



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

TIAGO MARQUES BRANDÃO

**ONDAS SONORAS: UMA PROPOSTA MOTIVACIONAL PARA O ENSINO DE
FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

FORTALEZA

2013

TIAGO MARQUES BRANDÃO

ONDAS SONORAS: UMA PROPOSTA MOTIVACIONAL PARA O ENSINO DE FÍSICA
NO ENSINO MÉDIO

Monografia apresentada ao curso de licenciatura em Física do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de graduação.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo
Silva

FORTALEZA

2013

**ONDAS SONORAS: UMA PROPOSTA MOTIVACIONAL PARA O ENSINO DE
FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada ao curso de licenciatura em Física do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovada em 31/07/2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr Marcos Antônio Araújo Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Alexandre Gonçalves Pinheiro
Universidade Estadual do Ceará

A Deus.

Aos meus pais, Francisco e Francisca.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Marcos Antônio, pela atenção e o apoio dado neste trabalho.

Aos colegas da turma de graduação: Jardel Oliveira, Marcelo Magalhães, Antônio Rodrigues, Jhonatan Cipriano e José Nilson.

Aos meus amigos e parentes, Wilton Lopes, Cecília, Dona Laura, Rafael Costa Brandão, Adriana, Denis, Josué, João Holanda, Emanuel, Paulo Hélio, dentre outros.

“Ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção.” (Paulo Freire)

RESUMO

O ensino de Acústica tem enfrentado diversas barreiras durante o Ensino Médio, por parte dos alunos, podemos destacar alguns aspectos, como: dificuldade no aprendizado, carga horária insuficiente, dificuldades em entender os princípios da matemática básica, falta de compreensão na língua portuguesa, alguns professores que não dominam o tema, falta de interesse por parte dos estudantes, abordagem do livro, questões com nível de dificuldade elevada, dentre outros problemas. Porém, esse trabalho visa à dinamização do conteúdo, evitando assim o tradicionalismo, que persiste em acompanhar os estudantes, desestimulando os mesmos, o que torna a disciplina de física temida pela maioria. Assim, buscou-se nesse trabalho aprimorar a abordagem desse assunto, utilizando experimentos, contextualizar situações frequentes no cotidiano, buscando alternativas que facilite a excelência do ensino de Acústica. Além disso, o trabalho serviu também para conscientizar os estudantes em relação aos riscos que a intensidade sonora pode acarretar à saúde deles, como por exemplo: danos físicos ao ouvido humano, problemas cardíacos, pressão arterial, etc. Nada melhor que introduzir o estudo sobre a poluição sonora, tema presente no dia a dia. Finalmente, trouxemos alguns resultados fruto de pesquisas, que visam contribuir para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem do som, tornando-se assim o tema fácil e prazeroso de estudar.

Palavras-chaves: Ondas Sonoras, Ensino Médio, Ensino de Física.

ABSTRACT

Teaching Acoustics has faced several barriers during high school, for the students, we highlight some aspects, such as learning difficulties, insufficient workload, difficulties in understanding the basic principles of mathematics, lack of understanding in the Portuguese language, some teachers who have not mastered the subject, lack of interest by students, approach the book, issues with high level of difficulty, among other problems. However, the project aims at the promotion of content, avoiding traditionalism, which persists in tracking students, discouraging them, which makes the discipline of physical dreaded by most. Thus, this work aimed to improve the approach to this issue, using experiments, contextualize common in everyday situations, seeking alternatives that facilitates excellence in teaching acoustics. In addition, the work also served to educate students about the risks that the loudness can cause them health, such as: physical damage to the human ear, heart problems, blood pressure, etc.. Nothing better than to introduce the study on noise pollution, theme present in everyday life. Finally, some results brought the fruit of research, aimed at contributing to the development of teaching and learning of sound, thus becoming the subject easy and enjoyable to study.

Keywords: Sound Waves, Secondary Education, Teaching of Physics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa das habilidades proposto por Gagné.	15
Figura 2 – Imagem de uma frente de onda bidimensional mostrando o Princípio de Huygens.	18
Figura 3 – Esquema da metodologia adotada no procedimento experimental.	29
Figura 4 – Arranjo experimental do primeiro experimento para visualizar imagens de som.	31
Figura 5 – Esquema experimental mostrando as imagens do som.	32
Figura 6 – Propagação da onda no meio.	33
Figura 7 – Coluna de ar ressonante.	34
Figura 8 – Resultados da questão 3.	37
Figura 9 – Resultados da questão 4.	38
Figura 10 – Resultados da questão 5.	39
Figura 11 – Resultados da questão 6.	40
Figura 12 – Resultados da questão 7.	41
Figura 13 – Resultados da questão 8.	41
Figura 14 – Resultados da questão 9.	42
Figura 15 – Resultados da questão 10.	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fase e processos de estimulação de acordo com a teoria de Gagné.	16
Tabela 2 – Relação entre intervalo acústico e razão das frequências.	22
Tabela 3 – Valores da velocidade do som em diversos materiais à temperatura ambiente, quando não indicada a temperatura.	28
Tabela 4 – Resultados experimentais obtidos pelos alunos.	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivos específicos	14
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1. Teoria de aprendizagem de Gagné	15
3.2. Contexto histórico	17
3.3. Princípio de Huygens	19
3.4. A lei da refração	20
3.5. Comprimento de onda e índice de refração	21
3.6. Reflexão	21
3.7. Interferência	22
3.8. Ressonância	23
3.9. Difração	23
3.10. Altura de um som	23
3.11. Intervalo acústico entre dois sons	24
3.12. Intensidade sonora	24
3.13. Modos de vibração da corda	25
3.14. Som emitido por uma corda vibrante	26
3.15. Timbres sonoros	26
3.16. Tubos sonoros	27
3.17. Velocidade de propagação do som em um fluido	28
3.18. Velocidade de propagação do som em um gás	29
4. METODOLOGIA	31
4.1. Primeiro momento	31
4.2. Segundo momento	31
5. ABORDAGEM EXPERIMENTAL	33
5.1. A abordagem experimental: visualizando uma onda sonora	33
5.1.1. Material utilizado.	34
5.1.2. Procedimento experimental 1.	34
5.1.3. A prática experimental 1.	35
5.1.4. Questionário para a prática experimental 1	36
5.2. A abordagem experimental: empurrando o ar.	36

5.2.1. Procedimento experimental 2.	37
5.2.2. Questionário para a prática experimental 2.	37
5.3. Abordagem experimental: medindo a velocidade do som.	37
5.3.1. Material utilizado.	38
5.3.2. Procedimentos experimentais para a atividade 3.	38
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1. INTRODUÇÃO

A utilização de experimentos de baixo custo em sala de aula vem se tornando uma prática alternativa para o ensino e para a aprendizagem de Física, em virtude dos elevados custos de manutenção de um laboratório específico de tal disciplina.

Nosso desafio é, portanto, buscar meios para concretizar esses novos horizontes, especialmente dentro da realidade escolar hoje existente no país. Como conseguir realizar tanto com tão pouco espaço, tempo, recursos materiais, carências formativas e afetivas dos alunos, condições de trabalho dos professores? (PCN +, p. 3).

Com materiais de fácil acesso e de valor irrisório, esse tipo de experimento proporciona ao professor subsídios para melhorar suas práticas e conseguir atingir os objetivos propostos. Devido ao caráter abstrato de alguns tópicos relacionados à Física, fica evidente a necessidade de uma observação prática para que os alunos consigam relacionar os conceitos à sua vida cotidiana. Um desses tópicos que podemos abordar, e que faz parte deste trabalho, são os conceitos relacionados ao estudo das ondas sonoras, ou simplesmente, da acústica. Para justificar a importância de tal assunto, vemos nos relatos de várias literaturas que a não abordagem experimental no ensino médio dificulta o entendimento do assunto. O ensino de acústica tem enfrentado diversas barreiras durante o Ensino Médio por parte dos alunos, podemos destacar alguns aspectos, tais como: dificuldade no aprendizado, carga horária insuficiente, dificuldades em entender os princípios da matemática básica, falta de compreensão na língua portuguesa, alguns professores que não dominam o tema, falta de interesse por parte dos estudantes, abordagem do livro texto, questões com nível de dificuldade elevada, dentre outros.

Este trabalho visa à dinamização do conteúdo, evitando assim o tradicionalismo, que persiste em acompanhar os estudantes, desestimulando-os, o que torna a disciplina de física uma abstração para a maioria. Assim, buscou-se nesse trabalho enfatizar uma abordagem experimental do assunto de ondas sonoras, contextualizando situações frequentes no cotidiano do aluno, buscando subsídios que facilite a aprendizagem. Como elo de ligação à pesquisa, faz uma abordagem acerca dos males que os ruídos podem trazer para o ouvido humano e de forma conceitual, contribui para uma conscientização sobre tal assunto.

Em acústica, estuda-se as fontes sonoras e os fenômenos ondulatórios que podem ocorrer durante a propagação dessas ondas. Recordemos que as ondas sonoras são ondas longitudinais mecânicas e que, se propagam em meios fluidos e sólidos.

Além de nosso aparelho fonador, merecem destaque outras fontes sonoras, como por exemplo: as colunas de ar, as cordas e as membranas vibrantes, especialmente por seu uso na maioria dos instrumentos musicais.

Fazendo uma fonte sonora vibrar (ocorrendo uma perturbação), ela também faz vibrar o meio em que se encontra, em geral o ar; assim acontece a emissão do som. É importante destacar, porém, que as ondas sonoras geralmente se propagam em três dimensões pelo espaço. Portanto, classificamos às mesmas como ondas tridimensionais.

Quando ouvimos uma música em um alto-falante, por exemplo, o cone do aparelho vibra em várias frequências simultaneamente, sendo o som emitido por ele também constituído por essas várias frequências. Cada corda de um instrumento musical é outro bom exemplo de gerador de onda sonora. Quando fazemos uma corda vibrar, ela o faz simultaneamente em diversas frequências.

Em instrumentos de sopro, o som produzido na embocadura – região em que o músico sopra – é composto de muitas frequências diferentes. Entretanto, sons de determinadas frequências fazem vibrar intensamente a coluna de ar interna ao instrumento. Essa coluna de ar emite, então, para o ar externo ao instrumento um som também constituído por essas frequências. O som emitido por membranas vibrantes também é composto de várias frequências.

Dentre os fenômenos ondulatórios que podem ocorrer com as ondas sonoras, destacamos ainda: a reflexão, a refração, a interferência, a ressonância, a difração e o efeito Doppler.

2. OBJETIVOS

- a) Proporcionar através de experimentos de baixo custo o incentivo para que, de forma prática, os alunos possam compreender uma onda sonora;
- b) Trabalhar de forma motivacional a prática experimental;
- c) Incentivar nos alunos para a busca de práticas experimentais no estudo da Física, contextualizando o conteúdo aprendido;
- d) Conhecer e determinar a velocidade do som no ar;
- e) Relacionar os conceitos de acústica em situações que envolvam o cotidiano do aluno.

2.1. Objetivos específicos

- a) Mostrar a importância da prática experimental no estudo das ondas sonoras por meio de experimentos que possam ilustrar a veracidade de tais fenômenos;
- b) Trabalhar a parte experimental em concordância com os conhecimentos espontâneos de cada aluno, tendo como base a teoria de Gagné;
- c) Organizar os conceitos aprendidos em cada etapa experimental em tabelas e discutir os resultados encontrados;
- d) Determinar a velocidade do som no ar através da equação de um gás ideal de forma matemática (teórica), fazendo uma comparação com os dados experimentais tabelados;
- e) Desenvolver a capacidade de relacionar os conceitos aprendidos com os do cotidiano, para que posteriormente o aluno possa compreender o assunto abordado.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Teoria de aprendizagem de Gagné

A teoria de aprendizagem de Gagné, afirma que o professor é o protagonista da organização das atividades, ele pode propor e guiar cada etapa para que o aluno possa construir seu próprio aprendizado. De acordo com a teoria hierárquica de aprendizagem de Gagné:

A instrução é, portanto, a atividade de planejamento e execução de eventos externos à aprendizagem, com a finalidade de influenciar os processos internos para atingir determinados objetivos. Esses objetivos são a capacidade de ser aprendidos. O professor é responsável de promover a aprendizagem por meio da instrução. Ele planeja as aulas, administra-as e avalia sua eficácia por meio do desempenho do aluno. Ele torna-se um gerente da instrução, cuja tarefa é planejar, delinear, selecionar e supervisionar a organização dos eventos externos, com o foco principal de influenciar os processos internos de aprendizagem. O professor deve tomar muitas decisões, e é nesse sentido que ele pode ser visto como um gerente da instrução ou organizador dos eventos externos. (Moreira, 1999, pag. 78).

A teoria de aprendizagem de Gagné mostra que, qualquer habilidade intelectual pode ser analisada em termos de habilidades mais simples que necessitem de uma combinação para produzir como produto final a aprendizagem.

Essas habilidades mais simples que representam os "pré-requisitos imediatos" podem ser estudados como forma de identificar habilidades mais complexas, ou seja, quando abordamos um determinado tema da física, devemos primeiramente fazer uma sondagem do aluno em comparação com o tema em questão, por exemplo:

Em uma aula expositiva sobre o assunto de ondulatória, poderíamos dar início a aula através de uma pergunta simples para o aluno, e verificar se o ele tem realmente esse pré-requisito como habilidade para responder corretamente tal pergunta.

O mapa a seguir na figura 1, que foi adaptado de MOREIRA (1999), ilustra essa hierarquia de aprendizagem de acordo com Gagné. Nesse mapa, a numeração à esquerda de cada retângulo indicam os tipos de aprendizagem propostos por Gagné. O tipo 1 é a resposta

condicionada clássica de Pavlov, respostas gerais, difusas e emocionais. O tipo 2 é a resposta precisa a um determinado estímulo. O tipo 3 é uma resposta encadeada de duas ou mais conexões de estímulo-resposta. O tipo 4 representa o subtipo da aprendizagem de cadeias, cadeias verbais. O tipo 5 é uma resposta diferente a cada elemento de um conjunto de estímulos. O tipo 6 se refere a resposta a uma classe de estímulos como a um todo, é quase o oposto do tipo 5. O tipo 7 apresenta cadeias de conceitos, regras. E finalmente, o tipo 8 indica a elaboração de novos princípios que combinem prévios já aprendidos.

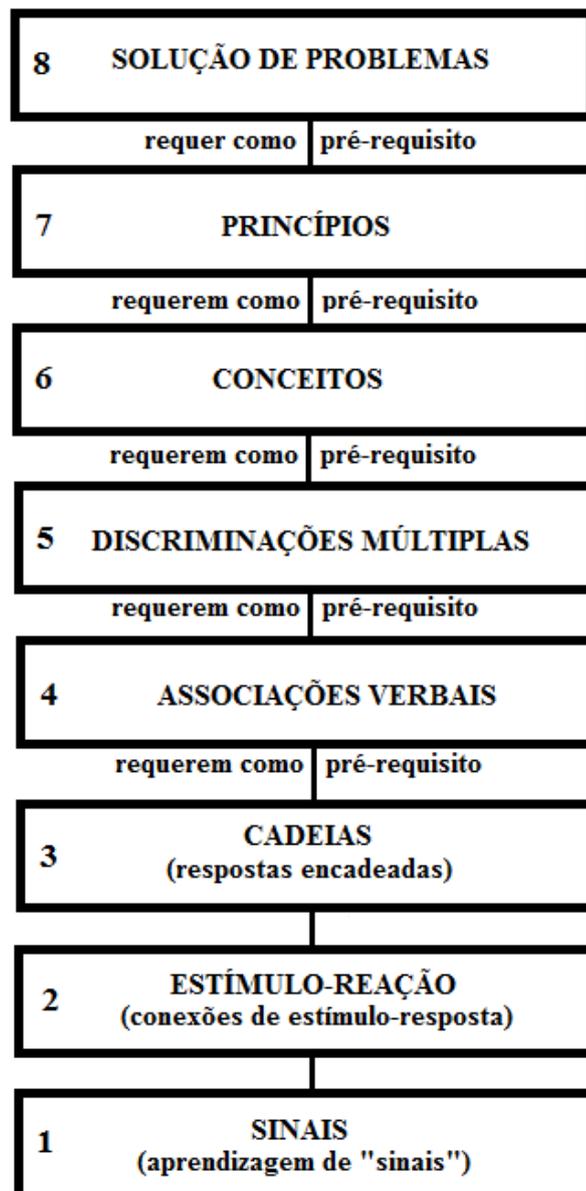


Figura 1. Mapa das habilidades proposto por Gagné.

Fonte: Moreira, M.A; Teorias de aprendizagem, 1999, p. 69.

Para Gagné, a aprendizagem é uma mudança de estado interior que se manifesta por meio da mudança de comportamento e na persistência dessa mudança em que o indivíduo interage com o meio externo e acumula conhecimentos.

Alguns dos eventos que produzem a aprendizagem são externos ao estudante, ou seja, a estimulação que atinge o estudante e os produtos que resulta de sua resposta que, segundo Gagné, segue oito fases no qual podemos analisar abaixo.

Fase	Processo
Motivação	Expectativa
Apreensão	Percepção seletiva
Aquisição	Codificação
Retenção	Armazenamento da memória
Rememoração	Recuperação
Generalização	Transferência
Desempenho	Resposta
Retroalimentação	Reforço

Tabela 1. Fase e processos de estimulação de acordo com a teoria de Gagné.

Fonte: Moreira, M.A; Teorias de aprendizagem, 1999, p. 68.

3.2. Contexto histórico

A origem do som estava no movimento de partes dos corpos, segundo os filósofos gregos da antiguidade, isso ocorria devido a movimentos indefinidos que era transmitido através do ar, ocasionando na vizinhança do ouvido a sensação auditiva.

Porém, coube a Pitágoras o primeiro estudioso que investigou os sons musicais, realizando vários experimentos com cordas vibrantes utilizando um aparelho chamado monocórdio. Este aparelho é constituído por uma corda tensa sobre uma caixa alongada, contendo nele uma marcação numérica. Pitágoras pensava que a distância entre os planetas bem como o seu movimento estavam relacionados com intervalos musicais, e que cada planeta emitia um som proporcional ao seu peso.

Leonardo da Vinci (1452-1519), pintor, escultor, engenheiro e arquiteto, fez observações através dos ecos, que a velocidade de propagação do som era necessariamente finita. Além disso, ele afirmou que pondo a vibrar uma corda de um alaúde, esta provoca a vibração da corda da mesma nota de outro alaúde que esteja próximo, o mesmo ocorre com os sinos.

Galileu Galilei (1564-1642) fez várias experiências relativas ao som, sendo por muitos considerado o fundador da acústica experimental. Em 1638 publicou um artigo intitulado por *Dois Novas Ciências*, onde mostrava a dedução das leis das cordas estabelecendo as relações entre frequência, comprimento, densidade, tensão e diâmetro, citou também a ressonância e mostrou que os intervalos musicais podiam ser caracterizados pelas relações de frequências dos sons.

No século dezessete, os cientistas Borrelli (1608-1679) e Viviani (1622-1703) mediram a velocidade do som através do tempo do disparo de um canhão e a recepção do som a uma distância de aproximadamente uma milha. O intervalo de tempo foi medido com um pêndulo simples e o valor encontrado foi de 350 m/s.

A determinação da velocidade de propagação do som, sem dúvida foi uma das experiências acústicas mais vezes repetidas, devido à necessidade da existência de um meio material para se propagar. O célebre físico inglês Isaac Newton (1642-1727), a partir de cálculos teóricos, encontrou para a velocidade do som um valor próximo do real. Robert Hooke (1635-1703) teria feito à primeira medição direta da frequência. Em 1681 demonstrou através de rodas dentadas que era possível produzirem sons musicais.

A palavra acústica significa ouvir, e é de origem grega chamada *akouein*. No entanto, a utilização da palavra que estuda o som, surgiu no século 18, através do cientista francês Joseph Sauveur (1653-1716), é considerado o criador da acústica musical. Sauveur foi o primeiro a citar o conceito físico de harmônico, a partir da vibração de uma corda tensa.

Além disso, deve-se a ele também a noção de nodo e ventre para caracterizar as ondas estacionárias nas cordas, e os batimentos, que são produzidos por tubos de órgão de comprimentos diferentes. No século dezoito, Laplace (1749-1827) através de um método que leva seu nome, encontrou um valor da velocidade do som bem próximo do valor real. Ainda no mesmo século, Ernst F. F. Chladni (1756-1827) fez descobertas importantes, por exemplo, demonstrou a existência de ondas longitudinais nas barras.

Já no século dezenove, o físico alemão August Kundt (1839-1899) desenvolveu um método simples para o estudo da propagação do som em tubos, além de medir a velocidade de propagação do som no ar e em outros gases. No mesmo período foi feita a primeira medida da velocidade do som na água, foram inventados alguns aparelhos essenciais para o estudo do som, dentre eles a sirene, o estetoscópio e o estroboscópio, e no final do século 19 surgiram grandes invenções como o telefone e o fonógrafo. Outro físico de grande destaque foi Helmholtz (1821-1894), sendo o primeiro a medir a velocidade dos impulsos nervosos, deve-se a ele o funcionamento do ouvido interno e explicou o mecanismo do ouvido médio.

Wallace Sabine (1868-1919) teve grande destaque no século 20, pois, contribuiu para os conhecimentos sobre a acústica arquitetural, utilizou uma técnica que consistia em colocar nos assentos almofadas de diversos materiais para testar o tempo de reverberação. Apesar de não ter conseguido melhorar significativamente a acústica da sala, contribuiu para o desenvolvimento de conhecimentos científicos nessa área.

3.3. Princípio de Huygens.

Uma das imagens mais comum do movimento de uma onda mecânica é a de uma onda se propagando na água. Este exemplo é típico de ondas bidimensionais, em que as frentes de onda são círculos (as ondas bidimensionais também podem ser planas). O instrumento teórico de análise e compreensão das propriedades e características das ondas bidimensionais e tridimensionais mais acessíveis é o Princípio de Huygens. De acordo com Newton, (2010) esse princípio pode ser entendido como se cada ponto de uma frente de onda pode ser considerado uma nova fonte de ondas secundárias que se propagam em todas as direções, e em cada instante a curva ou superfície que envolve a fronteira dessas ondas secundárias é uma nova frente de onda.

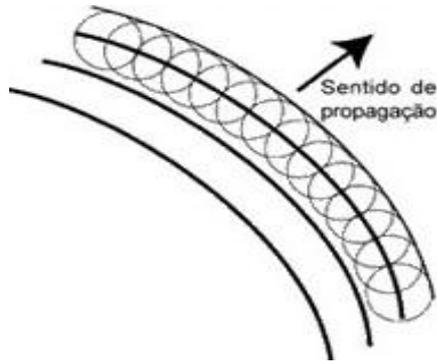


Figura 2. Imagem de uma frente de onda bidimensional mostrando o Princípio de Huygens.

Fonte: Newton (2010) p. 224.

3.4. A lei da refração

Quando a onda vindo de um meio 1 e se aproxima de um segundo meio 2, uma onda secundária de Huygens se expande a uma distância λ_1 com uma velocidade v_1 no mesmo instante em que uma onda secundária se expande no meio 2 com comprimento de onda λ_2 e velocidade v_2 , no qual teremos como relação:

$$\frac{\lambda_1}{v_1} = \frac{\lambda_2}{v_2}. \quad (1)$$

Que nos mostra que os comprimentos de onda em dois meios distintos são proporcionais à velocidade nesses meios. Usando a lei de Snell na interface entre os dois meios 1 e 2, no meio 1 a onda chega fazendo um ângulo θ_1 , enquanto no meio dois ela entra fazendo um ângulo θ_2 , então,

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_1}{v_2}. \quad (2)$$

Para a luz podemos definir um índice de refração n para cada meio, como sendo a razão entre a velocidade da luz c no vácuo e a velocidade da luz no outro meio. Assim,

$$n = \frac{c}{v}. \quad (3)$$

Para os dois meios, teremos:

$$n_1 = \frac{c}{v_1} \quad e \quad n_2 = \frac{c}{v_2}. \quad (4)$$

Combinado as equações (2) e (4) teremos:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad ou \quad n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (5)$$

3.5. Comprimento de onda e índice de refração

De acordo com a equação (6) abaixo, podemos mostrar que quando uma onda se propaga de um meio para o outro, a sua frequência não altera.

$$\lambda_n = \lambda \frac{v}{c} \quad (6)$$

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} \rightarrow f_n = \frac{c/n}{\lambda/n} \rightarrow f_n = \frac{c}{\lambda}$$

$$f_n = f \quad (7)$$

A relação na equação (7) acima mostra que quando uma onda mecânica passa de um meio para outro com índices de refração distintos, a frequência da onda não muda.

3.6. Reflexão

Quando ondas sonoras incidem em uma parede, por exemplo, elas sofrem reflexão segundo as mesmas leis apropriadas para os outros tipos de ondas. Como sucede com qualquer onda, o som refletido também tem a mesma velocidade de propagação (em módulo, ou seja, mesma intensidade), o mesmo comprimento de onda que o som incidente e a mesma frequência.

A reverberação e o eco são consequências da reflexão do som e da persistência acústica. A persistência acústica é o intervalo de tempo durante o qual continuamos a ter a impressão sonora de um som que recebemos, mas que já se expirou e equivale cerca de 0,1 segundos (um décimo de segundo). Sendo v o módulo da velocidade de propagação do som no ar, o som refletido chegará à pessoa após um espaço de tempo Δt , tal que:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta s}{v}. \quad (8)$$

Se esse espaço de tempo for inferior a 0,1 s, o som refletido chegará à pessoa quando ela ainda estiver com a sensação do som direto. A pessoa notará, então, um prolongamento do som direto, que é denominado reverberação. Contudo, se o intervalo de tempo for acima de 0,1 s, o som refletido chegará depois de cessada a sensação do som direto. Assim, o som refletido será percebido apartado do som direto, fenômeno que recebe o nome de eco.

3.7. Interferência

A interferência de ondas sonoras é o efeito da superposição dessas ondas. A interferência sonora ainda permite medir o comprimento de onda λ de um som puro, isto é, de um som em que as vibrações tenham uma única frequência. Com base nessa medida e conhecendo-se a frequência f desse som, podemos determinar sua velocidade de propagação v utilizando a expressão.

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

Os batimentos sonoros também transcorrem da interferência de ondas sonoras de frequências próximas (f_I e f_{II}) e só podem ser notados por nosso aparelho auditivo se a frequência f_{bat} desses batimentos não ultrapassar 7 Hz ($f_{\text{bat}} = f_{II} - f_I$), sendo f_{II} maior que f_I . Eles podem ser notados, por exemplo, acionando-se simultaneamente duas teclas adjacentes de um piano que correspondem a notas de mais baixas frequências.

3.8. Ressonância

A ressonância sonora pode ser verificada com o uso de um diapasão, que é uma peça metálica em forma de U acoplada a uma caixa oca de madeira, que tem uma face lateral aberta (caixa de ressonância). Batendo-se na peça metálica, o diapasão vibra emitindo uma onda sonora pura que costuma ser utilizada como padrão de frequência para a afinação de instrumentos. Se tocarmos a corda de um violão colocado perto do outro, estando ambos com essa corda afinada igualmente, a corda do outro violão também vibrará.

3.9. Difração.

A difração é um fenômeno que ocorre rotineiramente e acentuadamente com as ondas sonoras. Essa acentuação dá-se quando os obstáculos atingidos apresentam dimensões menores às do comprimento de onda ou, pelo menos, da mesma ordem de grandeza. E pelo o fato de o som ter comprimentos de onda que variam de aproximadamente 17 mm até 17 m, ele encontra ampla facilidade para se difratar.

3.10. Altura de um som

A altura de um som é a sensação de grave ou agudo que ele causa. Costuma-se falar que um som de frequência f_1 é mais alto (ou mais agudo) que outro de frequência f_2 se f_1 for maior que f_2 , e mais baixo (ou mais grave) se f_1 for menor que f_2 .

3.11. Intervalo acústico entre dois sons

O intervalo acústico entre dois sons de frequências f_1 e f_2 é a razão dessas frequências:

$$i = \frac{f_2}{f_1} \quad (f_2 > f_1) \quad (10)$$

Como f_1 e f_2 são medidas na mesma unidade (Hertz, no SI), o intervalo de acústico i é uma grandeza adimensional, ou seja, que não possui unidade de medida.

Intervalo acústico	Razão de frequência
Uníssonos	1:1
Oitava	2:1
Quinta	3:2
Quarta	4:3
Terça maior	5:4
Terça menor	6:5
Sexta maior	5:3
Sexta menor	8:5
Tom maior (M)	9:8
Tom menor (m)	10:9
Semitom (s)	16:15

Tabela 2. Relação entre intervalo acústico e razão das frequências.

Fonte: Newton (2010) p. 249.

Se f_2 for o dobro de f_1 , por exemplo, teremos $i = 2$; dizemos, nesse caso, que o intervalo acústico entre os dois sons é de uma oitava. De acordo com a tabela 2, temos uma relação entre o intervalo acústico e o quociente das frequências em que o aluno poderá ter uma visão mais abrangente do que seria essas relações. Essa tabela pode ser usada em um momento posterior ao utilizar um instrumento musical como forma de aprendizagem.

3.12. Intensidade sonora

Por ser uma propagação ondulatória, o som (onda mecânica) é um processo de transporte de energia. Para assegurar uma boa qualidade de audição, é importante para um

ouvinte a quantidade de energia sonora que o atinge por unidade de tempo e unidade de área. Por isso, estabelecemos mais uma grandeza – a intensidade sonora.

A intensidade sonora é a quantidade de energia sonora que atravessa a unidade de área de uma superfície posicionada perpendicularmente à direção de propagação, na unidade de tempo. Em outros termos, é a potência sonora recebida por unidade de área da superfície.

3.13. Modos de vibração da corda

Uma corda elástica proporciona várias frequências naturais de vibração, chamadas modos de vibração, que podem ser obtidos balançando-se uma das extremidades da corda em uma de suas frequências naturais. Dessa forma, a corda entra em ressonância com o agente que a sacode. Uma vez atingido determinado modo de vibração, ainda que se pare de balançar a extremidade da corda, ela prosseguirá vibrando até perder toda a energia de vibração. Essa forma de obter os modos de vibração possibilita tratar cada modo como uma configuração de onda estacionária, resultante da superposição da onda que emitimos quando sacudimos a corda com a onda refletida na outra extremidade.

É indispensável lembrar que, em uma configuração de onda estacionária, a distância entre dois nós consecutivos é igual à metade do comprimento de onda das ondas que se superpõem. O modo mais simples de sacudir uma corda denomina-se modo fundamental ou primeiro harmônico. Temos, nesse caso:

$$L = \frac{1}{2}\lambda \quad \rightarrow \quad \lambda = 2L . \quad (11)$$

Procedendo da mesma forma, podemos determinar a frequência de vibração correspondente a qualquer outro harmônico. Sendo N a quantidade de meios comprimentos de onda, podemos, então, generalizar escrevendo a seguinte fórmula para as frequências de vibração:

$$f = \frac{N v}{2L} \quad (N = 1, 2, 3, \dots) . \quad (12)$$

3.14. Som emitido por uma corda vibrante

No caso de um instrumento de corda, não podemos confundir as ondas na corda, que são transversais, com as ondas sonoras emitidas, que são longitudinais. Na verdade, a corda vibrante é a fonte das ondas sonoras, e por isso elas têm a mesma frequência das vibrações da corda. Entretanto a velocidade de propagação do som emitido e seu comprimento de onda nada têm a ver com a velocidade e o comprimento de onda das ondas produzidas na corda.

Quando uma pessoa dedilha a corda de um instrumento musical, ela providencia energia à corda, que, por sua vez, vibra o ar ao seu redor, provendo-lhe energia. Ocorre, portanto, a emissão do som. Se a corda vibra no modo fundamental, o som emitido é também chamado som fundamental. A mesma linguagem aproveita-se para os demais harmônicos. Frequências naturais de oscilação de uma corda dependem das características da corda.

Esse conceito de harmônico é uma definição que teoricamente o aluno fica retraído e sem um embasamento teórico acurado devido a não visualização desse fenômeno físico. Uma abordagem interessante deveria ser através de uma simulação virtual no computador ou até mesmo por meio de um experimento de baixo custo.

3.15. Timbres sonoros

O timbre de um som é a sensação característica produzida pela presença de harmônicos acompanhando o som fundamental. Implicam no timbre tanto a quantidade de harmônicos como suas intensidades relativas. É o timbre que nos permite discernir a mesma nota (mesmo em um som fundamental) emitida por instrumentos diferentes, mesmo que essa nota tenha a mesma intensidade nas duas emissões. A presença dos harmônicos, em quantidades e intensidades distintas, determina formas de ondas variadas, isto é, várias representações gráficas da elongação em função do tempo.

3.16. Tubos sonoros

Uma coluna gasosa também possui suas frequências naturais de vibração. Portanto, quando uma dessas colunas é excitada em uma ou mais de suas frequências naturais, acontece ressonância e o som se amplifica. Essas colunas gasosas, normalmente de ar, estão confinadas em tubos ocios e sólidos denominados tubos sonoros.

Muitos instrumentos musicais usam tubos sonoros como ressonadores. Nesses tipos de instrumentos, os sons são gerados por fluxos de ar em uma das extremidades. Esses sons são compostos de diversas frequências, mas só ressoam ou amplificam-se, aquelas que correspondem a frequências naturais do tubo, ou seja, ao som fundamental e aos harmônicos da coluna gasosa.

Os tubos são classificados em abertos e fechados. Os tubos abertos são aqueles que contêm as duas extremidades abertas (uma delas próxima da embocadura). Os fechados são aqueles que contêm uma extremidade aberta, próxima da embocadura, e a outra fechada.

Do mesmo modo que nas cordas, as vibrações das colunas gasosas podem ser analisadas como ondas estacionárias resultantes da interferência do som enviado na embocadura com o som refletido na outra extremidade do tubo. Em uma extremidade aberta o som reflete-se em fase, tendo aí um ventre de deslocamento. Nessa extremidade, então, uma compressão reflete-se como rarefação, uma vez que a superposição das duas regulariza a pressão nesse local, ou seja, torna a pressão, nessa extremidade, igual à pressão atmosférica. Por isso falamos que se forma um nó de pressão na extremidade aberta.

Em uma extremidade fechada, por sua vez, ocorre reflexão com inversão de fase, compondo-se aí um nó de deslocamento. Nessa extremidade, então, uma compressão reflete-se como compressão. A superposição das rarefações, por outro lado, dá como consequência pressão baixa, abaixo da pressão na ausência de ondas. Portanto, em extremidade fechada, a pressão varia entre um máximo e mínimo, motivo pela qual dizemos que se configura, nessa extremidade, um ventre de pressão.

Na formação de ondas estacionárias em tubos, devem ser satisfeitas as seguintes condições, que definem as frequências possíveis de vibração: em extremidade aberta sempre

existe um ventre de deslocamento (ou nó de pressão); na extremidade fechada, sempre existe um nó de deslocamento (ou ventre de pressão).

3.17. Velocidade de propagação do som em um fluido

Uma onda sonora, como já foi dito, é uma onda mecânica e como tal, podemos associar um momento linear longitudinal, associado à energia que ela tem ao colidir com um anteparo, por exemplo. O momento linear longitudinal na direção y é definido como:

$$(PvtA)v_y \quad (13)$$

O aumento de pressão devido um onda sonora é definido pela razão entre a variação da pressão pela variação do volume, o módulo de compressibilidade volumar B :

$$B = \frac{-\text{Variação da pressão}}{\text{Fração da variação do volume}}$$

ou seja,

$$B = \frac{-\Delta P}{-Av_y t / Avt} \rightarrow \Delta P = \frac{Bv_y}{v} \quad (14)$$

O impulso longitudinal da onda é dado por:

$$\Delta P At = \frac{Bv_y At}{v}. \quad (15)$$

Usando o teorema do impulso e o momento linear, teremos:

$$Bv_y \frac{At}{v} = \rho v At v_y \rightarrow v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}. \quad (16)$$

Podemos perceber que a velocidade de propagação do som em um fluido depende da densidade do meio e do módulo de compressibilidade volumar.

3.18. Velocidade de propagação do som em um gás

A propagação do som em um gás é um mecanismo que constitui um processo adiabático porque ele é tão rápido que não permite uma troca de calor entre as partes que vibram e o ambiente onde acontece a vibração, logo, pode-se usar a equação de Poisson-Laplace de um gás, para determinar a velocidade de propagação do som em um gás (ar).

$$PV^\gamma = \text{constante}. \quad (17)$$

Sendo que γ é a razão entre as capacidades caloríficas a pressão e volume constante. Podemos derivar a equação (17) e relacionar com a equação (16):

$$\frac{dP}{dV} = -\gamma \frac{P}{V} \rightarrow B = -\Delta P \frac{dP}{dV} \rightarrow \frac{dP}{dV} = \frac{-B}{\Delta P}$$

$$B = \gamma P. \quad (18)$$

Substituindo a relação (18) em (16), teremos:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma P}{m/V}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma PV}{m}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma nRT}{m}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}. \quad (19)$$

Em geral, os valores de γ são característicos da atomicidade do gás, ou seja, da quantidade de átomos por molécula do gás.

Na expressão apresentada, a velocidade de propagação do som em um gás perfeito não depende da densidade do gás ou da pressão. Ela é proporcional à raiz quadrada da temperatura absoluta (escala Kelvin) e inversamente proporcional à raiz quadrada de sua massa molar, dependendo também da atomicidade, ou seja, de sua estrutura molecular.

De acordo com os dados abaixo, podemos determinar a velocidade de propagação do som no ar na temperatura ambiente e comparar com o resultado experimental, e, de acordo com a tabela 2 abaixo, o aluno pode comprovar o valor da velocidade do som em alguns materiais. Como exemplo, a seguir aplicamos as equações dadas para obter a velocidade do som no ar:

$$\gamma_{AR} = 1,40, T = 20 \text{ }^\circ\text{C} = 293 \text{ K}, R = 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}, M = 28,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{1,40 \cdot 8,31 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \cdot 293 \text{ K}}{28,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}}} \rightarrow v = 344 \text{ m/s}$$

A tabela 2 ilustra a velocidade de propagação do som em diferentes meios no qual o aluno poderá ter a vivência prática de determinar essa velocidade no ar (20 °C) de forma experimental e comparar com o valor tabelado.

VELOCIDADE DO SOM EM DIVERSOS MATERIAIS	
MATERIAL	VELOCIDADE DO SOM (m/s)
Gases	
Ar (20°C)	344
Hélio	999
Hidrogênio	1330
Líquidos	
Hélio líquido (4k)	211
Mercúrio (20°C)	1451
Água (0°C)	1402
Água (100°C)	1482
Sólidos	
Alumínio	6420
Chumbo	1960
Aço	5941

Tabela 3. Valores da velocidade do som em diversos materiais à temperatura ambiente, quando não indicada a temperatura.

Fonte: Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, Vol 2. p. 147.

4. METODOLOGIA

As atividades foram aplicadas na Escola Liceu Estadual Professor Domingos Brasileiro, em Fortaleza, nas turmas do segundo ano do Ensino Médio no turno da manhã em dois momentos. No primeiro momento, abordamos uma atividade experimental demonstrativa como proposta motivadora, e no segundo, propomos uma prática experimental de modo a permitir a medida da velocidade do som em um tubo.

No primeiro momento, após a atividade experimental foi aplicado um questionário aos alunos afim de inferir o grau de satisfação com essa atividade e o quanto eles a entenderam. Esse questionário era composto de cinco questões subjetivas que abordavam o assunto de propagação das ondas sonoras.

No segundo momento, foram aplicados dois questionários aos alunos, um antes da realização do experimento e outro depois. O primeiro questionário objetivava os saberes prévios dos alunos, enquanto o segundo inferia o aprendizado após a realização da atividade prática.

4.1. Primeiro momento

Nesta etapa os alunos foram divididos em grupo de cinco integrantes e cada equipe ficou responsável em adquirir o material proposto pelo professor, além de ficarem encarregados de realizar a prática experimental e ao final, responderam as perguntas propostas como produto de aprendizagem prévia. Esse é o momento dos alunos constatarem o que realmente o som precisa para se propagar e trabalhar as concepções espontâneas sobre tal assunto.

4.2. Segundo momento

Os mesmos grupos ficaram encarregados de realizar a segunda atividade experimental (medindo a velocidade do som no ar) que foi realizada no Laboratório de Física

e com o equipamento já montado e pronto para que cada equipe realize a prática. Em todos os momentos, o professor foi o gerente (na concepção de Gagné) em guiar os alunos na realização do experimento.

A partir dos resultado experimental da velocidade do som obtido pelos alunos (média de quatro medidas), discutiu-se a discrepância desse valor em relação ao valor tabelado no livro texto, como devido a diferença de temperatura. Fez-se um cálculo teórico usando uma equação matemática. Se discutiu mostrando o valor encontrado para os alunos (o esquema na figura 2 abaixo ilustra a metodologia).

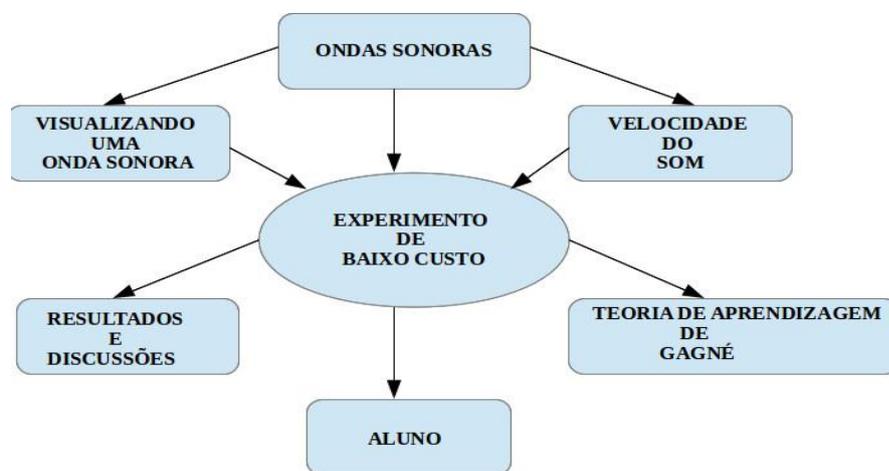


Figura 3. Esquema da metodologia adotada no procedimento experimental.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5. ABORDAGEM EXPERIMENTAL

A abordagem experimental dessa proposta pode proporcionar para o aluno uma vivência prática e consolida o conteúdo aprendido em sala de aula com uma visão mais abrangente através de um experimento de baixo custo que o professor juntamente com os alunos pode conseguir facilmente e trabalhar de forma conjunta.

Para verificar o que ficou de aprendizado para o aluno, eles devem responder a um questionário com algumas perguntas relativas ao tema abordado nas duas atividades e o professor acompanhar as respostas dadas por cada aluno, a fim de ter o objetivo principal que é o aprendizado e o que ficou para eles de significado, que segundo Paulo Freire:

O risco da investigação não está em que os supostos investigados se descubram investigadores, e, desta forma, " corrompam" os resultados da análise. O risco está exatamente no contrário. Em deslocar o centro da investigação, que é a temática significativa, a ser objeto de análise, para os homens mesmos, como se fossem coisas, fazendo-os assim objetos da investigação. A investigação temática, que se dá no domínio do humano e não no das coisas, não pode reduzir-se a um ato mecânico. Sendo processo de busca, de conhecimento, por isto tudo, de criação, exige de seus sujeitos que vão descobrindo, no encadeamento dos temas significativos, a interpenetração dos problemas. (Freire, Paulo 2011, p.138.).

Fazer uma análise investigativa proporciona ao aluno uma aprendizagem mais eficaz e motivadora, fato que somente em sala de aula o aluno torna-se um ouvinte ou até mesmo, uma máquina de depósito que só recebe informação é o que Paulo Freire chama de educação bancária, no qual observamos no mundo de hoje que uma educação desse tipo não funciona principalmente no ensino de Ciência. Independentemente do grau de escolaridade do nosso discente, os conhecimentos prévios adquirido anteriormente que ele já detém, pode interferir na sua apreensão do conteúdo escolar.

5.1. Abordagem experimental: visualizando uma onda sonora

Inicialmente, fizemos uma atividade qualitativa sobre ondas sonoras de forma experimental utilizando materiais de fácil acesso. A seguir fazemos uma descrição do experimento, com seus materiais utilizados e procedimentos.

5.1.1. Material Utilizado:

- Uma lata vazia de leite em pó;
- Abridor de latas;
- Balão de festa (bexiga);
- Espelho plano pequeno (de aproximadamente 10 mm x 10 mm);
- Lanterna;
- Barbante;
- Tesoura de pontas arredondadas;
- Cola;
- Fita adesiva.

5.1.2. Procedimento experimental 1

- 1) Use o abridor de latas para retirar o fundo da lata tendo bastante cuidado.
- 2) Com a tesoura, faça um corte na lateral da bexiga para fazer um ajuste sobre a lata.
- 3) Estique bem a bexiga e prenda-a firmemente sobre a parte superior da lata de modo a obter uma espécie de tambor. Cuidado para não romper a membrana elástica.
- 4) Utilize a cola para fixar o espelho plano no centro da membrana elástica com a superfície refletora voltada para a parte de fora.
- 5) A utilização da fita adesiva servirá para fixar o seu arranjo na horizontal. O local a ser utilizado deve ter pouca luminosidade. (Figura 3)

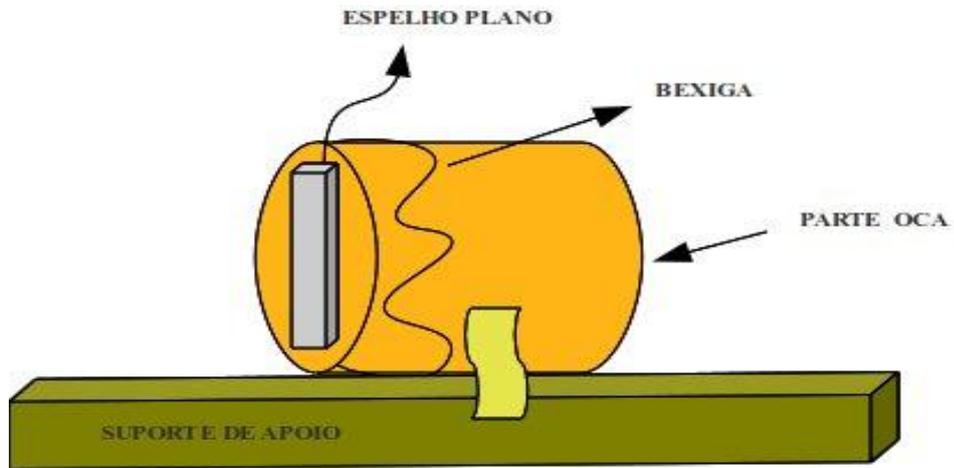


Figura 4. Arranjo experimental do primeiro experimento para visualizar imagens de som.

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.1.3. A prática experimental 1

Com o intuito de mostrar para os alunos como uma onda sonora se propaga no ar, convide um integrante dos cinco grupos para realizar esta prática. O esquema experimental pode ser visualizado na figura 4 abaixo.

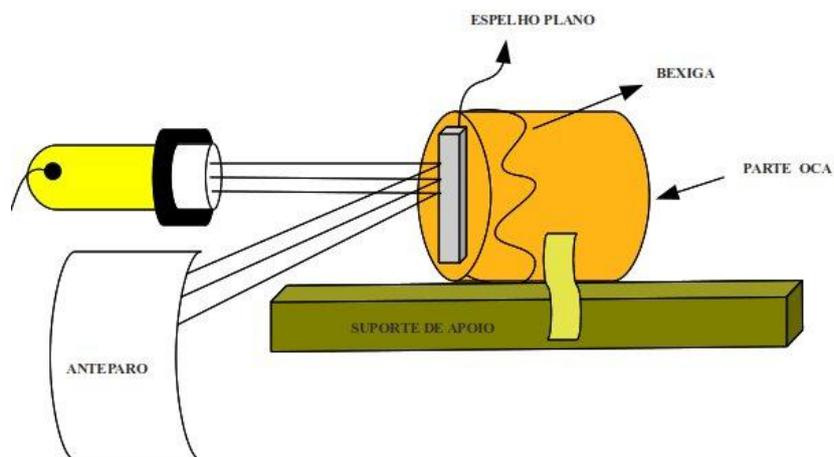


Figura 5. Esquema experimental mostrando as imagens do som.

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.1.4. Questionário para a prática experimental 1

- i) O que acontece com o feixe luminoso sobre a parede?
- ii) A imagem formada no anteparo é parecida com o comportamento de que tipo de onda?
- iii) Com a utilização do rádio ou do celular, o comportamento da onda foi o mesmo? Por quê?
- iv) A frequência da onda emissora interfere na visualização dessa onda? Justifique sua resposta.
- v) O que de fato proporciona a visualização da onda sonora é a vibração do ar dentro da lata que é transmitido para a membrana elástica?

Sim () Não () Outros ()

5.2. Abordagem experimental: empurrando o ar

Utilizando o mesmo aparato experimental, realizamos também uma demonstração de que a membrana elástica pode empurrar o ar à sua volta, como uma analogia da onda sonora. Chamamos esse experimento de procedimento experimental 2 para diferenciar do primeiro que usa o espelho.

Com o intuito de mostrar para os alunos como uma onda sonora se propaga no ar convide um integrante de cada um dos grupos para realizar esta prática. O esquema experimental pode ser visualizado na figura 5 abaixo.

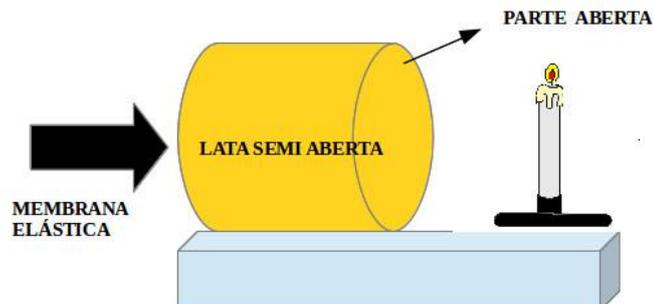


Figura 6. Propagação da onda no meio.

Fonte: Elaborada pelo autor.

5.2.1. Procedimentos experimental 2

- 1) De acordo com o arranjo experimental da figura 5, retire o espelho plano e coloque na extremidade aberta da lata, uma vela acesa.
- 2) Peça para cada um dos integrantes dos grupos produzir uma vibração na membrana elástica e verificar o que acontece com a vela.
- 3) Após a realização desta atividade, peça para os alunos responderem às seguintes questões sobre os fenômenos sonoros para o professor ter uma noção do realmente o aluno sabe sobre tais fenômenos.

5.2.2. Questionário para a prática experimental 2

- 1) A vela apagou porque dentro da lata tinha ar e ele foi perturbado com a vibração da membrana elástica?

Sim () Não () Outros ()

- 2) Se não tivesse ar dentro da lata a vela não se apagaria?

Sim () Não () Outros ()

5.3. Abordagem experimental: medindo a velocidade do som

Nesta etapa, iremos trabalhar o método da coluna de ar ressonante para medir a velocidade do som no ar, que terá como foco principal a constatação experimental de forma lúdica da veracidade do valor conhecido dessa velocidade utilizando um material de fácil acesso (baixo custo). Os alunos foram distribuídos em grupos de cinco integrantes de modo que cada integrante possa medir e anotar os dados da prática e ao final, usando uma expressão matemática possa determinar a velocidade do som.

6) Com o auxílio da equação matemática (16) abaixo, peça aos grupos que determinem o valor da velocidade do som e compare os resultados.

$$v = 4Lf \quad (16)$$

GRUPOS	COMPRIMENTO L (cm)	FREQUÊNCIA (440 Hz)	VELOCIDADE DO SOM (m/s)
GRUPO 1	18	440	316,8
GRUPO 2	21	440	369,6
GRUPO 3	19	440	334,4
GRUPO 4	20	440	352
MÉDIA	19,5	440	343,2

Tabela 4. Resultados experimentais obtidos pelos alunos.

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com os resultados mostrados na tabela 3, podemos constatar que os valores encontrados pelos alunos (a média de todos os valores) corresponde, com uma boa aproximação, ao resultado que é atribuído na maioria dos livros didáticos como sendo $v = 344$ m/s. Neste trabalho, podemos perceber a importância da prática experimental nas aulas de Física, onde os alunos são estimulados, e assim se motivam a gostar de física, ajudando a construir seu aprendizado.

Em geral, o som propaga-se com velocidade maior nos meios sólidos que nos líquidos, e maior nos meios líquidos que nos gasosos. Um fato importante é que a velocidade de propagação do som emitido por uma fonte sonora não depende da velocidade da fonte, mas apenas de características e condições do meio de propagação (isso vale para qualquer onda).

Assim, quando a buzina de um automóvel em movimento é acionada, o som emitido no ar propaga-se com a mesma velocidade que se propagaria se o veículo estivesse em repouso. Para finalizar, a velocidade de propagação do som não depende de sua intensidade ou de sua frequência.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo vamos analisar as respostas dos alunos aos questionários aplicados antes e após os experimentos, conforme já explicamos anteriormente.

Começamos pelo questionário da subseção 5.1.4 que foi respondido por aproximadamente 120 alunos de várias turmas. À primeira pergunta os alunos responderam corretamente que o feixe luminoso fica vibrando na parede. À segunda pergunta, as respostas indicaram uma oscilação do feixe, mas infelizmente não foi possível inferir o tipo de onda a partir dele. À terceira pergunta, as respostas, assim como na segunda pergunta, não permitiram inferir o tipo de vibração. Para a quarta pergunta, não foi possível uma resposta satisfatória, pois não foi possível mudar a frequência da onda. A quinta e última questão, que foi objetiva, 90% dos alunos responderam que de fato, a visualização do ar dentro da lata é proporcionada pela perturbação da membrana elástica, enquanto que os demais alunos (10%), disseram o contrário.

Vamos agora às duas questões da subseção 5.2.2, do experimento 2. À questão 1 40% responderam corretamente que sim; enquanto para a questão 2 também 50% responderam como na primeira. Essas questões foram respondidas antes do experimento ser aplicado.

Passamos às dez questões que foram aplicadas após o experimento 3, que foi a medição da velocidade do som usando um tubo ressonante no Laboratório de Física, correspondente à seção 5.3. As respostas a essas perguntas estão organizadas em forma de gráficos, exceto as duas primeiras questões que já foram aplicadas antes do experimento e que foram repetidas agora.

As questões 1 e 2 correspondem às questões 1 e 2 discutidas acima na seção 5.2.2, cujos novos resultados foram igualmente de 90% de acerto, indicando um bom aproveitamento das discussões e mostrando que a maioria dos alunos soube identificar através de conhecimentos prévios o que de fato caracteriza uma onda sonora em um determinado meio material.

As respostas à questão 3 "Você sabe caracterizar o som?" são mostradas na figura 7, onde se procurava saber os conhecimentos prévios dos alunos, mais precisamente se os mesmos sabiam caracterizar o som de uma forma geral ou conceitual. Essa pergunta foi feita com o objetivo de mostrar para os alunos como é importante abordar o tema que está no seu

cotidiano e porque muitos não conhecem esse fenômeno ou se conhece não sabe defini-lo corretamente.

Pergunta 3.

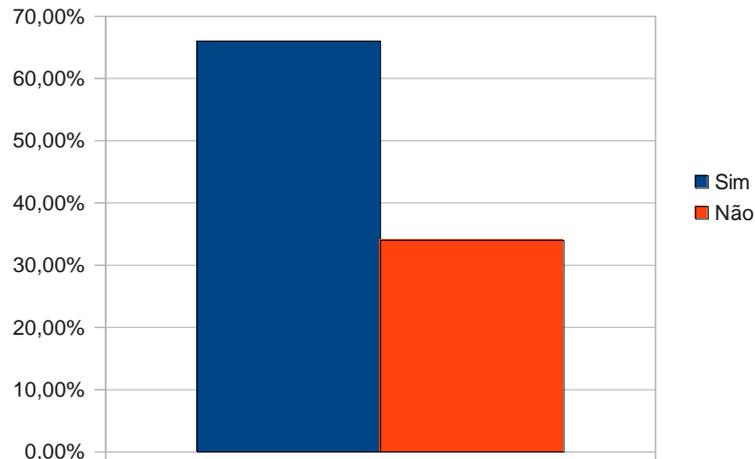


Figura 8. Resultados da questão 3.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se que 66% dos alunos afirmaram positivamente, enquanto que 34% responderam negativamente. Com base nesses dados, podemos acreditar que os 34% dos alunos que responderam não, pode estar relacionado com a má transmissão do conteúdo, ou simplesmente pela falta de interesse em aprender. Foi necessário fazer um questionamento referente à problemática no ensino de acústica, para investigar as causas que dificultam a abordagem e a transmissão do assunto.

As respostas à questão 4 "Qual é a principal dificuldade em aprender acústica?" são mostradas na figura 8, onde se procurava saber qual a principal dificuldade em aprender acústica.

Com base na quarta pergunta do questionário, foi necessário questionar as principais causas da dificuldade em aprender o conteúdo de acústica. De acordo com a figura 8, percebe-se que em primeiro lugar, o item mais votado foi sobre a falta de interesse que corresponde a 34%, em segundo lugar afirmaram a parte teórica, equivalente a 32%, em seguida com 28% escolheram outros motivos quaisquer, e por último a transmissão do conteúdo com 6%.

Pergunta 4.

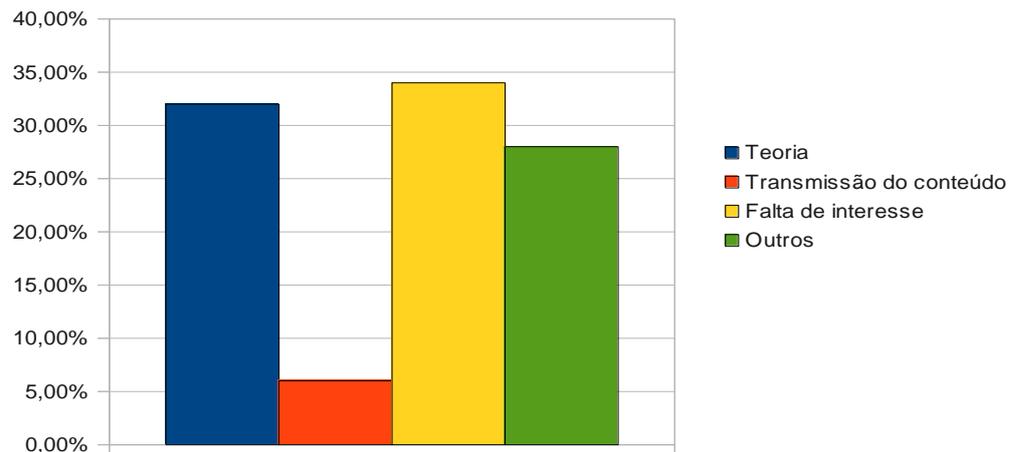


Figura 9. Resultados da questão 4.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Acredita-se que uma das possíveis causas para a falta de interesse, deve-se à transmissão do conteúdo e a forma de conduzir uma aula que motive a participação dos alunos, já que, sabemos que a maioria tem dificuldades de ler, e conseqüentemente, a interpretação das situações problemas vem acarretando diariamente um maior desinteresse dos alunos em aprender Física por achar que isso não serve para a vida.

As respostas à questão 5 "Em relação ao livro didático utilizado, qual é o nível de dificuldade da abordagem teórica do material?" são mostradas na figura 9, onde se procurava saber o papel do livro texto no processo de ensino/aprendizagem. O livro adotado na escola onde foi feita a pesquisa, possui o título de Física, os autores são Helou, Gualter e Newton, 1ª Edição, ano 2010, volume 2, da Editora Saraiva.

Na quinta pergunta, questionou-se o nível de dificuldade da abordagem teórica do material didático, porém a maioria dos estudantes tem deficiência no que diz respeito à leitura e compreensão textual, assim, dificultando o seu aprendizado.

Os resultados foram que 72% acham difícil, 10% fácil e 8% responderam que o nível é médio. Podemos concluir que, o professor tem um papel fundamental ao transmitir o assunto, sem a necessidade de ficar preso somente ao livro didático, o que mostra o quão é importante criar estratégias para favorecer o desenvolvimento das competências e habilidades, necessárias para obter resultados significativos.

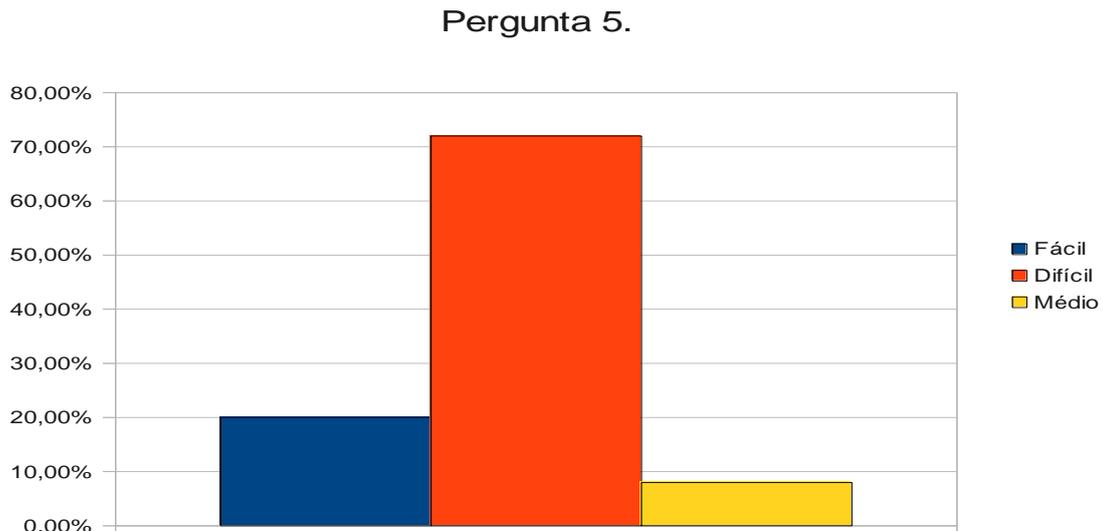


Figura 10. Resultados da questão 5.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O que de fato chamou a atenção nessa pesquisa foi em relação a própria explanação do livro que muitos acharam complicada e abordava muitos gráficos e tabelas no qual pegamos a própria tabela do livro dos alunos e montamos uma prática experimental de como medir a velocidade do som e mostramos para eles o valor tabelado e muitos acharam bastante interessante e até fizeram um questionamento.

“Professor, quer dizer que sempre que encontramos esses valores é porque foi feito um experimento?”

As respostas à questão 6 " Você acha o nível de dificuldade das questões do livro adotado na escola: fácil, médio ou difícil?" são mostradas na figura 10, onde se pretendeu inferir o nível dos problemas propostos pelo livro texto na visão dos alunos.

Os resultados referentes a essa pergunta foram 54% médio, 42% difícil e 4% fácil. Podemos deduzir três situações possíveis: os alunos têm dificuldades em matemática, o nível das questões é na maioria mediana ou difícil, e uma outra causa pode ser em relação ao método de resolução que o professor aborda durante as aulas.

Analisando a obra citada, podemos destacar o nível de dificuldade dos exercícios, a maioria consiste nos níveis médio e difícil, o que torna a aprendizagem dos alunos complicada, pelo fato dos mesmos terem dificuldades com as operações matemáticas, além da interpretação textual.

Pergunta 6.

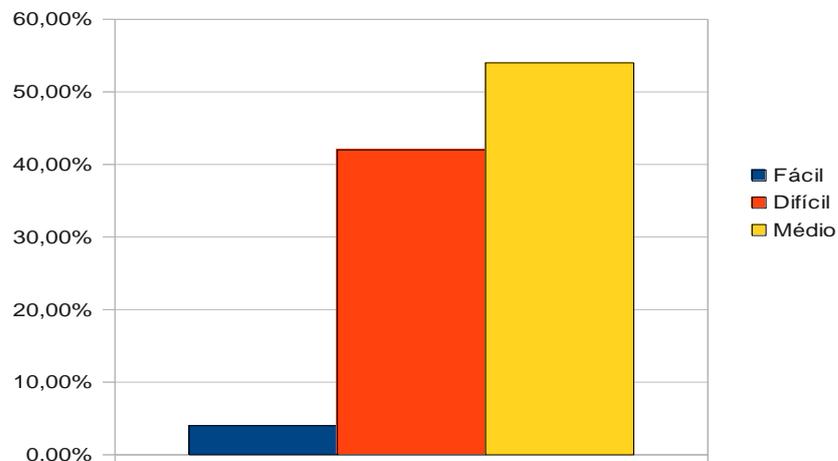


Figura 11. Resultados da questão 6.

Fonte: Elaborada pelo autor.

As respostas à questão 7 "A carga horária é suficiente para aprender o conteúdo?" são mostradas na figura 11, onde se procurou saber se os alunos achavam o número de aulas de física suficientes.

Na sétima questão tivemos resultados praticamente equilibrados, 46% acham a carga horária suficiente, enquanto que a maioria respondeu insuficiente, o que corresponde a 54%. Semanalmente, são ministradas 2 horas/aulas, isso corresponde a 80 horas/aulas anualmente. De fato, a carga horária é suficiente, pois, fazendo o planejamento semanalmente, mensalmente e anualmente, pode-se obter bons resultados, para isso a figura do docente é essencial nesse momento.

Em nossas atividades quebramos a carga horária em quatro aulas de 50 minutos onde os alunos acharam insuficiente para tantos questionamentos e discussões e muitos opinaram que quando as aulas são expositivas o tempo parece demorar, enquanto as atividades são diferenciadas como, por exemplo, aulas práticas, sempre perguntam quando será a próxima e qual será o assunto.

As respostas à questão 8 "Com a utilização do experimento de baixo custo, foi possível compreender o que é uma onda sonora?" são mostradas na figura 12, onde se procurou saber se o uso do experimento ajudou a compreender o assunto abordado.

Pergunta 7.

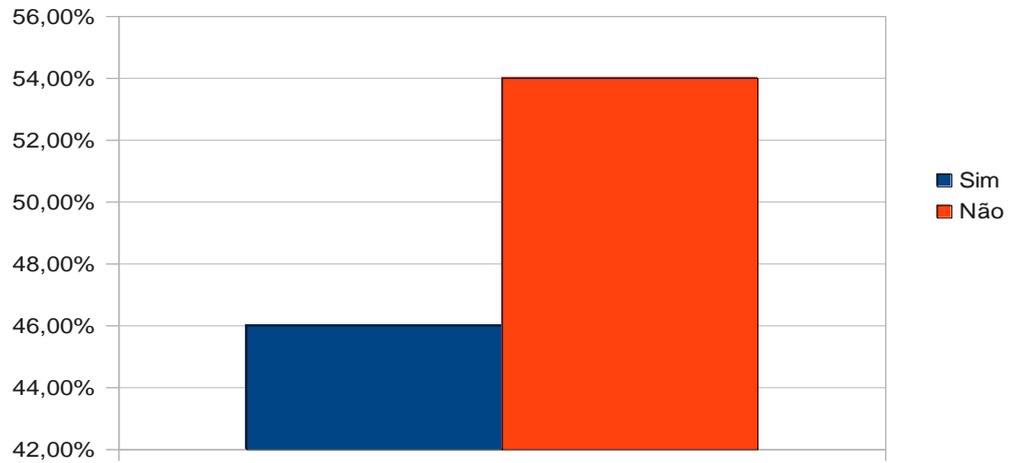


Figura 12. Resultados da questão 7.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Pergunta 8.

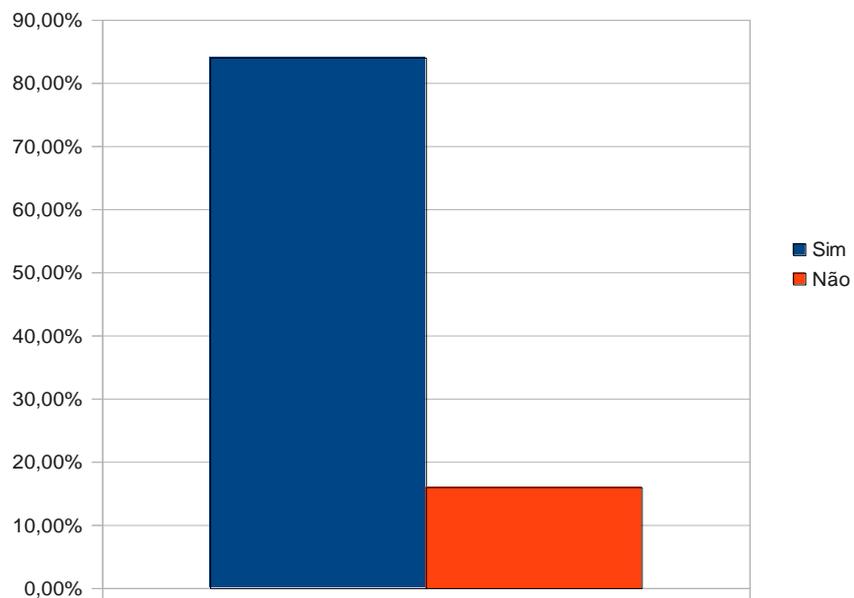


Figura 13. Resultados da questão 8.
Fonte: Elaborada pelo autor.

Na oitava pergunta, foi feito um levantamento sobre o que os estudantes acharam da realização de uma experiência utilizando material de baixo custo. Sendo assim, 84% responderam que sim, enquanto 16% disseram não, resultados satisfatórios para compreensão do conteúdo, realmente a utilização de ferramentas como essa, visa confrontar o tradicionalismo.

Com isso, a experimentação é indispensável e deve estar sempre presente, garantindo a construção do conhecimento pelo próprio aluno, através do manuseio, operação, indagação, e o principal, desenvolver a sua curiosidade.

As respostas à questão 9 "O aprendizado em física é mais satisfatório com aulas práticas?" são mostradas na figura 13, onde se inferiu a satisfação com o uso de aulas práticas.

Na nona pergunta os alunos foram indagados sobre o aprendizado em física, ser mais satisfatório com aulas práticas, ou seja, o uso de ferramentas de aprendizagem, como por exemplo, experimentos de baixo custo e/ou softwares educacionais.

Pergunta 9.

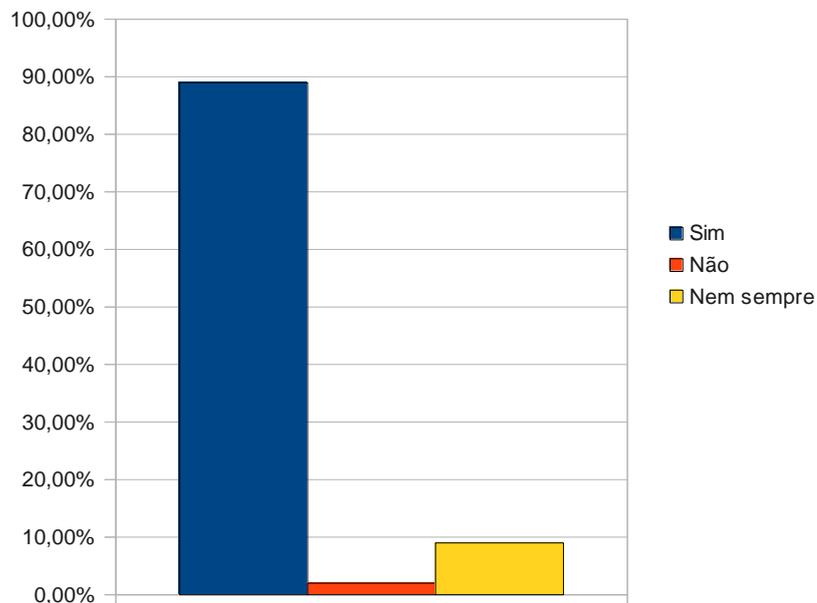


Figura 14. Resultados da questão 9.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os resultados a esta pergunta mostram que, 89% responderam sim, 2% afirmaram que não, e 9% disseram que nem sempre o uso dessas ferramentas é satisfatório para a aprendizagem da física.

Apesar do índice relativamente baixo de alunos que afirmaram o seguinte: nem sempre é uma satisfação a utilização desses mecanismos, devemos pensar sobre quais medidas, podem ser tomadas, e principalmente, ter todo o cuidado na elaboração da atividade sem perder o foco e que o mesmo seja simples e de fácil manuseio. Pois, em cada atividade que é desenvolvida em sala de aula ou no laboratório (Ciências ou Informática) percebemos que alguns alunos estão presentes, mas não têm a atenção que deveriam ter para aprender.

Isso proporciona ao professor, uma responsabilidade ainda maior em acompanhar de perto o aprendizado do aluno e correr contra o tempo que ainda é um fator preponderante na disciplina de Física que em quase todas as instituições de ensino é trabalhada com uma carga horária de duas aulas semanais.

Pergunta 10.

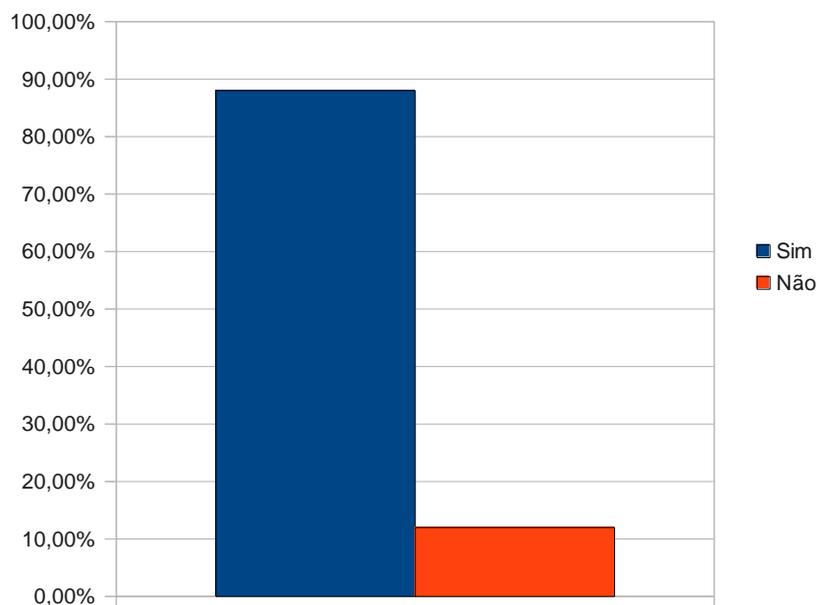


Figura 15. Resultados da questão 10.

Fonte: Elaborada pelo autor.

As respostas à questão 10 "Os experimentos de baixo custo utilizados em sala de aula, contribuíram para compreender o conteúdo introdutório sobre o estudo do som?" são mostradas na figura 14, onde se a atividade experimental contribuiu para facilitar a compreensão do conteúdo dado.

De acordo com a questão 10, 88% dos estudantes responderam sim, os demais acham que não é suficiente para a aprendizagem. Com isso, percebe-se a importância de utilizar um experimento de baixo custo de fácil manuseio e aplicação, porém, foi possível constatar que nem todos os alunos estão aptos para aprender ou simplesmente falta motivação.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fazer uma atividade experimental em sala de aula ou no laboratório proporciona ao aluno uma aprendizagem mais eficaz e motivadora. O ensino somente em sala de aula sem experimentação faz do aluno um ouvinte, ou até mesmo uma máquina de depósito que só recebe informação; que é o que Paulo Freire chama de educação bancária. Hoje, observamos que no mundo da informação e internet, uma educação desse tipo não funciona. Principalmente no ensino de Ciências, em que os alunos são mais "anteados" que o próprio professor. Independentemente do grau de escolaridade do nosso discente, os conhecimentos prévios adquiridos anteriormente que ele já detém pode interferir na sua apreensão do conteúdo escolar, aliado à prática experimental que é uma ferramenta essencial na sala de aula ou mesmo no laboratório.

Neste trabalho, constatamos que através de uma atividade motivadora o aluno passa a ter interesse em aprender não somente o tema em questão, mas, qualquer outro assunto relacionado à Física, que na maioria das vezes começamos o conteúdo sem fazer uma aplicação prática no cotidiano ou abordarmos um contexto histórico ou até mesmo uma atividade experimental com o intuito de despertar o interesse pelo assunto.

No estudo das ciências da natureza e suas tecnologias, particularmente na Física, pode emergir situações entre duas linhas de conhecimentos, o do aluno e do professor, abrindo oportunidades para a explanação de duas estruturas do conhecimento, que não fornece a mesma interpretação para um dado conceito estudado. Não podemos descartar esta situação, pois estaremos incentivando o aluno à utilização de conceitos e leis físicas, apenas para instigá-los a situações de "lousa e pincel" e provas, enquanto que para situações vividas perpetuam os conhecimentos do senso comum.

Portanto, se houver um esforço em se vincular os conteúdos à vida dos alunos, se tiver uma aproximação entre as abstrações do conhecimento científico e sua possibilidade de aplicação em situações reais e concretas, a formulação dos princípios gerais da Física terá consistência garantida pela percepção de sua utilidade e de sua universalidade.

Não devemos abolir a esperança de que os nossos alunos são capazes de ser um grande cientista que isso ele já tem e através de práticas experimentais prematuras aliadas a um contexto histórico proporciona ao aluno a adquirir conhecimento lúdico.

Devemos levantar questionamentos e discussões de temas atuais e aplicações práticas de fenômenos físicos no dia a dia dos alunos fazendo uma inserção paulatina de forma motivacional de modo a mostrar para eles que a Física está presente em sua vida desde aplicações simples as mais complexas. Não devemos abolir as concepções espontâneas dos nossos alunos e sim lapidá-las mostrando o que realmente é certo em se tratando de fenômenos físicos. De acordo com Moreira:

Ao professor cabe à tarefa de promover a aprendizagem por meio da instrução. Ele planeja a instrução, administra-a e avalia sua eficácia por meio da avaliação da aprendizagem do aluno. Ele é uma espécie de “gerente” da instrução, cuja tarefa é planejar, delinear, selecionar e supervisionar a organização de eventos externos, com o objetivo de influenciar os processos internos de aprendizagem. Uma vez planejada a instrução, é necessário ministrá-la ao aluno. (Moreira, 1999, p. 78).

Percebemos claramente que as atividades práticas aliadas a uma boa introdução do assunto que será ministrado, faz do aluno um protagonista do seu próprio aprendizado e isso motiva ainda mais a absorção do conteúdo de forma sistemática em consonância com o cotidiano. Ainda com Moreira:

Esta motivação pode ser estabelecida com o desenvolvimento, no aluno, e um processo denominado *expectativa*, que é uma antecipação da “recompensa” que ele obterá quando atingir algum objetivo. O estabelecimento da motivação é uma fase preparatória para um ato de aprendizagem. (Moreira, 1999, p. 68).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José; BOAS, Newton Villas. *Física*, Vol. 02, 1ª Ed. Editora Saraiva, (2010).

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 18. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra , 2011.

HENRIQUE, Luís. *Acústica Musical*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.

HEWITT, Paul G. *Física conceitual* 9ªed. Porto Alegre: Bookmann. 2002.

MOREIRA, M.A; *Teorias de aprendizagem*. Editora Pedagógica e Universitária Ltda (1999).

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS. (Brasil, 2002) PCN+...

SEARS, F. W., Zemansky, M. W., Young, H. D. *Física* Vol. 2, RJ: 12ª Ed, Ed. Pearson, 2008.

VALADARES, E.C. *Física mais que divertida*. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 2ª edição revista e ampliada.