

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA CENTRO DE CIÊNCIAS  
DE SÃO BERNARDO CURSO DE LICENCIATURA EM  
CIÊNCIAS NATURAIS – QUÍMICA**

**MARCOS VINICIUS LIMA DE ARAUJO**

**ENSINO DOS FUNDAMENTOS DAS ONDAS SONORAS: análise de sons animais  
através do software *sonic visualiser*.**

**São Bernardo - MA**

**2024**

**MARCOS VINICIUS LIMA DE ARAUJO**

**ENSINO DOS FUNDAMENTOS DAS ONDAS SONORAS: ANÁLISE DE SONS  
ANIMAIS ATRAVÉS DO SOFTWARE *SONIC VISUALISER*.**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Naturais/Química da Universidade Federal do Maranhão UFMA – Centro de Ciências de São Bernardo, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Ciências Naturais/Química.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Targino Gurgel

**São Bernardo - MA**

**2024**

**MARCOS VINICIUS LIMA DE ARAUJO**

**ENSINO DOS FUNDAMENTOS DAS ONDAS SONORAS: ANÁLISE DE SONS  
ANIMAIS ATRAVÉS DO SOFTWARE SONIC VISUALISER.**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Ciências Naturais Química da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de São Bernardo, para obtenção do grau de Licenciada em Ciências Naturais Química.

**Orientadora:** Prof. Dr. Thiago Targino Gurgel.

**BANCA EXAMINADORA**

Aprovada em: 04/09/2024



Documento assinado digitalmente  
**THIAGO TARGINO GURGEL**  
Data: 23/09/2024 17:53:47-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Thiago Targino Gurgel (Orientadora)  
Universidade Federal do Maranhão - Centro de Ciências de São Bernardo



Documento assinado digitalmente  
**JOSBERG SILVA RODRIGUES**  
Data: 24/09/2024 09:03:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Josberg Silva Rodrigues  
Universidade Federal do Maranhão - Centro de Ciências de São Bernardo



Documento assinado digitalmente  
**ROSA MARIA PIMENTEL CANTANHEDE**  
Data: 24/09/2024 08:50:38-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Rosa Maria Pimentel Cantanhede  
Universidade Federal do Maranhão - Centro de Ciências de São Bernardo

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família, que foi meu alicerce durante toda essa jornada acadêmica. À minha mãe, que sempre acreditou no meu potencial e me ofereceu apoio incondicional em todos os momentos. Suas palavras de encorajamento e carinho foram fundamentais para que eu pudesse superar os desafios e continuar firme em meu propósito.

À minha irmã, minha confidente e amiga, agradeço pelo companheirismo, pelas conversas que aliviaram o estresse e pelas risadas que tornaram os momentos difíceis mais leves. Sua presença e apoio me motivaram a seguir em frente, mesmo quando tudo parecia desafiador e impossível. Agradeço também aos meus companheiros de curso, que compartilharam essa trajetória comigo. Juntos, enfrentamos provas, projetos e muitas noites de estudo. A camaradagem e o apoio mútuo que desenvolvemos ao longo dos anos fizeram toda a diferença em minha experiência acadêmica. Por fim, aos amigos que fiz ao longo dessa jornada, meu sincero agradecimento. Vocês tornaram essa caminhada mais agradável e significativa, com suas palavras de incentivo, compreensão e alegria. Sou grato por cada momento compartilhado, por cada conselho e pela amizade que construímos.

E para todos que compartilham essa jornada acadêmica: "Lembre-se de que os desafios são oportunidades disfarçadas. Acredite em si mesmo, persevere e nunca perca a fé. O esforço de hoje é a vitória de amanhã."

Essa conquista é resultado do esforço conjunto de todos vocês. Muito obrigado!

**Ps.** Ao Vinícius, um garoto de 10 anos de idade, que sentado sobre um pé de manga no interior do maranhão, observava sua mãe e refletia sobre sua vida com os olhos embargados. Ao mesmo, que com os pés “russos”, entendia que o melhor caminho era e é a educação. Estamos conseguindo

(Não esqueci os compromissos que assumimos naquele dia.)

## RESUMO

Este estudo investigou o impacto da experimentação com kit de baixo custo e o uso de programas de computador/software como ferramentas facilitadoras no ensino dos princípios das ondas sonoras em uma escola de ensino médio. A experimentação proporciona aos alunos a oportunidade de compreender os conceitos físicos por meio da experiência prática. O desenvolvimento de tais atividades como estratégia de ensino é considerado uma parte fundamental do aprendizado de física. A abordagem inovadora adotada consistiu na utilização de experimentos práticos e de um programa de computador em atividades como análise de sons/gravações, visualização de ondas sonoras e diferenciação dos conceitos de ondas longitudinais e transversais. Estas atividades foram desenvolvidas para explorar os conceitos das ondas sonoras, incentivando os alunos a observar, registrar e discutir criticamente os fenômenos observados. O foco do estudo não se concentrou nas equações relacionadas ao tema, mas sim na aplicação prática dos experimentos para promover uma compreensão mais profunda dos princípios das ondas sonoras. Ao término do projeto, buscou-se não apenas um entendimento mais robusto dos conceitos básicos, mas também uma maior motivação e interesse pela física. Os resultados evidenciaram que a utilização dessas metodologias promoveu uma experiência de aprendizado mais enriquecedora e estimulante para os estudantes. Concluiu-se que essa abordagem pode ser fundamental para práticas pedagógicas futuras, enriquecendo o currículo escolar e favorecendo uma educação mais eficaz no campo das ondas sonoras.

**Palavras-chaves:** Ensino de Física, ondas sonoras, programa de computador/software, atividades experimentais de baixo custo benefício.

## ABSTRACT

This study investigated the impact of experimentation with low-cost kits and the use of computer programs/software as facilitating tools in teaching the principles of sound waves in a high school setting. Experimentation provides students with the opportunity to understand physical concepts through practical experience. The development of such activities as a teaching strategy is considered a fundamental part of learning physics. The objective was to investigate the impacts/influence of experimentation with low-cost experiments and the use of software as facilitating tools for teaching the principles of sound waves in high school. The innovative approach adopted consisted of using practical experiments and a computer program in activities such as sound/recording analysis, visualization of sound waves, and differentiation of the concepts of longitudinal and transverse waves. These activities were developed to explore the concepts of sound waves, encouraging students to observe, record, and critically discuss the phenomena observed. The focus of the study was not on the equations related to the topic but on the practical application of the experiments to promote a deeper understanding of the principles of sound waves. At the end of the project, the goal was not only a more robust understanding of basic concepts but also greater motivation and interest in physics. The results showed that the use of these methodologies promoted a more enriching and stimulating learning experience for the students. It was concluded that this approach could be fundamental for future pedagogical practices, enriching the school curriculum and fostering more effective education in the field of sound waves.

**Keywords:** Physics Education, Sound Waves, Experiment Kit, Computer Program/Software, Low-Cost Experimental Activities.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras 01 Etapa 01: Aulas teóricas sobre ondas sonoras .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 02 Molas malucas.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 03 Materiais utilizados.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 04 Aparato experimental montado.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 05 Software <i>Sonic Visualiser</i> utilizado durante a oficina.....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 06 Espectrograma de Frequência e Intensidade para diferentes sons animais..</b>	<b>28</b>
<b>Figura 07 Frequência característica dos Características dos diferentes sons animais analisados .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 08 Intensidade Sonora em Decibéis dos diferentes sons animais analisados.....</b>	<b>32</b>

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução (justificativa e objetivos)</b> .....	10
<b>2. Fundamentação teórica</b> .....	13
<b>3. Metodologia</b> .....	23
<b>4. Resultados e discussões</b> .....	30
<b>5. Considerações finais</b> .....	43
<b>Referências</b> .....	44
<b>APÊNDICE A – Questionário aplicado</b> .....	48
<b>APÊNDICE B – Roteiros dos experimentos de baixo custo</b> .....	53
<b>APÊNDICE C – Sequência completa do trabalho</b> .....	57
<b>APÊNDICE D – Ondas sonoras (apostila de apoio)</b> .....	60
<b>ANEXO 01 - <i>Sonic Visualiser</i> (manual de apoio)</b> .....	63



## 1. INTRODUÇÃO:

A Física é uma disciplina que exige diversas habilidades, como abstração, raciocínio, pensamento crítico, reflexão, criatividade e experimentação. No entanto, muitos alunos não desenvolvem adequadamente essas competências durante sua formação. Como consequência, muitos professores recorrem a métodos tradicionais de ensino, centrados na transmissão de conteúdos e resolução de exercícios. Isso gera um preconceito dos alunos em relação à disciplina, tornando o processo de ensino mais difícil e perpetuando o problema (RAHAL; LUZ, 2009).

É inegável que, há muito tempo, o ensino de Física tem se fundamentado em uma grande carga de conteúdo, aulas tradicionais e uma abordagem excessivamente focada na matematização mecânica. Segundo Moreira (2011b), essa forma de abordagem está historicamente arraigada no processo de ensinar e aprender, onde o professor possui controle absoluto do discurso e o estudante é apenas um receptor passivo de informações, aprendendo de forma memorizada e passiva.

As ondas sonoras são fundamentais para a física, pois elas são um exemplo prático de fenômenos ondulatórios que podem ser observados e estudados. ERNST F. F. CHLADNI, por exemplo, contribuiu significativamente para o campo da acústica com seus estudos sobre padrões de vibração em placas ressonantes, conhecidos como *Padrões de Chladni*. Esses padrões ajudam a entender conceitos como ressonância, superposição de ondas, interferência, difração, reflexão e harmônicos, que são essenciais para a física clássica e para a formação intelectual e científica de estudantes e pesquisadores. Outro exemplo importante é o método de ressonância de HELMHOLTZ H, que explora o fenômeno que ocorre quando o ar passa por uma cavidade e ressoa, uma técnica ainda usada para determinar características acústicas de instrumentos como o violino.

Dentre os conteúdos de Física, as ondas sonoras são um excelente meio para ensinar conceitos físicos, pois podem ser descritas tanto em termos de deslocamentos do ar quanto de variações da pressão, e essas representações ajudam a compreender aspectos fundamentais da física do som, como a relação entre a onda sonora e o que ouvimos. ( SOUSA . T. T. D, 2009)

A utilização de experimentos no ensino de física oferece uma abordagem prática para os conteúdos abordados em sala de aula, facilitando uma compreensão mais clara. Através

dos experimentos, é possível encontrar soluções não apenas para questões acadêmicas, mas também para problemas do cotidiano, como transporte urbano, energia e seus recursos (PREUSSLER, 2017).

O ensino de ondas sonoras como diversos outros conteúdos da física são aparentemente complexos de serem compreendidos somente com uso da teoria tradicional, Isso é agravado pela narrativa de que, sem um laboratório equipado, é possível desenvolver tais conceitos físicos. Segundo Rosito (2003, p.206):

Muitos professores acreditam que o ensino experimental requer um laboratório equipado com materiais e equipamentos sofisticados, considerando isso a maior restrição para o desenvolvimento de atividades experimentais. No entanto, acredito que é possível realizar experimentos na sala de aula, ou mesmo fora dela, utilizando materiais de baixo custo, o que pode até contribuir para o desenvolvimento da criatividade dos alunos. Ao afirmar isso, não estou descartando a importância de um laboratório bem equipado para um bom ensino, mas acredito que é necessário superar a ideia de que a falta de um laboratório justifique um ensino baseado apenas no livro-texto (ROSITO, 2003, p.206).

Nesse contexto, este trabalho científico propõe investigar o impacto da experimentação com kit de baixo custo e uso de programas de computador/software como ferramentas facilitadoras no ensino dos princípios das ondas sonoras em uma escola de ensino médio. O foco principal é o desenvolvimento e a apresentação de experimentos práticos e acessíveis em sala de aula, utilizando a experimentação como ferramenta para demonstrar os princípios e conceitos básicos das ondas sonoras. O objetivo central/geral é avaliar o impacto direto da experimentação, por meio desses kits de baixo custo e do uso de programas e softwares, na compreensão dos alunos sobre os princípios fundamentais das ondas sonoras. Pretende-se avaliar o aprendizado dos alunos por meio da aplicação de questionários, medindo a eficácia dessa abordagem experimental no entendimento dos conceitos abordados.

Dessa forma, o presente trabalho se justifica como uma maneira de estimular o interesse dos alunos pela disciplina de Física, proporcionando uma aprendizagem mais significativa e concreta. Ao utilizar a experimentação aliada a kits de experimentos de baixo custo e softwares como recursos didáticos, os estudantes poderão visualizar e experimentar os

princípios das ondas sonoras de forma palpável. Isso certamente facilitará a compreensão e tornará o aprendizado mais atrativo.

Além disso, a utilização de experimentos como recurso didático permitirá a realização de atividades práticas. Araújo e Abib (2003) afirmam que professores e alunos indicaram que o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física é uma das formas mais eficazes de minimizar dificuldades na aprendizagem e no ensino de maneira significativa e consistente.

A coleta de dados consistiu na observação do desenvolvimento significativo dos alunos durante a realização de experimentos de Física que envolviam o uso de kits e do software. Essa pesquisa foi aplicada em quatro momentos distintos em sala de aula. No primeiro momento, foi realizado um diagnóstico dos conhecimentos prévios por meio de um questionário digital e observação dos alunos durante uma aula teórica sobre ondas sonoras. No segundo momento, foram ministradas aulas experimentais utilizando kits de experimentos de baixo custo, proporcionando aos alunos uma experiência prática sobre os princípios e conceitos básicos das ondas sonoras. O terceiro momento envolveu a realização de uma oficina prática utilizando o software Sonic Visualiser como base, visando maior interação com a turma sobre os conceitos de ondas sonoras através das análises de gravações. Na etapa final, foi aplicado um novo questionário impresso aos alunos, com o objetivo de analisar suas respostas após as aulas experimentais/diferentes metodologias utilizadas.

Neste contexto dos momentos 1, 2 e 3 o objetivo foi quantificar o progresso dos alunos ao longo dos quatro momentos da pesquisa. Gráficos foram utilizados para representar visualmente os resultados obtidos, permitindo uma análise comparativa e identificando tendências ou padrões de desenvolvimento. Esses gráficos organizam os dados de forma precisa, facilitando a comparação entre as respostas dos alunos nos questionários. Além disso, foram realizadas análises qualitativas dos dados, buscando identificar as principais dificuldades e dúvidas dos alunos, bem como os conceitos que foram melhor compreendidos. Essas análises permitiram uma avaliação detalhada do impacto das aulas experimentais com os kits de baixo custo e o software utilizado na aprendizagem dos alunos, fornecendo subsídios para futuras intervenções pedagógicas e para o aprimoramento do ensino de Física.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A Física é uma ciência cujo objetivo é entender e controlar a natureza. Contudo, ela não é imutável e pode ser alterada à medida que o conhecimento humano se expande. A Física procura apresentar conceitos de maneira precisa, sem deixar espaço para diferentes interpretações. Segundo Rego (2014), uma afirmação científica só pode ser substituída por outra quando é testada e comprovada. Portanto, não deve ser descartada sem fundamentos sólidos.

De acordo com Gaspar (2004), a única certeza na ciência é a falta de certezas. Quanto mais se busca respostas na ciência, mais se descobre que há muito a ser aprendido. Ignorar a ciência é desconsiderar a vasta gama de conquistas alcançadas pela humanidade. Onde será abordados tópicos como; Teoria da aprendizagem significativa, Ensino de Física e o Papel da Experimentação, Experimentos de Baixo Custo, TICs no processo de ensino-aprendizagem em física, Ondas, Ondas Sonoras, Ondas Estacionárias, Batidas sonoras, som e o corpo humano, uso de software como ferramenta no ensino de Física, e Aprendizado interno. Além disso, a Física está interligada com outras áreas do conhecimento, como a matemática, e não possui limites bem definidos, o que a torna ainda mais fascinante.

### **2.1 Teoria da aprendizagem significativa**

Conforme cita Moreira (2006), a teoria de Ausubel concebe a aprendizagem como um processo de organização e integração do material na estrutura cognitiva do aluno. Ausubel destaca a importância do material organizado na aprendizagem de novos conceitos, enfatizando que o professor deve considerar os conteúdos já adquiridos pelo aluno. A aquisição de novos conhecimentos depende dos conceitos existentes, resultando em uma reconfiguração cognitiva.

Para Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se relaciona a componentes específicos da estrutura cognitiva, ancorando-se em conceitos relevantes preexistentes. Moreira (2011) destaca quatro tarefas do professor nesse contexto, incluindo a identificação da estrutura conceitual, diagnóstico do conhecimento prévio do aluno e utilização de recursos que facilitem a aprendizagem significativa.

Quanto às concepções alternativas em alunos de ciências, todos os estudos revisados refletem a importância da aprendizagem prévia na aquisição de novos conhecimentos (VASCONCELOS, 2003). Ausubel enfatiza ainda que a aprendizagem significativa envolve a

diferenciação progressiva, onde conceitos são desenvolvidos e diferenciados por meio de interações sucessivas. O conhecimento prévio orienta os alunos na compreensão da nova informação, podendo resultar em apreensão ou mudança conceitual, dependendo da articulação com a versão científica (MOREIRA, 2011; VASCONCELOS, 2003).

Conforme a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, um material é considerado significativo quando está organizado no processo de ancoragem, facilitando a aprendizagem e promovendo a aquisição de significados por meio da interação. A aprendizagem significativa dos conteúdos relacionados a ondas tem início a partir dos subsunçores já presentes nos alunos.

## **2.2 Ensino de Física e o Papel da Experimentação**

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) visa tornar os alunos mais participativos, focando na construção do conhecimento científico. A Física deve alinhar-se a esse objetivo, mas a abordagem tradicional nas escolas ainda prevalece, centrada na memorização de fórmulas e conceitos, com o professor como figura central e o aluno como receptor passivo. Esse método impede a formação de indivíduos críticos e reflexivos sobre o mundo ao seu redor.

Segundo Leão (1999), a abordagem tradicional assume que a inteligência é a capacidade de armazenar informações, levando à simplificação dos conhecimentos e à memorização passiva. Portanto, atividades práticas devem ser acompanhadas por explicações teóricas para proporcionar contextualização e reflexão (Guimarães, 2009). Métodos de ensino que promovam investigação e descoberta são essenciais, facilitando o aprendizado por meio da relação entre o conhecimento prévio dos alunos e os conteúdos específicos (Coelho & Martins, 2020).

A experimentação em Física é crucial para o desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico dos estudantes. Ela permite vivenciar conceitos teóricos na prática, construindo conhecimento através da observação e investigação (Barreiro & Bagnato, 1992). Aulas demonstrativas, com experimentos realizados em sala, já são comuns em universidades e mostram resultados positivos.

A experimentação desperta o interesse dos alunos, estimula a curiosidade e facilita a compreensão dos conceitos teóricos. Ela promove maior interação entre professor e alunos, planejamento conjunto e desenvolvimento de habilidades como trabalho em equipe, comunicação e pensamento crítico (Moraes, 2008). Nos últimos anos, pesquisas destacam a

relevância dos experimentos no ensino de Física, conforme as Diretrizes Curriculares da Educação Básica de Ciências (2008).

A inclusão de atividades experimentais é uma ferramenta de ensino e aprendizagem eficaz, especialmente quando mediada pelo professor, criando situações de investigação (Diretrizes Curriculares da Educação Básica de Ciências, 2008). A atividade experimental vai além dos experimentos tradicionais, explorando conceitos de aprendizagem e testando hipóteses, complementando o estudo teórico (Seré et al., 2003).

Manacorda (2022) destaca a importância do contato ativo com materiais como princípio educacional para facilitar o acesso ao conhecimento científico. A atividade experimental visa aplicar teoria para resolver desafios, atribuindo significado à educação em Ciências (Zanon & Freitas, 2007). A abordagem metodológica com atividades experimentais ajuda a compreender fundamentos teóricos na prática, despertando a curiosidade dos alunos e desenvolvendo habilidades de investigação científica (Azevedo et al., 2017; Costa, 2015). Em resumo, o ensino de Física e a experimentação são fundamentais para a formação dos estudantes, permitindo que compreendam conceitos teóricos, desenvolvam habilidades essenciais e façam conexões significativas entre teoria e prática.

### **2.3 Experimentos de Baixo Custo**

Os experimentos de baixo custo são recursos simples, acessíveis e econômicos que facilitam o processo de ensino-aprendizagem, essenciais para a realização de experimentos cruciais no ensino de Física. O interesse nesses experimentos visa aprimorar os objetivos didáticos, promovendo uma interação efetiva entre teoria e prática no cotidiano dos alunos (Laburú; Silva; Barros, 2008).

Na prática escolar, esses experimentos oferecem várias vantagens, como a possibilidade de realização em ambientes alternativos, como salas de aula ou pátios, sem a necessidade de laboratórios. Os materiais de fácil obtenção permitem que os alunos construam os equipamentos em casa, eliminando a necessidade de manutenção e assistentes de laboratório. Essa praticidade resolve questões de tempo na preparação de atividades experimentais, permitindo que os professores orientem os alunos com explicações básicas. Educadores que utilizam experimentos de baixo custo enfatizam a importância da construção pelos alunos, promovendo habilidades manuais e cuidado com o material produzido. Esses experimentos são projetados para serem acessíveis, sem dificuldades significativas na implementação (Laburú; Silva; Barros, 2008).

O uso de kits de experimentos nas aulas de Física é crucial para a aprendizagem dos alunos. Esses kits oferecem uma abordagem prática que permite explorar conceitos abstratos de maneira tangível, consolidando conhecimentos teóricos e desenvolvendo habilidades práticas, como o método científico e a resolução de problemas. A experimentação proporciona um ambiente dinâmico que estimula o interesse e a curiosidade dos alunos, facilitando uma compreensão mais profunda e duradoura dos princípios físicos.

A escolha de usar materiais simples não se justifica apenas pelo aspecto financeiro, mas também pela necessidade de permitir que os alunos compreendam integralmente o processo de conhecimento. A construção dos aparatos pelo próprio aluno aproxima-o do conhecimento científico, demonstrando que a Física possui aplicações práticas no mundo real. Isso permite que os alunos testem hipóteses de forma criativa, utilizando as propriedades conhecidas ou supostas dos materiais e os testes realizados com eles.

#### **2.4 TICs no processo de ensino-aprendizagem em física**

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) têm se tornado cada vez mais presentes nos ambientes educacionais, oferecendo recursos alternativos e inovadores. As escolas sentem-se compelidas a integrar essas ferramentas tecnológicas no ensino, considerando a imersão da sociedade contemporânea nesse contexto. Diante dessa realidade, as aulas, que antes seguiam um padrão "tradicional", passaram por uma transformação significativa em relação às metodologias utilizadas, aos instrumentos tecnológicos empregados e às posturas adotadas por professores e alunos, com o objetivo de promover um processo de ensino-aprendizagem mais abrangente e eficaz.

Lustoza e Andrade (2019) ressaltam que as TICs permitem formas de ensino-aprendizagem que promovem uma interação significativa entre professores e alunos, criando um espaço de conhecimento mais dinâmico e flexível. Essa dinâmica facilita o aprimoramento do papel do docente, resultando em melhorias nos resultados da aprendizagem.

Em relação à inserção das TICs no processo de ensino-aprendizagem, Bezerra et al. (2009, p. 4) apontam uma lacuna na postura dos professores diante desse novo cenário. Os autores destacam o sentimento de despreparo que muitos docentes experimentam ao utilizarem novas metodologias de ensino, uma vez que a formação recebida durante sua trajetória profissional muitas vezes não oferece os subsídios necessários para lidar com essas ferramentas. Eles observam:

Tal fato se torna mais evidente no ensino da física devido ao seu caráter abstrato. Assim, seria necessário ao professor uma melhor preparação para executar com sucesso esse trabalho. A falta de uma boa formação resulta na dificuldade de lidar com o desenvolvimento cognitivo do aluno, deixando a física cada vez mais distante da realidade do discente, impedindo assim o incentivo à prática desse conhecimento.

Em consonância com essa realidade, Silva (2018, p. 6) enfatiza a importância de inserir o aluno no processo de construção do conhecimento, de modo a promover sua autonomia e participação ativa nas mediações realizadas pelo professor. No contexto do ensino de física, a formulação de argumentações, a elaboração de ideias e a problematização do meio que o cerca são essenciais para a aprendizagem de fenômenos físicos. Assim, as TICs oferecem metodologias que auxiliam a prática docente, proporcionando um ambiente interativo e incentivando a formação de alunos engajados.

## **2.5 Ondas**

Segundo Hewitt (2002), uma onda é um movimento oscilatório que se propaga em um meio, levando somente energia, sem levar matéria. O autor afirma que uma onda pode ser qualquer coisa que vibre de um jeito regular, como para frente e para trás, para um lado e para o outro, para dentro e para fora, ligando e desligando, alto e baixo ou para cima e para baixo, dependendo do tempo. As ondas se dividem em dois tipos, de acordo com a sua natureza: ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. Hewitt (2002) explica que as ondas mecânicas são as vibrações que se propagam em um meio material (sólido, líquido ou gasoso).

Sem esse meio, não há som. A propagação das ondas mecânicas envolve o transporte de energia cinética e energia potencial mecânica. Alguns exemplos são as ondas de água, as ondas sonoras e as ondas sísmicas. Na propagação ondulatória, as vibrações podem ser na mesma direção da propagação ou na direção perpendicular a ela. Por isso, as ondas são classificadas quanto à sua direção de vibração. As ondas longitudinais são as que fazem as partículas do meio material vibrarem na mesma direção da propagação. As ondas transversais são as que fazem as vibrações em ângulo reto com a direção da propagação da onda.

Quando há uma perturbação do ambiente, as ondas podem ser classificadas quanto ao número de direções de propagação, sendo: Unidimensionais, as que se propagam em uma só



direção; bidimensionais, as que se propagam em um plano; e tridimensionais, as que se propagam em todas as direções. 187 REnCiMa, v.8, n.1, p.182-200, 2017. Halliday et al. (2006) mostram algumas grandezas físicas ou descrições que estão relacionadas a fenômenos ondulatórios, sendo as principais: a amplitude, a frequência, o período e o comprimento de onda.

### **2.5.1 Ondas Sonoras**

As ondas sonoras são definidas por Halliday et al. (2006) como a propagação tridimensional de uma onda longitudinal, ou frente de compressão mecânica, que só ocorre em meios materiais, como sólidos, líquidos ou gasosos. A vibração de algo, como a membrana de um alto falante ou as cordas vocais de uma pessoa, produz o som. Essa vibração gera uma compressão do ar na região próxima à fonte, fazendo as moléculas de ar vibrarem e transmitirem a perturbação para as moléculas vizinhas, sucessivamente.

O som pode ser caracterizado por três “qualidades”: a altura, a intensidade e o timbre. A altura é uma qualidade que indica se o som é grave ou agudo e depende da frequência da onda sonora. Quanto maior a frequência, mais agudo é o som e maior é a altura. Quanto menor a frequência, mais grave é o som e menor é a altura. A intensidade é uma qualidade que indica se o som é forte ou fraco. A intensidade de uma onda sonora mostra a quantidade de energia que a onda leva. Ela é medida em uma unidade chamada nível de intensidade sonora, que é expressa em decibel (dB).

O timbre é uma característica que permite identificar o som de uma fonte, conforme Garcia (2002). O timbre diferencia dois sons que têm a mesma altura e a mesma intensidade, mas que são feitos por fontes sonoras diferentes. Ondas sonoras são vibrações que se propagam através de um meio, como o ar, a água ou sólidos, e são descritas por diversas equações que capturam diferentes aspectos de sua natureza. Aqui estão algumas das principais equações utilizadas no estudo de ondas sonoras:

### **2.5.2 Ondas Estacionárias**

As ondas estacionárias resultam da superposição de duas ondas de mesma frequência e amplitude que se propagam em sentidos opostos em um meio. Esse fenômeno resulta na formação de padrões fixos de interferência, com pontos de mínima e máxima oscilação, conhecidos como nós e ventres, respectivamente. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2011), a condição essencial para a formação de ondas estacionárias é que "as duas ondas

possuam a mesma frequência e se desloquem em direções opostas em um meio homogêneo" (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2011, p. 347). A equação que descreve uma onda estacionária é dada por:

$$y(x, t) = 2A\cos(kx)\cos(\omega t) \quad \text{Eq. (1)}$$

onde (A) representa a amplitude, (k) o número de onda, ( $\omega$ ) a frequência angular, (x) a posição e (t) o tempo

### 2.5.3 Ondas Sonoras Estacionárias

As ondas sonoras estacionárias são uma aplicação específica das ondas estacionárias, manifestando-se em meios como tubos abertos ou fechados. Estes padrões de interferência criam nós e ventres de pressão, fundamentais para a análise acústica. Em tubos fechados, por exemplo, os nós de pressão ocorrem nas extremidades abertas, enquanto os ventres localizam-se nas extremidades fechadas (TIPLER; MOSCA, 2015). A frequência fundamental de uma onda sonora estacionária em um tubo é dada por:

$$fn = nv/2L \quad \text{Eq. (2)}$$

onde (n) é o número do harmônico, (v) é a velocidade do som no meio e (L) o comprimento do tubo.

### 2.5.4 Batidas Sonoras

As batidas sonoras surgem quando duas ondas sonoras de frequências ligeiramente diferentes se sobrepõem, resultando em uma modulação perceptível na intensidade do som. Esse fenômeno é descrito por Hecht (2017) como "um exemplo claro de interferência de ondas, onde a diferença de frequências gera um som pulsante" (HECHT, 2017, p. 312). A frequência das batidas pode ser expressa pela diferença entre as frequências das ondas interferentes:

$$fb = |f1 - f2| \quad \text{Eq. (3)}$$

onde ( $fb$ ) é a frequência das batidas, e ( $f1$ ) e ( $f2$ ) são as frequências das ondas individuais.

### 2.5.5 Som e o Corpo Humano

O ouvido humano capta sons que variam de cerca de 20 Hz a 20 kHz, com a capacidade auditiva variando conforme a idade e o indivíduo. No entanto, em comparação com outros animais, a detecção de frequências sonoras pelo ouvido humano é menos eficaz. De acordo com Durán (2003), o ouvido é um órgão sensível que transforma estímulos mecânicos fracos em estímulos nervosos. Dividido em ouvido externo, médio e interno, a maior parte do sistema auditivo está localizada dentro da cabeça.

As ondas sonoras são conduzidas pelo canal auditivo até o tímpano, uma membrana sensível que vibra com variações mínimas de pressão sonora. Essas vibrações são transmitidas através dos ossos do ouvido médio (martelo, bigorna e estribo), aumentando progressivamente e permitindo a percepção de sons de baixa intensidade. No ouvido interno, as vibrações alcançam a cóclea, um órgão em forma de caracol coberto de pequenos pelos e preenchido com líquido. As vibrações dos pelos estimulam células nervosas que enviam sinais ao cérebro pelo nervo auditivo, resultando na percepção do som.

A voz humana é produzida pelas vibrações das cordas vocais quando o ar dos pulmões passa pela fenda entre elas. A frequência do som é controlada pela tensão das cordas vocais, e a combinação das vibrações nas cavidades da boca, garganta, nariz e músculos adjacentes define o timbre da voz, único para cada pessoa. Durán (2003) explica que a fala resulta da interação entre várias partes do organismo, conectadas e influenciando-se mutuamente, com a respiração fornecendo a matéria-prima para a fala.

A integração de aspectos teóricos, práticos e culturais com abordagens pedagógicas inovadoras contribui para uma aprendizagem mais significativa e duradoura. Alguns tópicos importantes incluem:

- - Importância das ondas sonoras para a sociedade e a ciência: As ondas sonoras são fundamentais para comunicação, tecnologia e diversas aplicações científicas.
- - Desafios e dificuldades no ensino de ondas sonoras: Ensinar os princípios das ondas sonoras pode ser complexo devido à abstração dos conceitos envolvidos.
- - Vantagens e limitações das estratégias de ensino: Métodos inovadores, como experimentos práticos, podem facilitar a compreensão, embora existam limitações práticas e financeiras.

- - Contribuições e implicações da pesquisa: Pesquisas sobre o ensino de ondas sonoras podem melhorar as práticas pedagógicas, tornando o aprendizado mais acessível e eficaz.

Esses tópicos abordam diferentes aspectos, mas juntos formam uma ideia central que destaca a importância e os desafios de ensinar e compreender as ondas sonoras.

## **2.6 Uso do Software *Sonic Visualiser* como Ferramenta no Ensino de Física**

O Sonic Visualiser é um software desenvolvido para a análise detalhada de gravações de áudio, que tem se mostrado uma ferramenta eficaz no ensino de física, especialmente em temas relacionados a ondas e vibrações. Sua interface intuitiva permite a exploração de conceitos fundamentais como frequência, amplitude e espectro sonoro, proporcionando uma abordagem prática e visual para os alunos. Pois esse recurso, originalmente desenvolvido para a análise de áudio, tem se destacado como uma ferramenta pedagógica inovadora no ensino de física. Sua capacidade de visualização detalhada de sinais sonoros permite aos alunos explorar conceitos abstratos de forma prática e interativa. Isso é especialmente útil em disciplinas como física, onde a compreensão de fenômenos como ondas e vibrações pode ser desafiadora para os estudantes.

### **2.6.1 Análise de Ondas Sonoras**

A utilização do Sonic Visualiser possibilita a visualização e análise das propriedades das ondas sonoras, facilitando a compreensão de fenômenos físicos como o efeito Doppler e a interferência. De acordo com Silva (2020, p. 45), "O Sonic Visualiser permite a visualização e análise das propriedades das ondas sonoras, facilitando a compreensão de fenômenos físicos como o efeito Doppler e a interferência". A análise de ondas sonoras é um componente essencial no estudo da física, abrangendo tópicos como propagação de som, efeito Doppler, interferência e ressonância. O Sonic Visualiser facilita essa análise ao permitir que os alunos visualizem graficamente as formas de onda geradas por diferentes fontes sonoras. Por exemplo, ao gravar o som de um diapasão em movimento, os estudantes podem observar o padrão de interferência que se forma, o que ajuda a ilustrar conceitos como batimento e frequências harmônicas. Silva (2020, p. 45) destaca que "O Sonic Visualiser permite a visualização e análise das propriedades das ondas sonoras,

facilitando a compreensão de fenômenos físicos como o efeito Doppler e a interferência", ressaltando como o software pode transformar a aprendizagem teórica em uma experiência prática.

### **2.6.2 Visualização de Espectros**

O software oferece aos alunos a possibilidade de observar diretamente o espectro de frequências de diferentes sons, tornando o estudo da acústica mais acessível e interativo. Segundo Pereira e Souza (2019, p. 32), "Ao utilizar o Sonic Visualiser, os alunos podem observar diretamente o espectro de frequências de diferentes sons, o que torna o estudo da acústica mais acessível e interativo". A visualização do espectro de frequências é uma das funcionalidades mais poderosas do Sonic Visualiser, particularmente útil no estudo da acústica. O software permite que os alunos decomponham um som complexo em suas componentes de frequência, observando diretamente como diferentes sons produzem diferentes padrões espectrais. Isso pode ser utilizado, por exemplo, para comparar os espectros de diferentes instrumentos musicais ou para analisar a qualidade de som em diferentes ambientes. Conforme observado por Pereira e Souza (2019, p. 32), "Ao utilizar o Sonic Visualiser, os alunos podem observar diretamente o espectro de frequências de diferentes sons, o que torna o estudo da acústica mais acessível e interativo", o que é fundamental para a compreensão de conceitos como timbre e qualidade sonora.

onde ao se colocar essas gravações no aplicativo de estudo durante a oficina seria possível obter os seguintes dados;

- Frequência (Hz)
- Amplitude (m)
- Velocidade (m/s)
- Comprimento de onda (m)
- Gráfico do som/gravação

### **2.7 Aprendizado Interativo**

O Sonic Visualiser promove um aprendizado mais dinâmico no ensino de física, permitindo que os estudantes interajam com os dados e desenvolvam uma compreensão mais profunda dos conceitos. Gomes et al. (2021, p. 76) afirmam que "O uso de ferramentas digitais como o Sonic Visualiser no ensino de física promove um aprendizado mais dinâmico,

permitindo que os estudantes interajam com os dados e desenvolvam uma compreensão mais profunda dos conceitos". Uma das grandes vantagens do Sonic Visualiser é o estímulo ao aprendizado interativo. Ao contrário dos métodos tradicionais, onde os alunos são muitas vezes passivos na absorção de informações, o uso de softwares como o Sonic Visualiser incentiva uma abordagem mais ativa. Os estudantes podem manipular os dados, realizar suas próprias análises e verificar os resultados em tempo real, o que fortalece a compreensão e a retenção do conteúdo. Gomes et al. (2021, p. 76) afirmam que "O uso de ferramentas digitais como o Sonic Visualiser no ensino de física promove um aprendizado mais dinâmico, permitindo que os estudantes interajam com os dados e desenvolvam uma compreensão mais profunda dos conceitos". Este tipo de interação não só torna as aulas mais envolventes, mas também ajuda a desenvolver habilidades críticas em análise de dados e pensamento científico.

#### Aplicação em Experimentos de Física

Além disso, o Sonic Visualiser pode ser integrado em experimentos de física, especialmente aqueles que envolvem ondas mecânicas e eletromagnéticas, proporcionando uma análise precisa e visual dos dados coletados. Ferreira e Almeida (2022, p. 58) destacam que "Experimentos de física envolvendo ondas mecânicas e eletromagnéticas podem ser enriquecidos com a utilização do Sonic Visualiser, proporcionando uma análise precisa e visual dos dados coletados"

As citações acima demonstram como o Sonic Visualiser pode ser integrado ao ensino de física, oferecendo uma ferramenta poderosa para a visualização e compreensão de fenômenos complexos, além de contribuir para um aprendizado mais interativo e eficaz. A integração desse programa em experimentos de física abre novas possibilidades para a análise de dados experimentais. Em atividades laboratoriais, como o estudo de ondas mecânicas ou eletromagnéticas, o software pode ser utilizado para registrar e analisar os sinais acústicos gerados, permitindo uma compreensão mais detalhada dos fenômenos observados. Por exemplo, em um experimento sobre ressonância, o Sonic Visualiser pode ajudar a identificar com precisão as frequências de ressonância de diferentes materiais ou estruturas. Ferreira e Almeida (2022, p. 58) destacam que "Experimentos de física envolvendo ondas mecânicas e eletromagnéticas podem ser enriquecidos com a utilização do Sonic Visualiser, proporcionando uma análise precisa e visual dos dados coletados". Essa aplicação prática reforça a conexão entre teoria e prática, essencial para a formação de um entendimento profundo dos conceitos físicos.

### 3 . METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado utilizando uma abordagem quantitativa a qual envolveram os seguintes pontos: observação, interação e participação dos indivíduos participantes da pesquisa. Priorizou-se então o aspecto objetivo como forma de compreender os dados (KNECHTEL, 2024). A pesquisa então teve seu desenvolvimento a partir de uma revisão de literatura, etapa essencial em qualquer trabalho científico, onde fornece desse modo um embasamento teórico para a construção da pesquisa (AMARAL, 2007). Além de ser conduzida uma pesquisa de campo, uma vez que esse tipo de abordagem possibilita o pesquisador obter informações diretamente do público-alvo pesquisado, sendo indispensável que o mesmo, se desloque até o local onde esse “fenômeno acontece/aconteceu” com o objetivo em mente de coletar um bloco de informações sobre o impasse em questão (GONSALVES, 2001). Deste modo, a pesquisa foi conduzida em uma escola estadual na área urbana de São Bernardo Maranhão, instituição essa de nível médio de ensino.

A amostra deste estudo constitui-o em uma turma de 33 alunos do terceiro ano do ensino médio da instituição, os quais não tinham conhecimentos básicos sobre ondas/ondas sonoras. O projeto teve um tempo de aplicação de 2 semanas com quatro etapas, onde em cada semana sucedeu-se duas etapas do projeto em sala de aula respectivamente, na primeira semana/etapa 01, foi realizada a princípio uma aula teórica tradicional onde foram expostos conceitos iniciais sobre ondas e com mais ênfase os conceitos de ondas sonoras, além de ser aplicado um questionário oral, isto a fim de coletar informações e obter o diagnóstico sobre os conhecimentos prévios dos alunos em relação ao tema ondas sonoras.

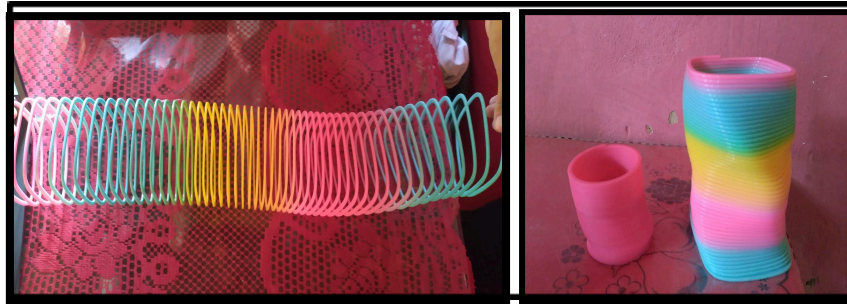
**Figuras 01** : Etapa 01: Aulas teóricas sobre ondas sonoras.



**Fonte:** Arquivo pessoal, 2024

Em segunda ainda na primeira semana/etapa 02, neste segundo momento foi exposto um kit com 3 experimentos. Os experimentos eram de baixo custo, permitindo assim que os alunos pudessem replicá-los em casa ou em sala de aula. O primeiro experimento se trata das conhecidas “molas malucas”, a qual é uma ferramenta para controle da ansiedade e para desenvolvimento de controle motor, como mostra as figuras 01 e 02.

**Figura 02:** Molas malucas



**Fonte:** Arquivo pessoal, 2024

Esse acessório foi utilizado na ocasião para expor a principal diferença entre ondas transversais e ondas longitudinais na prática de forma simples e visual. Pois ao pressionar uma extremidade do acessório/mola maluca para dentro e soltar, isso resultará em compressões e rarefações ao longo da mola, onde as espiras se aproximam (compressão) e se afastam (rarefação). Essa propagação na perturbação na mola é semelhante à propagação de uma onda longitudinal, onde as partículas do meio se movem na mesma direção da onda. Já as ondas transversais podem ser ilustradas movendo o acessório/mola maluca de um lado para o outro, isto horizontalmente. Quando se cria um pulso nessa direção, as espirais da mola se movem perpendicularmente à direção da propagação da onda. Com essa analogia simples, pode-se ajudar a visualizar com mais eficiência os conceitos de como as ondas se comportam em relação ao movimento das partículas em diferentes direções. O segundo experimento se trata de um aparato experimental focado em simplificar os conceitos de ondas mecânicas.

O aparato experimental foi construído com materiais de fácil acesso e baixo custo, com o objetivo de explorar os conceitos relacionados ao som e às diferentes figuras formadas. O aparato é semelhante ao proposto por Valadares (2002), cujo objetivo é “converter sons em imagens”.

Os materiais necessários para a construção do aparato são: Uma lata de metal com 10cm de comprimento e 6cm de diâmetro; um fragmento de cano PVC de 15cm; balão/bexiga de festa; espelho plano de dimensões 2cm por 2cm; Fita adesiva (dupla face); caneta laser; prendedor de roupas.



**Figura 03:** Materiais utilizados



**Fonte:** Arquivo pessoal, 2024

Para iniciar a montagem do aparato deve-se: primeiramente retirar ambas as tampas da lata, cortar o balão na parte do bico e cobrir uma das extremidades da lata, prendendo com a fita dupla face; em seguida colar o pedaço do espelho no centro da membrana do balão; posteriormente colocar a lata em uma das extremidades o pedaço de cano PVC fixando com a fita. Na outra extremidade do cano será fixada a caneta laser; por fim será ajustada a caneta laser com o prendedor de roupa e acioná-lo de modo que fique direcionado para o centro do espelho

**Figura 04:** Aparato experimental montado

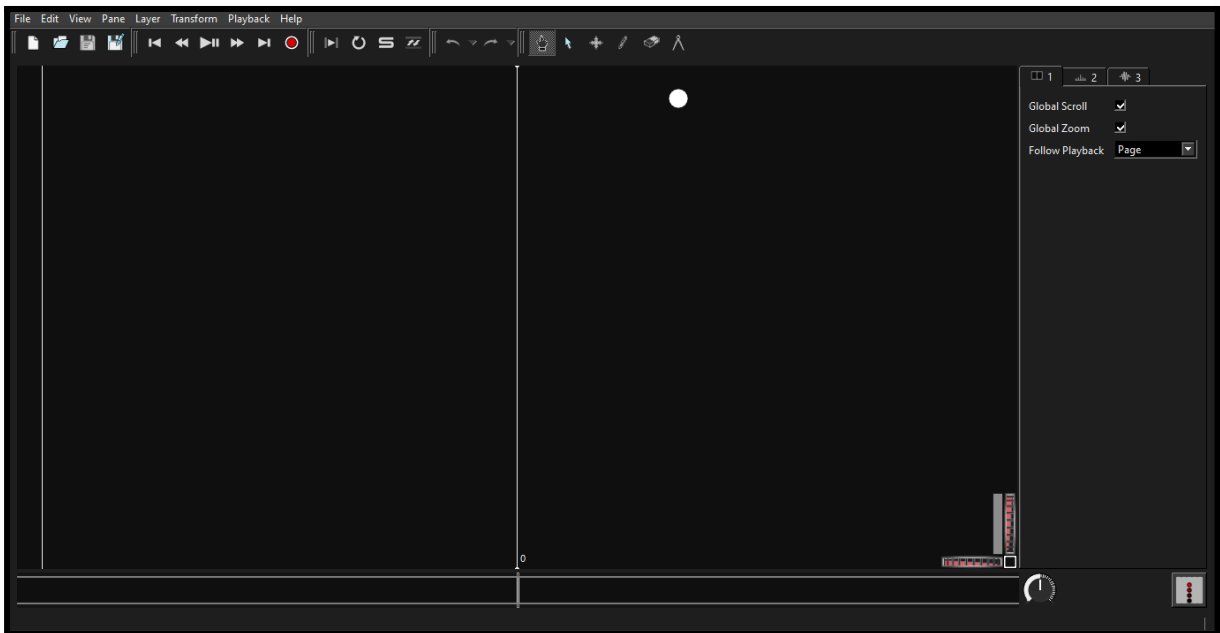


**Fonte:** Arquivo pessoal, 2024

O Principal intuito da aquisição desse aparato experimental é expor de forma simples e fácil a questão dos conceitos de ondas mecânicas e como se pode visualizar ondas até então não visíveis. O mesmo, funciona captando as ondas sonoras e as transformando em figuras

semelhantes às figuras de Lissajous (composição gráfica de dois movimentos ondulatórios, um na horizontal e outro na vertical). A segunda semana/ etapa 03 da aplicação, consistiu em uma oficina interativa em sala de aula, nesta oficina foi exposto e trabalhado o programa/software (Sonic Visualiser). O qual se trata de um aplicativo para visualizar e analisar o conteúdo de arquivos de áudio musical, esta etapa/momento foi subdividida da seguinte forma, primeiramente foi entregue a turma um manual de divulgação do software feito pelo professor/aplicador do projeto contendo no mesmo, conceitos básicos, características e títulos de curiosidades a respeito do programa/software trabalhado.

**Figura 05:** Software Sonic Visualiser utilizado durante a oficina

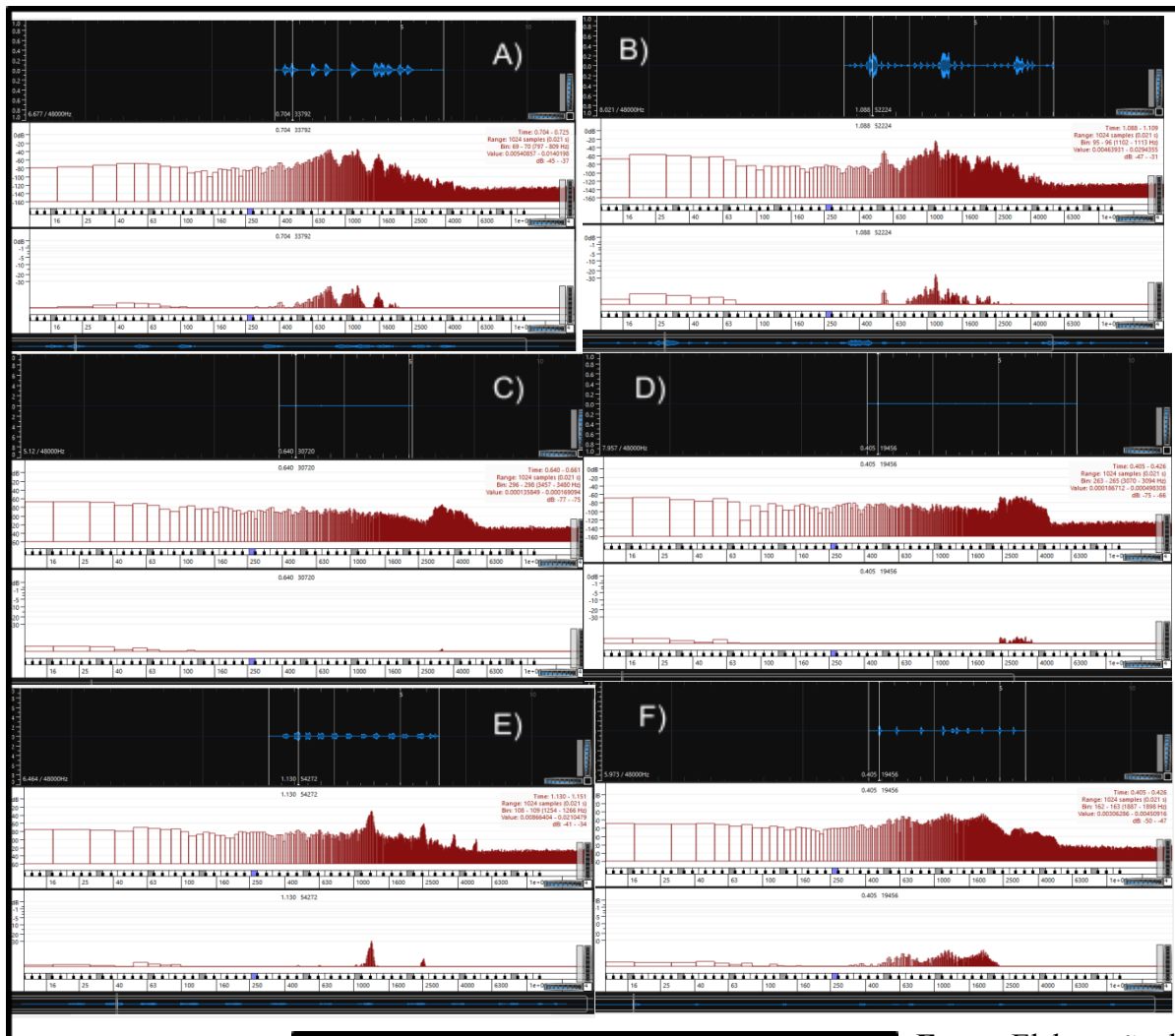


**Fonte:** Arquivo pessoal, 2024

Em seguida de antemão ainda a etapa anterior foram solicitados que os alunos trouxessem gravações para serem analisadas, com o tema (sons de animais da região), onde ao se colocar essas gravações no aplicativo de estudo durante a oficina seria possível obter os seguintes dados;

- Frequência (Hz)
- Amplitude (m)
- Velocidade (m/s)
- Comprimento de onda (m)
- Gráfico do som/gravação

**Figura 06:** Espectrograma de Frequência e Intensidade para diferentes sons animais.



Fonte: Elaboração do

autor

Em seguida gravações feitas montar os gráficos observados os de dentro os obtidos, como vemos na Figura 06, logo acima.

foram analisadas as pela turma e após no software foram maior frequência

Seguindo para o segundo momento/semana 02 da aplicação, constituiu-se na aplicação de um novo questionário impresso para os alunos, com o objetivo de analisar suas respostas após a aula com os experimentos e após a oficina. Desta forma, o objetivo central é avaliar o impacto direto da experimentação e de diferentes metodologias na compreensão dos

alunos sobre os princípios fundamentais das ondas sonoras entre os alunos do terceiro ano do ensino médio, através de questionários digitais/impressos.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados deste estudo, obtidos a partir dos procedimentos descritos na seção anterior e baseados nos quatro momentos mencionados, serão apresentados por meio de uma análise gráfica comparativa dos dados coletados nos dois questionários. A pesquisa contou com a participação de 33 alunos do terceiro ano do ensino médio, todos matriculados na Escola CE. Deborah Correia Lima de São Bernardo, Maranhão. A tabela abaixo mostra um conjunto de informações características dos espectros sonoros dos animais coletados, tais características como Amplitude, Comprimento de Onda, Frequência e Intensidade sonora, são listadas para sete animais aos quais foram objetos de nosso estudo.

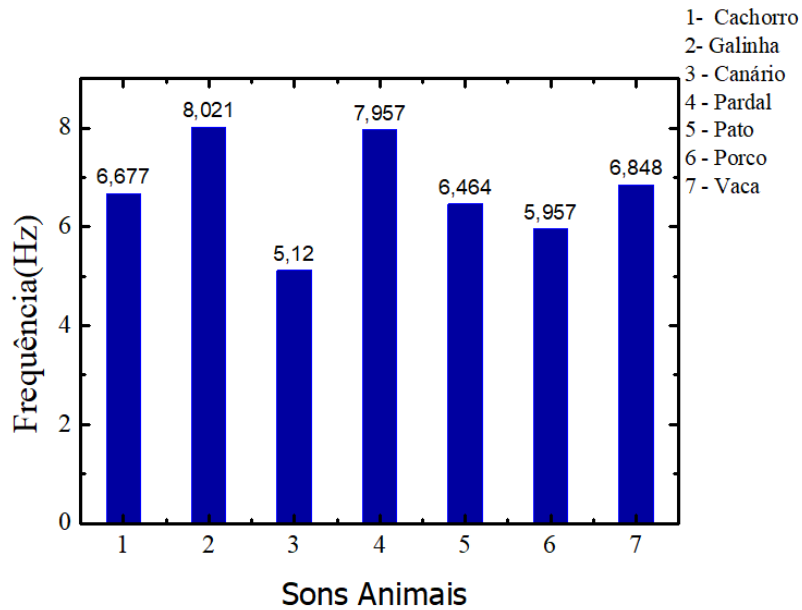
Tabela 2 – Análise de sons animais usando o Programa *Sonic Visualiser*.

Sons de animais coletados	Amplitude (m)	Comprimento de onda $\lambda$ (m)	Frequência (Hz)	Intensidade Sonora (DB)
Cachorro	0,704	0,00540	6,677	45
Galinha	1,088	0,00464	8,021	47
Canário	0,640	0,000136	5,12	68
Pardal	0,405	0,000187	7,957	66
Pato	1130	0,00866	6,464	41
Porco	0,405	0,000451	5,957	50
Vaca	1677	0,00353	6,848	50

Fonte: Elaboração do autor (2023).

No Fig. 7 temos as análises dos espectros do som produzido por diferentes animais. Este espectro nos mostra a frequência de vibração de cada um dos animais. O espectro possui então informação sobre os valores de frequência característicos, este espectro permite ainda perceber que os espaçamentos entre as linhas verticais são iguais, indicando que as frequências possíveis são múltiplos inteiros da frequência fundamental, de acordo com a teoria. Observamos que a Galinha e Pardal, são os que apresentam maior frequência característica, dentro dos animais que coletamos os sons.

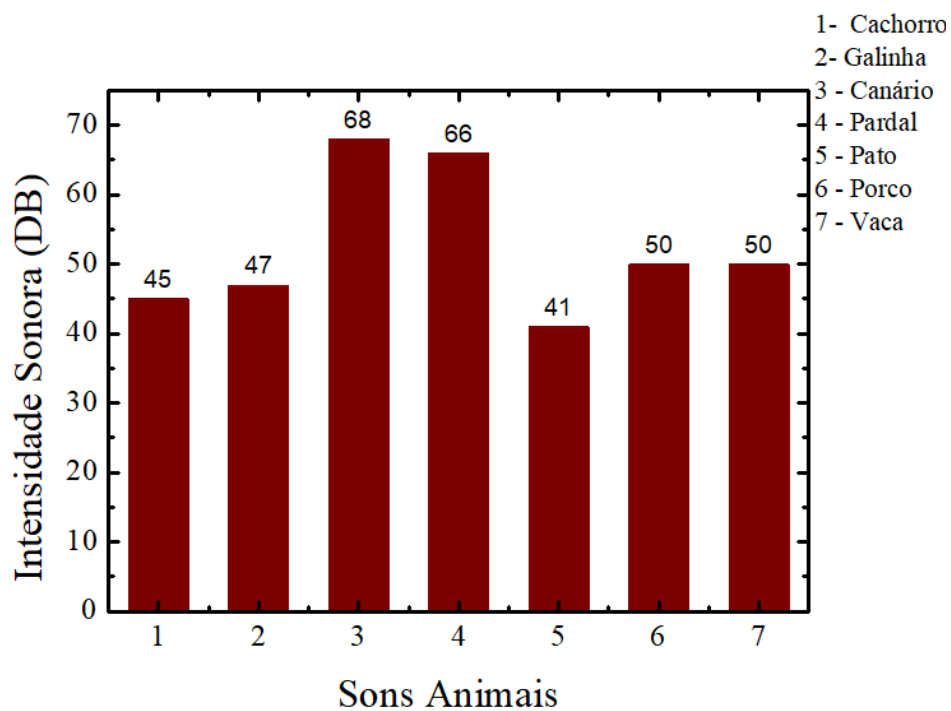
**Figura 07:** Frequência característica das características dos diferentes sons animais analisados.



**Fonte:** Elaboração do autor

No Fig. 8 mostra a Intensidade Sonora de cada um dos animais. Observamos que a Canário e Pardal, são os que apresentam maior intensidade característica, dentro dos animais que coletamos os sons.

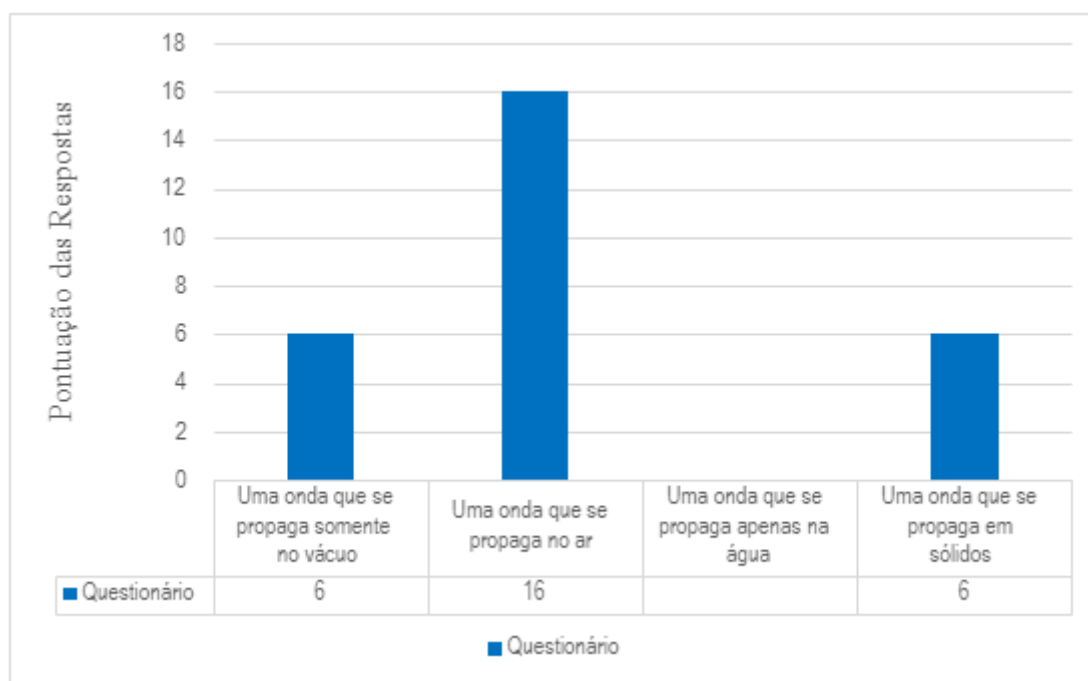
**Figura 08:** Intensidade Sonora em Decibéis dos diferentes sons animais analisados.



**Fonte:** Elaboração do autor

A aplicação dos questionários visou compreender as variações nas respostas e percepções dos alunos ao longo das etapas, o que será demonstrado visualmente através de gráficos detalhados nesta análise de dados. Esses gráficos serão essenciais para ilustrar as tendências e diferenças observadas nas respostas dos alunos.

**Gráfico 01 - Qual a definição correta de ondas sonoras?**



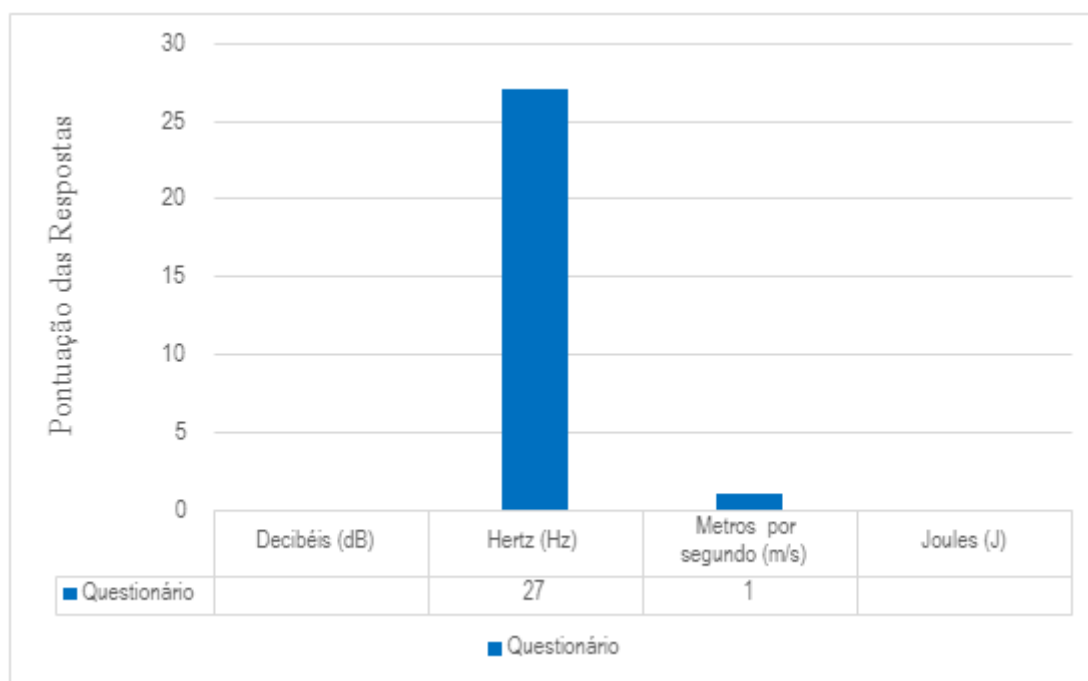
**Fonte: Autoria própria**

Com base nas respostas obtidas na primeira questão do questionário, foi elaborado um gráfico para ilustrar os resultados das respostas dos alunos. O questionário inicial, representado pela cor azul, foi aplicado uma semana após a implementação das práticas experimentais em sala de aula, que se concentraram na experimentação de baixo custo e no uso de softwares como ferramentas de apoio.

A questão pedia a definição básica do conceito de ondas sonoras: "uma onda que se propaga pelo ar". Uma porcentagem considerável dos alunos selecionou opções incorretas. Alguns afirmaram erroneamente que as ondas sonoras se propagam apenas pela água, enquanto outros responderam que a mesma se propaga somente no vácuo ou não responderam à pergunta. Mesmo com 5 alunos não respondendo, 16 dos 33 alunos escolheram corretamente a alternativa B, que afirma que as ondas sonoras se propagam pelo ar. Em resumo, a maioria dos alunos que responderam ao questionário após a aplicação do projeto conseguiu acertar essa primeira pergunta.

Isso demonstra um avanço significativo no entendimento dos alunos após a realização dos experimentos. Esta constatação confirma a premissa de que a aplicação de atividades experimentais permite uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos subjacentes ao eletromagnetismo (ROSA, 2003, p. 101).

**Gráfico 02: Qual é a unidade de medida da frequência de uma onda sonora?**

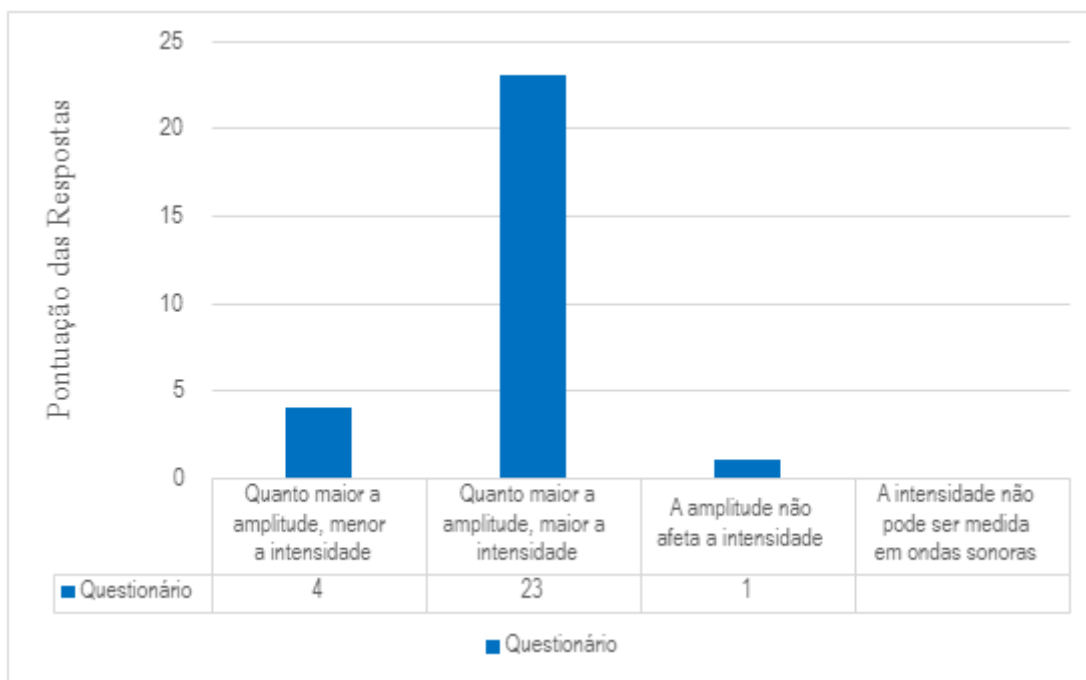


**Fonte: Autoria própria**

Ao analisar o gráfico referente à segunda questão do questionário, observa-se que a maioria dos 33 alunos participantes assinalou a alternativa B como resposta à pergunta "Qual é a unidade de medida da frequência de uma onda sonora?", identificando corretamente a unidade Hertz, utilizada no Sistema Internacional de Unidades (SI) para medir a frequência de um fenômeno periódico com um período de um segundo.

Destaca-se um aumento significativo no número de respostas corretas nessa segunda questão, realizada logo após as etapas experimentais em sala de aula. Dos alunos, 27 responderam corretamente, enquanto apenas 1 marcou uma alternativa diferente. Esse incremento representa aproximadamente 11 alunos a mais que acertaram a resposta correta em comparação com a questão anterior, indicando um progresso, ainda que modesto, nas respostas corretas em relação à segunda questão. Isso demonstra que os alunos se engajaram na ação, reflexão e interpretação do experimento, reconhecendo que a ação e a reflexão estão intrinsecamente ligadas e, juntas, contribuem para a obtenção de um aprendizado significativo (VASCONCELOS; LEÃO, 2017).

**Gráfico 03: Como a amplitude de uma onda sonora afeta a sua intensidade?**



**Fonte: Autoria própria**

Após analisar o gráfico referente à terceira pergunta, que questiona como a amplitude de uma onda sonora afeta sua intensidade, observa-se que a maioria dos 28 alunos envolvidos na pesquisa selecionou corretamente a alternativa B, indicando que quanto maior a amplitude, maior será a intensidade da onda. Cerca de 23 alunos responderam corretamente. No entanto, 4 alunos marcaram a alternativa A, que afirma que quanto maior a amplitude, menor será a intensidade, e apenas 1 aluno escolheu a alternativa C, que alega não haver correlação entre amplitude e intensidade.

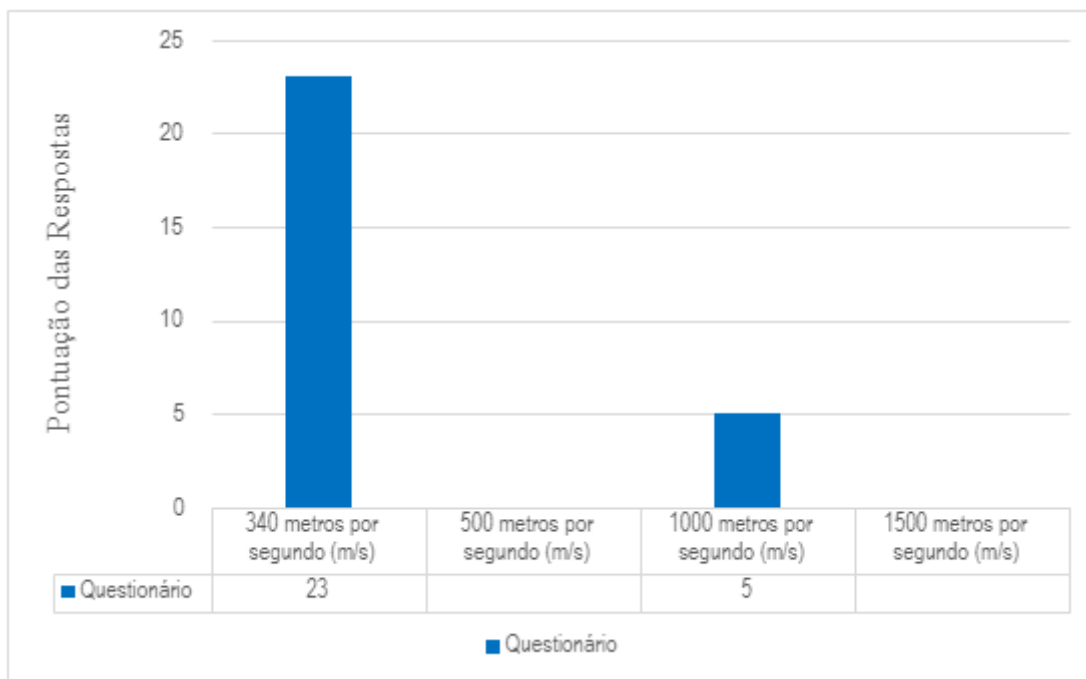
Constata-se que, após a aplicação prática dos experimentos de baixo custo e o uso de software, houve um crescimento exponencial na participação dos alunos e no percentual de acertos, com aproximadamente 23 dos 28 alunos que responderam o questionário acertando a resposta correta. Este resultado aponta para uma redução nos erros e um aumento significativo no número de acertos entre as questões do questionário, evidenciando um notável avanço em relação às respostas obtidas anteriormente à aplicação dos experimentos e do software.

Isso prova que os estudantes demonstraram envolvimento e entusiasmo ao realizar as atividades, especialmente quando os experimentos foram montados com sucesso e funcionaram adequadamente. Esses resultados destacam a natureza atrativa da prática



experimental, além de seu potencial para prender a atenção dos alunos e estimular o aprendizado (GRASSELLI; GARDELLI, 2014).

**Gráfico 04; Qual é a velocidade aproximada do som no ar? Em condições normais?**



**Fonte: Autoria própria**

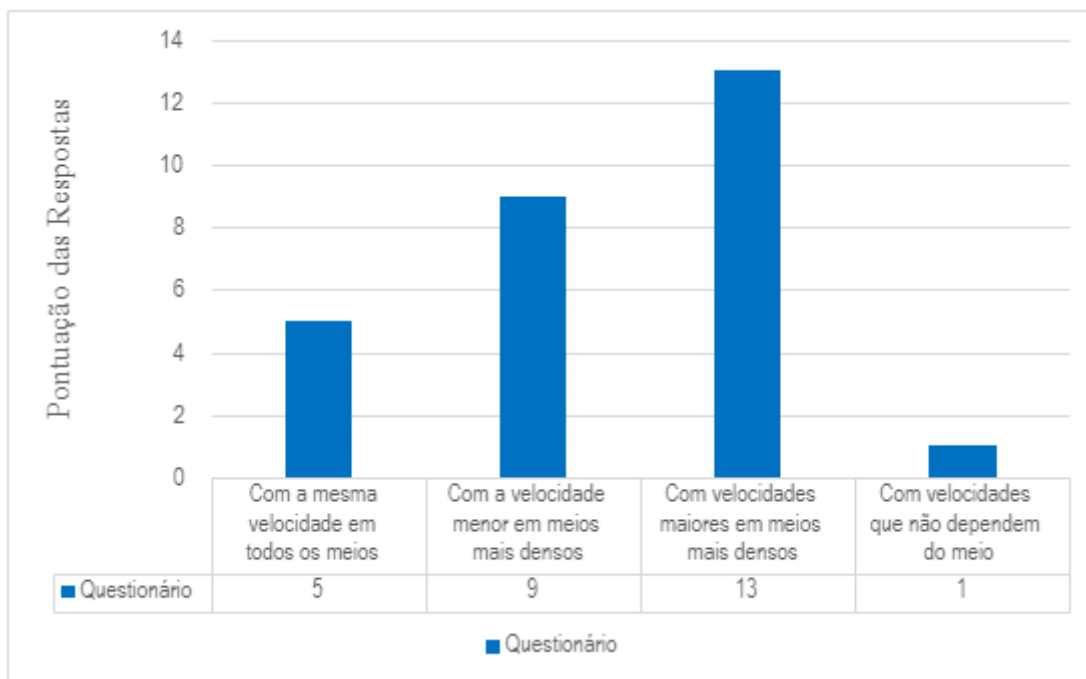
Assim como na análise da terceira questão, é notável que, na quarta indagação, a maioria dos alunos respondeu corretamente sobre a velocidade aproximada do som no ar. Em condições normais, cerca de 23 dos 28 alunos marcaram a alternativa A, que indica corretamente a velocidade padrão do som como aproximadamente 340 m/s. Em contraste, 5 alunos marcaram a alternativa C, que incorretamente afirma que a velocidade é de aproximadamente 1000 m/s.

Com 23 dos 28 alunos respondendo corretamente, isso representa aproximadamente 82,1% de acertos, evidenciando um avanço significativo entre as etapas do projeto. Notavelmente, houve um aumento de 11 acertos em comparação com a questão 1 do questionário, que teve apenas 54,1% de acertos, destacando a eficácia das aulas práticas na melhoria do entendimento dos alunos.

Este resultado ressalta que a aula experimental, juntamente com a oficina realizada em sala de aula, contribuiu para um maior número de acertos na resposta correta. Isso demonstra a influência positiva dessas práticas no aprendizado dos alunos sobre o tema das ondas sonoras. Como mencionado por Grasselli e Gardelli (2014), "a prática experimental

tem um papel crucial em capturar a atenção dos alunos e promover um aprendizado significativo".

**Gráfico 05: Como as ondas sonoras se propagam em diferentes meios?**

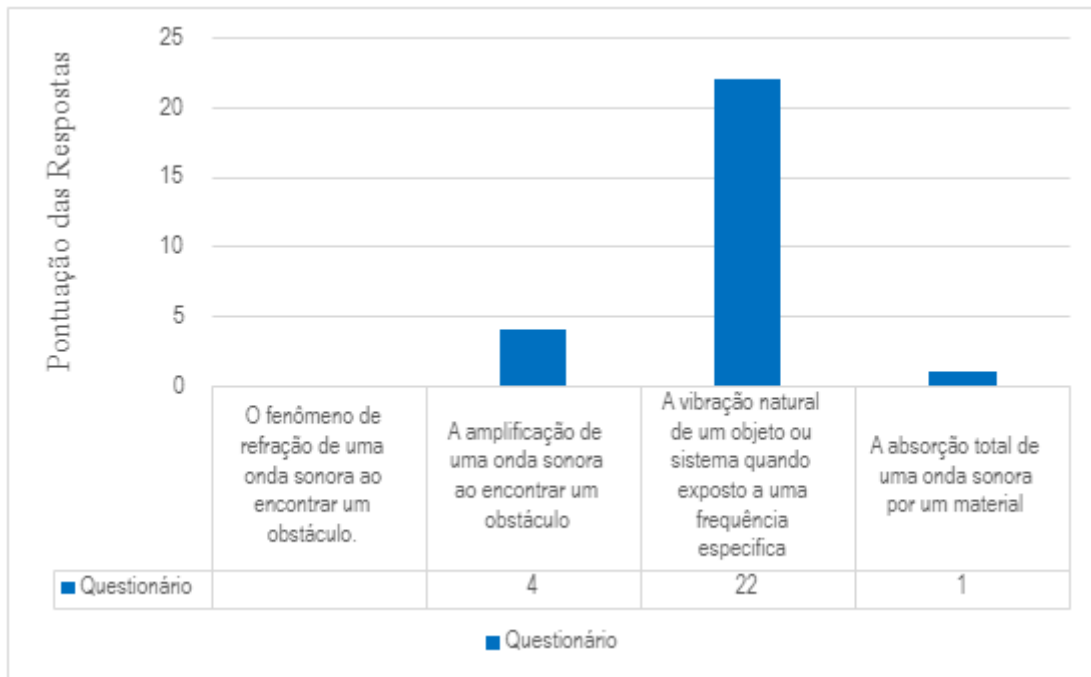


**Fontes: Autoria própria**

Ao analisar o gráfico da questão 05, nota-se uma variedade nas respostas dos alunos à pergunta "Como as ondas sonoras se propagam em diferentes meios". Entre os 28 alunos que responderam, 13 selecionaram corretamente a alternativa C, que indica que as ondas sonoras se propagam com maior velocidade em meios mais densos. Nove alunos escolheram a alternativa B, que incorretamente afirma que a velocidade de propagação diminui em meios mais densos, e cinco alunos marcaram a alternativa A, que incorretamente afirma que a velocidade de propagação é a mesma em qualquer meio. Isso significa que 46,42% dos alunos responderam corretamente à questão.

De acordo com Silva et al. (2020), "as atividades experimentais podem ser vistas como estratégias de descoberta, pois exploram os aspectos motivacionais dos alunos, ampliando seu processo de aprendizagem". Mesmo com a aula expositiva e a experimentação realizada em sala, uma parte considerável dos alunos ainda teve dúvidas sobre a propagação das ondas sonoras.

**Gráfico 06: O que é a ressonância em ondas sonoras?**



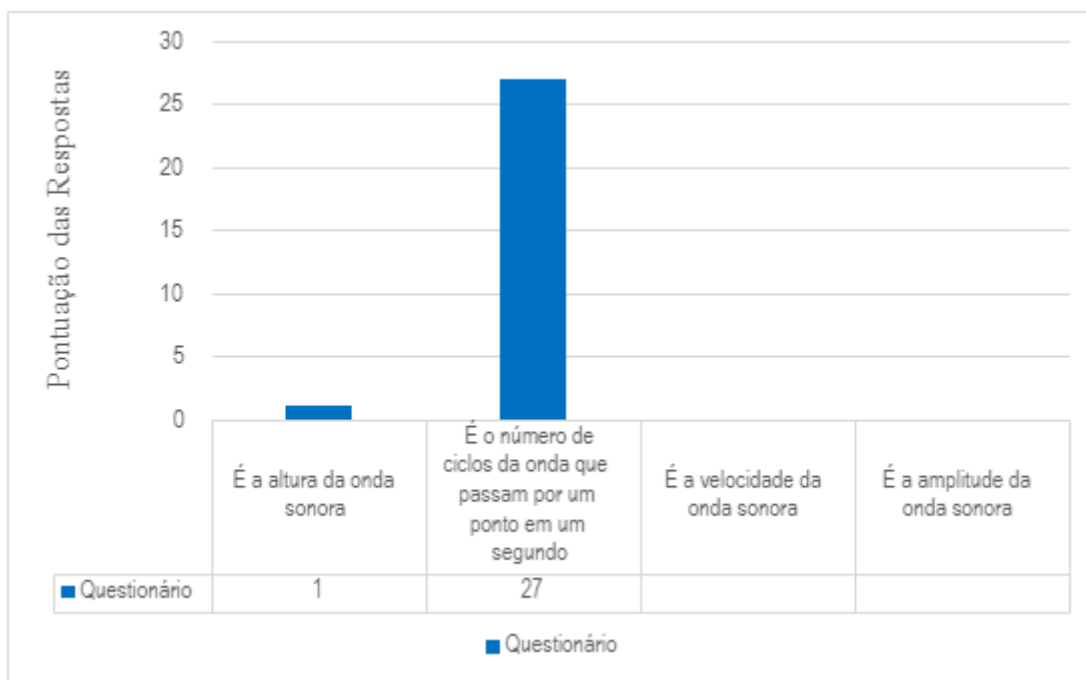
**Fonte: Autoria própria**

Ao analisar o gráfico da questão 06, é claramente visível que a maioria dos participantes selecionou corretamente a alternativa C para a pergunta sobre a definição de ressonância em uma onda sonora. A alternativa C, escolhida por 22 dos 28 alunos, afirma que a ressonância é a vibração natural de um objeto ou sistema quando exposto a uma frequência específica.

Por outro lado, 6 alunos optaram por marcar alternativas diferentes, onde uma afirmava que se trata da amplificação de uma onda sonora após encontrar um determinado obstáculo e outra dizia que é a absorção total de uma onda sonora por um material.

Destaca-se, portanto, que a porcentagem de acertos para essa questão foi de aproximadamente 78,5%. Isso reforça a ideia de que o uso de material experimental com linguagem simples e sem níveis de complexidade pode efetivamente reforçar os conceitos físicos, contribuindo para a aprendizagem dos alunos (CARVALHO, 2010).

**Gráfico 07: O que é a frequência e o período de uma onda sonora?**



**Fonte: Autoria própria**

O sétimo gráfico revela um ponto interessante: a sétima questão do questionário aborda as características mais básicas das ondas sonoras, especificamente "a frequência e o período de uma onda sonora", sub-temas indispensáveis dentro deste tópico. Segundo os alunos participantes, a oficina de software foi crucial para uma melhor compreensão dessas definições.

Consequentemente, 27 dos 28 alunos marcaram corretamente a alternativa B, que afirma que esses conceitos se referem ao número de ciclos da onda que passam por um ponto em um segundo. Apenas um aluno marcou incorretamente a opção que afirmava se tratar da "altura máxima da onda sonora". Em termos percentuais, essa questão teve uma margem de acerto de aproximadamente 96,4%. Isso demonstra que o método utilizado é fundamental na sala de aula, pois permite maior interação dos alunos e melhora a compreensão desses conceitos (CARVALHO, 2010).

**Questão discursiva 1: Descreva com suas palavras o que seria o fenômeno da difração de ondas sonoras?**

**Percentual das respostas:**

A questão 8, diferentemente das outras do questionário, era descritiva e tinha como objetivo verificar se os alunos participantes conseguiam, com suas próprias palavras, descrever o conceito de "difração das ondas sonoras". Das 28 respostas possíveis, 23 foram obtidas, com 5 alunos optando por não responder. Entre as respostas recebidas, 18 definiram corretamente o conceito, enquanto 2, apesar de usarem sinônimos diferentes, se aproximaram da resposta esperada. As 3 respostas restantes definiram erroneamente a questão da difração.

Exemplos:

**Aluno A:** "A difração de ondas sonoras, ao meu ver, é um fenômeno no qual as ondas contornam ou se espalham após passar por um obstáculo."

O aluno A respondeu corretamente à indagação proposta, pois sua definição para o fenômeno da difração se assemelhou muito ao esperado, mostrando que, após as etapas de teoria, experimentação e oficina, o conteúdo foi assimilado de forma satisfatória.

**Aluno B:** "É um desvio sofrido pela onda."

A resposta do aluno B, embora informal e incompleta, não deixa de ter coerência com o conceito de difração.

**Aluno C:** "Esse fenômeno ocorre quando as ondas sonoras encontram um obstáculo ou passam por uma abertura e se curvam ao redor dele."

O aluno C deu uma resposta coerente com as definições de difração, mesmo utilizando sinônimos diferentes em suas afirmações.

A análise das respostas corretas evidencia uma melhoria na compreensão dos conceitos básicos das ondas sonoras entre os alunos do terceiro ano, atribuída à utilização dos experimentos e da oficina em sala de aula. Isso destaca a importância de aplicar essas metodologias para promover uma melhor compreensão desses princípios e estimular o interesse dos alunos em relação a esses conceitos (Silva et al., 2020).

### **Questão discursiva 2: Qual a diferença entre crista e vale em uma onda sonora?**

Seguindo para a questão 9, que também era descritiva, foram obtidas 28 respostas dos alunos participantes. Todos responderam corretamente à pergunta inicial, resultando em respostas com sinônimos diversificados, mas sempre coerentes com o conceito de "crista e vale de uma onda sonora". As respostas incluíram exemplos como:

Aluno A: “Em uma onda sonora, a crista representa o ponto de maior deslocamento positivo em relação à posição de equilíbrio, enquanto o vale representa o ponto de maior deslocamento negativo em relação à posição de equilíbrio.”

Observando a resposta do aluno A, é evidente que ele adquiriu um conhecimento eficaz sobre os conceitos básicos das ondas sonoras. Esse conhecimento foi refinado por meio da experimentação e das diferentes metodologias utilizadas, resultando em uma resposta formal e completa. A precisão e a clareza da resposta do aluno A indicam que ele conseguiu internalizar e articular conceitos complexos com precisão técnica. A utilização de termos específicos como "deslocamento positivo" e "deslocamento negativo" demonstra uma compreensão profunda e detalhada do fenômeno estudado. Isso reforça a eficácia das abordagens práticas e teóricas integradas no projeto, que não apenas facilitam a assimilação de conceitos, mas também capacitam os alunos a expressar esses conceitos de maneira clara e correta. A resposta do aluno A é um excelente exemplo de como a experimentação e metodologias ativas podem enriquecer o aprendizado e fomentar a confiança dos alunos em suas habilidades científicas.

Aluno B: "A crista representa os pontos mais altos das ondas, já o vale representa os pontos mais baixos."

O aluno B respondeu de forma direta, mas correta, à dúvida da pergunta inicial, utilizando uma linguagem mais informal. Isso está alinhado com um dos objetivos do projeto, que é a simplicidade de expressar conceitos complexos. A capacidade de transmitir informações de maneira clara e acessível é fundamental para garantir que todos os alunos, independentemente de seu nível de conhecimento prévio, possam compreender os princípios básicos discutidos. A resposta do aluno B demonstra que o projeto conseguiu atingir seu propósito de facilitar o entendimento de conceitos científicos através de explicações simplificadas, mas precisas. Essa abordagem também promove a confiança dos alunos em suas próprias habilidades para explicar conceitos científicos, contribuindo para uma aprendizagem mais sólida e duradoura.

Aluno C: "A diferença é que um é o ponto mais alto e o outro o mais baixo de uma onda."

O aluno C também respondeu corretamente, usando uma resposta direta e linguagem informal, mas mantendo a coerência com os conceitos abordados. As demais respostas dos alunos participantes seguiram esse modelo, apresentando respostas simples, corretas e

coerentes. Todos os 28 alunos participantes conseguiram, ao final, responder corretamente à dúvida imposta pela pergunta.

Nesse contexto, a aplicação de atividades práticas sobre ondas sonoras permitiu aos alunos vivenciar os conceitos em um contexto real, o que resultou em uma aprendizagem mais significativa. Isso reforça a ideia de que as experiências práticas são essenciais para a educação científica, pois proporcionam uma compreensão mais sólida e duradoura dos fenômenos estudados (Carvalho, 2010).

**Questão discursiva 3: Após todas as etapas do projeto, ficou mais fácil entender o conteúdo? Por quê?**

A questão 10, a terceira no formato discursivo, visava avaliar o impacto do projeto no processo de ensino-aprendizagem dos 28 alunos participantes. Para essa pergunta, foram obtidas 27 respostas positivas e 1 resposta negativa, ou seja, 99% dos alunos afirmaram que, após a aplicação do projeto, o aprendizado do conteúdo e a assimilação de seus conceitos básicos se tornaram mais simples e fáceis. As respostas incluíram exemplos como:

Aluno A: "Sim, ficou um pouco mais fácil de entender o conteúdo por causa das demonstrações em desenhos no quadro e da parte da experimentação também."

Observando a resposta do aluno A, percebe-se que ele achou mais fácil compreender os conceitos básicos das ondas sonoras após a aplicação do projeto, devido às diferentes metodologias ativas utilizadas ao longo do processo. As demonstrações visuais e a experimentação prática foram fundamentais para reforçar o aprendizado, permitindo uma assimilação mais clara e concreta dos conceitos. Essa abordagem combinada de teoria e prática facilita a internalização do conhecimento, tornando-o mais acessível e significativo para os alunos. Além disso, o uso de diferentes estratégias pedagógicas ajudou a manter o interesse e o engajamento dos alunos, demonstrando a eficácia de métodos de ensino diversificados na educação científica.

Aluno B: "Sim, porque com essa atividade me fez pesquisar mais sobre o assunto."

O aluno B destacou que o projeto despertou um interesse maior pelo tema ondas sonoras, o que pode ser atribuído às atividades de experimentação e oficinas realizadas em sala de aula. Esse aumento no interesse é significativo, pois indica que as metodologias empregadas não apenas facilitaram a compreensão dos conceitos, mas também incentivaram os alunos a se aprofundarem no assunto por conta própria. O estímulo à pesquisa e à curiosidade é um dos objetivos centrais da educação, pois promove a aprendizagem contínua

e autônoma. Portanto, o impacto positivo do projeto vai além da sala de aula, influenciando a atitude dos alunos em relação ao aprendizado e ao estudo de ciências de forma mais ampla.

Aluno C: "Sim, pois fica muito mais simplificado e com vários exemplos diferentes."

O aluno C mencionou que o uso de metodologias variadas no projeto facilitou a simplificação dos conceitos abordados. A exposição de um mesmo conceito por diferentes meios permitiu uma melhor absorção do conteúdo pelos alunos. Ele também destacou que a diversidade de exemplos proporcionou múltiplas perspectivas sobre o mesmo tema, tornando o aprendizado mais acessível e compreensível. Além disso, o aluno apontou que essas diferentes abordagens contribuíram para manter o interesse e a atenção dos alunos durante as aulas, promovendo um ambiente de aprendizado mais dinâmico e interativo. Essa abordagem integrada não só reforça os conceitos, mas também estimula o pensamento crítico e a capacidade de aplicar o conhecimento em diferentes contextos.

Esses resultados indicam que a experimentação em sala de aula não só facilita a compreensão dos conceitos de ondas sonoras, mas também aumenta o engajamento e a motivação dos alunos. Tais atividades práticas são fundamentais para transformar o aprendizado teórico em conhecimento aplicável (Rodrigues Pereira, 2018).



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação em Física no ensino médio tem sido alvo de numerosos estudos que visam tornar o aprendizado mais envolvente. Diversas metodologias foram desenvolvidas com esse propósito. Neste estudo, conceitos como ondas sonoras, frequência, amplitude, ressonância, crista e vale, entre outros princípios fundamentais, foram explorados. A pesquisa investigou e analisou a utilização de experimentos de baixo custo e softwares como recursos didáticos valiosos para facilitar a compreensão e assimilação dos princípios das ondas sonoras pelos alunos do terceiro ano do ensino médio. Os objetivos estabelecidos foram plenamente alcançados por meio de uma análise detalhada do impacto da experimentação no entendimento dos alunos, utilizando um questionário como ferramenta de avaliação.

Inicialmente, após a aplicação das primeiras duas etapas na semana 01, que correspondem à aula teórica em sala de aula e à exposição dos experimentos de baixo custo, os resultados obtidos pelos alunos foram considerados "satisfatórios". No entanto, após a realização de uma aula prática com os experimentos elaborados, abrangendo os fundamentos das ondas sonoras, houve uma notável evidente melhora na compreensão e assimilação desses conceitos pelos alunos. Essa melhora foi acompanhada de maior interação e participação dos alunos, o que não ocorreu na aula teórica.

Nas etapas seguintes, que incluíram uma oficina de software em sala de aula e a aplicação do questionário, os resultados, apresentados em gráficos cuidadosamente gerados a partir dos questionários, destacaram essa significativa melhoria observada. Esses resultados ressaltam de maneira indubitável a importância crucial da experimentação e do uso de diferentes metodologias ativas, como o uso de software, como ferramentas imprescindíveis para a compreensão dos princípios das ondas sonoras. Esse método pedagógico facilita a assimilação dos conteúdos, promove o interesse intrínseco dos alunos por esses conceitos fundamentais e, sobretudo, ratifica a eficácia desse método de ensino.

Portanto, recomenda-se veementemente a ampliação e a aplicação contínua de práticas experimentais não somente no contexto das aulas sobre ondas sonoras, mas também em diversas áreas da física, devido à evidente contribuição dessas práticas na otimização do entendimento e na consolidação dos conceitos pelos estudantes. Esse processo não só aprimora a experiência educacional, tornando-a mais eficiente e atraente, mas também estimula o interesse dos alunos para explorar e compreender os aspectos fundamentais da física com maior profundidade e entusiasmo.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. H. A.; ABIB, M. L. V. S. **O ensino de Física na escola básica: dificuldades e perspectivas**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2003, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2003. disponível em scielo.br link de acesso em; julho de 2024 <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXKgDsXw5Dy4R/?format=pdf&lang=pt>

MOREIRA, M. A. **Ensino de Física: conteúdos, metodologias e recursos**. São Paulo: Editora Moderna, 2011b. disponível em pt.scribd.com link de acesso; julho de 2024 <https://pt.scribd.com/document/422123299/Marco-Antonio-Moreira-Metodologias-de-Pesquisa-Em-Ensino-Editora-Livraria-Da-Fisica-2011>

PREUSSLER, E. P. **A importância dos experimentos no ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 39, n. 4, p. 471-480, 2017. disponível em unisc.br link de acesso; julho de 2024 [https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/pibid\\_unisc/article/view/17861](https://online.unisc.br/acadnet/anais/index.php/pibid_unisc/article/view/17861)

RAHAL, S.; LUZ, M. S. M. **Ensino de Física no Brasil: desafios e perspectivas**. São Paulo: Editora da USP, 2009. disponível em fep.if.usp.br, link de acesso julho de 2024 [http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivo/projetos/artigos/MOREIRA\\_2000.pdf](http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivo/projetos/artigos/MOREIRA_2000.pdf)

SOUSA, T. T. D. **O uso de experimentos no ensino de ondas sonoras**. Revista de Educação Física, v. 20, n. 3, p. 45-60, 2009. disponível em revistapos.cruzeirosul.edu.br link de acesso; julho de 2024 <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/rencima/article/view/1183>

ARAÚJO, M. S. T. & ABIB, M. L. V. S. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.

BORGES, A. T. J. **Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.

MEC, Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, 1999.

CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; LEITE, V. F. **Determinação da velocidade do som no ar através do eco.** *Revista Física na Escola*, v. 13, n. 1, p.19- 23, maio 2012.

DURAN, J. E. R. **Biofísica: Fundamentos e aplicações.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003. 318p.

REGO, M. A. **A ciência e suas afirmações.** 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2014.

GASPAR, A. **Física e a busca pelo conhecimento.** São Paulo: Atual, 2004.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** Porto Alegre: Artmed, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: um conceito em evolução.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

VASCONCELOS, M. F. **Concepções alternativas e aprendizagem significativa.** São Paulo: Cortez, 2003.

LEÃO, M. A. **Ensino tradicional e suas limitações.** In: **EDUCAÇÃO**, perspectivas e desafios. Rio de Janeiro: Vozes, 1999. p. 189-200. disponível em scielo.br link de acesso; julho de 2024 <https://www.scielo.br/j/cp/a/PwJJHwexknGGMghXdGRXZbB/?format=pdf&lang=pt>

GUIMARÃES, V. M. **O papel da teoria na prática educativa.** Belo Horizonte: UFMG, 2009.

COELHO, H.; MARTINS, R. **Contextualização no ensino de ciências.** Campinas: Unicamp, 2020.

SILVA, C. **Construtivismo no ensino de ciências.** São Paulo: USP, 2007.

BARREIRO, C.; BAGNATO, V. **A experimentação no ensino de Física.** 2. ed. São Paulo: Scipione, 1992. p. 240.

MARINELI, L. C.; PACCA, J. L. M. **A importância da experimentação no ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 45-52, 2006.

MORAES, R. B. **Metodologias ativas no ensino de ciências**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

DIRETRIZES CURRICULARES DA EDUCAÇÃO BÁSICA DE CIÊNCIAS. Resolução CNE/CEB nº 4, de 13 de julho de 2008.

SERÉ, M. G. et al. **Práticas experimentais no ensino de Física**. Journal of Science Education, Buenos Aires, v. 4, n. 1, p. 34-49, 2003.

MANACORDA, M. **A relevância da experiência prática no ensino**. Porto Alegre: Penso, 2022.

ZANON, C.; FREITAS, D. **Teoria e prática no ensino de Ciências**. Florianópolis: UFSC, 2007.

AZEVEDO, R. et al. **Experimentação no ensino de Física: uma abordagem metodológica**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

COSTA, A. R. **Desenvolvimento de habilidades científicas através da experimentação**. São Paulo: Edusp, 2015.

ARAÚJO, M. H. A.; ABIB, M. L. V. S. **Práticas experimentais no ensino de Física: uma análise de artigos**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 20, n. 2, p. 123-136, 2003.

ERROBIDART, J. et al. **Experimentação no ensino de ondas: uma análise de publicações**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 567-579, 2009.

LABURÚ, C. E.; SILVA, A. F.; BARROS, H. R. **Experimentos de baixo custo no ensino de Física**. Curitiba: UFPR, 2008.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. **Possibilidades dos filmes de ficção científica como recurso didático nas aulas de física: Construção de um instrumento de análise.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 257-274, 2006. Disponível em: [link do artigo]. Acesso em: 18 jun. 2024.

BARBOSA, J. B.; ALMEIDA, M. L.; QUEIROZ, S. L. **Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no ensino de Física: Uma proposta de formação inicial de professores.** Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, v. 19, n. 2, p. 1-16, 2017. Disponível em: [link do artigo]. Acesso em: 18 jun. 2024.

BONADIMAN, J. C.; NONENMACHER, B. A. G. **Gostar e aprender Física: Proposta de metodologia para unir o aprender e o gostar no ensino de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 369-378, 2007. Disponível em: [link do artigo]. Acesso em: 18 jun. 2024.

VASCONCELOS, A. M. **Simulações do PhET para o ensino e aprendizagem de Química: possibilidades de aplicação no ensino de Física.** Revista Química Nova na Escola, v. 37, n. 2, p. 100-106, 2015. Disponível em: [link do artigo]. Acesso em: 18 jun. 2024.

5. FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. **O computador no ensino e aprendizagem das ciências físicas: potencialidades e estratégias.** Revista Portuguesa de Educação, v. 16, n. 1, p. 31-46, 2003. Disponível em: [link do artigo]. Acesso em: 18 jun. 2024.

Para os cientistas mencionados:

- CHLADNI, E. F. F. Estudos sobre padrões de vibração em placas ressonantes. 1802.
- HELMHOLTZ, H. Estudos sobre a ressonância acústica. 1863.

## APÊNDICE A – PLANOS DE AULAS

### PLANO DE AULA 01

**Instituição:** Universidade Federal do Maranhão - UFMA

**Curso:** Licenciatura em Ciências Naturais/Química

**Disciplina:** Física - ensino médio

**Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ **Tempo:** 50 minutos

**Professor:** Marcos Vinicius Lima de Araújo

**Tema da Aula:** Ondas sonoras; definições, características e aplicações

#### **Objetivo geral:**

- Compreender os princípios fundamentais das ondas sonoras
- Reconhecer a importância das ondas sonoras em várias aplicações do cotidiano.
- Promover a curiosidade e o interesse dos alunos pela física e pelo som.

#### **Objetivos específicos:**

- Identificar as características das ondas sonoras, como amplitude, frequência e velocidade de propagação.
- Explicar como o som se propaga através de diferentes meios, como sólidos, líquidos e gases.
- Demonstrar como a frequência de uma onda sonora está relacionada com a percepção de tons graves e agudos.

#### **Estrutura do Conteúdo:**

##### **Introdução às Ondas**

I. Definição de ondas

II. Importância das ondas na natureza e na tecnologia

##### **Características das Ondas**

I. Amplitude

II. Frequência

III. Comprimento de onda

IV. Velocidade da onda

V. Período

VI. Fase

##### **Tipos de Ondas**

#### ***Ondas Mecânicas***

I. Ondas de som

II. Ondas em cordas e molas

#### ***Ondas Eletromagnéticas***

I. Luz visível

II. Ondas de rádio

III. Ondas infravermelhas

IV. Ondas ultravioletas

V. Raios X e gama

**Encaminhamento Metodológico:** Aula expositiva e resumos e exemplos do cotidiano.

**Recursos didáticos:** computador, projetor, pincel e mapas conceituais.

**Avaliação:** discussão através da aplicação de exercícios de fixação.

**Tema da próxima Aula:** Coleta de sons, construção/demonstração de experimentação de baixo custo

### **Referências Bibliográficas:**

FUGULIN. M. P, NASCIMENTO. M. A. E, **Física para o Ensino Médio** - Volume 2,

19 nov. de 2012 disponível em:

<https://www.amazon.com.br/F%C3%ADsica-Para-Ensino-M%C3%A9dio-2/dp/8502132520>

## **PLANO DE AULA 02**

**Instituição:** Universidade Federal do Maranhão - UFMA

**Curso:** Licenciatura em Ciências Naturais/Química

**Disciplina:** Física - ensino médio

**Data:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_ **Tempo:** 50 minutos

**Professor:** Marcos Vinicius Lima de Araújo

**Tema da Aula:** Ondas sonoras; exposição de experimentos de baixo custo

### **Objetivo geral:**

- Compreender os princípios fundamentais das ondas sonoras
- Reconhecer a importância das ondas sonoras em várias aplicações do cotidiano.
- Promover a curiosidade e o interesse dos alunos pela física e pelo som.

### **Objetivos específicos:**

- Identificar as características das ondas sonoras, como amplitude, frequência e velocidade de propagação.
- Realizar experimentos práticos para visualizar e medir características das ondas sonoras.
- Estimular a participação dos alunos por meio de discussões em grupo e atividades práticas envolvendo ondas sonoras.

### **Estrutura do Conteúdo:**

**I - Experimento da Corda Vibrante:** Prenda uma corda a duas extremidades e estique-a. Plaque a corda e observe como a vibração cria ondas sonoras visíveis. Alterar a tensão ou a espessura da corda pode mostrar como isso afeta o som produzido.

**II – Experimento como enxergar sua própria voz:** isso acontece por conta de várias ondas mecânicas produzidas nas cordas vocais, que são transmitidas pela voz, essas ondas se chocam com o balão fazendo-o vibrar juntamente com o espelho, que reflete o laser em uma superfície, formando os desenhos de acordo com intensidade das ondas mecânicas emitidas.

**III - Ressonância com Copos:** Coloque diferentes quantidades de água em copos de vidro e faça os alunos tocarem os copos com uma colher. Eles podem ouvir como a quantidade de água afeta a frequência do som produzido.

**IV - Experimento do Som Viajante:** Coloque um relógio com um tique-taque alto em uma caixa e, em seguida, feche a caixa. Os alunos podem ouvir como o som se propaga e como diferentes materiais podem abafar ou amplificar o som.

**V - Experimento com Diapasão:** Use um diapasão e uma tigela de água. Faça o diapasão vibrar e mergulhe-o na água. Os alunos podem observar como a frequência do som muda quando o diapasão é colocado na água.

**Encaminhamento Metodológico:** Aula expositiva e resumos e exemplos do cotidiano.

**Recursos didáticos:** computador, projetor, pincel e mapas conceituais.

**Avaliação:** discussão através da aplicação de exercícios de fixação.

**Tema da próxima Aula:** Oficina sobre o software/ análise de dados com a turma

**Referências Bibliográficas:**

FUGULIN. M. P, NASCIMENTO. M. A. E, **Física para o Ensino Médio - Volume 2,**

19 nov. de 2012 disponível em:

<https://www.amazon.com.br/F%C3%ADsica-Para-Ensino-M%C3%A9dio-2/dp/8502132520>

## **PLANO DE AULA 03**

**Instituição:** Universidade Federal do Maranhão - UFMA

**Curso:** Licenciatura em Ciências Naturais/Química

**Disciplina:** Física - ensino médio

**Data:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_ **Tempo:** 50 minutos

**Professor:** Marcos Vinicius Lima de Araújo

**Tema da Aula:** Ondas sonoras; Oficina sobre o software/análise de dados com a turma

**Objetivo geral:**

- Compreender os princípios fundamentais das ondas sonoras
- Promover a curiosidade e o interesse dos alunos pela física e pelo som.

**Objetivos específicos:**

- Identificar as características das ondas sonoras, como amplitude, frequência e velocidade de propagação utilizando o programa (Sonic – Visualiser)
- Estimular a participação dos alunos por meio de discussões em grupo e atividades práticas envolvendo ondas sonoras.



### **Estrutura do Conteúdo:**

Etapa essa que pode ocorrer de duas formas;

- I- Levar a turma para o laboratório de informática da UFMA – CCSB onde ocorra de forma interativa
  - A apresentação do software (Sonic visualiser)
  - A análise dos sons coletados pela turma anteriormente
  - Distribuição do prêmio para o som com maior frequência que foi coletado pelos alunos.
  
- II- Em sala de aula, através de uma aula expositiva sobre o software onde logo após ocorrerá,
  - A análise dos sons coletados pela turma anteriormente
  - Distribuição do prêmio para o som com maior frequência que foi coletado pelos alunos.

**Encaminhamento Metodológico:** Aula expositiva com exemplos utilizando o software.

**Recursos didáticos:** computador, projetor, pincel e mapas conceituais.

**Avaliação:** discussão através da aplicação de exercícios de fixação.

**Tema da próxima Aula:** Avaliação de aprendizagem

### **Referências Bibliográficas:**

FUGULIN. M. P, NASCIMENTO. M. A. E, **Física para o Ensino Médio - Volume 2,**

19 nov. de 2012 disponível em:

<https://www.amazon.com.br/F%C3%ADsica-Para-Ensino-M%C3%A9dio-2/dp/8502132520>

CANNAM. C, **sonic visualiser**, disponível em: No Centro de Música Digital da Queen Mary University of London <https://www.sonicvisualiser.org/>

## **PLANO DE AULA 04**

**Instituição:** Universidade Federal do Maranhão - UFMA

**Curso:** Licenciatura em Ciências Naturais/Química

**Disciplina:** Física - ensino médio

**Data:** \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_ **Tempo:** 50 minutos

**Professora:** Marcos Vinicius Lima de Araújo

**Tema da Aula:** Ondas sonoras; Oficina sobre o software/análise de dados com a turma

**Objetivo geral:**

- Compreender os princípios fundamentais das ondas sonoras
- Promover a curiosidade e o interesse dos alunos pela física e pelo som.

**Objetivos específicos:**

- Resolver problemas que envolvam o conteúdo de ondas sonoras, como a velocidade do som em diferentes meios!
- Estimular a participação dos alunos por meio de discussões em grupo e atividades práticas envolvendo ondas sonoras.

**Estrutura do Conteúdo:**

Aplicação de um questionário via google forms ou quis online, com perguntas de múltipla escolha a respeito do que foi abordado no projeto

- 1- O que são ondas sonoras e como elas se propagam?
- 2- Qual é a diferença entre frequência e amplitude em uma onda sonora?
- 3- Como podemos medir a intensidade do som e qual é a unidade de medida?
- 4- O que é o fenômeno da ressonância e qual é a sua importância em instrumentos musicais?
- 5- Quais são os limites de audibilidade e os danos à audição causados por exposição a níveis elevados de som?
- 6- Dê sua opinião sobre no que esse projeto contribuiu para o ensino de física e de ondas sonoras

**Obs.** Disponibilizar uma versão impressa para aqueles alunos que não tenham acesso a rede de internet para preencher o questionário online

**Encaminhamento Metodológico:** Aula dialogada com a aplicação de um questionário online/impresso.

**Recursos didáticos:** computador, projetor, pincel e mapas conceituais.

**Avaliação:** discussão através da aplicação do questionário.

**Referências Bibliográficas:**

FUGULIN. M. P, NASCIMENTO. M. A. E, **Física para o Ensino Médio - Volume 2**,  
19 nov. de 2012 disponível em:

<https://www.amazon.com.br/F%C3%ADsica-Para-Ensino-M%C3%A9dio-2/dp/8502132520>

CANNAM. C, **sonic visualiser**, disponível em: No Centro de Música Digital da Queen Mary University of London <https://www.sonicvisualiser.org/>

## **APÊNDICE B – ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO.**

### **Roteiro de Experimento de Baixo Custo 01: Explicando Conceitos de Ondas Sonoras com a Mola Maluca**

#### **Objetivo do Experimento:**

Demonstrar os conceitos básicos de ondas sonoras, como frequência, amplitude, e propagação, utilizando uma mola maluca (também conhecida como Slinky).

#### **1. Materiais Necessários:**

- 1 mola maluca (Slinky)
- 1 fita adesiva colorida (opcional)
- 1 régua ou fita métrica
- 1 cronômetro ou aplicativo de medição de tempo no celular
- 1 celular ou computador com o software Sonic Visualiser (opcional)

#### **2. Introdução Teórica:**

Antes de iniciar o experimento, explique brevemente os conceitos de ondas sonoras:

- Onda sonora: Perturbação que se propaga através de um meio (ar, água, etc.) transportando energia sem transportar matéria.
- Frequência ( $f$ ): Número de oscilações que uma onda realiza por segundo, medida em Hertz (Hz).
- Amplitude ( $A$ ): Altura máxima da onda, relacionada à intensidade do som.
- Comprimento de onda ( $\lambda$ ): Distância entre dois pontos equivalentes em ondas consecutivas (picos ou vales).

#### **3. Procedimento Experimental:**

Etapa 1: Preparação

1. Configuração do experimento:

- Coloque a mola maluca sobre uma superfície plana e segura.
- Se desejar, marque o centro da mola com fita adesiva colorida para facilitar a visualização das ondas.

2. Disposição da mola:

- Segure uma extremidade da mola e peça para um colega segurar a outra extremidade, mantendo a mola esticada, mas sem tensionar excessivamente.

## Etapa 2: Observação das Ondas

### 1. Geração de ondas transversais:

- Movimente rapidamente uma das extremidades da mola para cima e para baixo, gerando uma onda que se deslocará ao longo da mola. Observe como a onda se propaga.

- Discuta com os alunos o conceito de frequência e como a velocidade do movimento influencia a frequência da onda.

### 2. Geração de ondas longitudinais:

- Comprima e solte uma parte da mola ao longo do eixo da mola, gerando uma onda longitudinal. Observe a propagação da compressão ao longo da mola.

- Discuta o conceito de compressão e rarefação, relacionando-os com o som.

## Etapa 3: Medições e Análises

### 1. Medindo a frequência:

- Crie ondas transversais e conte o número de oscilações em 10 segundos. Use o cronômetro para medir o tempo e calcule a frequência da onda.

### 2. Medindo o comprimento de onda:

- Meça a distância entre dois picos consecutivos da onda (ou compressões no caso da onda longitudinal). Use a régua ou fita métrica para essa medição.

### 3. Análise com Sonic Visualiser (Opcional):

- Grave o som produzido ao fazer as ondas na mola e analise a forma de onda usando o software Sonic Visualiser. Compare a forma de onda visualizada no software com as ondas observadas na mola.

## 4. Discussão:

### 1. Relação entre os conceitos:

- Relacione a frequência medida com a tonalidade do som. Frequências mais altas correspondem a sons mais agudos, enquanto frequências mais baixas correspondem a sons mais graves.

- Discuta como a amplitude da onda está relacionada à intensidade do som.

### 2. Comparação com ondas sonoras:

- Explique como as ondas na mola maluca são uma analogia para ondas sonoras que se propagam no ar. Ondas longitudinais na mola maluca são semelhantes à forma como as ondas sonoras se propagam através de compressões e rarefações.

### **5. Conclusão:**

Finalize discutindo a importância da experimentação no entendimento dos conceitos de física. Reforce como um simples experimento com uma mola maluca pode ajudar a ilustrar fenômenos físicos complexos, como as ondas sonoras.

### **Sugestão de Atividades Complementares**

- Pedir aos alunos que façam um relatório detalhado do experimento, incluindo as observações, cálculos e análise dos resultados.
- Propor a comparação do experimento com outras formas de geração de ondas sonoras, como a vibração de cordas ou instrumentos musicais simples.

## **Roteiro de Experimento de Baixo Custo 02: Visualize sua voz: Explorando Ondas Sonoras com um Aparato Experimental**

### **OBJETIVO**

Demonstrar a transformação de ondas sonoras em imagens visuais usando um aparato experimental simples e de baixo custo, baseado em um experimento descrito por Valadares (2002).

### **MATERIAIS NECESSÁRIOS:**

- Lata de metal (75 mm de diâmetro e 80 mm de comprimento)
- Balão de festa
- Elásticos de borracha
- Régua de 30 cm
- Caneta laser
- Prendedor de roupa
- Espelho plano (1 cm x 1 cm)
- Fita adesiva (dupla face)
- Caixa de som amplificada
- Computador com software gerador de áudio (Audio Sweep Generator)

### **MONTAGEM DO APARATO**

#### **1. Preparação da Lata:**

- Retire ambas as tampas da lata de metal.

- Corte a ponta do balão e estique-o sobre uma das extremidades da lata, prendendo com um elástico de borracha.

## 2. Espelho na Membrana:

- Cole o espelho no centro da membrana formada pelo balão.

## 3. Fixação na Régua:

- Coloque a lata em uma das extremidades da régua e fixe-a com dois elásticos.

- Na outra extremidade da régua, fixe a caneta laser usando o prendedor de roupa, de modo que o laser aponte para o centro do espelho.

## 4. Ajuste do Laser:

- Certifique-se de que o laser esteja bem direcionado para o espelho, o que permitirá a reflexão da luz em uma superfície.

## EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

### 1. Conexão e Teste:

- Conecte o aparato a uma caixa de som amplificada.

- Use o software gerador de áudio para emitir frequências variáveis entre 1 Hz e 20 kHz.

- Observe as imagens geradas na superfície onde o laser é refletido.

### 2. Observação das Imagens:

- Experimente diferentes frequências e observe como as figuras mudam. Abaixo de 732 Hz, o aparato deve gerar imagens claras e distintas.

- Use diferentes tipos de sons, como músicas de diferentes gêneros, e observe as variações nas imagens.

### 3. Análise dos Resultados:

- Registre as frequências que geram imagens mais interessantes.

- Compare as figuras formadas com as figuras de Lissajous, que são padrões harmônicos clássicos.

## DISCUSSÃO:

- Explique como a intensidade e a frequência do som influenciam as imagens formadas.

- Relacione os resultados com os conceitos de ondas sonoras, como amplitude, frequência, e timbre.

## CONCLUSÃO:

- Discuta as possíveis aplicações deste experimento no ensino de física, especialmente na compreensão de ondas sonoras.

- Sugira variações do experimento, como o uso de diferentes tipos de membranas para observar a influência da elasticidade na formação das figuras.

Este roteiro pode ser utilizado para conduzir o experimento em sala de aula, facilitando a visualização dos conceitos de ondas sonoras por parte dos alunos.

## **APÊNDICE C – SEQUÊNCIA COMPLETA DO TRABALHO.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA  
CENTRO DE CIÊNCIAS SÃO BERNARDO – CCSB  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS NATURAIS/QUÍMICA**

**Discente:** Marcos Vinicius Lima de Araujo

**Orientador:** Prof. Dr. Thiago Targino Gurgel

### **Estratégias para o ensino de Física sobre ONDAS SONORAS**

#### **Trabalho de conclusão de curso – TCC**

Roteiro para Aplicação: **Turma de 3º ano do ensino médio**

#### **AULA 01) AULA TEÓRICA SOBRE ONDAS!**

##### **Introdução às Ondas**

- I. Definição de ondas
- II. Importância das ondas na natureza e na tecnologia

##### **Características das Ondas**

- I. Amplitude
- II. Frequência
- III. Comprimento de onda
- IV. Velocidade da onda
- V. Período
- VI. Fase

##### **Tipos de Ondas**

###### **I. Ondas Mecânicas**

- II. Ondas de som
- III. Ondas em cordas e molas

###### **IV. Ondas Eletromagnéticas**

- V. Luz visível
- VI. Ondas de rádio
- VII. Ondas infravermelhas
- VIII. Ondas ultravioletas
- IX. Raios X e gama

Após a exposição dos conceitos de introdução sobre ondas, abordaremos então como maior especificidade o tópico; **ondas sonoras**

## ONDAS SONORAS

As ondas sonoras são uma forma de energia que se propaga através de meios materiais, como ar, água ou sólidos, na forma de compressões e rarefações. Elas são produzidas por vibrações de fontes sonoras, como instrumentos musicais ou cordas vocais. Aqui estão alguns postos-chaves:

**I - Produção de Ondas Sonoras:** As ondas sonoras são geradas quando uma fonte vibratória perturba as partículas do meio circundante, criando regiões de compressão (onde as partículas estão mais próximas) e rarefação (onde estão mais afastadas).

### **II - Características das Ondas Sonoras:**

- Frequência: Determina o tom do som e é medida em Hertz (Hz).
- Amplitude: Afeta a intensidade do som, relacionada com o volume.
- Comprimento de Onda: A distância entre dois pontos correspondentes em uma onda sonora.
- Velocidade do Som: Depende do meio e da temperatura, aproximadamente 343 metros por segundo no ar a 20°C.

**III - Propagação do Som:** O som se propaga em todas as direções a partir da fonte e pode ser refletido, refratado e difratado.

**IV - Percepção Humana:** Nossos ouvidos são sensíveis a uma faixa específica de frequências, o que nos permite ouvir sons. O ouvido humano é capaz de distinguir diferentes tons, volumes e timbres.

**IV - Aplicações das Ondas Sonoras:** As ondas sonoras têm uma ampla variedade de aplicações, incluindo:

- Comunicação por voz e música.
- Tecnologia de ultrassom para imagem médica.
- Sonares para mapear o fundo do oceano e detectar objetos subaquáticos.
- Isolamento acústico em arquitetura e engenharia.

**V - Velocidade do Som em Diferentes Meios:** A velocidade do som varia dependendo do meio. Por exemplo, é mais rápido na água do que no ar e ainda mais rápido em sólidos.

Em resumo, as ondas sonoras são a base da nossa capacidade de ouvir e têm inúmeras aplicações na ciência, tecnologia e música. Elas são fundamentais para a nossa compreensão do mundo sonoro ao nosso redor.

## AULA 02) COLETA DE SONS/ EXPOSIÇÃO DE EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO

No segundo momento, acontecerá a complementação/revisão de todos os tópicos abordados na primeira aula, só que com a diferença que dessa vez o foco será na experimentação como forma de ensino - aprendizagem

### **kit de experimentos a serem utilizados:**

**I - Experimento da Corda Vibrante:** Prenda uma corda a duas extremidades e estique-a. Pluque a corda e observe como a vibração cria ondas sonoras visíveis. Alterar a tensão ou a espessura da corda pode mostrar como isso afeta o som produzido.



**II – Visualizando sua própria voz:** construção de um aparato onde o mesmo funciona captando as ondas sonoras e as transformando em figuras semelhantes às figuras de Lissajous

**III - Ressonância com Copos:** Coloque diferentes quantidades de água em copos de vidro e faça os alunos tocarem os copos com uma colher. Eles podem ouvir como a quantidade de água afeta a frequência do som produzido.

**IV - Experimento do Som Viajante:** Coloque um relógio com um tique-taque alto em uma caixa e, em seguida, feche a caixa. Os alunos podem ouvir como o som se propaga e como diferentes materiais podem abafar ou amplificar o som.

**V - Experimento com Diapasão:** Use um diapasão e uma tigela de água. Faça o diapasão vibrar e mergulhe-o na água. Os alunos podem observar como a frequência do som muda quando o diapasão é colocado na água.

### **AULA 03) OFICINA DO SOFTWARE/ANÁLISE DE DADOS COM A TURMA**

Etapas que podem ocorrer de duas formas;

- I- Levar a turma para o laboratório de informática da UFMA – CCSB onde ocorra de forma interativa
  - A apresentação do software (Sonic visualiser)
  - A análise dos sons coletados pela turma anteriormente
  - Distribuição do prêmio para o som com maior frequência que foi coletado pelos alunos.
- II- Em sala de aula, através de uma aula expositiva sobre o software onde logo após ocorrerá,
  - A análise dos sons coletados pela turma anteriormente
  - Distribuição do prêmio para o som com maior frequência que foi coletado pelos alunos.

### **AULA 04) AVALIAÇÃO DE APRENDIZADO**

Aplicação de um questionário via google forms, com perguntas de múltipla escolha a respeito do que foi abordado no projeto

**Obs.** Disponibilizar uma versão impressa para aqueles alunos que não tenham acesso a rede de internet para preencher o questionário online

### **Referências Bibliográficas:**

FUGULIN. M. P, NASCIMENTO. M. A. E, **Física para o Ensino Médio - Volume 2,**

19 nov. de 2012 disponível em:

<https://www.amazon.com.br/F%C3%ADsica-Para-Ensino-M%C3%A9dio-2/dp/8502132520>