amplificar.

Quadro VII – Experimentos com instrumentos musicais.

INSTRUMENTOS MUSICAIS
OBJETIVOS
Desenvolver uma experiência que permita visualizar a interação entre ondas sonoras em superfícies. Construir um experimento simples que capaz de demonstrar a ressonância, evidenciando a amplificação de ondas sonoras em sistemas físicos.
MATERIAIS:
<ul style="list-style-type: none"> - Pandeiros de plásticos ou de brinquedos - Bola de pingue pongue - Fio de pesca - Filme Plástico - Granulados de brigadeiro ou bolo - Vasilha ou tigela
PROCEDIMENTOS:
<p>Como primeiro experimento, para a preparação estica bem o plástico filme sobre a abertura da tigela, garantindo que não haja dobras ou fendas. Espalha os granulados sobre o plástico. Para observação da voz, pede que cada Aluno fale com diferentes tons e volumes próximos à tigela. Ao observar como os granulados ou grânulos reagem a cada som, pode pedir que registrem como eles reagem a cada som. Para observação da música deve-se posicionar a caixa de som próxima à tigela e reproduz diferentes tipos de música e observar como os granulados ou grânulos se comportam com diferentes ritmos e frequências. Se possível, deve-se pedir que compare esses resultados com a observação da voz.</p> <p>Para o segundo experimento, relacionado à experiência com os pandeiros, para a montagem, fixe-os em hastes de madeira, na mesma altura e paralelos. Amarre a bolinha de ping pong na pele de um dos pandeiros, de modo que ela tenha liberdade de movimento. Para introduzir o conceito de ressonância, peça aos alunos que percutam um dos pandeiros (aquele sem a bolinha) com diferentes intensidades e observem o que acontece com o outro pandeiro. Pode-se variar a distância entre os pandeiros e repetir o experimento para observar como a intensidade da vibração do segundo pandeiro se altera conforme a distância.</p>
SUGESTÕES DE TAREFAS
<ol style="list-style-type: none"> 1 - Os grânulos formam padrões? 2 - Quais sons causam reações mais intensas? 3 – Já ouviu falar em ressonância? Explique 4 – Por que os granulados dançam quando produzimos sons próximo ao conjunto? 5 - A bolinha de ping-pong se move? Em quais situações a vibração é mais intensa? Por que a bolinha de ping-pong vibra quando um dos pandeiros é percutido? <p>Perguntas mais específicas ajudam a obter respostas precisas.</p>

Fonte: Própria

Experimento IX – Ondas sonoras se propagando: “Observando o som”.



O experimento consiste em observar o comportamento de partículas, que serão representadas por granulados para brigadeiro. Os granulados devem ser lançados em placas metálicas e submetidas a vários tipos de frequências sonoras. Para isso, os grupos vão utilizar tigelas pequenas e filme plástico. Ao colocar o filme plástico sobre a tigela, depois coloca-se os granulados de brigadeiros sobre plástico. O aparato ao interagir com fontes de som de diferentes intensidades produzidas por aparelhos eletrônicos, se observa que o granulados se movimentam. Ao verificar o comportamento dos granulados se tem a ideia de como as partículas que compõe o ar atmosférico se se comportam.



Para responder “Será que é possível ver uma onda sonora?” Propomos a criação de um instrumento sensível ao som. Para isso propomos a montagem de um sistema com dois pandeiros presos a hastes metálicas, em um dos pandeiros devemos prender com fita e fio de náilon uma bolinha de pingue pongue, como apresentamos na ilustração da Figura 15 que se encontra no guia de anexo a este material.

Como as ondas sonoras são, na verdade, perturbações que se propagam através de um meio, nesse caso, o ar. Assim, quando falamos ou tocamos uma música, produzimos essas perturbações, que viajam pelo ar até atingirem o plástico filme. (Figura XIV). Essa vibração é transmitida aos granulados, que se movimentam em resposta à energia recebida. Os diferentes tons e volumes da voz, assim como as diversas frequências da música, geram diferentes padrões de vibração no plástico. Esses padrões se refletem no movimento dos granulados, que podem formar desenhos e padrões característicos.

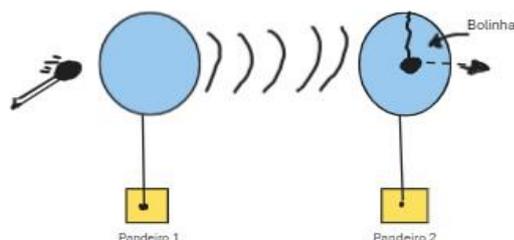
Figura XIV – Materiais que serão usados para permitir observar como se comportam as partículas devido a uma fonte sonora.



Fonte: Própria

Quando um pandeiro é percutido, ele vibra em uma determinada frequência. Essa vibração se propaga pelo ar e atinge o outro pandeiro, trata-se da transmissão de energia (Figura XV). Quanto à frequência natural, cada objeto possui uma, como uma corda de violão ou um copo de cristal. Quando um objeto é forçado a vibrar em sua frequência natural, ocorre o efeito da ressonância. Se a frequência da vibração do primeiro pandeiro coincidir com a frequência natural do segundo pandeiro, este último começará a vibrar com maior amplitude, amplificando o som. A bolinha de ping-pong serve como um indicador visual dessa vibração.

Figura XV - Esquema de pandeiros comunicantes.

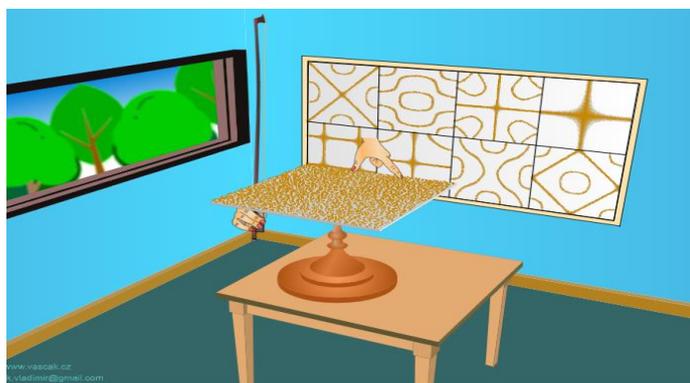


Fonte: Própria

Ao esticar um plástico filme sobre uma tigela e espalhar grânulos sobre ele, criamos um “tambor” simples. Quando produzimos um som, o plástico vibra e essa vibração é transmitida aos granulados. Os granulados, por sua vez, vibram formando padrões que representam as áreas onde o som é mais intenso (compressões) e onde é mais fraco (rarefações). É como se as ondas sonoras criassem “montanhas e vales” nos granulados ou grânulos. Para entender melhor esses padrões, podemos comparar com as figuras de Chladni. Ao vibrar uma placa metálica coberta com grânulos de sal, o sal se organiza em padrões específicos, revelando as diferentes regiões de vibração da placa. Para entender melhor, pode usar o experimento figuras de Chladni através do Vascak, ou seja, https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=kv_chladni&l=pt, em que neste experimento ao passar uma haste de um corda de violino em superfície suspensa que esta polvilhada de sal, ela passa a vibrar com a corda e produz figuras específicas (Figura XVI).

No experimento com os pandeiros, observamos o efeito da ressonância. Quando um pandeiro vibra, ele produz um som em uma determinada frequência. Se o outro pandeiro tiver a mesma frequência natural, ele também vibrará, amplificando o som. É como se os dois pandeiros estivessem “conversando” na mesma língua. A bolinha de ping-pong serve para visualizar essa vibração. Para se observar sugere-se o vídeo sobre ressonância https://www.youtube.com/watch?v=bmh7NseTF_w.

Figura XVI - Figuras de Chladni.



Fonte: <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>

7

A Estratégia Experimental com uma Perspectiva Problematizadora

As ondas sonoras estão presentes em todas as esferas da nossa vida, desde a música até a comunicação. Ao explorar esse tema, os alunos poderão estabelecer conexões entre o conhecimento científico e suas experiências diárias.

Nesta proposta, buscamos tornar o ensino de ondas sonoras próximo da realidade dos alunos. Ao adotar a Estratégia Experimental com uma Perspectiva Problematizadora, pretende-se estimular a curiosidade e a investigação, além de desmistificar conceitos comuns e corrigir equívocos frequentemente encontrados no estudo das ondas.

Propomos uma maneira de ensinar ondas sonoras, numa estratégia que vá além da simples transmissão de informações. A ideia é estimular o raciocínio crítico e a curiosidade dos alunos através de perguntas: as problematizadoras e as norteadoras.

Em vez de apresentar os conceitos de forma pronta, propomos perguntas que instigam a reflexão. A partir dessas perguntas, realiza experimentos simples e promove debates em grupo. A ideia é que os alunos, trabalhando em conjunto, busquem as respostas, construindo seu próprio conhecimento.

Acreditamos que, ao explorar o tema das ondas sonoras de forma criativa e desafiadora, estaremos preparando nossos alunos para um futuro onde a capacidade de pensar criticamente e resolver problemas complexos é fundamental. Transformar aula de Física em um espaço de investigação e descoberta, onde os alunos são os protagonistas da sua própria aprendizagem



As Questões Iniciais e Norteadoras

Questões iniciais e norteadoras desempenham funções distintas. Entender essa diferença é crucial para criar um ambiente de engajador e eficaz.

As questões iniciais, devem ser aquelas cujo objetivo é provocar o pensamento crítico, desafiam as ideias pré-concebidas e estimulam a busca por respostas. Pode-se dizer que suas características são (a) abertas: não possuem uma resposta única ou imediata; desafiadoras: provocam questionamentos e exigem reflexão; (c) e provocativas: estimulam a curiosidade e a vontade de investigar.

As questões norteadoras, tem o objetivo de guiar o aluno na direção do conhecimento, oferecendo pistas e direcionando a pesquisa. Suas características são: (a) fechadas: possuem uma resposta específica ou um conjunto limitado de respostas; (b) diretivas: indicam o caminho a ser seguido; e, (c) concretas: Relacionadas diretamente ao conteúdo em estudo

Tanto as questões iniciais quanto as norteadoras são ferramentas valiosas para o professor. Ao utilizá-las de forma estratégica, é possível criar um ambiente dinâmico e eficaz, onde os alunos serão protagonistas da sua própria aprendizagem.

Visando atender aos interesses e necessidades dos alunos, optamos por uma estratégia experimental e participativa. A divisão da turma em grupos é fundamental, pois estimula a troca de ideias durante os questionamentos. No entanto, se a turma for pequena e diante do desejo dos alunos, pode se propor por uma experiência unificada, adaptando uma determinada atividade experimental, em coletivo, envolvendo toda a turma.

SUGESTÕES DE QUESTÕES INICIAIS

Em um dia de chuvas ou tempestade percebemos o clarão e o ruído de relâmpago e um de um trovão, respectivamente, que chegam até nós. Chegam aos nossos olhos e ouvidos. Descreva como isso chega até nós, justifique sua resposta?

O que acontece com o nosso corpo quando é atingido por uma onda forte ao entrar no mar?

O que acontece quando estou perto de um paredão e meu corpo treme e meus cabelos voam com as batidas do som. Por que será que isso acontece? O que esse evento tem em termos de ondas (tipos)?

Quando você envia uma mensagem para um amigo, ela chega quase instantaneamente. Essa mensagem viaja do seu celular até o celular do seu amigo. Qual o papel das antenas espalhadas na cidade e como elas se "comunica" com o seu celular para enviar a mensagem?

SUGESTÕES DE QUESTÕES NORTEADORAS

- Como você define uma onda?
- Qual a característica principal de uma onda?
- E o que ocorre se você estiver na parte mais profunda após a rebentação das ondas?
- O que é som e ele pode transportar matéria?
- O que é o som?
- Porque o som é uma onda mecânica?
- No espaço é possível ter som?
- Será que é possível ver umas ondas sonora?
- Por que se reconhecem diferentes notas musicais em um xilofone?
- O que diferencia a produção de cada nota?"
- Como se reconhece a diferença de um som produzido, considerando a mesma nota musical?
- Qual a diferença entre altura e volume de um som?
- Quais diferenças entres as rádios que existem na sua cidade?
- Como podemos diferenciar o som emitido por um piano de uma flauta?
- O som pode arrastar algum objeto?
- O som pode se propagar no vácuo?
- Quando você está assistindo um filme ou ouvindo com o som muito alto o que seu Pai/Mãe diz?
- Por que se reconhecem diferentes notas musicais em um xilofone?
- O que diferencia a produção de cada nota?

Considerando a concepção freireana, em que se valoriza o diálogo e a construção conjunta do conhecimento, podemos dizer que, a estratégia proposta pode contribuir para a formação dos alunos. A experimentação através de questionamentos pode estimular a investigação, a reflexão e a construção de significados, além de desenvolver habilidades como: o trabalho em equipe e a própria autonomia do aluno (FREIRE, 2021; CAMPOS et al., 2012; MONTEIRO e TEIXEIRA, 2004).

Em um ensino experimental através de questões pode ser um ponto de partida para motivar os alunos e direcionando suas reflexões ou investigações.

Considerando o exposto, a aplicação de atividades experimentais sob uma perspectiva problematizadora, através do uso de questões, emerge como uma opção viável para contextualizar fenômenos físicos em diversos cenários e enfrentar desafios específicos. Isso proporciona aos alunos a oportunidade de expressar suas ideias, lidar com dificuldades durante a construção do conhecimento e explorar habilidades.



Referências

CAMPOS B. S.; FERNANDES S.A.; RAGNI A. C. P. B., SOUZA N. F. Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 1402-1- 1402-15, 2012.

CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANNUCCHI, A. I., **Conhecimento Físico no Ensino Fundamental**. São Paulo, Editora Scipione, 1998.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro-São Paulo: Paz e Terra, 2021.

MONTEIRO, M. A. A.; TEIXEIRA; O. P. B. Propostas e avaliação de atividades de conhecimento físico nas séries iniciais do ensino fundamental. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 65-82, 2004.

