UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO

COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

FIDELIS LIMA LEAL

# SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO METODOLOGIA MEDIADORA NA PRODUÇÃO E SIMULAÇÃO DE VÍDEOS DE CURTA METRAGEM, NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE ACÚSTICA

TERESINA

2024

**FIDELIS LIMA LEAL**

# SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO METODOLOGIA MEDIADORA NA PRODUÇÃO E SIMULAÇÃO DE VÍDEOS DE CURTA METRAGEM, NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE ACÚSTICA.

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física, na linha de pesquisa Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física

Orientador(a): Prof.ª Dr.ª Hilda Mara Lopes Araújo

**TERESINA**

**2024**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas UFPI - SIBi/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

L435s Leal, Fidelis Lima.
Sequencia didática como metodologia mediadora na produção e simulação de vídeos de curta metragem, no ensino e aprendizagem de acústica / Fidelis Lima Leal. – Teresina, 2024.
303 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Piauí. Centro de Ciências da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2024.
"Orientadora: Profa. Dra. Hilda Mara Lopes Araújo".

1. Física - Estudo e Ensino. 2. Sequência didática. 3. Aprendizagem significativa. 4. Acústica. 5. Vídeos de curta metragem. I. Araújo, Hilda Mara Lopes. II. Titulo.

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes - CRB3/1461

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI**
**Pró-reitoria de Ensino de pós-Graduação - PRPG**
**Coordenadoria Geral de Pós-Graduação - CGP**
**Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF – Polo 26 UFPI**
e-mail: mnpef@ufpi.edu.br

# ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE FIDELIS LIMA LEAL

Às 9:30 horas do dia doze de agosto de dois mil e vinte e quatro, reuniu-se no Auditório do Curso de Física/CCN, a Comissão Julgadora da dissertação intitulado " SEQUÊNCIA DIDÁTICA COMO METODOLOGIA MEDIADORA NA PRODUÇÃO E SIMULAÇÃO DE VÍDEOS DE CURTA-METRAGEM NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE ACÚSTICA" do mestrando(a) FIDELIS LIMA
LEAL, composta pelos professores: Dra. Hilda Mara Lopes Araujo (orientadora, UFPI), Dr. Fábio Soares da Paz professor externo do programa (LEDOC/UFPI), Dra. Maria do Socorro Leal Lopes professora interno do programa (UFPI), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o(a) Orientador(a) e Presidente da Comissão, Profa. Dra. Hilda Mara Lopes Araujo, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião foram solicitadas correções no texto escrito (ortográfica e ABNT), as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O(A) aluno(a) FIDELIS LIMA LEAL foi considerado(a) APROVADO(A), por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente ao discente pela Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, a Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais.

Teresina-PI, 12 de agosto de 2024

gov.br Documento assinado digitalmente
HILDA MARA LOPES ARAUJO
Data: 14/08/2024 08:30:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Dra. Hilda Mara Lopes Araujo
Presidente/Orientadora

gov.br Documento assinado digitalmente
FABIO SOARES DA PAZ
Data: 13/08/2024 09:37:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Fábio Soares da Paz
Avaliador externo

gov.br Documento assinado digitalmente
MARIA DO SOCORRO LEAL LOPES
Data: 14/08/2024 11:02:32-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dra. Maria do Socorro Leal Lopes
Avaliadora interna

Observação: Encaminhada Ata (mnpef@ufpi.edu.br ) o mais breve possível para os fins.

Dedico este trabalho a minha querida e amada esposa Andressa Leal, aos meus filhos Vinícius e Melissa e em memória da minha amada irmã Flávia.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde e sabedoria para seguir sempre em frente. Obrigada por ser a minha força e o meu guia em todos os momentos. A ti, Senhor, toda honra e toda a glória.

À minha linda esposa Andressa Leal, que de uma forma muito especial, sempre me deu força, apoiando-me sempre, principalmente nos momentos de maiores dificuldades, sua empatia, compressão e amor que me impulsionaram.

Aos meus filhos Melissa e Vinícius, que iluminam minha vida de forma especial e me dá motivos para continuar sempre buscando dar o melhor de mim.

De maneira especial, aos meus pais Lucia e Leal, a quem agradeço minha existência e a forma como eles me ensinaram a ver a vida.

Aos meus irmãos Franklis, Lucifrancis e Flávia (*in memorian*), quem sempre acreditaram em mim.

Aos meus sogros Sr.Antonio, Rosa maria e Raimunda oliveira, por ser uma coluna na minha vida.

Aos meus cunhados, Reginaldo, Iracema e Ionara, pela compreensão e apoio.

Aos amigos, colegas de mestrado, cuja parceria foi fundamental na superação dos desafios interpostos.

À professora Dr.ª Hilda Mara Lopes Araújo que teve toda a paciência na orientação deste trabalho e me incentivou em todos os momentos, tornando possível a conclusão desta dissertação que com a sua gentileza sempre souber despertar a melhor visão para a minha pesquisa.

A UFPI, que me acolheu ainda na graduação e agora no MNPEF, sem esquecer de todos queridos professores do MNPEF, pelas importantes e decisivas contribuições para a realização deste trabalho e saberes adquiridos.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) e à CAPES, através do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, possibilitou o conhecimento das teorias de aprendizagem, a discussão e análise de diferentes métodos de ensino, além da avaliação das técnicas, adquiridas ao longo da formação e da atuação profissional, através da comparação crítica com os novos conhecimentos apresentados.

*“E não vos conformeis com este século, mas transformai-vos pela renovação da sua mente, para que experimenteis qual seja a boa, agradável e perfeita vontade de Deus.*

(Romanos 12:2)

## RESUMO

O presente trabalho apresenta como título “Sequência Didática como metodologia mediadora na Produção e Simulação de Vídeos de Curta Metragem, no Ensino e Aprendizagem de Acústica”. Ancorou-se no seguinte problema de pesquisa: Como a produção e simulação de vídeos de curta metragem poderá contribuir significativamente no processo ensino e aprendizagem de Acústica, no Ensino Médio? Partimos do pressuposto de que a produção e simulação de vídeos acerca do tema Acústica, proporcionará aos alunos do Ensino Médio, aprendizado mais adequado na compreensão quanto a fisiologia do som em Acústica, além da apreensão do conhecimento, motivação, interação entre os mesmos, da criatividade, com possibilidades de tornarem-se sujeitos participantes desse processo, seres críticos e ativos na construção do seu próprio conhecimento, de modo a obter uma aprendizagem significativa. Esse trabalho tem como objetivo geral, analisar a produção, simulação e edições de vídeos de curta metragem como metodologia no ensino e aprendizagem de Acústica através de sequência didática interfaces com a aprendizagem significativa e, como objetivos específicos 1) Diagnosticar conhecimentos prévios dos alunos acerca da qualidade fisiológica do som e seus fenômenos ondulatórios; 2) Propor um estudo teórico para discussão sobre qualidade fisiológica do som e seus fenômenos ondulatórios, aplicado no estudo da acústica, levando em conta os resultados do diagnóstico sobre os conhecimentos prévios; 3) Elaborar uma sequência didática, para a produção e simulação de vídeos de curta metragem sobre Acústica, considerando a Aprendizagem Significativa em Ausubel; 4) Aplicar a pesquisa translacional para estabelecer uma conexão efetiva entre teoria e prática, visando aprimorar a compreensão dos conceitos de Física em Acústica pelos alunos do ensino médio; 5) Avaliar aprendizagem dos alunos participantes do processo de produção de vídeos didáticos abordando a Física da acústica; 6) Elaborar um produto educacional que contenha a produção e simulação de vídeos de curta metragem no ensino e aprendizagem de Acústica. No percurso teórico-metodológico fizemos uso da abordagem qualitativa em Bogdan e Biklen (1994) e Ludke e André (1986). Ainda utilizamos a pesquisa translacional Fini (2011) e Cabral Filho *et al,* (2013), por esta garantir que a teoria não permaneça isolada do contexto prático. Os instrumentos de coleta de dados foram os questionários a observação direta e participativa da construção dos vídeos. A análise e a discussão dos dados foram

realizadas a partir dos aportes teóricos da análise de conteúdo proposta por Bardin (2004). Os resultados indicam que os participantes fizeram avanços significativos na compreensão dos conceitos relacionados às propriedades do som e seus fenômenos. A criação e implementação dos vídeos serviram como recursos valiosos, desempenhando um papel crucial na facilitação da compreensão e integração desses conceitos, demonstrando ser uma abordagem potencialmente significativa para o Ensino de Física.

**Palavras-chave:** Ensino de física; acústica; vídeos de curta metragem; sequência didática; aprendizagem significativa.

.

## ABSTRACT

This work is titled “Didactic Sequence as a Mediating Methodology in the Production and Simulation of Short Films in the Teaching and Learning of Acoustics.” It is anchored in the following research problem: How can the production and simulation of short films significantly contribute to the teaching and learning process of Acoustics in high school? We start from the assumption that the production and simulation of videos on the topic of Acoustics will provide high school students with a more suitable learning experience in understanding the physiology of sound in Acoustics, as well as knowledge acquisition, motivation, interaction among peers, and creativity. This process allows them to become active participants, critical thinkers, and constructors of their own knowledge, aiming for meaningful learning. The general objective of this work is to analyze the production, simulation, and editing of short films as a methodology in the teaching and learning of Acoustics through a didactic sequence, interfacing with meaningful learning. The specific objectives are: 1) To diagnose students' prior knowledge regarding the physiological quality of sound and its wave phenomena; 2) To propose a theoretical study for discussion on the physiological quality of sound and its wave phenomena, applied to the study of acoustics, considering the results from the diagnosis of prior knowledge; 3) To develop a didactic sequence for the production and simulation of short films about Acoustics, considering Ausubel's theory of meaningful learning; 4) To apply translational research to establish an effective connection between theory and practice, aiming to enhance high school students' understanding of Physics concepts in Acoustics; 5) To evaluate the learning of students participating in the process of producing educational videos addressing the Physics of acoustics; 6) To create an educational product that includes the production and simulation of short films in the teaching and learning of Acoustics. In the theoretical-methodological framework, we employed a qualitative approach based on Bogdan and Biklen (1994) and Ludke and André (1986). We also utilized translational research as proposed by Fini (2011) and Cabral Filho et al. (2013), to ensure that theory does not remain isolated from practical context. Data collection instruments included questionnaires and direct, participative observation of the video production process. The analysis and discussion of the data were conducted based on the theoretical contributions of content analysis proposed by Bardin (2004). The results

indicate that participants made significant progress in understanding concepts related to the properties of sound and its phenomena. The creation and implementation of the videos served as valuable resources, playing a crucial role in facilitating the understanding and integration of these concepts, demonstrating a potentially meaningful approach to the Teaching of Physics.

**Keywords:** Physics teaching; acoustics; short film videos; following teaching; meaningful learning.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** - Onda longitudinal em uma mola .....20
**Figura 2** - Faixa audível Humana .....21
**Figura 3** - Fonte sonora produzindo uma onda acústica em um tubo de ar. .....22
**Figura 4** -Coluna de ar oscilando entre -Sm e + Sm.....22
**Figura 5** -Representação de uma voz feminina e masculina.....27
**Figura 6** - Representação da propagação da intensidade sonora.....28
**Figura 7** – Formato da onda produzida por diferentes instrumentos para uma mesma nota musical .....33
**Figura 8** - O eco é consequência da reflexão do som .....34
**Figura 9** - Emissão de ondas sonoras com múltiplas reflexões .....35
**Figura 10** - Refração do som no ar .....36
**Figura 11** - representação da difração .....37
**Figura 12** -Som proveniente de um corredor entrando em uma sala .....39
**Figura 13** - Onda luminosa proveniente de um corredor entrando na mesma sala ..39
**Figura 14** -Representação de uma onda estacionária.....42
**Figura 15** -Harmônicos em uma corda vibrante.....43
**Figura 16** - Tubo sonoro aberto.....45
**Figura 17** - Tubos sonoros fechados.....45
**Figura 18** - Propagação de onda de uma fonte móvel.....48
**Figura 19** - Sinais ± da equação do Efeito Doppler .....49

## LISTA DE FOTOS

**Foto 1** - Discussões dos artigos científicos sobre Acústica, mediada pelo professor. .....98
**Foto 2** - Edição dos vídeos de curta metragem, utilizando o próprio celular. .....99
**Foto 3** - Mostra de vídeos de curta metragem. .....108
**Foto 4** -Mostra de vídeos de curta metragem .....108
**Foto 5** - Aplicação do pós-teste.....111
**Foto 6** – Ilustração do vídeo 1 – Qualidades Fisiológicas do Som .....134
**Foto 7** – Ilustração do vídeo 2 - O Som. .....136
**Foto 8** – Ilustração do vídeo 3 -Reflexão das ondas.....137
**Foto 9** – Ilustração do vídeo 4 – Efeito Doppler. .....139
**Foto 10** – Ilustração do vídeo 5 – Fenômenos sonoros. .....140

## LISTA DE GRÁFICOS

**Gráfico 1** - Em uma escala de 0 a 10, qual pontuação você atribuiria para a utilização dessa atividade nas aulas de Física? .....1467
**Gráfico 2** - Resposta da questão 04: Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade em que você participou?.....151
**Gráfico 3** – Resposta da questão 05. Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem?.....154
**Gráfico 4** - Resposta da questão 06. Você concorda que através da construção dos vídeos e as discussões realizadas dentro da sala de aula. Esta atividade contribui para o esclarecimento de suas dúvidas em relação a Acústica como os fenômenos sonoros e fisiologia do som?.....155
**Gráfico 5** - Resposta da questão 07. Você participaria novamente dessa atividade? .....157
**Gráfico 6** - Resposta da questão 08. Você concorda que a atividade contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos de Acústica relacionado ao som e suas características?.....158
**Gráfico 7** - Resposta da questão 09. Você consegue diferenciar as características do som como timbre, intensidade e altura do som? .....159

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1** - QUADRO DESCRITIVO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....92
**Quadro 2** - Sondagem dos alunos do Ensino Médio do Ceti Moaci Madeira Campos, sobre seus conhecimentos prévios antes da aplicação do Produto Educacional (PE) .....95
**Quadro 3** - Roteiros de gravação dos vídeos de curta metragem. .....99
**Quadro 4** - Sondagem dos alunos do Ensino Médio do Ceti Moaci Madeira Campos, sobre seus conhecimentos após a aplicação do Produto Educacional (PE) .....109
**Quadro 5** - Resposta da Questão 01: Como podemos definir ondas sonoras?.....114
**Quadro 6** - Resposta da Questão 02: A velocidade de propagação das ondas sonoras varia de acordo com as características elásticas do meio, como a temperatura, por exemplo. Diante disto, podemos dizer que:.....116
**Quadro 7** -Resposta da Questão 03: As ondas sonoras são capazes de transportar em sua propagação:.....117
**Quadro 8** - Embora a sensibilidade da orelha humana possa sofrer variação à medida que a pessoa envelhece, podemos dizer que uma pessoa com condição normal tem capacidade auditiva para identificar ondas sonoras cuja faixa do som audível esteja compreendida entre: .....119
**Quadro 9** - Resposta da Questão 05: Ao descrevermos as qualidades fisiológicas do som, antes de qualquer advento tecnológico, usamos como parâmetro nossa sensibilidade auditiva, ou seja, destacamos as qualidades que dependem da interação do ser humano com o som, que são a altura, a intensidade e o timbre. Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir: alternativa (a) É a característica que nos permite distinguir sons de mesma frequência, emitidos por fontes sonoras diferentes.....121
**Quadro 10** - Resposta da Questão 05: Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir: alternativa (b) Está relacionado ao volume do som .....122
**Quadro 11** - Resposta da Questão 05: Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir: alternativa (c) Relacionado a voz humana com a masculina grave e a feminina aguda.....124
**Quadro 12** - Resposta da Questão 06: O ser humano só consegue distinguir sons com intervalo de tempo superior a um décimo de segundo (0,1s). Tal intervalo é

denominado persistência acústica. Quando se pode distinguir o som refletido do som direto, o fenômeno é chamado de: .....125
**Quadro 13** - Resposta da Questão 07: A acústica de um projeto de arquitetura pode influenciar diretamente a experiência das pessoas em um ambiente. Já imaginou um teatro em que não seja possível ouvir com nitidez a voz dos atores? Ou uma casa de show em que a música não chega de forma agradável aos ouvidos? Para garantir que o projeto acústico seja perfeito, é necessário controlar um fenômeno ondulatório gerado pela reflexão do som chamado de:.....126
**Quadro 14** - Resposta da Questão 08: Qualquer material pode bloquear uma parte do som. Em casa, algumas vezes nos comunicamos com a família mesmo estando dentro de um quarto fechado. A comunicação é possível graças ao fenômeno ondulatório: .....127
**Quadro 15** - Resposta da Questão 09: A acústica aborda fenômenos ondulatórios, bem como as características do som. Em que áreas podemos ver suas aplicações? Cite todas que souber. .....129
**Quadro 16** - Resposta da Questão 10: Como você descreve o efeito Doppler? ....131
**Quadro 17** - Resposta da Questão 01: Antes da atividade, você tinha conhecimento sobre a fisiologia do som? Se sim, quais você conhecia? E quais aplicações do som se tornaram importantes para nós? .....144
**Quadro 18** - Resposta da Questão 03: Na sua opinião, você conseguiu aprender os conteúdos de Física através da construção dos vídeos? Se sim, indique as vantagens e/ou desvantagens em aprender Física desta Forma. .....148
**Quadro 19**- Resposta da Questão 05: Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem? Se sim, quais foram essas dificuldades? .....152
**Quadro 20** - Resposta da Questão 10: Como você compreende os fenômenos de difração sonora e efeito doppler, após, a realização de produção de vídeos de curta metragem? .....160

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

| | |
|---|---|
| BNCC | Base Nacional Comum Curricular |
| FAMV | Flávia; Andressa; Melissa; Vinícius |
| LDB | Lei das Diretrizes e Bases da educação nacional |
| PCN | Parâmetros Curriculares Nacionais |
| PE | Produto Educacional |
| UEPS | Unidades de Ensino Potencialmente Significativas |
| TAS | Teoria da Aprendizagem Significativa |
| TIC | Tecnologias de Informação e Comunicação |

**SUMÁRIO**

**1 INTRODUÇÃO ..... 1**
**1.1 Itinerário de vida e formação: implicações na temática ..... 5**
**2 REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA: DESAFIOS E INOVAÇÕES ..... 8**
**2.1 As Metodologias em foco no Ensino de Física ..... 10**
**2.2 O Ensino de Física Utilizando Recursos Tecnológicos ..... 11**
**2.3 Dificuldades e Perspectivas para um Ensino de Física Inovador ..... 14**
**3 DISCUSSÃO DO CONCEITO DE ACÚSTICA ..... 17**
**3.1 Acústica no Ensino Médio ..... 17**
3.1.1 Ondas Sonoras ..... 19
3.1.2 Ondas Progressivas ..... 21
3.1.3 A Velocidade do Som no Ar em Função da Temperatura ..... 24
3.1.4 Qualidades Fisiológicas do Som ..... 27
3.1.4.1 Altura ..... 27
3.1.4.2 Intensidade ..... 28
3.1.4.3 Timbre ..... 31
3.1.5 Fenômenos Sonoros: Conceitos Fundamentais ..... 34
3.1.5.1 Reflexão Sonora ..... 34
3.1.5.2 Refração Sonora ..... 36
3.1.5.3 Difração ..... 37
3.1.6 Cordas Vibrantes ..... 40
3.1.7 Tubos Sonoros ..... 44
3.1.8 Efeito Doppler ..... 46
3.1.8.1 Equação do Efeito Doppler para um detector em movimento e a fonte parada ..... 49
3.1.8.2 Equação geral do Efeito Doppler ..... 52
**4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA VISÃO GERAL ..... 53**
**4.1 Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa ..... 61**
**4.2 Organizadores prévios ..... 64**
**4.3 Correlação da Aprendizagem significativa de Ausubel no Ensino de Acústica ..... 67**

**5 PERCURSO TEÓRICO METODOLÓGICO: A PESQUISA TRANSLACIONAL, OS PROCEDIMENTOS DE RECOLHA DE DADOS, O CAMPO E O PRODUTO EDUCACIONAL. ..... 71**
**5.1 Caracterização da pesquisa ..... 71**
**5.2 Pesquisa translacional: conectando teoria e prática ..... 72**
**5.3 Campo empírico e Participantes da Pesquisa ..... 77**
**5.4 Instrumentos de produção de dados ..... 77**
**5.5 Análise de conteúdo: interpretando os significados ..... 80**
**5.6 Produto educacional ..... 83**
**6 PRODUÇÃO DE VÍDEOS DE CURTA METRAGEM MEDIADO PELA METODOLOGIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ..... 85**
**6.1 Produção de vídeos de curta metragem como metodologia facilitadora no ensino e aprendizagem de Acústica ..... 85**
**6.2 Sequência didática como metodologia mediadora na produção de vídeos de curta metragem ..... 86**
6.2.1 Sala de aula invertida ..... 90
**7 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: DO CONHECIMENTO PRÉVIO AO CONHECIMENTO RESIGNIFICADO NO ENSINO DE ACÚSTICA ..... 112**
**7.1 Análise dos conhecimentos prévios dos alunos ..... 113**
**7.2 Produzindo o novo conhecimento a partir dos vídeos de curta metragem ..... 133**
**8 PÓS-TESTE: REFLEXÕES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL NO ENSINO DE ACÚSTICA ..... 143**
**9 SIGNIFICAÇÕES CONCLUSIVAS ..... 163**
**REFERÊNCIAS ..... 166**
**APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL ..... 177**
**3.2 Sequência didática como metodologia mediadora na produção de vídeos ..... 182**
**APÊNDICE B – PRÉ-TESTE ..... 266**
**APÊNDICE C – ROTEIROS DE GRAVAÇÃO ..... 269**
**APÊNDICE D – PÓS-TESTE ..... 279**
**APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO ..... 281**
**APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PAIS) ..... 283**

# 1 INTRODUÇÃO

A presente Dissertação de Mestrado apresenta como título “Sequência Didática como metodologia mediadora na Produção e Simulação de Vídeos de Curta Metragem, no Ensino e Aprendizagem de Acústica”. Ancorou-se no seguinte problema de pesquisa: Como a produção e simulação de vídeos de curta metragem poderá contribuir significativamente no processo ensino e aprendizagem de Acústica, no Ensino Médio? Partimos do pressuposto de que a produção e simulação de vídeos acerca do tema Acústica, proporcionará aos alunos do Ensino Médio, melhor aprendizado na compreensão quanto a fisiologia do som em Acústica, além da apreensão do conhecimento, motivação, interação entre os mesmos, da criatividade, com possibilidades de tornarem-se sujeitos participantes desse processo, seres críticos e ativos na construção do seu próprio conhecimento, de modo a obter uma aprendizagem significativa.

Esse trabalho teve como objetivo geral, analisar a produção e simulação de vídeos de curta metragem como metodologia no ensino e aprendizagem de Acústica no campo de ondas sonoras e seus fenômenos, proporcionando aos alunos do Ensino Médio, oportunidade de desenvolvimento de competências e habilidades em Acústica e, como objetivos específicos 1) Diagnosticar conhecimentos prévios dos alunos acerca da qualidade fisiológica do som e seus fenômenos ondulatórios; 2) Propor um estudo teórico para discussão sobre qualidade fisiológica do som e seus fenômenos ondulatórios, aplicado no estudo da acústica, levando em conta os resultados do diagnóstico sobre os conhecimentos prévios; 3) Elaborar uma sequência didática, para a produção e simulação de vídeos de curta metragem sobre Acústica, considerando a Aprendizagem Significativa em Ausubel; 4) Aplicar a pesquisa translacional para estabelecer uma conexão efetiva entre teoria e prática, visando aprimorar a compreensão dos conceitos de Física em Acústica pelos alunos do ensino médio; 5) Avaliar aprendizagem dos alunos participantes do processo de produção de vídeos didáticos abordando a Física da acústica; 6) Elaborar um produto educacional que contenha a produção e simulação de vídeos de curta metragem no ensino e aprendizagem de Acústica.

No que concerne ao aprendizado da Física, esta é considerada uma disciplina difícil por ser matematizada e guiada por fórmulas. Por isso, a contextualização do

ensino de Física que segundo Ricardo (2010) não se resume apenas a relações ilustrativas com o cotidiano dos alunos, ou com exemplos de aplicações da física, mas, também do resultado de escolhas didáticas do professor, envolvendo conteúdos e metodologias, e com um projeto de ensino bem definido, aplicado a linguagem do mesmo, por meio de tecnologias, é motivador, para o ensino da Física, tornando as aulas mais dinâmicas e envolventes, (Morais, 2009).

Ao estudar sobre a produção e simulação de vídeos, Andrade (2018), infere que este recurso aplicado ao ensino de Física auxilia na compreensão dos conceitos de Física e, além de explorar conteúdos que, por diferentes fatores, podem não serem abordados, permitindo que os alunos ganhem uma nova perspectiva sobre a disciplina por se tratar de uma metodologia que proporciona maior interação com o conteúdo permitindo uma conexão entre teoria e prática, principalmente em escolas sem laboratórios de Física.

Nossa metodologia, além de examinar os diferentes caminhos seguidos, planejados e vivenciados pelo professor para orientar e facilitar efetivamente o processo de ensino em função das metas e objetivos, ou seja, possui uma sistematicidade, uma organização, um passo a passo que vai estruturando a aprendizagem, além de reconhecer a natureza histórica do Ensino, se fortalece ao basear-se em reflexões teóricas e práticas da vida real, bem como em práticas sociais e científicas mais amplas (Manfredi, 1993).

Para Cinelli (2003), a produção de vídeos didáticos é uma atividade que usada como metodologia poderá contribui para aprendizagem do aluno, permitindo a interação com os conteúdos audiovisuais, favorecendo para uma abordagem teórica e experimental aplicado ao seu cotidiano, estimulando o aluno a produzir vídeos junto ao professor como mediador, facilitando o seu trabalho enquanto o aluno constrói o conhecimento almejado no processo.

A Acústica é a área da Física que estuda o som e os fenômenos a ele relacionados, e a forma como os alunos a percebem no seu cotidiano é através das concepções que desenvolvem dos fenômenos naturais, por meio das suas experiências sensoriais (Driver, 1994). Por isso, as novas tecnologias de informação e comunicação precisam ser vistas como parte integrante e fundamental para o ensino e aprendizagem do Ensino de Física no Ensino Médio, pois, elas conseguem influenciar a forma como os alunos aprendem sobre ciência, conforme (Testa *et al*,

2023), permitindo assim, inserir novas didáticas nos processos pedagógicos de forma crítica, competente, solidária e participativa (Silva, 2005).

A discussão em destaque ancorou-se na Aprendizagem Significativa em Ausubel (1980, 2003) e Moreira (2009, 2011); Bogdan e Biklen (1994), Ludke e André (1986) para a abordagem qualitativa; Fini (2011) e Cabral Filho *et al.* (2013) que infere sobre os aportes teóricos da Pesquisa Translacional; Bianchi *et al.* (2009) sobre o Ensino, Zabala (1998) que aborda conceitos relacionados à Sequência Didática; Halliday *et al.*(2013), Tipler e Mosca (2016) e Serway *et al.*(2016) trazem aportes teóricos acerca dos conceitos de Acústica, no campo do Ensino de Física; Bardin (2011) para análise dos resultados, entre outros..

Do ponto de vista metodológico, nos posicionamos pela abordagem qualitativa, denominada por Ludke e André (1986) de um método de pesquisa que foca na compreensão de fenômenos sociais a partir da perspectiva dos participantes, valorizando a interpretação e análise detalhada das experiências e significados atribuídos pelos indivíduos. Caracteriza-se pela coleta de dados não numéricos, como entrevistas, observações e documentos, permitindo uma compreensão profunda e contextualizada das dinâmicas sociais e educacionais"

Trata-se de uma abordagem na qual o investigador se faz presente nos locais em que naturalmente serão realizadas as observações dos fenômenos almejados, permitindo-o construir um repertorio significativo para a sua pesquisa (Bogdan; Biklen, 1994).

O tipo de pesquisa adotada foi a translacional. Esta pesquisa incentiva a investigação centrada na abordagem dos desafios reais da sala de aula e promove o envolvimento dos professores nessas investigações, ao mesmo tempo que reconhece a importância dos resultados técnicos (Cabral Filho *et al,* 2013).

Os elementos da pesquisa translacional incluem a integração entre pesquisa básica e aplicada, a aplicação prática dos resultados de pesquisa em contextos reais, a colaboração interdisciplinar e o foco na solução de problemas práticos. Estes elementos visam transformar descobertas científicas em práticas aplicáveis que beneficiem diretamente a sociedade, promovendo uma ponte entre a teoria e a prática (Freeman, 2011).

A perspectiva da pesquisa translacional no ensino científico envolve a integração de processos educacionais, produtos e sociotecnologias por profissionais atuantes. Isto é conseguido através do conhecimento acadêmico e do *feedback*, com

o objetivo final de analisar as interligações entre os referenciais teóricos e a sua aplicação prática em ambientes típicos de ensino (Ferreira *et.al,* 2021).

Quanto aos instrumentos de produção de dados a pesquisa foi conduzida conforme discutido por Marconi e Lakatos (2010), onde diversos instrumentos de produção de dados foram aplicados para garantir uma análise abrangente e detalhada do fenômeno estudado. Primeiramente, foram aplicados questionários para identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre acústica, especialmente sobre ondas sonoras e seus fenômenos. Esse questionário permitiu coletar dados de maneira estruturada e objetiva, facilitando a identificação de lacunas no conhecimento dos estudantes.

Além disso, foi feita a observação das aulas e das interações dos alunos durante as atividades, fornecendo *insights* valiosos sobre o comportamento e o envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem. Durante as atividades, a plataforma PhET foi utilizada como um recurso interativo para simular fenômenos acústicos, o que ajudou a aprofundar o entendimento dos alunos de forma prática e visual. Ludke e André (1986) destacam que a observação é uma ferramenta essencial para compreender as dinâmicas de sala de aula e a eficácia das estratégias pedagógicas implementadas.

A metodologia de sala de aula invertida, conforme definida por Lage, Platt e Treglia (2000), foi crucial neste estudo, invertendo o modelo tradicional de ensino ao permitir que os alunos tivessem o primeiro contato com o novo conteúdo fora da sala de aula através de textos científicos. Essa abordagem permitiu que os alunos explorassem conceitos teóricos de acústica antes das aulas práticas, promovendo um aprendizado mais ativo e significativo.

Durante as sessões presenciais, rodas de conversa foram realizadas para explicar a sequência didática, permitindo discussões e compartilhamento de compreensões, reforçando a teoria de Ausubel sobre a importância do conhecimento prévio. Essa combinação de métodos facilitou uma aprendizagem mais profunda e colaborativa, demonstrando a eficácia da pesquisa translacional em educação.

O estudo foi realizado na turma da 3ª Série do Ensino Médio, com 16 Alunos da escola de tempo integral CETI Moaci Madeira Campos, da rede pública do estado do Piauí, na cidade de Teresina, no Bairro Saci.

A utilização de simulações e produção de vídeos, corresponde a sua definição de investigação qualitativa, que a caracteriza como uma fonte direta de dados, sendo

o investigador o instrumento principal, além de ser descritiva, mostrando uma maior importância pelo processo, no qual a coleta de dados é bem mais indutiva, com objetivo de perceber as questões mais importantes, pois , seus significados é de importância vital nessa abordagem, já que também proporciona uma espécie de diálogo entre investigador e os respectivos sujeitos (Bogdan; Biklen, 1994).

Segundo Mills (2000), o professor que faz uso da produção e simulação de vídeos, age tal qual um artesão intelectual, que forma a si mesmo à medida que trabalha para o aperfeiçoamento de seu ofício, proporcionando ao aluno dentro dessa perspectiva, ser artesão do seu próprio conhecimento, do seu próprio saber, onde o professor ensina o aluno a aprender fazendo, e isso contribui significativamente no processo de ensino aprendizagem.

## 1.1 Itinerário de vida e formação: implicações na temática

Ao considerar o ensino, é importante mudar a nossa perspectiva sobre experiência, deixando de vê-la apenas como uma ligação entre ciência e técnica, e concentrando-nos nos aspectos experienciais e significativos, sendo aquilo que nos acontece, que nos toca. Seu significado, através das lentes do experimentador, não é definido por suas ações, mas sim por sua vontade de ser moldado pelas suas experiências – um reino em constante evolução, que adere a uma lógica alimentada pela paixão. Afirma-se que o conhecimento derivado da experiência emerge dentro da intrincada conexão entre o próprio conhecimento e a existência humana individual, que é ao mesmo tempo única e tangível (Bondía, 2002).

Tecidas essas considerações, relato minha experiência como estudante e professor de Física. No ano de 2006, passei no vestibular da Universidade Federal do Piauí no curso de Licenciatura Plena em Física. Como estudante de Física, a maior dificuldade sempre foi em não conseguir visualizar ou tocar, ficando apenas no campo teórico das temáticas abordadas desde o Ensino Médio. Na Educação Básica, já observava que o Ensino de Física precisava sair do que chamamos de tradicional, para uma abordagem inovadora.

Por isso, enquanto professor, sempre fui a favor de uma prática pedagógica que envolvesse paradigmas inovadores, pois eles têm como eixo central a produção do conhecimento. Nesta abordagem, o professor assume o papel de facilitador, o que

transforma o aluno em protagonista do processo de aprendizagem. Dessa forma, o aluno deixa de ser apenas um espectador e se torna um construtor do conhecimento, um ser ativo e autônomo nesse processo (Behrens, 2005).

Como professor de Física sei o quanto é difícil ensinar os conceitos físicos, quando não os interessa, não os ver e não os toca. Por isso, percebi ao longo desses anos que, ao trabalhar numa abordagem inovadora que possibilita o visual e investigativa, mudamos a postura do alunado. Quando inserimos a produção e simulação de vídeo de forma investigativa dentro de qualquer temática almejada, usando o celular como ferramenta nesse processo é notório o crescimento do aprendizado e o interesse pela disciplina e, ao propor que o aluno participe criando comigo, eu assumo o papel de professor que pesquisa a sua prática, onde, estarei verificando que o aluno aprende melhor, fazendo junto comigo, questionando, levantando referenciais teóricos, gerando hipóteses e as testando, o que me permite unir a docência como atividade e ao mesmo tempo como professor diferenciado que insere na docência a atividade da pesquisa.

A abordagem tradicional, com muitas fórmulas para memorizar e a massiva matematização da Física, foram as grandes dificuldades que encontrei como aluno e professor no Ensino de Física, pois, bloqueiam a criatividade em desenvolver, aprimorar e explorar, novas formas que facilitem o seu aprendizado.

Ao longo da docência eu tenho trabalhado com meus alunos práticas pedagógicas inovadoras no qual insiro o celular como ferramenta de gravação e produção de vídeos, para abordar temáticas variadas no Ensino de Física no Ensino Médio e, por observar tamanha dedicação, interesse e avanço na aprendizagem dos alunos, esperava desenvolver de uma forma mais científica e elaborada essa atividade.

Diante dessa experiência tenho me voltado para o objeto dessa pesquisa, que tem como proposta, a construção de um manual didático contendo as informações necessárias para o desenvolvimento de vídeos em curta metragem no ensino de acústica para alunos do ensino médio, abordando os princípios físicos relacionados às ondas sonoras e seus fenômenos, tendo em vista a dificuldade da compreensão de muitos alunos acerca do conteúdo, faz-se necessário uma abordagem mais simplificada e inovadoras.

Portanto, serão produzidos vídeos didáticos, com uma proposta de abordagens simplificadas da disciplina por meio de recursos audiovisuais.

O projeto de pesquisa foi inicialmente composto por um total de 29 alunos da 3ª série do Ensino Médio; no entanto, apenas 16 participaram de todas as etapas. As etapas de pesquisa envolveram participação ativa, enquanto as etapas de desenvolvimento focaram na criação de um Produto Educacional que visa inspirar os alunos a compreender o conceito de Acústica no seu dia a dia.

A pesquisa foi estruturada em oito seções: a primeira seção é a Introdução; a segunda seção apresentou reflexões sobre o ensino de física e a discussão do conceito de acústica; na seção três aprendizagem significativa: uma visão geral; a seção quatro elucidou sobre os caminhos da pesquisa, discorrendo sobre a abordagem e os procedimentos metodológicos; a seção cinco discorreu produção de vídeos de curta metragem mediado pela metodologia da sequência didática; a seção seis desenvolveu-se sobre a aprendizagem significativa do conhecimento prévio ao novo conhecimento no ensino de acústica; a seção sete evidenciou o questionário Pós-teste incluindo as reflexões da Aprendizagem Significativa; a seção oito perfez as significações conclusivas a respeito das seções descritas. Também são apresentados os apêndices com informações mais detalhadas do uso das simulações e o produto final desta dissertação.

# 2 REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA: DESAFIOS E INOVAÇÕES

O objetivo desta Seção é refletir criticamente o ensino de Física no Brasil, abordando suas práticas pedagógicas, desafios, e oportunidades, buscando-se entender como as metodologias e teorias educacionais atuais estão sendo aplicadas e seu impacto no aprendizado dos estudantes. Além disso, pretende-se discutir propostas e estratégias para aprimorar a qualidade do ensino de Física, promovendo uma educação mais significativa e eficaz.

O campo do ensino de Física no Brasil tem uma história rica e goza de reconhecimento global. Desde a década de 1980, o Brasil vem sediando conferências nacionais dedicadas à pesquisa em Física. Porém, vem sofrendo crises ao longo desses anos, como redução de carga horária, a quase inexistência de aulas laboratoriais e escassez de professores, empurram o ensino para uma abordagem tradicional no Brasil, que concentrar-se apenas na preparação dos alunos para os testes e no fornecimento de respostas corretas, em vez de realmente ensinar a matéria (Moreira, 2018).

Os conceitos de interdisciplinaridade e transdisciplinaridade têm sido mal interpretados como indisciplinaridade, diluindo, assim, a essência e a singularidade da Física. fazendo com que os alunos desenvolvam uma forte aversão à matéria, em vez de promover uma inclinação natural para uma aprendizagem significativa.

O atual modelo de ensino das aulas de Física em inúmeras escolas brasileiras continua tradicional, com foco na transmissão do conhecimento principalmente por meio de livros didáticos. Essa abordagem restringe a interação entre professores e alunos, resultando em oportunidades limitadas para relacionar conceitos físicos às experiências cotidianas dos alunos. Consequentemente, isso pode gerar um sentimento de distanciamento e desinteresse em relação à matéria ensinada em sala de aula e à disciplina como um todo (Lazzarotto, 2020).

Sem dúvida, um grande desafio enfrentado pelos educadores é a desvalorização da profissão docente na Educação Básica brasileira, o que reforça os métodos tradicionais de ensino. Embora a educação seja consistentemente enfatizada na retórica e na apresentação, a realidade das condições de trabalho muitas vezes fica aquém. Isso inclui remuneração inadequada, salas de aula superlotadas, carga horária semanal excessiva e falta de apoio para o desenvolvimento profissional. Além

disso, muitas vezes o currículo é reduzido a uma mera lista de verificação de conteúdos a serem abordados (Moreira, 2018).

Apesar do progresso científico e tecnológico verificado nos últimos anos, tem havido um interesse crescente dos jovens em explorar o domínio da ciência. A física, em particular, tem desempenhado um papel significativo no fomento dessa curiosidade (Vianna *et al.,* 2007). No entanto, muitos alunos do ensino médio têm a concepção errônea de que a física é um assunto complexo, difícil de entender e quase impossível de fazer. Essa percepção decorre da confiança em uma estrutura matemática abrangente e essencial que é usada para elucidar e substanciar inúmeras leis, postulados e teorias.

Na BNCC, as disciplinas de Física, Biologia e Química são agrupadas na categoria de Ciências Naturais. A compilação de competências e capacidades está centrada nos temas abrangentes de Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. Atualmente, a maioria dos professores empregados na escola, bem como os que virão a trabalhar no futuro, passaram por uma formação que prioritariamente, senão exclusivamente, enfatizava a separação das disciplinas. Assim, aderir à proposta da BNCC é mais do que fazer um ajuste metodológico. Requer uma mudança fundamental na mentalidade e na abordagem do ensino, aprendizagem e comunicação da Ciência.

A abordagem atual do ensino de física em sala de aula, que é mecânica e estritamente tradicional, cria uma desconexão dos aspectos tangíveis e perceptíveis da vida cotidiana. Como resultado, persiste um desafio em efetivamente ensinar e compreender os objetivos da ciência física. Essa situação preocupante permanece inalterada, apesar da presença de auxílios tecnológicos para os educadores. Especificamente, o ensino de física no ensino médio não acompanha os avanços, consequentemente afastando os alunos do universo do conhecimento científico (Vianna *et al.,* 2007).

A estrutura da Física do Ensino Médio é projetada para cultivar e aprimorar as habilidades investigativas dos alunos, alimentando sua curiosidade sobre o mundo em que habitam. Incentiva-os a questionar e formular ideias, pois a Física é uma disciplina científica que permite explorar os enigmas do mundo natural. Oferece insights sobre a natureza da matéria, tanto no nível macroscópico observável a olho nu, quanto na escala microscópica dos átomos (Antonowiski *et al.,* 2017). Em termos mais simples, a aversão à Física exibida por muitos alunos pode ser atribuída a vários fatores. Em

primeiro lugar, decorre das deficiências persistentes na educação pública ao longo dos anos. Além disso, um número significativo de estudantes em nosso país demonstra desinteresse pela aquisição de conhecimento. Por fim, a forma como o conhecimento é abordado dentro da sala de aula também contribui para essa repulsa.

Conforme afirmado por Veiga *et al*. (2017), é crucial que os alunos conectem, sem esforço, o que aprendem em sala de aula com seu ambiente sociocultural. Por exemplo, quando um aluno do ensino médio vai a uma consulta com um otorrinolaringologista por suspeita de labirintite, a audiometria é um dos exames para atestar o diagnóstico. Possivelmente, ele já irá com algumas ideias formadas, com base naquilo que aprendeu em sala de aula sobre ondas sonoras. Provavelmente, ele ouvirá do médico que esse exame avalia se o paciente está ouvindo bem ou se está com alguma dificuldade na audição, pois envolve o uso de sons com frequências específicas para medir a resposta auditiva em um ou ambos os ouvidos.

## 2.1 As Metodologias em foco no Ensino de Física

O ensino de Física é fundamental para a formação educacional dos alunos, pois proporciona uma compreensão dos fenômenos naturais e desenvolve o pensamento crítico. Para tornar essa disciplina mais eficaz, é essencial adotar metodologias ativas que favoreçam a aprendizagem significativa.

Segundo Moran (2018), as metodologias ativas são diretrizes que orientam os processos de ensino e aprendizagem, que se concretizam em estratégias, abordagens e técnicas concretas, específicas e diferenciadas, dando ênfase ao papel de protagonista do aluno, ao seu envolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo.

Metodologias ativas, como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), têm se destacado por promover o engajamento dos estudantes. Essas metodologias permitem que os alunos enfrentem problemas reais, desenvolvendo não apenas habilidades conceituais, mas também competências como trabalho em equipe e resolução de problemas (Freitas Júnior, 2023).

Outra metodologia inovadora que tem ganhado destaque é a *Flipped Classroom*, na qual os alunos estudam o conteúdo em casa, através de vídeos e

materiais digitais, e utilizam o tempo de aula para discutir e aprofundar o conhecimento. Essa abordagem proporciona uma maior interação entre alunos e professores, criando um ambiente colaborativo de aprendizado e, consequentemente, promovendo a participação ativa dos estudantes nas aulas (Oliveira; Araújo, 2016). Ao conectar o aprendizado teórico ao prático, a *Flipped Classroom* potencializa a compreensão dos conceitos de Física, permitindo que os alunos façam perguntas e desenvolvam suas habilidades de investigação.

A aprendizagem por investigação é outra metodologia que merece destaque, pois estimula os alunos a formularem perguntas sobre fenômenos físicos e a buscarem respostas por meio de experimentação. Nessa abordagem, os professores atuam como mediadores, orientando os alunos em suas descobertas e promovendo um aprendizado mais ativo e participativo (Mourão, 2018). Essa conexão entre teoria e prática, favorecida pela aprendizagem por investigação, contribui para a construção de um conhecimento mais sólido e significativo.

Ademais, o uso de jogos educativos, simulações e produções de vídeos, tem se mostrado uma prática inovadora no ensino de Física. Esses recursos permitem que os alunos explorem conceitos abstratos de forma lúdica e interativa, facilitando a compreensão e a fixação do conteúdo. A gamificação do aprendizado também estimula a motivação dos estudantes e promove o desenvolvimento do pensamento crítico (Benik *et al.*, 2017). No entanto, para que essas metodologias sejam eficazes, a formação continuada dos professores é crucial. É necessário que os educadores se atualizem quanto às novas abordagens pedagógicas e aprendam a integrar as tecnologias de forma didática (Pacca; Villani, 2018).

Portanto, as metodologias inovadoras no ensino de Física são fundamentais para engajar os alunos e promover uma aprendizagem significativa. A adoção de metodologias ativas, como a produção de vídeos de curta metragem, pode transformar a experiência educacional e contribuir para a formação de alunos mais críticos e participativos.

## 2.2 O Ensino de Física Utilizando Recursos Tecnológicos

A integração de tecnologias no ensino de Física tem promovido uma transformação significativa na forma como os conceitos são abordados e

compreendidos. Ferramentas digitais, como simulações interativas, softwares de modelagem e aplicativos de realidade aumentada, permitem que os alunos explorem fenômenos físicos de maneira mais intuitiva. Essas tecnologias não apenas facilitam a visualização de conceitos abstratos, mas também promovem uma aprendizagem mais envolvente e dinâmica (Moreira, 2018).

As plataformas de ensino online, especialmente após a pandemia de COVID-19, tornaram-se essenciais para o processo educacional. A utilização de ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs) possibilita que os alunos acessem conteúdos de forma assíncrona, favorecendo a autonomia e o ritmo individual de cada estudante. Essa flexibilidade é um dos principais benefícios da integração de tecnologias no ensino de Física, permitindo que os alunos se aprofundem nos conteúdos de maneira mais personalizada (Müller; Scotti do canto-dorow, 2022).

As simulações de experimentos físicos em ambientes virtuais também se destacam como práticas enriquecedoras. Elas permitem que os alunos realizem experiências que, de outra forma, seriam inviáveis em laboratório devido a questões de segurança, custo ou disponibilidade de materiais. Dessa forma, as simulações possibilitam a manipulação de variáveis e a observação dos resultados em tempo real, promovendo a aprendizagem experimental e o desenvolvimento do pensamento crítico (Costa *et al*., 2021).

Além disso, o uso de vídeos educativos e plataformas como o YouTube têm se mostrado eficazes para complementar o ensino tradicional. Esses recursos audiovisuais oferecem explicações visuais e dinâmicas, que podem facilitar a compreensão de tópicos complexos. O acesso a conteúdos diversos contribui para o enriquecimento do aprendizado e para a formação de um ambiente de ensino mais atrativo (Santos *et al.*, 2019). No entanto, é importante que os professores recebam formação adequada para a utilização eficaz dessas tecnologias, garantindo que elas sejam integradas de maneira pedagógica e não apenas como um substituto da didática tradicional (Gonçalves; Veloso, 2024).

Ao considerar a utilização da tecnologia na educação, a principal preocupação dos educadores é aumentar a eficácia do ensino. Isso implica na expectativa de que o conhecimento facilite a estruturação de ambientes de aprendizagem, proporcionando a professores e alunos circunstâncias vantajosas para atingir seus objetivos educacionais (Bianchi e*t al.,* 2009).

Segundo Xavier (2020), para fomentar a aquisição de habilidades e competências no campo da Física, é imperativo projetar atividades instrucionais que ofereçam versatilidade e oportunidade de enriquecimento do conhecimento. Essas atividades devem ter como objetivo cultivar a motivação e o dinamismo na sala de aula, levando, em última instância, a uma compreensão mais profunda dos princípios físicos por parte dos alunos. Além disso, eles devem efetivamente preencher a lacuna entre a teoria e a aplicação prática.

A utilização das tecnologias de informação e comunicação (TIC) tem o potencial de provocar inúmeras mudanças no cenário educacional, principalmente no que diz respeito aos métodos pedagógicos empregados nas salas de aula. As TICs são o culminar de avanços em três áreas tecnológicas principais: tecnologia da informação, telecomunicações e mídia eletrônica. O leque de possibilidades para sua aplicação é vasto e praticamente inexplorado, abrangendo desde "casas ou veículos inteligentes" até a criação de androides tangíveis e virtuais com diversas funções. Isso inclui, também, a grande variedade de jogos *online* disponíveis (Belloni, 2005).

As tecnologias desempenham um papel significativo na vida dos alunos, principalmente da geração mais jovem, pois estão totalmente imersos nesse cenário digital. Eles usam a tecnologia para compartilhar informações, comunicar-se com outras pessoas, participar de atividades *online*, como jogos e *streaming* de vídeo, ouvir música e navegar em plataformas de mídia social. Como resultado, a sala de aula torna-se um ambiente ideal para envolver os alunos e facilitar experiências de aprendizagem significativas. No entanto, é importante reconhecer que, apesar do potencial impacto das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na educação e sua aplicabilidade em várias disciplinas, ainda há um longo caminho a percorrer antes que as práticas de ensino adotem plenamente esse novo paradigma (Bianchi *et al.*, 2009).

No âmbito do ensino de física, a integração das TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação) serve para dissipar a noção de que o assunto é centrado apenas em aplicações de fórmulas e memorização mecânica. Em vez disso, apresenta-se como uma poderosa ferramenta capaz de desafiar os métodos convencionais de ensino que impedem a verdadeira aprendizagem. Ao incentivar os professores a assumir riscos e superar obstáculos, as TICs promovem um ambiente

propício à aquisição de conhecimento, ao mesmo tempo em que promovem o pensamento reflexivo e crítico entre os alunos (Xavier, 2020).

Embora a implementação da tecnologia possa não garantir uma experiência de aprendizagem eficaz, atualmente vem se popularizando, sendo progressivamente utilizada na educação moderna, sendo de suma importância observarmos que a incorporação de novas tecnologias pode beneficiar muito o ensino de Física especificamente (Xavier, 2020). A integração de recursos tecnológicos possui imenso potencial para aquisição de novos conhecimentos ou revisão de material previamente estudado.

Assim, a adoção de tecnologias no ensino de Física não apenas enriquece a experiência educacional, mas também promove uma abordagem mais dinâmica e interativa, que pode despertar o interesse dos alunos e facilitar a compreensão de conceitos complexos. A formação dos professores para a utilização adequada dessas ferramentas é essencial para maximizar os benefícios que a tecnologia pode proporcionar.

## 2.3 Dificuldades e Perspectivas para um Ensino de Física Inovador

Apesar das inovações nas metodologias e tecnologias, o ensino de Física enfrenta diversas dificuldades que podem comprometer a aprendizagem dos alunos. Um dos principais desafios é a abstração dos conceitos físicos, que frequentemente não se relacionam diretamente com a experiência cotidiana dos estudantes. Essa desconexão pode levar à desmotivação e resistência em aprender a disciplina, resultando em uma percepção negativa da Física (Da Silva *et al.*, 2018).

A infraestrutura inadequada nas escolas é outra barreira significativa. Muitas instituições não dispõem de laboratórios equipados, materiais didáticos ou acesso a tecnologias que possibilitem uma abordagem prática e experimental do ensino. Essa carência limita as oportunidades dos alunos de vivenciarem experiências que facilitarão a compreensão dos conteúdos (Oliveira, 2023). A falta de recursos e materiais adequados dificulta a implementação efetiva das metodologias ativas propostas, prejudicando o aprendizado.

Além disso, a formação dos professores de Física é um fator crítico que pode influenciar a qualidade do ensino. Muitos educadores enfrentam lacunas em sua

formação inicial, especialmente em relação ao uso de metodologias ativas e tecnologias digitais. Essa deficiência pode impactar diretamente a qualidade do ensino, uma vez que os educadores podem se sentir inseguros ao implementar novas abordagens pedagógicas (Ferreira; Villani, 2002). A formação contínua é, portanto, uma necessidade para que os professores possam se adaptar às novas exigências do ensino contemporâneo.

Outro aspecto relevante é a dificuldade em relacionar os conteúdos de Física com suas aplicações práticas no cotidiano dos alunos. A falta de contextualização pode gerar desinteresse e desmotivação, dificultando a assimilação dos conceitos. É fundamental que os professores busquem formas de conectar a teoria à prática, tornando os conteúdos mais relevantes e significativos para os estudantes (Aquino Neto Segundo, 2021). Essa conexão é essencial para que os alunos compreendam a importância da Física em suas vidas e em seu entorno.

Portanto, a resistência à mudança nas práticas pedagógicas por parte de alguns educadores pode ser um obstáculo para a melhoria do ensino de Física. A implementação de novas metodologias exige disposição para experimentar e ajustar abordagens, o que pode ser desafiador em um ambiente escolar que valoriza a tradição. Promover uma cultura de inovação e experimentação nas escolas é crucial para superar essas barreiras (Barbosa, 2014). Ao articular metodologias inovadoras com a superação das dificuldades enfrentadas, o ensino de Física pode se tornar mais significativo e engajador, preparando os alunos para os desafios do mundo contemporâneo.

Inovar no ensino de Física envolve metodologias ativas, como a aprendizagem baseada em problemas e o ensino híbrido, que promovem o protagonismo e a autonomia dos estudantes ao combinarem atividades digitais e presenciais. Segundo Bacich e Moran (2018), essas práticas tornam o aprendizado mais significativo, enquanto o uso de tecnologias digitais possibilita que os alunos avancem no conteúdo conforme seu ritmo, personalizando o processo de aprendizagem (Moran, 2015). Essas abordagens respondem às demandas do ensino atual, incentivando uma formação crítica e mais próxima da realidade dos alunos.

É nesse contexto que se inscreve a construção do Produto Educacional, resultante desta pesquisa, qual seja, a PRODUÇÃO E SIMULAÇÃO DE VÍDEOS DE CURTA METRAGEM COMO METODOLOGIA NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE ACÚSTICA, com objetivo de promover uma aprendizagem significativa, que

proporcionará aos alunos do Ensino Médio, um aprendizado mais qualificado, além da apreensão do conhecimento, motivação, interação entre os mesmos, da criatividade, com possibilidades de tornarem-se sujeitos participantes desse processo, seres críticos e ativos.

Diante do exposto, reforçamos a importância do uso de tecnologias porquanto estas favorecem o aprendizado de Física, contribuindo para construção do seu próprio conhecimento, de modo a obter uma aprendizagem significativa. Na seção seguinte trataremos de discutir os conceitos de Acústica.

# 3 DISCUSSÃO DO CONCEITO DE ACÚSTICA

Nessa subseção o Objetivo é discutir o conceito de Acústica, elucidando suas bases teóricas e suas implicações práticas no contexto educacional. Autores como Moisés Nussenzveig oferecem uma abordagem detalhada sobre as propriedades essenciais das ondas sonoras, abrangendo aspectos como frequência, amplitude e velocidade de propagação (Nussenzveig, 2017). Este estudo visa estabelecer uma compreensão profunda dos princípios físicos que regem o som e seus fenômenos, fundamentais para um ensino eficaz e significativo na área da Acústica.

A audição é um dos sentidos que o ser humano utiliza para perceber o mundo que o cerca. Para isso, é necessário que ondas sonoras se propaguem e cheguem às suas orelhas, que é o órgão sensorial que transforma as ondas sonoras em estímulos elétricos, que seguem até o cérebro, onde são interpretados, produzindo, assim, sensações sonoras diferentes, logo o som são ondas mecânicas que sensibilizam a nossa audição.

Sobre o conceito de onda, de acordo com (Nussenzveig, 2002), “qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio com velocidade definida”. O autor ainda complementa que, enquanto ocorre essa propagação entre os dois pontos, não se tem transporte de matéria, percebe-se a condução de energia e de momento.

Nesta seção será realizada uma breve revisão sobre os temas abordados para a aplicação do produto educacional que é proposto, tendo como foco uma abordagem introdutória sobre o estudo de Acústica, destacando as partes mais elementares que compõem a mesma, com destaque na qualidade fisiológica do som, passando pelos fenômenos das ondas sonoras, objetivando maior compreensão no estudo de cordas vibrantes, tubos sonoros e efeito Doppler.

## 3.1 Acústica no Ensino Médio

A acústica é um ramo da Física que se concentra no estudo do som como fenômeno físico. Sua fundamentação científica baseia-se na teoria clássica das vibrações mecânicas. Atualmente, essa área se expandiu para se tornar uma teoria

científica abrangente, capaz de analisar uma variedade de questões relevantes para a sociedade moderna. A acústica desempenha um papel crucial em diversas disciplinas, incluindo Ciências Biológicas, Ciências da Terra, Engenharia e Artes, todas relacionadas à produção, propagação e percepção do som (Júnior; Carvalho, 2011).

A utilização de conceitos de acústica no ensino médio apresenta desafios significativos devido à natureza abstrata dos fenômenos envolvidos, como as ondas sonoras e suas propriedades. Diversos estudos têm proposto estratégias didáticas para facilitar a compreensão desses conceitos pelos estudantes. Segundo pesquisas realizadas, o uso de práticas experimentais e de laboratórios de baixo custo pode ajudar a tornar os conceitos mais concretos e relacionáveis ao cotidiano dos alunos. Um exemplo é o trabalho de Barolli e Franzoni (2008), que demonstram que atividades experimentais, como a montagem de instrumentos musicais, auxiliam na aprendizagem significativa dos fenômenos acústicos, aproximando os estudantes da teoria física através da prática.

Segundo Moura e Neto (2011), os estudantes de ensino médio das escolas estaduais têm uma introdução ao estudo da acústica no segundo ano, quando esse conteúdo é abordado dentro da ondulatória, conforme a maioria dos livros didáticos. Contudo, o ensino de acústica enfrenta desafios devido à falta de familiaridade dos alunos com conceitos básicos de teoria musical. A Lei nº 11.769, de 18 de agosto de 2008, determinou que a educação musical se tornaria obrigatória no currículo escolar a partir de 2011. No entanto, será necessário tempo para que essa legislação seja totalmente implementada e seus efeitos possam ser percebidos na prática.

Além disso, Cavalcante et al. (2019) abordam a interdisciplinaridade entre física e música, onde a utilização de atividades como a análise de sons e instrumentos pode facilitar a compreensão dos fenômenos de ressonância e propagação sonora. As pesquisas sugerem que essas abordagens práticas e contextualizadas promovem uma maior motivação e engajamento dos alunos nas aulas de física

Outra estratégia destacada na literatura é o uso de tecnologias digitais, como simulações computacionais. Um estudo de Jaime e Leonel (2024) enfatiza a eficácia da utilização de simuladores para potencializar a aprendizagem em Física, incluindo a simulação de fenômenos acústicos. Essas simulações permitem que os alunos manipulem variáveis e observem diretamente o comportamento das ondas sonoras, algo que seria difícil de visualizar em experimentos tradicionais de sala de aula. Ainda

argumentam que essa abordagem interativa, além de facilitar a visualização de conceitos abstratos, contribui para a construção de conhecimento ao permitir que os alunos explorem os fenômenos em um ambiente controlado e seguro.

As metodologias ativas, como a produção de vídeos de curta-metragem, podem transformar o ensino de acústica no ensino médio, proporcionando um aprendizado mais dinâmico e envolvente. Ao incentivar os alunos a explorar conceitos de som e suas propriedades através da criação de roteiros, filmagens e edições, eles não apenas assimilam melhor o conteúdo teórico, mas também desenvolvem habilidades como trabalho em equipe e criatividade. Essa abordagem se mostra especialmente eficaz diante dos desafios enfrentados nas escolas, como a falta de motivação e a dificuldade em conectar a teoria à prática (Rizzo, 2022).

Segundo Bacich (2015), ao integrar tecnologias e metodologias ativas, é possível fomentar um ambiente de aprendizado mais significativo, onde os estudantes se tornam protagonistas de seu processo educativo. Dessa forma, a produção de vídeos não só facilita a compreensão dos fenômenos acústicos, mas também prepara os alunos para os desafios do mundo contemporâneo.

Portanto, a produção de vídeos educacionais sobre acústica tem se mostrado uma ferramenta poderosa para consolidar o conhecimento dos alunos. A criação de vídeos exige que os estudantes expliquem os conceitos aprendidos de forma clara e acessível, o que reforça sua compreensão do conteúdo. Silva *et al.* (2023) apontam que a produção de vídeos não apenas estimula a criatividade, mas também promove o engajamento ativo dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, os vídeos podem ser utilizados como material didático para revisões e estudos futuros, ampliando o alcance do aprendizado e possibilitando que os alunos reflitam sobre seu próprio desenvolvimento acadêmico. Na subseção seguinte trataremos de discutir os conceitos de Acústica abordados no ensino médio.

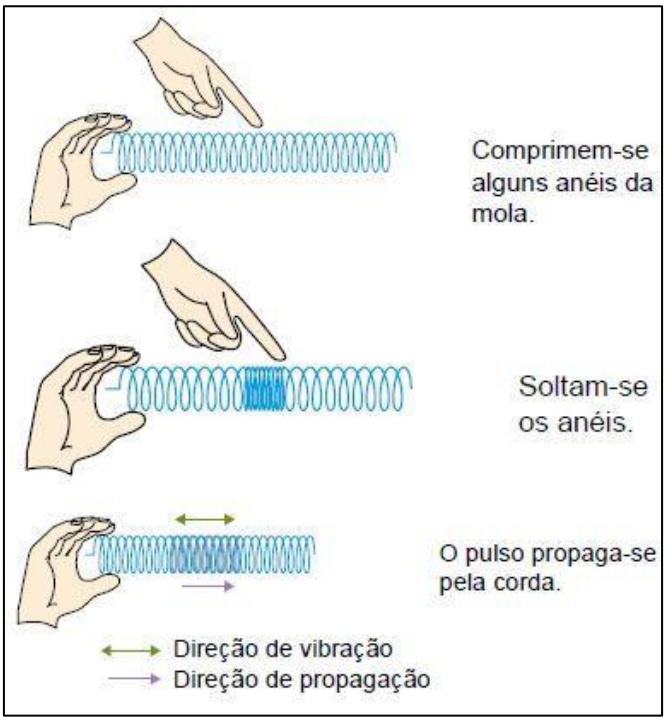
### 3.1.1 Ondas Sonoras

As ondas sonoras são produzidas quando ocorre uma variação na pressão do ar bruscamente. Por exemplo ao batermos um martelo no chão ou tocarmos uma corda de violão ocorre uma compressão brusca do ar no local gerando uma

perturbação na pressão. E essa perturbação se propaga comumente chamada de som. Portanto, as ondas sonoras, frequentemente chamadas de ondas de compressão ou depressão, são ondas longitudinais e de natureza mecânica que podem se propagar em meios sólidos, líquidos e gases e por necessitarem um meio material para sua propagação, é o motivo pelo qual o som não se propaga no vácuo.

As ondas longitudinais, produzem perturbações nas partículas do meio material na mesma direção em que se propagam, se fizermos uma rápida compressão na extremidade esquerda da mola, a compressão se propagará para a direita.

**Figura 1** - Onda longitudinal em uma mola

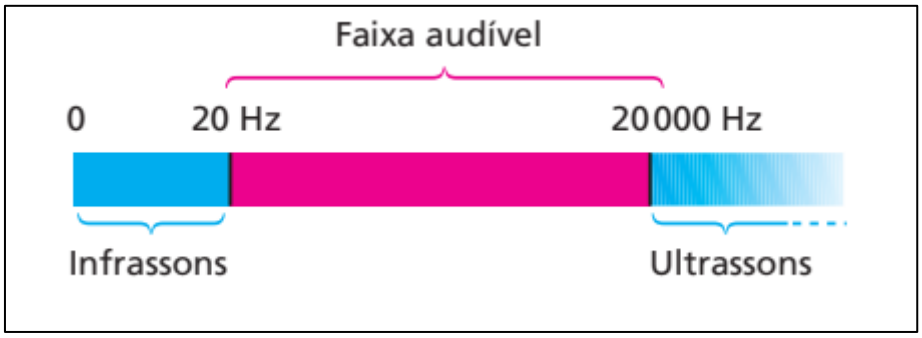



**Fonte:** Disponível em: https://www.coladaweb.com/fisica/ondas/tipos-de-ondas . Acesso em 19 jul. 2024.

Note que as partículas da mola oscilam horizontalmente, na mesma direção em que a onda se propaga.

A sensibilidade do ouvido humano às ondas sonoras varia de uma pessoa para outra; e para uma mesma pessoa, varia com a idade. Os parâmetros médios adotados para uma pessoa com audição normal, são 20 Hz, as vibrações são chamadas de infra-sons; acima de 20.000 Hz, chamam-se ultra-sons, como representado na Figura2.

**Figura 2** - Faixa audível Humana




**Fonte**: Tópicos de Física (2012).

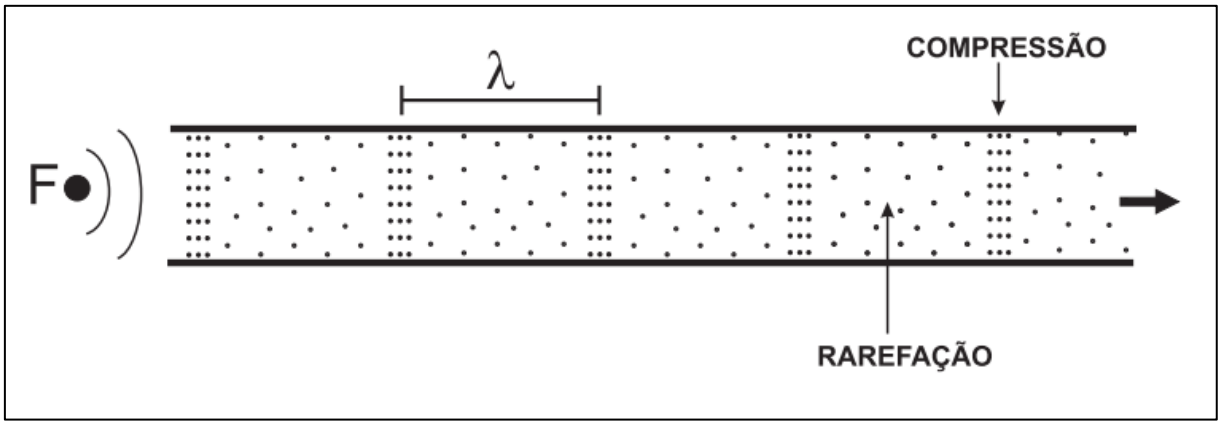
Os sons que são agradáveis ou musicais resultam de vibrações periódicas. Quando essas vibrações não seguem um padrão regular, o som é conhecido como ruído, (Tipler; Mosca, 2020).

### 3.1.2 Ondas Progressivas

Ondas, tanto transversais quanto longitudinais, que propagam-se em uma determinada direção são denominadas ondas progressivas

A Figura mostra uma situação em que uma fonte sonora **F** (por exemplo, uma lâmina em vibração) é colocada próxima a uma das extremidades de um tubo contendo ar. A fonte sonora provoca no ar compressões e rarefações sucessivas que se propagam neste meio, de maneira semelhante ao que acontece em uma mola quando ela vibra longitudinalmente. O comprimento de onda, $\lambda$, da onda será a distância entre duas compressões sucessivas (Giancoli, 2016).

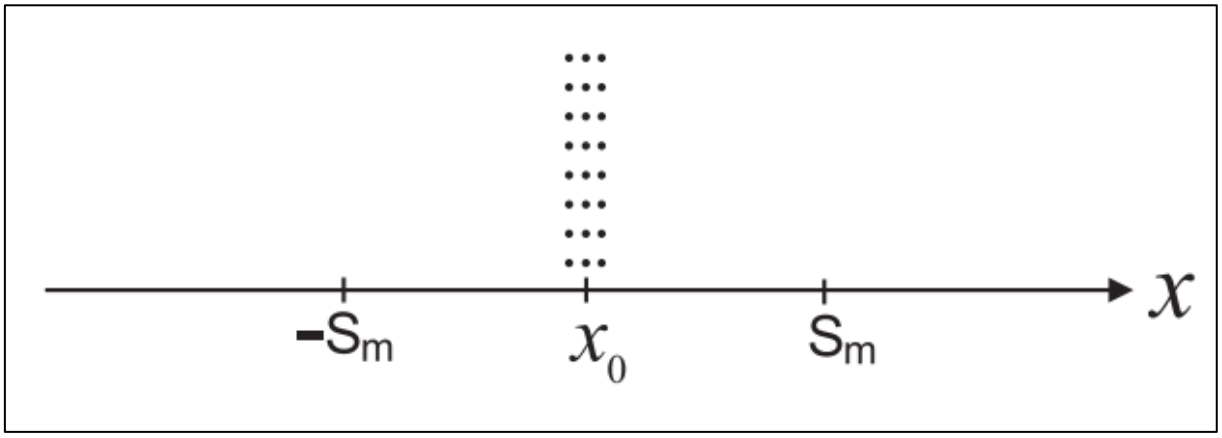
**Figura 3** - Fonte sonora produzindo uma onda acústica em um tubo de ar.




**Fonte:** Borges e Rodrigues (2016).

Vamos concentrar nossa atenção apenas em uma das faixas de ar contidas dentro do tubo, conforme ilustrado na Figura 4.

**Figura 4** -Coluna de ar oscilando entre -Sm e + Sm




**Fonte**: Borges e Rodrigues (2016)

Quando uma coluna de ar, situada em $X_0$, é atingida por esta onda de compressões e rarefações, ela vibra entre os pontos *-Sm* e *+ Sm*, isto e, ela vibra na mesma direção em que a onda se propaga, tornando-se um elemento oscilante. Logo, a onda emitida pela fonte sonora **F**, em vibração, e uma onda longitudinal, com amplitude igual a *Sm*. A frequência desta onda será igual a frequência da fonte sonora **F**. Basicamente o que ocorre a nível microscópico e que quando as moléculas do ar são comprimidas, elas perturbam as moléculas vizinhas, provocando o mesmo efeito nas moléculas mais próximas. As moléculas, inicialmente comprimidas, se afastam

e voltam novamente a posição que ocupavam no início. Assim cada grupo de moléculas pressiona o grupo seguinte e depois volta à sua posição inicial, gerando assim uma onda. O deslocamento longitudinal do elemento oscilante, representado na Figura 4, é dado por:

$$S = S_m \cos(kx - wt) \tag{2.1}$$

O deslocamento máximo *Sm*, em geral é muito menor que o comprimento da onda sonora. Para mostrar a distância *Sm*, a escala horizontal na Figura. 4 foi ampliada em comparação com a da Figura 3. Para representarmos o deslocamento poderíamos também ter utilizado a forma *S* = *Sm.*sen(*kx* - *wt*), porém, a forma apresentada pela Eq. (2.1) é a mais usual. Os significados de *k* e *w sã*o, *k é* o número de onda angular da onda e w a frequência angular da onda, estando relacionados com o comprimento de onda da onda e com a frequência da onda pelas expressões:

$$K = \frac{2\pi}{\lambda} \tag{2.2}$$

$$W = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \tag{2.3}$$

A velocidade de onda da onda pode ser obtida pela relação:

$$V = \frac{W}{K} \tag{2.4}$$

A pressão numa posição *x*, da Figura 3, durante a passagem da onda, diminui e aumenta com o tempo, sendo esta variação dada por:

$$\Delta p = \Delta p_m sen(Kx - wt), \tag{2.5}$$

Onde $\Delta p_m$ *é* a amplitude da pressão. Relembramos aqui que a unidade de pressão no sistema internacional é o pascal (1 Pa = 1 N/m$^2$). Um valor positivo de $\Delta p$, na Eq. 2.5, corresponde a uma compressão e um valor negativo a uma rarefação. A variação máxima da pressão na onda, ($\Delta p_m$), na Eq. (2.5), está relacionada com o deslocamento máximo, ($S_m$), por:

$$\Delta p_m = v\rho w S_m \quad (2.6)$$

Onde *v* é a velocidade da onda, *ρ é* a densidade volumétrica do ar onde a onda se propaga e *w é* a frequência angular. Lembramos que a densidade volumétrica é a quantidade de massa por volume. A variação máxima da pressão $\Delta p_m$ *é* usualmente muito menor que a da pressão *p* que prevalece quando não existe onda.

### 3.1.3 A Velocidade do Som no Ar em Função da Temperatura

Durante uma tempestade, embora um relâmpago (clarão) e o trovão (barulho) sejam produzidos no mesmo instante, só ouvimos o trovão um certo tempo após termos visto o relâmpago. Isto acontece porque a velocidade da luz é muito grande ($3 \times 10^8$ m/s) em comparação com a velocidade do som (343 m/s no ar). Portanto, o relâmpago é visto praticamente no mesmo instante em que ele é produzido. Logo, o intervalo de tempo entre a percepção do relâmpago e a do trovão representa aproximadamente o tempo gasto pela onda sonora para chegar até nós.

Isaac Newton (1642-1727) foi o primeiro cientista a reconhecer a importância de calcular a velocidade do som. Para isso, ele utilizou um método semelhante ao descrito anteriormente: uma pessoa disparava um canhão e, a aproximadamente 20 km de distância, outra pessoa registrava o tempo entre o clarão do tiro e o som que ele produzia. Esta medição permitia determinar o tempo que o som levava para percorrer os 20 km, utilizando a fórmula $v = d / \Delta t$ (onde d é a distância e $\Delta t$ é o tempo). Assim, Newton conseguiu calcular a velocidade do som no ar. No entanto, suas experiências não consideraram dois fatores importantes: a temperatura e a densidade do ar. Foi apenas cerca de 130 anos depois que o físico e matemático francês Pierre Simon Laplace (1749-1827) identificou esse erro (Tipler; Mosca, 2020).

Medidas mais recentes, realizadas com maior precisão, mostram que a velocidade do som no ar é de 343 m/s ao nível do mar a uma temperatura de 20ºC. Esta especificação é necessária porque se verifica que, quanto maior for a temperatura de um gás, maior a velocidade com que a onda sonora nele se propaga (Borges; Rodrigues, 2012). Assim, as variações de temperatura no ar modificam a velocidade do som, que é dada aproximadamente por:

$$V = 331 + 0{,}6\theta\ (m/s), \tag{2.7}$$

onde $\theta$ ´e a temperatura em ºC. Na Eq. (2.7) a velocidade é dada em metros por segundo.

A velocidade de propagação de uma onda varia conforme o meio em que ela se move, e isso também é válido para o som. A Tabela 1 apresenta alguns valores da velocidade do som em diversos materiais, considerando uma pressão ao nível do mar.

Tabela 1 – Velocidade do som (m/s) em alguns meios matérias.

| Sólidos (20°C) | Líquidos (25°C) | Gases (0°C) |
|---|---|---|
| Granito.....6000 | Água do mar....1533 | Hidrogênio.....1269 |
| Ferro.....130 | Água doce.....1493 | Hélio.....965 |
| Alumínio.....5100 | Mercúrio.....1450 | Vapor(100°C).....405 |
| Aço.....4550 | Água (0°C).....1402 | Nitrogênio.....339 |
| Cobre.....3750 | Querosene.....1315 | Ar.....331 |
| Chumbo.....1230 | Álcool.....1210 | Oxigênio.....317 |

**Fonte:** Borges e Rodrigues (2012).

Portanto, podemos inferir de acordo com a Tabela.1 que: Vsom (sólido) > Vsom (líquido) > Vsom (gás). Essas variações na velocidade do som em diferentes meios acontecem porque a propagação de uma onda em meios elásticos depende das propriedades de elasticidade e da densidade do meio. Em geral, podemos usar a seguinte expressão para calcular a velocidade das ondas mecânicas longitudinais em um meio (Serway; Jewett, 2018).

$$V = \sqrt{\frac{B}{\rho}}, \tag{2.8}$$

Onde ρ representa a densidade do meio e B é uma medida da resistência de um material a mudanças de volume quando submetido a forças externas. Nos líquidos e gases, essa constante é conhecida como módulo de elasticidade volumétrico, enquanto nos sólidos é chamada de módulo de Young. No entanto, é comum usar o

termo módulo de elasticidade volumétrico tanto para líquidos e gases quanto para sólidos (Young; Freedman, 2012).

$$B = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V} \tag{2.9}$$

Nesta equação (2.9) do módulo de elasticidade volumétrica, ΔV/V é a variação relativa de volume produzida por uma variação de pressão Δp e B é dado em Pascal. Esta equação explica porque em geral o som tem uma velocidade maior nos sólidos que nos líquidos e gases. Apesar dos sólidos em geral possuírem uma maior densidade que os líquidos (o que provocaria uma diminuição na velocidade do som) eles têm pouca compressibilidade, ou seja, uma alta tendência a manter seu volume (*B* grande). Reforçamos ainda que os valores de *B* e *ρ* variam com a pressão e a temperatura.

As ondas sonoras refletem-se de maneira características que o ângulo pelo qual são emitidas é igual ao ângulo pelo qual são refletidas. Além disso, ocorre também a refração do som. A difração e a interferência são transmitidas com ondas sonoras, como ocorre com outros tipos de ondas. A relação entre a velocidade do som (v), o comprimento de onda (λ) e a frequência (f) é expressa por V = λ.f, (Hallyday; Resnick; Walker, 2013).

A velocidade do som não é influenciada por diversos fatores, incluindo a umidade e a altitude. A umidade reduz a densidade do ar seco à mesma temperatura, o que resulta em um aumento na velocidade do som à medida que a umidade aumenta (Halliday et al., 2013). Da mesma forma, em altitudes maiores, onde o ar é mais raro, a velo

Além disso, a intensidade do som pode afetar sua velocidade de propagação. Em situações de alta intensidade, como explosões, a energia se propaga inicialmente como uma onda de choque, que possui uma velocidade maior do que as ondas sonoras normais na mesma temperatura e pressão (Serway; Jewett, 2013). Quanto mais intensa a explosão, mais pronunciada é a onda de choque associada e maior sua velocidade de propagação. À medida que a onda de choque se dissipa, ela eventualmente se transforma em uma onda sonora normal.

### 3.1.4 Qualidades Fisiológicas do Som

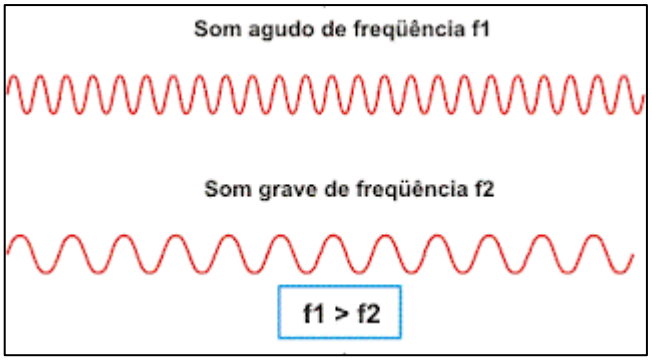
O objetivo desta subseção é descrever as características do som. Antes de qualquer advento tecnológico, usamos como parâmetro a nossa sensibilidade auditiva. Portanto, destacamos as qualidades que dependem da interação do ser humano com o som, que são a altura, a intensidade e o timbre.

#### 3.1.4.1 Altura

A altura do som está relacionada com a frequência, f, da onda sonora, de tal modo que quanto mais agudo for o som, maior é a sua frequência. Podemos definir, então, a altura como sendo a qualidade do som que nos permite classificá-lo como grave ou agudo. De um modo geral, os homens têm voz grave (voz “grossa") e, as mulheres, voz aguda (voz “fina"). Assim, podemos concluir que a frequência da voz masculina é, em geral, menor que a frequência da voz feminina (as pregas vocais dos homens vibram com frequência menor que as pregas vocais das mulheres). Em linguagem técnica, dizemos que um som agudo é alto e um som grave é baixo.

Percebe-se, no entanto, que no cotidiano as pessoas erroneamente utilizam os termos “alto" e “baixo" para referir-se à intensidade do som, o que deve ser evitado. Em resumo, temos: a altura de um som é caracterizada pela frequência da onda sonora. Um som de pequena frequência é grave (baixo) e um som de grande frequência é agudo (alto) (Barreto Filho; Benigno, 2016).

**Figura 5** -Representação de uma voz feminina e masculina



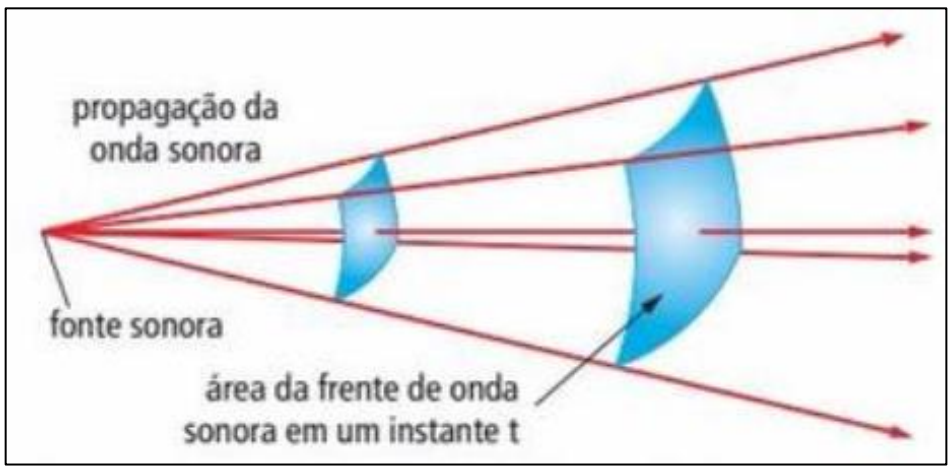

**Fonte:** Disponível em: https://files.cursoenemgratuito.com.br/uploads/2020/10/Som-agudo-e-grave-ondas-sonoras.jpg Acesso em 18 de jul. 2024.

A relação entre graves e agudos, uma relação entre frequências, é chamada de altura do som. Desse modo, quanto maior a frequência de um som musical, mais agudo ele soará, portanto, maior será a sua altura. Da mesma forma, quanto menor para a sua frequência, mais grave ele soará, logo, menor será a sua altura (Halliday *et al*., 2013).

### 3.1.4.2 Intensidade

É a qualidade fisiológica pela qual diferenciamos sons FORTES dos sons FRACOS, podendo ser denominada: Intensidade auditiva ou nível sonoro; e depende da energia transportada pela onda chamada de I (Intensidade física). A exemplo de uma explosão de fogos de artifício dizemos que o som é forte quando estamos próximos e, quando estamos afastados, dizemos que o som é fraco, em outras palavras, expressa a maior ou a menor intensidade do som (Barreto Filho; Benigno, 2016). A Figura 6, detalha melhor essa situação.

**Figura 6** - Representação da propagação da intensidade sonora




**Fonte**: Marques, (2016).

A intensidade sonora é causada pela pressão exercida pela onda de pressão sobre o ouvido e traduz a quantidade de energia sonora que atravessa, na unidade de tempo, uma área de superfície unitária perpendicular à direção de propagação da onda sonora (Halliday *et al.*, 2013).

$$I_i = \frac{E}{St}, \tag{2.10}$$

Onde: $I_i$ representa a intensidade sonora instantênea (W/m$^2$); E é a energia sonora (J); a unidade de tempo em segundos t; a unidade de área S (m$^2$).

Quanto maior a quantidade de energia por unidade de tempo que a onda transporta, maior é a intensidade do som. A intensidade sonora está diretamente relacionada com a amplitude de uma onda, e sua e sua unidade de medida é w/m2. Ela é aferida por aparelhos específicos e depende dos parâmetros físicos da onda.

A intensidade *I* do Som, pode ser expressa em função da amplitude A do deslocamento horizontal dos elementos de volume do ar pela equação:

$$I = \frac{\rho V}{2} (A\omega)^2 \tag{2.11}$$

Sendo ρ, v e w, respectivamente, a densidade do meio, a velocidade de propagação da onda nesse meio e a frequência angular. Essa equação é obtida, substituindo-se 2πf por W.

Pode-se também deduzir a fórmula que relaciona a intensidade I do som com a amplitude de pressão $P_0$, como indicado a seguir:

$$\mathrm{I} = \frac{P_0^2}{2\rho v} \tag{2.12}$$

Onde ρ e v têm o mesmo significado da equação anterior. A intensidade I da onda sonora é proporcional ao quadrado da amplitude de pressão $P_0$ e ao quadrado da amplitude de deslocamento horizontal dos elementos de volume do ar A. Das equações (2.11) e (2.12) deduz-se uma relação entre A e $P_0$:

$$P_0 = \rho v \omega A \tag{2.13}$$

Portanto, o produto entre densidade do meio, a velocidade de propagação da onda nesse meio, é chamada impedância acústica do meio.

$$\rho v = Z \tag{2.14}$$

O volume do som percebido é um conceito subjetivo, definido pela fisiologia da orelha, pela frequência e pela quantidade de energia da onda sonora. Não há uma relação linear entre a energia pela onda sonora e nossa percepção auditiva; portanto, distinguimos a intensidade I de nível sonoro β. O ouvido humano pode detectar intensidades sonoras que vão desde $10^{-12}$ w/m$^2$ até 1 w/m$^2$. Devido a esse grande intervalo, uma escala logarítmica de base dez é usada para definir o nível de intensidade sonora β (Barreto Filho; Benigno, 2016).

$$\beta\ (dB) = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \tag{2.15}$$

Onde I é a intensidade sonora e $I_0$ a intensidade de referência de $10^{-12}$ w/m$^2$.

Os limites da faixa de nível de intensidade sonora audível para o ser humano vão de 0 dB e 120 dB e são obtidos a partir das intensidades sonoras de $10^{-2}$ w/m$^2$ até 1 w/m$^2$, isto é,

$$\beta\ (dB) = 10 \log\left(\frac{10^{-12}}{10^{-12}}\right) = 10 \log 1 = 0\ dB$$

$$\beta\ (dB) = 10 \log\left(\frac{1}{10^{-12}}\right) = 10 \log 10^{12} = 10\ x\ 12\ log 10 = 10\ x\ 12\ x\ 1 = 120\ dB$$

Segundo Borges e Rodrigues (2016), os fenômenos relacionados com a sensação auditiva podem também ser definidos em termos do *níıvel de pressão sonora* (NPS). Em termos matemáticos, o níıvel de pressão sonora de um som é dado por

$$NPS = 20\ log\left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0}\right) \tag{2.16}$$

Onde $\Delta p_0$ é o padrão de referência que equivale à menor diferença de pressão sonora audível e cujo valor é $20\times10^{-6}$ Pa. A unidade de *NPS* é também dada em decibel (dB). Pode-se mostrar que no ar *NPS* = *NIS*.

Na Tabela 2 são listados os níveis de intensidade sonora de diversos sons. Geralmente, os sons de alta intensidade são desagradáveis para o ouvido humano. Conforme mostrado na Tabela 2, quando atingem uma intensidade próxima de 120 dB, começam a causar sensações dolorosas.

**Tabela 2** - Níveis sonoros de alguns sons típicos

| TIPO DE SOM | *NIS* (dB) |
|---|---|
| Limiar da audição | 0 |
| Sussurro das folhas | 10 |
| Murmúrio (a 1m) | 20 |
| Rua sem tráfego | 40 |
| Conversação normal (a 1m) | 60 |
| Tráfego pesado | 80 |
| Metrô (a 2 m) | 90 |
| Limiar doloroso | 120 |
| Decolagem de jato (a 50 m) | 140 |

**Fonte**: Borge e Rodrigues (2012).

A intensidade sonora é crucial na percepção auditiva humana, refletindo a quantidade de energia transmitida por uma onda sonora em uma unidade de área. Ela não apenas determina o volume percebido do som, mas também pode influenciar diretamente a confortabilidade e até mesmo a saúde auditiva, especialmente em níveis muito elevados, mencionados na Tabela 2 (Halliday et al., 2013). A seguir, discutiremos o timbre, que complementa nossa compreensão sobre as qualidades fisiológicas do som.

### 3.1.4.3 Timbre

A maioria dos instrumentos tem mais de um corpo vibrante. No violão, por exemplo, não só as cordas, mas também todo o “corpo" do instrumento participa inteiramente do som que escutamos. Se tocarmos uma certa nota em um violão e se esta mesma nota (mesma frequência) for emitida, com a mesma intensidade, por uma

guitarra, seremos capazes de distinguir uma da outra, isto é, saberemos dizer claramente qual instrumento emitiu a nota. Dizemos, então, que estas notas têm timbres diferentes. A rigor o timbre não é uma característica do som, mas sim da fonte que o emitiu. Isto acontece porque a nota emitida pelo violão é o resultado da vibração não só da corda acionada, mas também de várias outras partes do violão (madeira, do ar em seu interior, outras cordas etc.) que vibram juntamente com ela.

Assim, a onda sonora emitida terá uma forma própria, característica do violão. De modo semelhante, a onda sonora emitida pela guitarra é o resultado de vibrações características deste instrumento e, por isto, apresenta uma forma diferente da onda emitida pelo violão. O que dissemos para o violão e a guitarra se aplica também aos demais instrumentos musicais: a onda sonora resultante que cada instrumento emite, correspondente a uma dada nota musical, tem uma forma própria, característica do instrumento, isto é, cada um possui o seu próprio timbre. Na Figura 7 mostramos a forma resultante de uma onda sonora, para uma mesma frequência, emitida por diferentes instrumentos musicais.

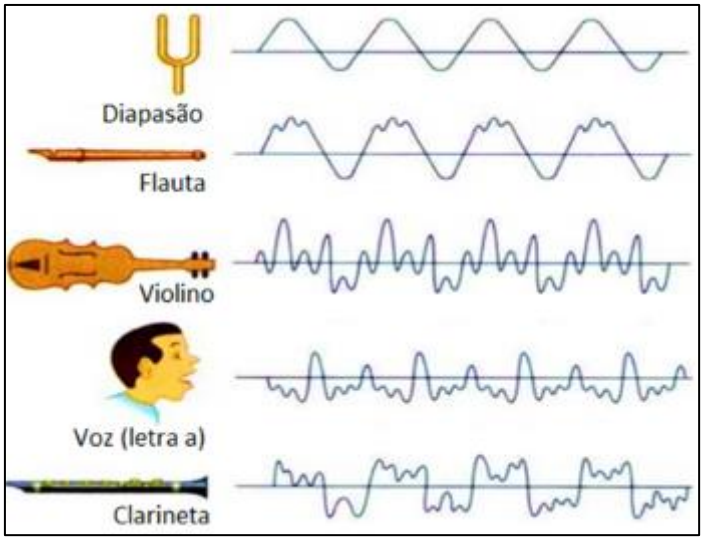
A maioria dos instrumentos musicais possui mais de um corpo vibrante. No caso do violão, por exemplo, não apenas as cordas, mas todo o corpo do instrumento contribui significativamente para o som que ouvimos. Se tocarmos uma nota específica em um violão e essa mesma nota (com a mesma frequência) for emitida com a mesma intensidade por uma guitarra, seremos capazes de distinguir claramente uma da outra. Isso ocorre porque cada instrumento possui o seu timbre.

O timbre de um instrumento é determinado pela vibração não apenas das cordas ou da fonte sonora principal, mas também de outras partes do instrumento que ressoam em conjunto. Assim, a onda sonora resultante possui uma forma e característica única para cada instrumento. Por exemplo, a onda sonora emitida por um violão é moldada pela ressonância da madeira, do ar dentro do corpo do instrumento e de outras cordas que vibram simultaneamente. Da mesma forma, a guitarra produz uma onda sonora com características específicas, resultantes das suas vibrações (Benigno Barreto; Cláudio Xavier, 2016).

Assim, o **timbre** de um som é a sensação característica causada pela presença de harmônicos acompanhando o som fundamental. Influem no timbre tanto a quantidade de harmônicos como suas intensidades relativas, ou seja, é o timbre que nos permite distinguir sons de mesma frequência (Helou; Gualter; Newton, 2012).

Essas características não se limitam ao violão e à guitarra, mas se estendem a todos os instrumentos musicais. Cada um emite uma onda sonora única para uma mesma nota musical, refletindo seu próprio timbre característico. A diversidade de timbres entre instrumentos é ilustrada na Figura 7, que mostra a forma resultante de ondas sonoras emitidas por diferentes instrumentos para uma mesma

**Figura 7** – Formato da onda produzida por diferentes instrumentos para uma mesma nota musical




**Fonte:** Disponível em: https://www.aprendateclado.com/timbre/ Acesso em 20 de Jul. 2024

Notamos, então, que sons de mesma frequência, mas de timbres diferentes, correspondem a ondas sonoras cujas formas são diferentes. Portanto, podemos dizer que nosso ouvido é capaz de distinguir dois sons, de mesma frequência e mesma intensidade, desde que as formas das ondas sonoras correspondentes a estes sons sejam diferentes. A voz de uma pessoa também tem um timbre próprio, porque a forma da onda sonora que a pessoa emite é determinada por características pessoais. E por este motivo que podemos identificar uma pessoa pela sua voz. Instrumentos de análise de voz podem determinar por comparação com muita precisão (como uma impressão digital) se uma voz gravada em uma fita, por exemplo, realmente pertence à uma determinada pessoa.

### 3.1.5 Fenômenos Sonoros: Conceitos Fundamentais

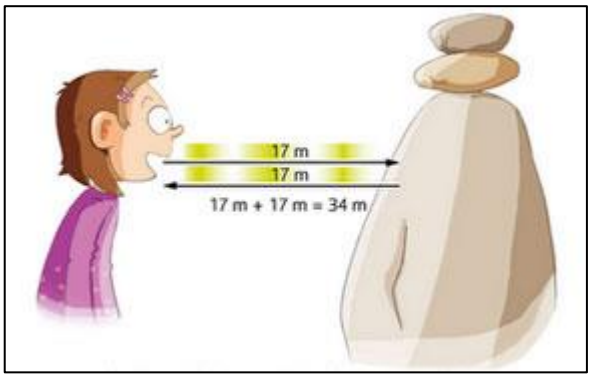
Embora as ondas sonoras não possam ser polarizadas, elas podem sofre outros fenômenos ondulatórios, como a reflexão, a refração, a difração.

#### 3.1.5.1 Reflexão Sonora

Os fenômenos sonoros são cruciais no estudo da acústica, destacando-se pela influência na propagação e na percepção do som em diversos ambientes. A reflexão do som é um desses fenômenos fundamentais, ocorrendo quando ondas sonoras incidem sobre uma superfície e são refletidas de volta ao meio de origem. As leis da reflexão sonora, também tem suas aplicações na acústica arquitetural (Tipler; Mosca, 2013).

A reflexão sonora pode ocasionar o aparecimento de outros fenômenos, dependendo do intervalo de tempo que a onda sonora refletida leva para voltar à fonte emissora. O ser humano só consegue distinguir dois sons com intervalo de tempo superior a um décimo de segundo (0,1s). Tal intervalo é denominado persistência acústica ou persistência auditiva.

**Figura 8** - O eco é consequência da reflexão do som




**Fonte:** Disponível em: https://www.explicatorium.com/cfq-8/propriedades-do-som.html Acesso em 20 de jul. 2024.

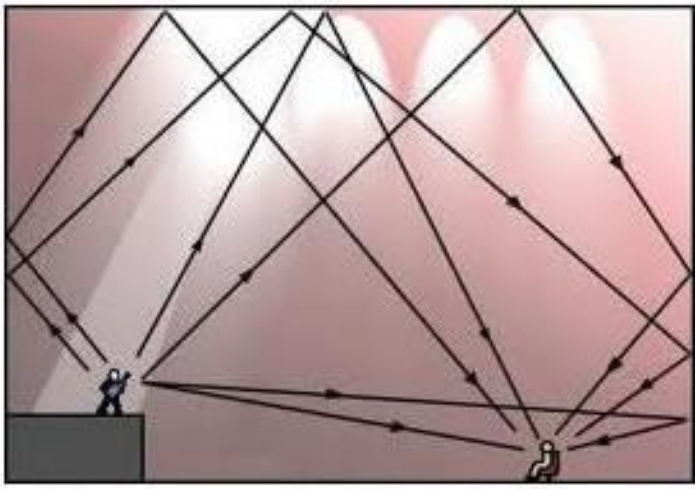
Quando se pode distinguir o som refletido do som direto, o fenômeno é chamado eco, por sua vez, é uma repetição discernível do som causada pela reflexão

de ondas sonoras em superfícies distantes, retornando ao ouvinte após um intervalo de tempo mensurável (Barreto Filho; Benígno, 2016).

A interferência construtiva, conhecida também como reforço sonoro, é um fenômeno onde duas ondas sonoras de mesma frequência e fase se combinam para aumentar a amplitude do som percebido (Nussenzveig, 2019).

A reverberação, por sua vez, descreve o prolongamento do som após a interrupção da fonte original, devido a múltiplas reflexões em superfícies ao redor. (Halliday *et al*., 2016).

**Figura 9** - Emissão de ondas sonoras com múltiplas reflexões



**Fonte**: Disponível em https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/tempo-reverberacao.htm Acesso em 20 de jul. 2024.

O tempo de reverberação é o período durante o qual o som permanece audível em um ambiente específico, como uma sala de aula, auditório, teatro ou cinema, todos sujeitos à influência sonora. Esse problema é comum em salas de aula, pois muitas construções escolares não seguem padrões arquitetônicos adequados para uma distribuição sonora eficiente, prejudicando tanto professores quanto alunos, que enfrentam dificuldades em se comunicar devido à distância entre eles (Long, 2006).

Para assegurar uma boa audibilidade sonora, o volume do espaço onde as ondas sonoras se propagam é crucial. O tempo de reverberação é calculado pela equação de Sabine, o pai da acústica moderna, destacando a importância do tratamento acústico nos ambientes para melhorar a comunicação e o aprendizado, mostrado a seguir (Beranek, 1996).

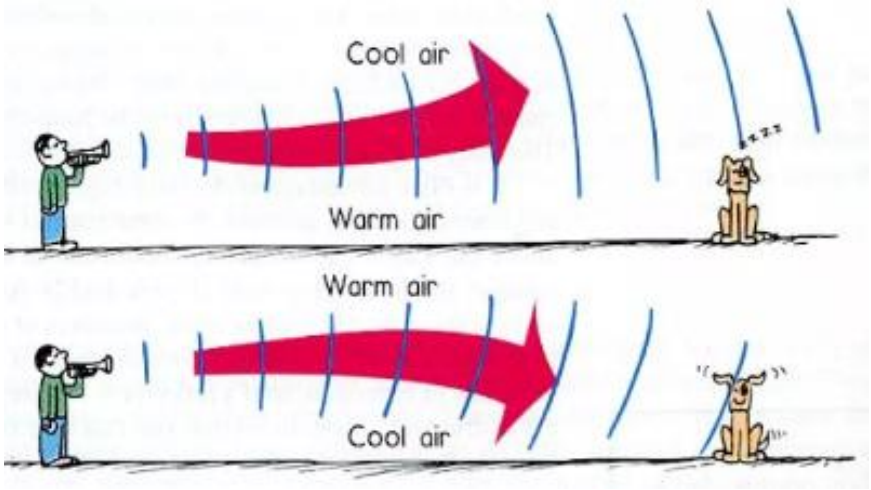
$$TR = \frac{(0{,}16.V)}{\sum \alpha A} \qquad (2.17)$$

Onde, TR é o tempo de reverberação (segundos); 0,16 é constante; V é o volume da sala ($m^3$); ∑ é somatório de α, o coeficiente de absorção dos materiais e de A, a área do piso, parede e tetos ($m^2$).

### 3.1.5.2 Refração Sonora

Um outro fenômeno sonoro é a refração do som refere-se à mudança na direção das ondas sonoras ao passar de um meio para outro com diferentes velocidades de propagação.

**Figura 10** - Refração do som no ar




**Fonte:** Disponível em: https://pt.slideshare.net/slideshow/reflexo-e-refrao-de-ondas-slideshow-by-jair-lp/22564732 Acesso em 20 de jul. 2024.

Conforme representado na figura, o som se curva para cima quando o ar quente está próximo a superfície e quando o ar quente está na parte superior o som se curva para baixo, isso é devido a diferentes níveis da densidade do ar, como já mencionado na subseção (2.2.3).

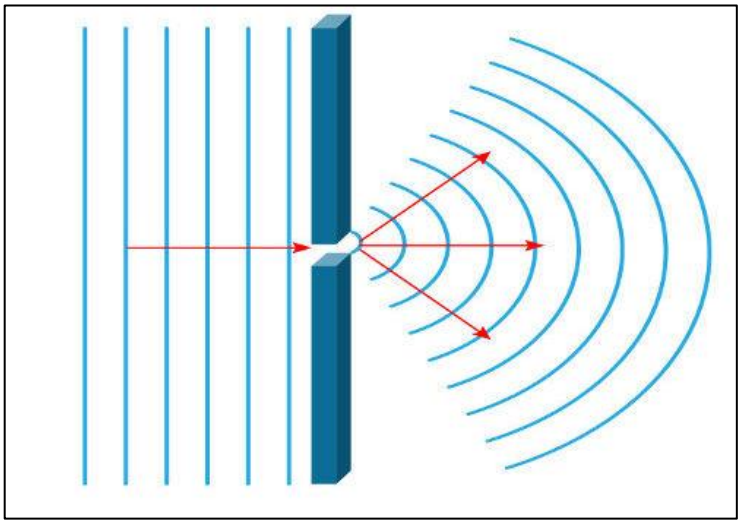
### 3.1.5.3 Difração

Difração é o fenômeno em que uma onda sonora pode transpor obstáculos. Quando se coloca um obstáculo entre uma fonte sonora e o ouvido, por exemplo, o som é enfraquecido, porém não extinto. Logo, as ondas sonoras não se propagam somente em linha reta, mas sofrem desvios nas extremidades dos obstáculos que encontram (Nussenzveig, 2018).

A difração é um fenômeno ondulatório que requer a aplicação do Princípio de Huygens para ser adequadamente explicado. Este fenômeno ocorre quando uma onda encontra obstáculos em seu caminho, resultando no seu encurvamento ao redor desses obstáculos. A difração desafia a generalização de que os raios das ondas são sempre retilíneos, especialmente em meios homogêneos e isotrópicos.

Para ilustrar este conceito, considere um exemplo simples: um trem de ondas se propagando na superfície da água e encontrando uma barreira com uma fenda

**Figura 11** - representação da difração



Fonte: Disponível em: https://s5.static.brasilescola.uol.com.br/img/2017/09/difracao-fenda-pequena.jpg Acesso em 18 de jul. 2024.

Na figura acima, observamos ondas planas em um tanque de ondas incidindo sobre uma barreira com uma abertura significativamente menor que o comprimento de onda λ. Após passar pela barreira, as frentes de onda se tornam circulares, com centro na abertura. Esse fenômeno de curvatura das frentes de onda é conhecido como difração.

A difração é um fenômeno complexo que ocorre quando ondas contornam obstáculos ou passam por aberturas. A extensão dessa curvatura depende da relação entre o comprimento de onda da onda λ e as dimensões do obstáculo ou abertura d. Quanto maior essa razão, maior será a curva de difração observada.

$$r = \frac{\lambda}{d}, \tag{2.18}$$

Para ilustrar, consideremos duas situações distintas onde ondas sonoras e luminosas, com comprimentos de onda típicos de cerca de 1 metro e $10^{-7}$ metros, respectivamente, incidem em uma parede com uma abertura estreita de 0,5 metros de largura. A pergunta que surge é se ambas as ondas podem sofrer difração ao passar por essa abertura na parede. Vamos utilizar a Equação (2.18), que descreve o fenômeno de difração, para analisar essas condições

- Para o Som

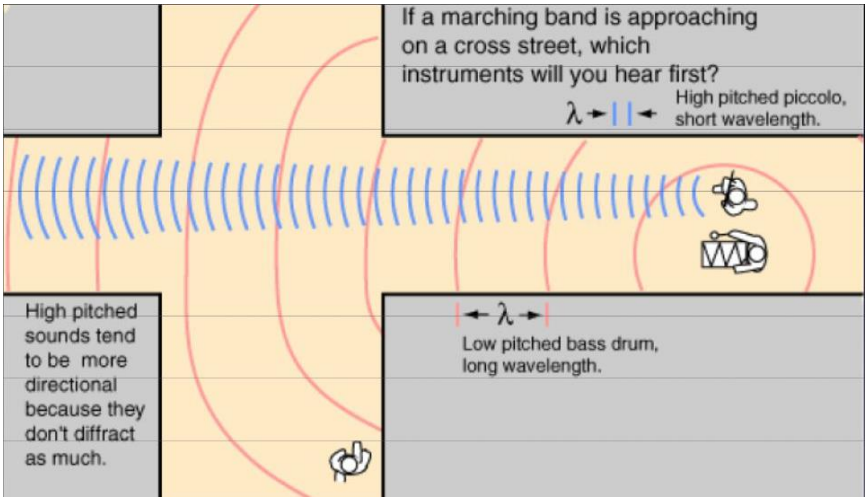
$$r = \frac{\lambda}{d} = \frac{1}{0{,}5} = 2$$

- Para a Luz

$$r = \frac{\lambda}{d} = \frac{10^{-7}}{0{,}5} = 2\,x\,10^{-7}$$

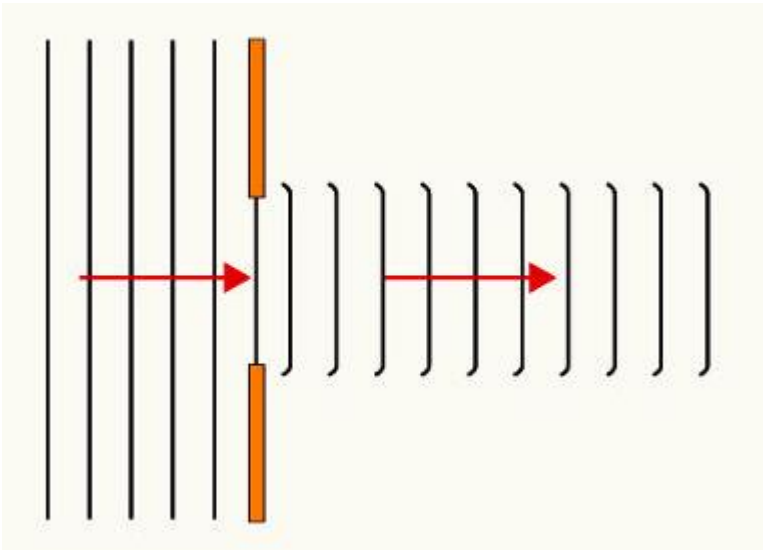
Percebe-se que a razão λ/d, neste exemplo, é aproximadamente "dez milhões" de vezes maior para o som do que para a luz visível. É por esse motivo que podemos ouvir uma pessoa falando do outro lado de uma parede, enquanto não conseguimos vê-la. Uma porta aberta pode ser considerada um caso especial de obstáculo. O som proveniente de um corredor ao entrar em uma sala pode ser ouvido se a razão λ/d for significativa, no entanto, para ondas luminosas λ/d essa razão será pequena. Uma pessoa situada no canto da sala poderá escutar alguém que fala no corredor (Fig.12), mas não poderá vê-la (Fig. 13).

**Figura 12** -Som proveniente de um corredor entrando em uma sala




**Fonte**: Disponível em http://www.das.inpe.br/~alex/FisicadaMusica/difr2.gif Acesso em 18 de jul. 2024.

**Figura 13** - Onda luminosa proveniente de um corredor entrando na mesma sala



**Fonte:** Disponível em: https://www.preparaenem.com/upload/conteudo/images/fendas-pequena-grande.jpg Acesso em 18 de jul. 2024.

A difração desempenha um papel crucial na engenharia acústica, influenciando diretamente o design de sistemas de alto-falantes. Este fenômeno, estudado por físicos eminentes ao longo da história, como Christian Huygens e Augustin-Jean Fresnel, revela como as ondas sonoras se comportam ao encontrar obstáculos ou aberturas. Sons de baixa frequência, devido aos seus grandes comprimentos de onda, são especialmente suscetíveis à difração, o que resulta em um espalhamento mais eficiente ao redor de barreiras físicas (Halliday *et al.*, 2013).

Para mitigar esse efeito, são utilizados tweeters, dispositivos projetados especificamente para reproduzir frequências altas de forma direcional e eficiente. Esse método de design é essencial para garantir uma resposta sonora equilibrada em diversos ambientes de audição (Fletcher; Rossing, 1998).

Um exemplo intrigante de difração na natureza pode ser observado entre os elefantes. Quando se comunicam a curtas distâncias, emitem sons audíveis aos humanos. No entanto, para se comunicarem eficazmente a grandes distâncias, empregam ondas de baixa frequência que são inaudíveis para nós. A difração permite que essas ondas se propaguem extensivamente pela floresta, facilitando a comunicação em áreas vastas e densas (Berkelmans; Sakamoto, 2020).

Assim, a compreensão e aplicação do princípio de difração não apenas enriquecem nosso conhecimento científico, mas também possuem implicações práticas significativas na engenharia de áudio e no entendimento dos comportamentos acústicos em ambientes naturais.

Esses fenômenos sonoros são essenciais para compreender não apenas a física do som, mas também para aplicá-la em áreas como acústica arquitetural, engenharia de som e design de ambientes para otimizar a qualidade auditiva e a experiência sensorial.

### 3.1.6 Cordas Vibrantes

A denominação "corda vibrante" refere-se a um fio elástico tensionado, com suas extremidades fixas entre dois pontos imóveis. Quando estas cordas são postas a vibrar, geram ondas estacionárias que transmitem essa vibração às partículas de ar ao seu redor, resultando na produção de uma onda sonora cuja frequência é equivalente à da onda estacionária na corda. Conforme, Halliday *et al*. (2013), essa frequência está diretamente relacionada ao comprimento da corda. Alterando-se o ponto de pressão ao longo da corda, é possível variar a frequência do som emitido, ajustando assim o comprimento efetivo da corda vibrante.

Além do comprimento da corda, a frequência natural ou de ressonância também depende da densidade da corda vibrante. Instrumentos musicais como guitarra, piano, violino, harpa, violão, viola, cavaquinho e contrabaixo exemplificam o

uso dessas cordas para a produção de sons musicais variados (Rossing; Fletcher, 2004).

A frequência fundamental de vibração $f$ de uma corda vibrante é determinada pela fórmula:

$$f = \frac{v}{2L} \tag{2.19}$$

Onde $v$ é a velocidade de propagação das ondas na corda e $L$ é o comprimento da corda. Esta equação revela que a frequência fundamental é inversamente proporcional ao comprimento da corda $L$. Esta relação é crucial na música, pois permite ajustar a afinação de instrumentos de cordas variando o comprimento da corda vibrante (Halliday *et al.,* 2013).

Além da frequência fundamental, as cordas vibrantes também podem vibrar em seus harmônicos superiores, com frequências que são múltiplos inteiros da frequência fundamental. Os harmônicos superiores $fn,$ são dados por:

$$fn = n \cdot f \tag{2.20}$$

Onde $n$ é um número inteiro positivo que indica a ordem do harmônico. Isso significa que a corda pode vibrar não apenas na sua frequência fundamental, mas em frequências que são múltiplos inteiros dessa frequência fundamental (Rossing; Fletcher, 2004).

A relação entre a densidade linear μ da corda, a tensão $T$ aplicada e a velocidade de propagação $v$ v das ondas na corda é dada pela fórmula:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \tag{2.21}$$

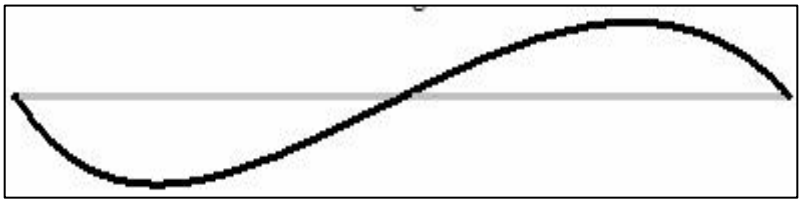
Esta equação fundamental mostra que a velocidade de propagação das ondas em uma corda vibrante depende da raiz quadrada da razão entre a tensão aplicada e a densidade linear da corda. É uma expressão essencial para entender como a tensão e a densidade da corda afetam suas propriedades vibratórias e, consequentemente, suas características sonoras.

Os princípios de cordas vibrantes são aplicados extensivamente em instrumentos musicais como guitarras, violinos, pianos e harpas. Nestes instrumentos, ajustar a tensão da corda ou variar o comprimento vibrante da corda (através de trastes ou teclas) permite aos músicos controlar a altura das notas e criar harmonias e melodias variadas (Halliday *et al.,* 2013).

A física das cordas vibrantes também é essencial na engenharia acústica, onde é utilizada para projetar sistemas de alto-falantes e analisar as características acústicas de salas e espaços fechados. Modelos matemáticos baseados nas equações de cordas vibrantes são empregados para prever e otimizar a resposta de frequência e a dispersão sonora em diferentes ambientes (Rossing; Fletcher, 2004).

Cordas Vibrantes: Os corpos possuem várias frequências de ressonância, que podemos chamar de modos harmônicos. Produzindo-se uma perturbação em um dado local de uma corda esticada, essa perturbação irá se propagar por toda a corda em forma de onda. Quando esta onda atingir um dos extremos da corda esta será refletida, e assim sucessivamente. Assim se configura uma onda estacionária.

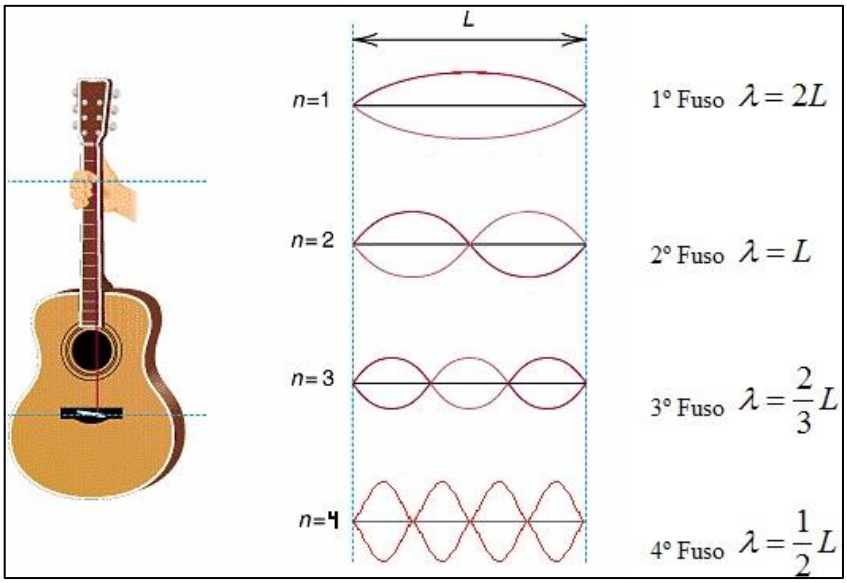
**Figura 14** -Representação de uma onda estacionária



**Fonte:** Tópicos de Física 2, (2012).

Na Figura 9, iremos mostrar os possíveis harmônicos em uma corda vibrante. Deve-se notar que as extremidades serão sempre nodos, assim não irão vibrar.

**Figura 15** -Harmônicos em uma corda vibrante




**Fonte:** Disponível: https://www.infoescola.com/fisica/harmonica/ Acesso em 20 de jul.2024.

Como entre dois nós (ponto sem vibração) teremos sempre um ventre, poderemos generalizar, onde *n* é o número de fusos.

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \tag{2.22}$$

Quando alguém toca uma corda de um instrumento musical, ela transfere energia para a corda, que começa a vibrar e, por sua vez, faz o ar ao seu redor vibrar, resultando na produção de som. Quando a corda vibra em sua frequência mais baixa, isso é conhecido como modo fundamental, e o som emitido é chamado de som fundamental. Essa mesma descrição se aplica aos outros harmônicos produzidos pela corda.

As frequências naturais de vibração de uma corda dependem de suas características físicas. Ao considerar cordas cilíndricas, conforme estudado no tópico anterior, observamos que essas frequências são determinadas pela densidade linear da corda, sua tensão e comprimento. Esses parâmetros influenciam diretamente a maneira como a corda vibrará e as diferentes frequências de harmônicos que serão produzidas durante a execução musical.

Logo,

$$V = \frac{1}{r}\sqrt{\frac{F}{\mu\pi}}, \tag{2.23}$$

em que, **v** é a velocidade de propagação de ondas transversais na corda; **r** é o raio da secção transversal da corda; **F** é a intensidade da força tensora na corda; μ é a massa específica do material de que é feita a corda.

As frequências naturais de vibração da corda são dadas por:

$$f = \frac{Nv}{2L} \tag{2.24}$$

Substituindo a equação (2.23) na equação (2.24), obtemos:

$$f = \frac{N}{2Lr}\sqrt{\frac{F}{\mu\pi}} \ \ ou \tag{2.25}$$

$$f = \frac{N}{DL}\sqrt{\frac{F}{\mu\pi}} \tag{2.26}$$

em que D = 2r é o diâmetro da secção transversal da corda.

Na última equação, podemos observar que a frequência fundamental de vibração da corda (N = 1), que corresponde à frequência do som fundamental emitido, é influenciada pelo diâmetro (D) e pelo comprimento (L) da corda, pela massa específica (μ) do material de que é feita, e pela intensidade da força (F) que a tensiona.

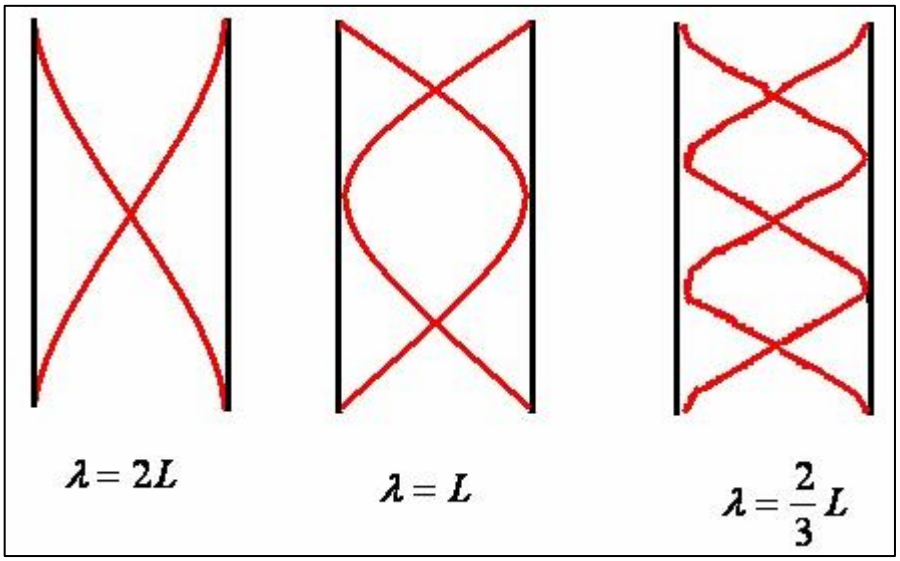
Num violão, se substituirmos uma corda de náilon por uma corda metálica (maior massa específica), de mesmo diâmetro e sujeita à mesma tensão, obteremos um som mais grave, ou seja, de menor frequência (Boas *et al. 2012).*

Portanto, o estudo das cordas vibrantes não só enriquece nosso entendimento científico das ondas e vibrações, mas também desempenha um papel crucial na música, na engenharia acústica e em várias outras aplicações tecnológicas.

### 3.1.7 Tubos Sonoros

Os tubos sonoros contêm uma coluna de ar em seu interior que vibra segundo uma de suas frequências fundamentais que serão representadas abaixo:

**Figura 16** - Tubo sonoro aberto

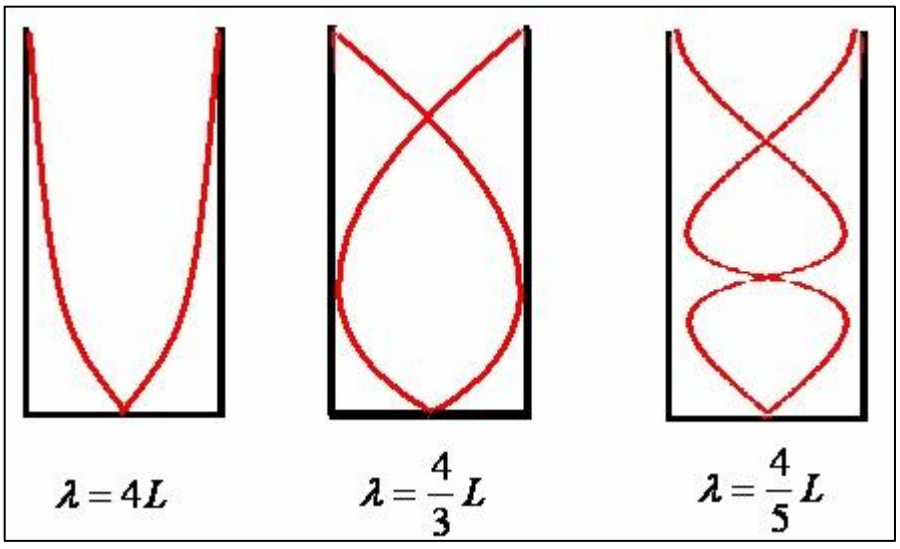



**Fonte:** Disponível em: https://www.infoescola.com/fisica/harmonica/ Acesso em 18 de jul. de 2024.

Geral:

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \tag{2.22}$$

**Figura 17** - Tubos sonoros fechados




**Fonte:** Disponível em: https://www.infoescola.com/fisica/harmonica/ Acesso em 18 de jul. de 2024.

Os tubos fechados possuem apenas harmônicos ímpares assim:

$$\lambda_{(2n-1)} = \frac{4L}{2n-1} \tag{2.27}$$

### 3.1.8 Efeito Doppler

Nas discussões anteriores, exploramos como as ondas mecânicas se comportam na interação entre uma fonte sonora e um receptor. Quando um receptor está em movimento em relação à fonte sonora, ele perceberá uma frequência diferente do som emitido. Essa variação na frequência depende do tipo de movimento relativo entre o receptor e a fonte.

Para compreender o efeito Doppler, consideremos um exemplo comum: o som de uma sirene de ambulância. Quando a ambulância se aproxima ou se afasta de um observador, a frequência do som percebido muda. Se o observador estiver parado em relação à sirene, ouvirá a frequência original do som. No entanto, ao se aproximar da sirene, a frequência percebida será mais alta, e ao se afastar, será mais baixa. Essas variações na frequência devido ao movimento relativo são explicadas pelo efeito Doppler, inicialmente proposto por Johann Christian Doppler em 1842 e verificado experimentalmente em 1845 por Buys Ballot (Halliday *et al*, 2002).

O efeito Doppler se aplica a qualquer fenômeno ondulatório. Doppler sugeriu que a variação de cor observada em estrelas duplas era resultado de seus movimentos relativos à Terra. Apesar de esta hipótese se mostrar incorreta para a explicação das cores e velocidades das estrelas, a previsão de Doppler sobre a variação de frequência percebida devido ao movimento relativo estava correta (Tipler; Mosca, 2008). Isso tornou o efeito Doppler fundamental em diversas áreas da ciência, inclusive na astronomia.

Em 1845, Buys Ballot confirmou o efeito Doppler para ondas sonoras, utilizando uma locomotiva com músicos tocando notas musicais enquanto observadores ao lado dos trilhos registravam as frequências percebidas. A confirmação para a luz veio em 1872, quando Hermann Carl Vogel utilizou a espectroscopia para determinar a velocidade de rotação do Sol, aplicando o efeito Doppler à luz (Giancoli, 2005). Isso consolidou a validade do efeito Doppler para ondas eletromagnéticas.

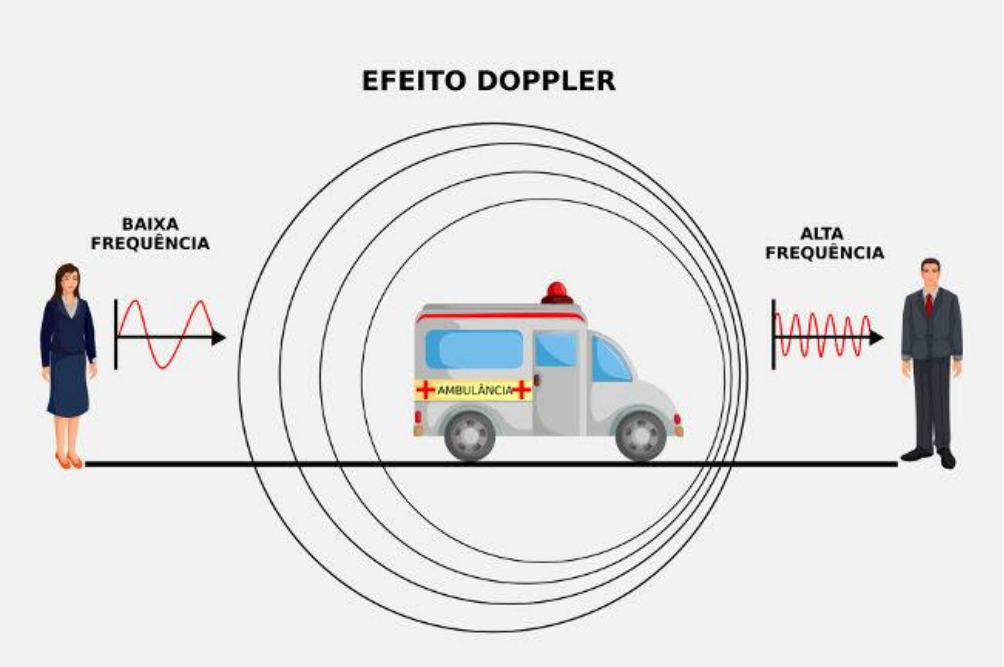
No início do século XX, Edwin Hubble aplicou o efeito Doppler à astronomia, demonstrando que outras galáxias estão se afastando da Terra, o que levou à teoria da expansão do universo. Hoje, o efeito Doppler tem inúmeras aplicações tecnológicas, como radares, sonares, ultrassons médicos e ecocardiogramas, sendo

essencial para a detecção e prevenção de doenças graves e ampliação do conhecimento sobre o universo (Serway; Jewett, 2013).

O efeito Doppler não se limita apenas à luz ou à compreensão do universo. Na década de 1930, foram desenvolvidos radares que utilizam ondas de rádio para medir velocidades, inicialmente para uso militar, mas agora amplamente utilizados em aplicações civis, como na aviação e no controle de velocidade em estradas (Halliday *et al.*, 2002). Durante a Primeira Guerra Mundial, o sonar foi desenvolvido para detectar submarinos utilizando ultrassom. Hoje, o ultrassom com Doppler é utilizado para avaliar o fluxo sanguíneo em vasos e artérias, e o ecocardiograma permite medir com precisão a velocidade do fluxo sanguíneo e as condições dos tecidos cardíacos (Tipler; Mosca, 2008). Devido ao seu grande potencial na medicina para detecção e prevenção de doenças graves, além de outras aplicações cotidianas, o estudo do efeito Doppler é de grande importância.

O entendimento do efeito Doppler é simples e pode ser observado em vários fenômenos do cotidiano. Ele é percebido tanto nas ondas sonoras quanto nas ondas eletromagnéticas, como ondas de rádio, micro-ondas e luz visível. Focando nas ondas sonoras, consideramos a massa de ar através da qual essas ondas se propagam, ou seja, a velocidade da fonte sonora e do detector em relação ao ar (Giancoli, 2001). Num primeiro momento, considere que a fonte S e o detector D se aproximem ou se afastem um do outro em linha reta, com velocidades menores do que a velocidade do som (Figura 18).

**Figura 18** - Propagação de onda de uma fonte móvel




**Fonte**: Disponível em: brasilescola.uol.com.br

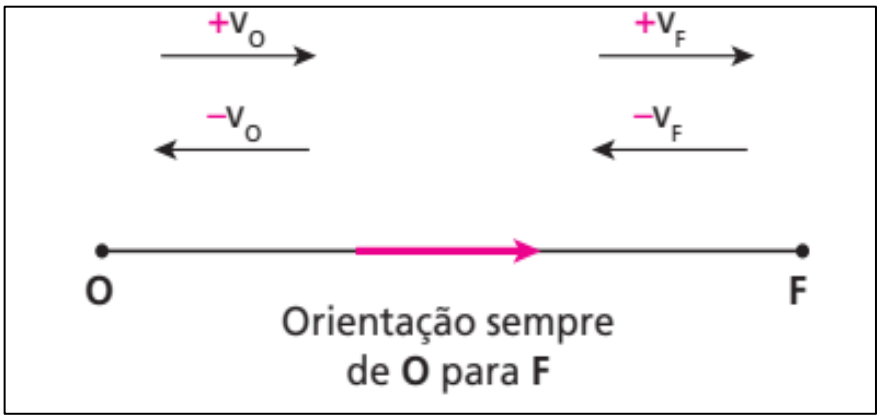
Se o detector ou a fonte está se movendo, ou se as duas estão se movendo, a frequência emitida $f$ e a frequência detectada $f'$ são relacionadas a partir da expressão:

$$f' = f\,\frac{V \pm V_D}{V \pm V_F} \tag{2.28}$$

em que $V$ é a velocidade do som no ar, $V_D$ é a velocidade do detector em relação ao ar, e $V_F$ é a velocidade da fonte em relação ao ar.

Para determinarmos sobre a atribuição dos sinais positivos ou negativos em um contexto específico, é crucial seguir uma regra geral estabelecida, como ilustrado na Figura 19:

**Figura 19** - Sinais ± da equação do Efeito Doppler




**Fonte**: Tópicos de Físca vol.02, (2012).

Quando o movimento tende a aproximar o detector da fonte, o sinal da velocidade deve ser aquele que resulte num aumento de frequência, se o movimento tende a afastar o detector da fonte, o sinal da velocidade deve resultar numa diminuição de frequência. Esta abordagem ajuda a garantir consistência e precisão na análise ou na representação de dados, proporcionando uma estrutura clara para interpretação e aplicação adequada dos conceitos envolvidos

### 3.1.8.1 Equação do Efeito Doppler para um detector em movimento e a fonte parada

Quando o detector está em movimento em relação ao ar e a fonte está estacionária em relação ao ar, o movimento afeta a frequência com que o detector intercepta as frentes de onda, e assim, a frequência da onda detectada.

Para compreender esse fenômeno, é útil considerar o detector em repouso por um momento. Nesse caso, no intervalo de tempo $t$ as frentes de onda percorrem uma distância $vt$ . O número de comprimentos de onda nessa distância é o número de comprimento de onda interceptado por $D$ no intervalo de tempo $t$. Esse número de comprimentos de onda é $vt/\lambda$ e a frequência detectada por $D$ é:

$$f = \frac{\frac{vt}{\lambda}}{t},$$

Logo, resolvendo essa divisão torna-se:

$$f = \frac{v}{\lambda} \tag{2.29}$$

Podemos concluir a partir da Eq. (29) que quando o detector e a fonte sonora estão em repouso um em relação ao outro, não há efeito Doppler, pois a frequência detectada é idêntica à frequência emitida pela fonte.

Considerando agora o cenário em que o detector está em movimento em relação à fonte sonora, na direção oposta à propagação das frentes de onda. Como antes, as frentes de ondas percorrem uma distância $V_{Dt}$ , porém, o detector percorre uma distância de encontro às frentes de ondas. Então, nesse intervalo de tempo $t$ as frentes de ondas percorrem um espaço em relação ao detector igual a ($Vt + V_D t$), e o número de frentes de ondas nessa distância relativa é dado pelo número de comprimentos de ondas interceptado pelo detector nesse intervalo de tempo ($Vt + V_D t$)/$\lambda$ . A taxa de interceptação de comprimentos de onda nessa situação define a frequência conforme a equação:

$$f' = \frac{\frac{[(V + V_D)t]}{\lambda}}{t} = \frac{V + V_D}{\lambda}.$$

Considerando que, temos uma nova expressão para a frequência detectada no detector de ondas, dada por

$$f' = \frac{(V + V_D)}{\frac{V}{f}} = f\left(\frac{V + V_D}{V}\right).$$

Podemos concluir, de maneira geral, que quando um detector está em movimento em relação a uma fonte sonora, a frequência detectada é $f' > f$ , se $V_D$ for diferente de zero.

Se considerarmos o detector se afastando da fonte, as frentes de onda movem-se uma distância $V_t - V_D$ em relação a $D$ num intervalo de tempo $t$ , nesse caso a frequência é dada por:

$$f' = f\left(\frac{V + V_D}{V}\right),\ f' < f \tag{2.30}$$

Podemos concluir de modo geral que quando um detector está em movimento em relação a uma fonte sonora, a frequência é dada pela Equação 2.30.

2.11.2 Equação do efeito Doppler para um detector em movimento e a fonte em movimento

Agora vamos considerar o detector D parado em relação à massa de ar e a fonte S está se movendo em direção a D com velocidade Vs. Esse movimento da fonte altera o comprimento de onda das ondas sonoras que chegam ao detector, o que consequentemente modifica sua frequência detectada.

Tomemos como $T(=1/f)$ o intervalo de tempo entre a emissão de um par de frentes de onda sucessivas, $O_1$ e $O_2$. Nesse intervalo de tempo, a frente de onda $O_1$ percorre uma distância VT e a fonte percorre uma distância $V_S$T. No fim desse intervalo de tempo T, a frente de onda $O_2$ é emitida. No sentido para onde S está se movendo, a distância entre $O_1$ e $O_2$ é dada pela diferença $VT + V_S T$ . Esse é o comprimento de onda $\lambda'$ das ondas que se propagam nessa direção. A frequência $f'$ detectada dessas ondas é dada por

$$f' = \frac{V}{\lambda'} = \frac{V}{V - V_S} T = \frac{V}{\frac{V}{f} - \frac{V_s}{f}}$$

$$f' = f\left(\frac{V}{V - V_S}\right)$$

Por essa equação vemos que $f' > f$ se $V_S \neq 0$.

De forma análoga ao que fizemos no item anterior, do lado oposto ao movimento, o comprimento de onda $\lambda'$ das ondas é $VT + V_S T$. Então a frequência de detecção é:

$$f' = f\left(\frac{V}{V - V_S}\right);\ f' < f\ se\ Vs\ \neq 0.$$

Portanto, a frequência detectada de uma frente de onda para uma fonte em movimento e um detector em repouso é dada por:

$$f' = f\left(\frac{V}{V \pm V_S}\right). \qquad (2.31)$$

### 3.1.8.2 Equação geral do Efeito Doppler

Chegamos, portanto, à conclusão de que a equação geral que descreve o efeito Doppler em seu contexto mais abrangente e aplicável é:

$$f' = f\left(\frac{V \pm V_D}{V \pm V_S}\right). \tag{2.32}$$

Essa relação é válida tanto quando a fonte quanto o detector estão em movimento simultaneamente, quanto quando um deles está em repouso, conforme demonstrado nos passos descritos. Para Santos (2016), a compreensão do efeito Doppler permite entender diversas tecnologias que são essenciais no mundo moderno. Por isso, ele é um dos tópicos abordados no ensino médio e superior. Explorar o efeito Doppler experimentalmente pode ser muito útil para os alunos, proporcionando um entendimento mais profundo desse fenômeno.

# 4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA VISÃO GERAL

O objetivo desta Seção é proceder o estudo reflexivo analítico acerca da teoria da aprendizagem significativa em David Ausubel como possibilidade de contribuir no processo ensino aprendizagem de alunos no ensino de Física, em particular, no conceito de Acústica. Dessa forma, o foco é colocado na utilização da teoria da aprendizagem significativa do psicólogo norte americano David Ausubel[1].

Essa teoria leva em consideração os conhecimentos e conceitos preexistentes que os alunos possuem em relação ao conteúdo específico que está sendo estudado, tendo em vista que o cognitivo do indivíduo se configura em uma estrutura hierárquica de conceitos que representam abstrações da história e de experiências, que necessitam ser valorizadas e compartilhadas em sala de aula, no sentido de ressignificar e ampliar os conhecimentos. Ausubel emergiu como uma figura proeminente no campo da teoria cognitiva ao apresentar uma estrutura teórica para o desenvolvimento da aprendizagem significativa. De acordo com essa estrutura, a compreensão dos conceitos é moldada por meio da interação entre novas ideias e o conhecimento existente na mente de um indivíduo (Ausubel, 1968)

Ao contrário das teorias psicológicas tradicionais, a teoria de Ausubel se concentra principalmente no ambiente de sala de aula e está mais alinhada com a teoria do ensino. Consequentemente, Ausubel enfatiza o papel crucial da interação professor-aluno e do conteúdo que está sendo ensinado na promoção de uma aprendizagem construtiva. Nessa abordagem sistêmica, o aluno assume papel central no processo de aprendizagem, permitindo a consolidação do conhecimento (Lima *et al.,* 2018).

No âmbito da pesquisa em tela, tal abordagem ocorreu em vários momentos na sala de aula, enfatizo aqui a apresentação do conteúdo por meio da plataforma

[1] David Ausubel (1918-2008), psicólogo educacional e teórico da aprendizagem significativa, defendia que o aprendizado ocorre de forma eficaz quando novas informações se conectam aos conhecimentos prévios do aluno. Nascido em uma família judia e pobre de imigrantes da Europa Central, Ausubel cresceu revoltado com a educação punitiva e reacionária que presenciou, marcada por castigos e humilhações, o que o levou a criticar o sistema tradicional de ensino. Após concluir sua formação em psicologia no Canadá, ele decidiu dedicar-se à educação, propondo mudanças que promovessem uma aprendizagem mais humanizada e menos mecânica. Sua obra *Educational Psychology: A Cognitive View* (1968) tornou-se um marco na área, estabelecendo sua visão cognitivista, em que a organização e a integração de conteúdos são essenciais para que o aluno armazene e utilize o conhecimento de maneira significativa e aplicável ao longo da vida (Moreira, 1999).

PHEt, o debate ocorrido por meio da sala de aula invertida, e na produção de vídeos onde os alunos receberam um roteiro e foram livres para adaptá-los as suas realidades.

Na influente teoria de Ausubel, uma sugestão importante é apresentada em relação ao aprimoramento e reestruturação do conhecimento existente dos alunos. Esta proposta enfatiza o valor de incorporar conhecimentos prévios ao processo de aprendizagem, o que, por sua vez, destaca a necessidade de os educadores contemplarem novas abordagens educacionais à luz dos avanços tecnológicos e sua integração no ambiente escolar.

Essa reflexão é crucial para facilitar experiências de aprendizado agradáveis e impactantes para os alunos. Nessa perspectiva se inscreve nossa proposta de desenvolver a produção e simulação de vídeos de curta metragem, para os estudantes do ensino médio que proporcionará maior interesse e absorção da disciplina.

A aprendizagem, neste contexto, é um esforço multifacetado e cognitivo que é ao mesmo tempo ativo e individualista. Abrange sensações, pensamentos, ações, descobertas e interesses pessoais. De acordo com o ponto de vista construtivista, a aquisição de conhecimento significativo necessita da identificação e construção dos significados inerentes a esse conhecimento. Sem ação reflexiva, esses significados se tornam sem vida, como expresso por (Dewey, 1979).

Ausubel (1968), propôs uma perspectiva cognitiva que afirma que a mente humana possui um alto grau de organização. De acordo com esse ponto de vista, os conceitos são construídos hierarquicamente e construídos por meio de experiências individuais. A aprendizagem é considerada significativa quando envolve a compreensão, a transformação da informação, o armazenamento e a utilização do conhecimento relacionado ao assunto para identificar padrões que moldam essa transformação.

Segundo Miras (2006), os professores que utilizam a abordagem escolar construtivista estimulam o conhecimento prévio adquirido por meio da experiência pessoal. Isso ajuda os alunos a entender o que eles já sabem e como esse conhecimento funciona em sua situação educacional atual e serve como ponto de partida para a compreensão de novos conhecimentos no contexto da escola. É nessa perspectiva que, por meio do uso de sequência didática com estratégias diversificadas

faremos a apreensão dos conhecimentos prévios dos alunos acerca do conteúdo de acústica.

Compreender certos conceitos em Física pode ser um desafio para os alunos. Particularmente, ideias abstratas e não intuitivas tendem a ser as mais difíceis de compreender. Além disso, os alunos muitas vezes lutam ao tentar compreender os processos dinâmicos que são explicados usando representações estáticas, como diagramas e gráficos (Hattie, 2008).

Existem vários fatores que contribuem para essas dificuldades. Por exemplo, novos alunos podem achar difícil estudar conceitos abstratos como matemática e ciências, pois exigem o cultivo do pensamento abstrato. Isso ocorre porque esses conceitos carecem de uma forma tangível, tornando difícil para os alunos conectá-los a elementos do mundo físico ou a termos de uma equação. Como resultado, os indivíduos podem desenvolver apenas uma compreensão superficial do material e lutar para aplicar seus conhecimentos fora da sala de aula. Para Ausubel (1968) critica essa abordagem, argumentando que a aprendizagem significativa só ocorre quando novos conceitos são integrados de maneira substantiva e não arbitrária com o conhecimento prévio dos alunos.

As aulas de Física em várias instituições educacionais tradicionalmente enfatizam a memorização mecânica de fórmulas e a resolução de problemas, dependendo fortemente de aplicações matemáticas. Infelizmente, em muitos casos, o envolvimento do aluno é limitado a métodos de ensino repetitivos, desconsiderando a importância do questionamento do aluno e do conhecimento prévio no processo de ensino e aprendizagem (Saviani, 2011).

Para compreender verdadeiramente a aprendizagem significativa, é preciso reconhecê-la como um processo fluido e em constante evolução. Esse processo requer o engajamento ativo dos alunos como agentes, levando-os a realizar ações deliberadas que promovam o aprofundamento e a ampliação dos significados que eles constroem por meio de sua participação nas atividades educativas (Souza; Santos, 2013). Consequentemente, ao adotar uma abordagem de aprendizagem significativa, o conhecimento prévio possuído pelos alunos assume uma importância primordial, desempenhando um papel crucial na jornada educacional de qualquer disciplina científica.

De acordo com a noção de que a clareza, a estabilidade e a organização do conhecimento existente em um determinado domínio influenciam muito na aquisição

de novos conhecimentos nesse domínio, é fundamental que os alunos tenham a oportunidade e a liberdade de expressar suas ideias sobre determinado conteúdo de maneira racional e ética, dentro dos limites estabelecidos pelo processo de ensino. Se os professores utilizarem essas ideias como base, seja em oposição ou reforço, isso pode efetivamente facilitar a construção de conceitos (Moreira, 2010).

Para que a aprendizagem tenha um verdadeiro significado, ela deve envolver a interação de ideias expressas simbolicamente com o conhecimento existente do aluno de uma forma que seja substancial e deliberada. Quando dizemos substancial, queremos dizer que essa interação vai além do nível literal e superficial. E quando dizemos deliberado, queremos dizer que não é arbitrário, mas se conecta com o conhecimento relevante que já existe na estrutura cognitiva do aluno. Nesse contexto, a construção de vídeos de curta metragem como metodologia para o ensino de acústica, proposta no produto educacional deste trabalho de mestrado, se alinha perfeitamente com esse conceito (Hattie, 2008).

A criação de vídeos de curta metragem permite que os alunos explorem os conceitos de acústica de maneira visual e interativa, facilitando a compreensão de fenômenos complexos através de representações simbólicas. Ao envolver os alunos na produção desses vídeos, eles não apenas absorvem informações passivamente, mas também ativamente constroem conhecimento, integrando novas ideias com seus conhecimentos prévios de forma significativa. Essa abordagem promove uma aprendizagem significativa, pois os alunos são incentivados a conectar deliberadamente os novos conceitos de acústica com suas estruturas cognitivas já existentes, tornando a aprendizagem substancial e relevante (Ausubel, 2003).

Além disso, a metodologia de produção de vídeos incentiva o desenvolvimento de habilidades adicionais, como a criatividade, a colaboração e a capacidade de comunicação. Esses vídeos servem como um meio de expressão simbólica, onde os alunos podem ilustrar e explicar os conceitos de acústica em suas próprias palavras e através de suas próprias perspectivas. Esse processo não só reforça a compreensão dos conteúdos científicos, mas também torna a aprendizagem mais engajante e personalizada, garantindo que o conhecimento adquirido seja significativo e duradouro (Scardamalia; Bereiter 2006).

Para que ocorra uma aprendizagem significativa, é fundamental focar no processo de transformação do conhecimento, em vez de simplesmente observar mudanças de comportamento. Também é importante reconhecer o papel central que

os processos mentais desempenham nesse processo de desenvolvimento. O que distingue as ideias de Ausubel é o seu foco específico na reflexão sobre a dinâmica de aprendizagem e ensino em contexto escolar, em vez de tentar generalizar ou transferir conceitos e princípios explicativos de outras situações ou contextos de aprendizagem (Moreira, 2006).

A teoria de Ausubel enfoca o aprendizado humano, especialmente o aprendizado que ocorre em ambientes escolares. A denominação "teoria da aprendizagem significativa" afirma, assim, as proposições feitas pelo psicólogo americano sobre o ensino e a aprendizagem nas escolas e critica a aplicação mecânica dos resultados obtidos. Portanto, o uso da produção de vídeos de curta metragem, estimula os alunos a se engajarem em uma aprendizagem crítica, reflexiva e motivadora (Moreira, 2006).

A formulação de Ausubel foi uma das primeiras propostas psicoeducacionais a utilizar a perspectiva cognitiva como ponto de referência. Como um cognitivista comprometido, ele propôs um modelo teórico para entender e explicar a aprendizagem, argumentando que a estrutura cognitiva é um fator importante que influencia a aprendizagem e reconhecendo a relevância dos processos mentais nesse desenvolvimento, cuja premissa é a mente humana, apesar de sua considerável complexidade, que apresenta uma hierarquia de organização cognitiva interna e conhecimento conceitual (Moreira, 2011).

O movimento cognitivista, surgido na década de 1950 como uma reação ao behaviorismo norte-americano e ao idealismo europeu, propunha que, além da emissão de estímulos e respostas, também deveriam ser considerados os processos mentais que ocorrem no organismo para que o ser humano possa humanizar a processo de aprendizagem (Neufeld, 2011). Seja uma pessoa proativa. Portanto, de acordo com Moreira (1999, p. 15), “[...] a ênfase deve estar nos chamados processos mentais de nível superior entre a variável de intervenção, cognição, estímulo e resposta [...]”.

Diante do que foi exposto, Ausubel sugere um modelo conceitual que compreende e explica como a aprendizagem humana é processada como uma mudança na forma de compreender o conhecimento e assim reconhece a importância dos processos mentais neste desenvolvimento (Salvador *et al.,* 2000). Considera ainda que o entendimento existente da estrutura de pensamento é o mais importante para a compreensão da aprendizagem.

Segundo Moreira (2006), há três formas de aprender em geral: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora. Das três, a mais importante para Ausubel é a cognitiva, de acordo com ele, a forma mais eficaz de aprender é a que resulta no armazenamento de informações na mente, e este é o conhecimento adquirido.

A partir disso, a aplicação da produção de vídeos de curta metragem aos alunos teve como objetivo valorizar o modo de pensar dos alunos, com conceitos físicos que estavam relacionados e tinham um significado extra ao que os alunos já tinham de conhecimento prévio, para isso, se fez necessária uma investigação mais apurada do que Ausubel denomina como a aprendizagem com um sentido significativo.

De acordo com Moreira (2006), o aprendizado significativo é o processo de uma informação que se relaciona com outros elementos da estrutura de conhecimento do indivíduo e que não é arbitrário ou literal. Nesta etapa, a nova informação entra em contato com uma estrutura de compreensão específica, que Ausubel denomina como ‘conceito subsunçor` ou, mais genéris, como ‘subsunçor`, palavra que se encontra na estrutura da mente de quem aprende.

No cerne da teoria de Ausubel está a noção de aprendizagem significativa. Essa teoria postula que a aquisição de uma nova informação ou conhecimento ocorre por meio da interação entre o novo conteúdo e um elemento preexistente na estrutura cognitiva do aluno. Dentre as causas influenciadoras no processo de aprendizagem, o conhecimento prévio do aluno detém a maior importância. Durante este procedimento, o novo conhecimento entra em contato com uma forma específica de compreender a realidade, que é chamada de ‘conceito subsunçor’ ou, apenas, ‘subsunçor’, presentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Novak, 2018).

Na teoria da aprendizagem significativa, o conceito de “subsunçor” refere-se a uma ideia já presente na estrutura cognitiva do aluno, responsável por construir uma ponte interativa ou cognitiva entre o que ele já sabe e as novas informações (Ausubel,1968).

Através da inclusão pré-existente, os alunos podem usar novas informações como âncora, facilitando a aprendizagem significativa que reduz o mecanicismo e aumenta o significado. A princípio, a ausência de subsunçores dificulta ou inibe os processos de aprendizagem significativa. No entanto, neste caso, Ausubel propõe utilizar organizadores prévios como um material introdutório antes do conteúdo a ser estudado, para abordá-lo de forma genérica, com isso, os organizadores prévios auxiliarão no aprendizado significativo ao indicar aos alunos informações com as quais

já estão familiarizados e que servirão de base para a absorção de novos materiais (Roth, 2016).

Segundo Moreira (2009) há um processo de reciprocidade por meio do qual conceitos mais relevantes e inclusivos interagem com o novo material como ponto de ancoragem, fundindo-o e assimilando-o, mas, ao mesmo tempo, mudando de acordo com esse ponto de ancoragem.

Para Ausubel (1980), o conhecimento significativo é o produto de um processo cognitivo mental ("saber") envolvendo ideias "logicamente" (culturalmente) significativas associadas à estrutura cognitiva específica de um aluno (ou à estrutura de conhecimento desse aluno) anteriores ("ancorar") a interação entre ideias). e seus "mecanismos" psicológicos para uma aprendizagem significativa ou aquisição e retenção de conhecimento. Por exemplo, no tema de acústica, se a definição de onda mecânica já estiver presente na estrutura cognitiva do aluno, ela pode servir como um subsunçor para novas informações sobre esses conceitos, como o conceito de som, levando a outros conceitos como altura, timbre e Intensidade sonora.

Para que os alunos absorvam efetivamente novas informações, eles devem possuir a inclinação e a motivação para conectar esse conhecimento às estruturas cognitivas existentes e aos materiais instrucionais de maneira substancial e proposital. Essa conexão inicial deve ter um significado potencial para o aluno, o que significa que deve ser não apenas relevante, mas também conscientemente integrada às estruturas de conhecimento existentes. Ao estabelecer essa conexão significativa, os alunos serão capazes de apreender conceitos e proposições de maneira coerente e compreensível, resultando em uma compreensão mais clara do assunto que estão estudando (Ausubel, 2003).

De acordo com Tavares (2016), para aprendizagem significativa de Ausubel, é necessário material com conteúdo logicamente estruturado; se há conhecimento relacionado ao novo conteúdo na estrutura cognitiva do aprendiz; os aprendizes relacionam o novo conhecimento com o conhecimento prévio a partir de sua pré disposição para aprender. Esse processo de ancoragem implica na modificação do subsunçor anterior, podendo torná-lo bem desenvolvida ou subdesenvolvida dependendo da frequência com que ocorra aprendizagens significativas.

Vários tipos de recursos podem ser considerados como materiais potencialmente significativos para os alunos, incluindo livros, aplicativos, textos, vídeos e jogos. Essas ferramentas são essenciais para ajudar os alunos a entender e

compreender o assunto em questão. É altamente recomendável seguir os princípios de organização sequencial ao estruturar o conteúdo. Trata-se de organizar os tópicos de forma a refletir sua interdependência, permitindo uma organização lógica e coerente que facilite a melhor compreensão. Essa abordagem se alinha com a noção de consolidação de Ausubel (2003), que enfatiza a importância de construir sobre o conhecimento prévio antes de introduzir novas informações.

Portanto, a prontidão para aprender requer uma disposição do aluno para se engajar ativamente no processo de aprendizagem, tomando a decisão consciente de estabelecer conexões entre o conhecimento novo e o anterior, modificá-los quando necessário e atribuir significado às informações adquiridas. Em última análise, essa decisão cabe exclusivamente ao aluno (Moreira; Masini, 2006).

Quando ocorre a aprendizagem significativa, os conceitos passam por um processo de desenvolvimento, elaboração e diferenciação por meio de sucessivas interações. Inicialmente, conceitos mais amplos e abrangentes são introduzidos e, à medida que essas interações avançam, as características desses conceitos gradualmente divergem. Este fenômeno é conhecido como diferenciação progressiva. Portanto, é aconselhável que os educadores levem em consideração o princípio da diferenciação progressiva ao projetar o material instrucional. Devem introduzir conceitos mais gerais e inclusivos desde o início, permitindo um refinamento posterior e uma diferenciação gradual à medida que o processo de ensino se desenvolve e se torna mais específico (Moreira; Masini, 2006).

Na busca de criar uma experiência de aprendizado verdadeiramente enriquecedora, a produção e a simulação de vídeos foram empregadas para atender aos três requisitos principais identificados por Ausubel. Ao utilizar essa abordagem, o objetivo é aprimorar a compreensão dos conceitos de Acústica por meio de um conteúdo envolvente e agradável, além de levar em consideração o conhecimento existente do aluno sobre esses tópicos e despertar a curiosidade do aluno pela Física e fomentar a motivação (Moreira, 2019).

No ambiente educacional, a comunicação efetiva de novas informações aos alunos requer uma abordagem hierárquica por parte dos professores. Essa abordagem garante a integração bem-sucedida do conhecimento e dos alunos. Consequentemente, torna-se crucial estabelecer conexões entre os conceitos existentes dos alunos como um aspecto fundamental para promover a aprendizagem e o crescimento significativos. Isso ressalta a importância de apresentar informações

em formatos variados para facilitar a compreensão entre os alunos. Esses conceitos são importantes para os educadores, pois impactam diretamente na compreensão dos alunos sobre as ideias fundamentais durante o processo de aquisição do conhecimento (Moreira; Masini, 2006).

Enquanto isso, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) argumentam contra a noção de categorizar várias formas de aprendizagem dentro de uma estrutura explicativa singular. Em vez disso, eles apresentam um modelo que consiste em duas dimensões para a aprendizagem educacional: aprendizagem receptiva, aprendizagem de descoberta, aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa.

A primeira dimensão, a abordagem da aprendizagem por recepção envolve a apresentação de informações em seu estado completo, sem a participação ativa do aluno no processo de descoberta. Por outro lado, a aprendizagem por descoberta exige que o aluno explore e descubra ativamente os conteúdos que precisam ser aprendidos antes de integrá-los em sua estrutura cognitiva.

A segunda dimensão, conhecida como aprendizado mecânico ou automático, envolve a aquisição de novas informações que têm conexões limitadas com conceitos existentes dentro da estrutura cognitiva. Como resultado, não há interação entre o conhecimento recém-adquirido e o conhecimento preexistente armazenado na mente. Nesse tipo de aprendizado, as informações são adquiridas de forma literal e arbitrária, sem estabelecer relações de sentido entre as várias fórmulas, leis e conceitos, como visto no campo da Física.

## 4.1 Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa

Ausubel argumenta que há um espectro contínuo entre Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica, ao invés de uma dicotomia estrita. No ambiente escolar, o Aprendizado Mecânico é frequentemente visto como a memorização mecânica de fórmulas e conceitos, sem qualquer compreensão significativa ou retenção de ideias e conteúdo. Este tipo de aprendizagem caracteriza-se pela transferência de conhecimentos muitas vezes desvalorizados, uma vez que tendem a ser rapidamente esquecidos pelo aprendente.

Portanto, no domínio da aprendizagem mecânica, o conhecimento não é retido, mas sim transferido. Além disso, embora seja ideal priorizar a aprendizagem

significativa, pois auxilia na compreensão de conceitos e na retenção e aplicação do conhecimento, há casos em que a aprendizagem mecânica pode ser vantajosa ou obrigatória, conforme afirma Moreira (2009). Por exemplo, durante as fases iniciais de aquisição de um novo corpo de conhecimento.

Segundo Braathen (2012), a Aprendizagem Mecânica ocorre quando novas informações são assimiladas de forma aleatória, o que significa que os alunos são obrigados a aprender sem compreender o conteúdo ou o propósito por trás dele. Esse tipo de aprendizagem é puramente literal, onde os alunos adquirem o conhecimento exatamente como apresentado pelo professor, sem qualquer espaço para interpretações pessoais.

O processo de Aprendizagem Significativa envolve a integração de novas informações na estrutura cognitiva do aluno. Essa integração muitas vezes ocorre em conjunto com o conhecimento prévio, que consiste nas informações mais pertinentes já presentes na estrutura cognitiva (Braathen, 2012).

Segundo Moreira (2011), Ausubel conceitua o acúmulo de conhecimento no cérebro humano como uma coleção organizada e hierárquica de conhecimentos preexistentes que interagem dinamicamente uns com os outros.

Portanto, é imperativo reconhecer que a exposição precoce a certas formas de conhecimento durante a infância estabelece as bases para uma aprendizagem substancial subsequente. Isso é particularmente relevante no contexto da Acústica, pois os alunos podem encontrar novos conceitos, ideias, proposições, teorias e outras formas de conhecimento. Por outro lado, à medida que o novo aprendizado se desenvolve, as ideias existentes dentro da estrutura cognitiva podem ser identificadas como interconectadas.

Segundo Novak (1980), existem quatro benefícios distintos associados à aprendizagem significativa em comparação com a aprendizagem mecânica:

a) O conhecimento obtido é preservado por um período prolongado.

b) Como resultado da assimilação das informações, há uma ampliação na divergência de conceitos que funcionaram como fundamentos. Essa amplificação subsequentemente aumenta a capacidade de facilitar efetivamente a aquisição de materiais interconectados em futuras experiências de aprendizagem.

c) A retenção da informação, mesmo depois de assimilada, continua a ter um impacto duradouro no conceito assimilado, bem como no quadro mais amplo de conceitos interconectados.

d) A vasta riqueza de conhecimentos adquiridos por meio de aprendizado extensivo pode ser efetivamente utilizada em uma ampla gama de novos desafios e ideias.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), quando novas informações são conectadas ao conhecimento existente, a aprendizagem significativa ocorre. Essa interação entre o novo conhecimento e a estrutura cognitiva já existente resulta na assimilação de antigos e novos significados, levando ao desenvolvimento de uma estrutura mais intrincada e diferenciada. Ausubel identifica três categorias principais de aprendizagem significativa: representacional, conceitual e proposicional. Depois de definir o significado de aprendizagem significativa e suas características fundamentais, ele passa a elaborar essas três categorias.

A primeira categoria, a aprendizagem representacional refere-se ao significado por trás de palavras ou símbolos individuais. Ele serve como a forma fundamental de aprendizagem significativa, sobre a qual todas as outras formas de aprendizagem significativa são construídas. Por exemplo, quando um aluno compreende o significado de uma palavra solitária como "onda", isso implica compreender o que essa palavra significa.

A segunda categoria a aprendizagem conceitual envolve o aprendizado representacional, pois os conceitos são denotados por símbolos específicos. No caso do exemplo acima, considera-se que o indivíduo adquiriu a compreensão do conceito de onda uma vez que é capaz de executar dois processos cognitivos, nomeadamente a abstração e a generalização.

Diante do exposto, a terceira categoria, o processo de aprendizado proposicional envolve a compreensão do significado das ideias na forma de proposições, em vez de simplesmente compreender o significado de palavras individuais ou combinadas. Como resultado, a aprendizagem proposicional significativa é inerentemente mais complexa em comparação com a aprendizagem representacional e conceitual, pois representações e conceitos podem funcionar como elementos abrangentes dentro do domínio da aprendizagem proposicional.

No entanto, se o aluno for incapaz de estabelecer conexões entre as novas informações e os conhecimentos já armazenados em sua estrutura cognitiva, mesmo quando apresentados a métodos e atividades envolventes destinadas a estimular seu interesse e motivação, o aprendizado resultante ainda estará confinado ao domínio da memorização mecânica.

## 4.2 Organizadores prévios

De acordo com Ausubel (2003), os organizadores prévios atuam como pontes entre o conhecimento existente e as novas informações, preenchendo a lacuna cognitiva para facilitar a aprendizagem significativa para os alunos.

Portanto, é imperativo primeiro organizar e fornecer materiais e recursos introdutórios, permitindo que esses organizadores anteriores estabeleçam uma base para que os alunos desenvolvam conceitos que possam ser aplicados posteriormente em sua jornada de aprendizado. Como os organizadores prévios desempenham um papel crucial na introdução de novos conhecimentos, os educadores frequentemente os empregam na apresentação de novos assuntos, reconhecendo seu potencial como ferramentas pedagógicas valiosas para a transmissão eficaz de novos conteúdos em sala de aula, (Lima, 2013).

No desenvolvimento deste trabalho, a utilização de organizadores prévios se mostrou uma estratégia essencial para preparar os alunos para a aprendizagem de novos conceitos de Acústica. A teoria de Ausubel, Novak e Hanesian (1980) destaca a importância de fornecer uma base cognitiva sólida antes de introduzir conteúdos mais complexos, de forma que os novos conhecimentos possam ser assimilados de maneira significativa. Neste contexto, os organizadores prévios foram cuidadosamente identificados e implementados para assegurar que os alunos tivessem um entendimento básico que facilitasse a compreensão dos conceitos subsequentes.

Para iniciar o processo de ensino, os alunos foram introduzidos aos conceitos básicos sobre som e acústica. Foram abordados temas como a natureza do som como onda mecânica, a faixa de frequências audíveis pelo ouvido humano, e as diferenças entre intensidade e amplitude do som. Este conhecimento introdutório não só forneceu uma base teórica inicial, mas também permitiu que os alunos relacionassem os novos conceitos com suas experiências cotidianas, facilitando uma aprendizagem mais intuitiva e concreta.

Adicionalmente, a plataforma Phet foi utilizada para proporcionar uma simulação interativa dos conceitos básicos de acústica. Através de experimentos virtuais, os alunos puderam visualizar e manipular parâmetros como frequência e amplitude, compreendendo de maneira prática como essas variáveis influenciam o

som. Essas simulações atuaram como organizadores prévios, permitindo que os alunos tivessem uma compreensão inicial prática e visual dos conceitos teóricos, preparando-os para a introdução de tópicos mais complexos.

A metodologia de sala de aula invertida também foi empregada como uma ferramenta crucial para a introdução dos organizadores prévios. Nesta abordagem, os alunos tiveram o primeiro contato com os conceitos teóricos através de materiais disponibilizados previamente, como vídeos e textos científicos. Este contato prévio possibilitou que os alunos viessem para as aulas presenciais já com uma base teórica, prontos para aprofundar e aplicar o conhecimento de forma mais prática e colaborativa. A sala de aula invertida, portanto, não só facilitou a aprendizagem inicial, mas também promoveu um ambiente de ensino mais dinâmico e interativo.

Para complementar essas estratégias, foram realizadas rodas de conversa onde os alunos puderam discutir suas primeiras impressões sobre os conceitos básicos de acústica. Durante essas sessões, os alunos tiveram a oportunidade de expressar suas dúvidas e compartilhar suas compreensões iniciais, criando um entendimento comum e preparando o terreno para a introdução de conceitos mais avançados. Essas discussões colaborativas desempenharam um papel vital na consolidação dos organizadores prévios, ao permitir que os alunos construíssem conhecimento de maneira coletiva e interativa.

Em suma, a implementação de organizadores prévios foi fundamental para o sucesso deste trabalho. Através da introdução de conceitos básicos, do uso de simulações interativas na plataforma Phet, da metodologia de sala de aula invertida, e das rodas de conversa, foi possível assegurar que os alunos tivessem uma estrutura cognitiva adequada para receber e integrar novos conhecimentos de maneira significativa. Esse enfoque pedagógico, alinhado com os princípios de Ausubel *et al.,* (1980), demonstrou ser eficaz na promoção de uma aprendizagem mais profunda e duradoura dos conceitos de acústica.

Com o objetivo de preencher a lacuna de conhecimento e facilitar o aprendizado significativo do tema Acústica, foram produzidos vídeos utilizando as ferramentas e técnicas supracitadas. Esses métodos foram empregados para alinhar o conhecimento existente do aluno com as informações necessárias, aprimorando assim a experiência de aprendizado.

Conforme afirmado por Moraes (2005), a utilização de um organizador preexistente oferece várias vantagens, uma das quais é que os alunos são capazes

de obter uma compreensão abrangente do material antes de mergulhar em seus componentes individuais. Existem duas categorias principais de organizadores prévios: de natureza expositiva e comparativa.

Um organizador expositivo mantém um relacionamento superior com o novo material que precisa ser adquirido e fornece pontos de referência usando termos com os quais o aluno já está familiarizado. Pode-se perceber que tanto no encontro em que os alunos tiveram contato com os vídeos de simulações sobre os conceitos de Acústica, na plataforma PHET, quanto na roda de conversa dentro da sala de aula invertida, percebeu-se como o organizador expositivo provou o seu potencial na obtenção do novo conhecimento.

Por outro lado, um organizador comparativo enfatiza as semelhanças e diferenças entre o material que precisa ser aprendido e as informações já armazenadas na estrutura cognitiva do aluno, foi melhor identificado, através dos vídeos apresentados com simulações e demonstrações sobre os conceitos de Acústica, potencializados no momento da construção dos vídeos de curta metragem.

O conhecimento prévio em Ausubel supõe na concepção dele e no âmbito do produto educacional, para iniciar, foi lançado um questionário para aferir os conhecimentos prévios dos alunos acerca da Acústica, para mostrar a relação entre os conceitos principais em Ausubel e produção e simulação de vídeos sobre Acústica.

A aprendizagem significativa é oriunda da relação do conhecimento prévio e o novo conhecimento, desenvolvidas no produto educacional, estratégias como a exposição de fenômenos sonoros através do simulador PHET, sala de aula invertida, para debates de textos científicos, tornando possível a compreensão, tendo o aluno aferido seu conhecimento prévio, ele pôde por meio da produção e simulação de vídeos, conseguiu ultrapassar o conhecimento existente na apreensão do novo conhecimento constituindo dessa forma o sentindo da aprendizagem significativa em Ausubel.

Os organizadores prévios servem como ferramentas pedagógicas que facilitam a ligação entre o conhecimento que o aluno já possui e o conhecimento que irá adquirir. A utilização de organizadores prévios é necessária porque as ideias já presentes no quadro cognitivo do aluno podem não ter relevância suficiente para estabelecer conexões com novos conceitos. Nesses casos, o organizador precedente atua como um mediador, antecipando ideias pré-existentes e preparando-as para o estudo do material subsequente (Koscianski *et al.*, 2012).

A utilização de ferramentas prévias de organização no formato textual é amplamente praticada, mas também pode se manifestar em diversos outros meios como fotografias, gravuras, mapas conceituais, trechos de filmes, debates, dramatizações e demonstrações. Essas diversas formas de apresentação servem como recursos valiosos para facilitar novas experiências educacionais (Moraes, 2005).

O organizador anterior serve como um mediador para facilitar as conexões lógicas entre o novo conteúdo e a estrutura cognitiva preexistente. É importante notar que os organizadores não assimilam informações que carecem de significado (Koscianski *et al.,* 2012).

Conforme vimos os organizadores prévios são ferramentas instrucionais valiosas, auxiliando no processo de aprendizagem significativa, agindo como pontes cognitivas entre o novo conhecimento e a estrutura cognitiva existente do aluno e na subseção seguinte trataremos das contribuições da Aprendizagem significativa de Ausubel no ensino de Acústica.

## 4.3 Correlação da Aprendizagem significativa de Ausubel no Ensino de Acústica

Ao implementar uma sequência didática baseada na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, torna-se aparente a demonstração de uma progressão conceitual significativa entre os alunos. Esta progressão é caracterizada por uma expansão contínua das conexões entre vários conceitos, juntamente com o estabelecimento de uma correlação entre os princípios físicos e o domínio da Acústica (Rizzo, 2022).

A valiosa aquisição das teorias de aprendizado de Ausubel aprimora o ensino agradável e cativante da acústica. Também serve para diminuir os métodos convencionais de ensino empregados por inúmeros professores de física, permitindo assim a reelaboração de conceitos por parte dos alunos (Mazur, 1997).

Antes que os alunos possam entender completamente novas informações, eles precisam desenvolver as estruturas de conhecimento necessárias. Esse processo deve ser repetido várias vezes à medida que os alunos tentam obter experiência total em um determinado campo. Os professores podem incentivar esse processo usando

tarefas que exigem que os alunos conectem seu conhecimento prévio com as novas informações que estão aprendendo.

Diante do exposto, a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel atua como uma base onde o conhecimento prévio converge e interage de maneira integrada com o novo conhecimento, facilitando a construção de significados mais profundos e duradores. Essa teoria avança em direção à aprendizagem significativa ao conceituar a sala de aula como um processo dinâmico que gera significação e constrói conhecimento. Consequentemente, serve como uma estrutura de aprendizado que supera a prática profundamente arraigada de aprendizado mecânico que ainda persiste na educação tradicional hoje, (Leme, 2019).

Considerando os fatores mencionados, é fundamental reconhecer que, apesar dos esforços diligentes do professor, outras variáveis fora de seu controle podem impactar significativamente o processo de ensino. Além do impacto substancial de conceitos unificados e abordagens metodológicas adequadas, fatores externos como sociais, ambientais, poder econômico e políticas educacionais podem exercer influência. Como afirma Lemos (2007), é imperativo não descurar a presença de influências que restringem ou confinam a autoridade de decisão e a eficácia do professor.

A extensão da autonomia do professor engloba aspectos políticos, econômicos, sociais e ambientais, determinantes na configuração da organização do material potencialmente significativo, ou seja, aquele que pode ser relacionado de maneira lógica e clara ao conhecimento prévio do aluno (Novak *et al.*, 1980). Mesmo o professor mais bem preparado, lutará para se destacar em seu papel se os fatores macroestruturais não se prestarem para apoiar e facilitar seus esforços e, nesse contexto, a aprendizagem dos alunos.

É imperativo, portanto, que os educadores empreguem conscientemente os princípios de Ausubel e as suposições de aprendizagem significativa como fundamentos teóricos e práticos para reforçar seus métodos pedagógicos. Ao implementar esta abordagem, os educadores serão capazes de melhorar a facilitação do ensino do conteúdo da disciplina, resultando numa mediação mais eficaz, cultivando assim experiências de aprendizagem significativas para os alunos por meio de processos cognitivos (Moreira, 2018), no caso específico, aplicados ao ensino de Acústica.

O conhecimento prévio é fundamental no ensino de acústica, pois facilita a aprendizagem significativa e a compreensão de novos conceitos, contribuindo na construção de fundamentos sólidos dos conceitos em acústica, como ondas sonoras, frequência, e amplitude, são mais facilmente compreendidos se os alunos já possuem uma base em física geral, sobre ondas. Para Ausubel (1960), conectar novos conhecimentos a conceitos pré-existentes aumenta a eficácia da aprendizagem. Baseando-se na sua compreensão prévia de som e audição, os alunos podem estabelecer conexões mais profundas e duradouras com o novo material sobre acústica.

Para que o ensino de acústica seja eficaz, é importante que os educadores avaliem o conhecimento prévio dos alunos e planejem as aulas de modo a conectar esses conhecimentos com os novos conceitos a serem ensinados. Isso pode ser feito através de revisões, questionários diagnósticos, e o uso de organizadores prévios que preparem os alunos para a nova aprendizagem.

Para Moreira (2011), os organizadores prévios de Ausubel são estratégias instrucionais utilizadas para facilitar a aprendizagem significativa, preparando os alunos para novas informações ao fornecer uma estrutura inicial de conhecimento.

De acordo com Moreira (2011), esses organizadores contribuem significativamente no ensino de acústica pelos seguintes motivos: ativam conhecimentos prévios, conectando novos conteúdos de acústica ao conhecimento existente dos alunos; contextualizam os novos conteúdos, explicando como a acústica se relaciona com fenômenos do cotidiano, como a música e a fala; promovem a compreensão conceitual, permitindo que os professores expliquem conceitos sonoros básicos, como altura e volume, antes de abordar características técnicas, como frequência e amplitude; ajudam a reduzir a carga cognitiva ao utilizar metodologias ativas inovadoras, como a criação de vídeos de curta-metragem que utilizam o conhecimento prévio; e promovem a aprendizagem ativa, incentivando os alunos a se envolverem com o material desde o início.

Ao usar organizadores prévios de forma eficaz no ensino de acústica, os professores podem ajudar os alunos a construir uma base sólida de conhecimento sobre o assunto, facilitando a aprendizagem de conceitos mais avançados e aplicados dentro desse campo.

Ao utilizar organizadores prévios de forma eficaz no ensino de acústica, os professores ajudam os alunos a construir uma base sólida de conhecimento, tornando

a aprendizagem mais intuitiva e envolvente. Esses organizadores funcionam como pontes entre o conhecimento prévio e o novo, promovendo uma compreensão mais profunda dos conceitos. Facilitam a transição para conceitos avançados, incentivando a autoconfiança e a motivação dos alunos, superando a memorização mecânica, promovendo uma educação mais holística e eficaz (Leme, 2019).

# 5 PERCURSO TEÓRICO METODOLÓGICO: A PESQUISA TRANSLACIONAL, OS PROCEDIMENTOS DE RECOLHA DE DADOS, O CAMPO E O PRODUTO EDUCACIONAL.

Esta seção apresenta o percurso metodológico trilhado e dedica-se a explicitar o delineamento teórico-metodológico do estudo, contextualizando a abordagem, o tipo de pesquisa, o método, o campo e os sujeitos.

## 5.1 Caracterização da pesquisa

Centrou-se na abordagem qualitativa, fundamentado na Pesquisa Translacional, que tem sua origem na saúde, mas sua contribuição chega inclusive ao Ensino de Física, considerando que na Física e nesse trabalho em particular haverá uma correlação teoria e prática, porque iremos trabalhar Acústica sempre a partir de novas tecnologias (Colombo *et al.,* 2019).

A abordagem qualitativa no ensino e aprendizagem de Física se destaca por sua capacidade de explorar e compreender as experiências subjetivas dos alunos, proporcionando *insights* profundos sobre o processo de Ensino. Segundo Bogdan e Biklen (1994), a pesquisa qualitativa busca entender os fenômenos a partir da perspectiva dos participantes, investigando seus significados e contextos.

Ao aplicar essa abordagem no ensino de Física, os educadores podem captar nuances das dificuldades e das compreensões dos alunos em relação aos conceitos físicos, permitindo uma adaptação mais precisa das estratégias pedagógicas. Essa adaptabilidade é fundamental para promover uma aprendizagem significativa, conforme a teoria de Ausubel, que enfatiza a importância de relacionar novos conhecimentos aos conhecimentos prévios dos alunos (Ausubel, 1968).

A pesquisa qualitativa, ao fornecer uma compreensão detalhada das percepções e dificuldades dos alunos, permite que os professores identifiquem as ancoragens cognitivas apropriadas para introduzir novos conceitos. Por exemplo, ao compreender como os alunos percebem fenômenos acústicos como a difração e o efeito Doppler, os educadores podem desenvolver atividades que conectem esses novos conceitos às experiências cotidianas dos alunos, facilitando uma aprendizagem mais profunda

e significativa. Essa interligação entre teoria e prática é um exemplo claro de pesquisa translacional, onde os insights teóricos são aplicados para melhorar a prática educacional (Ludke; André, 1986).

Além disso, a abordagem qualitativa, associada à pesquisa translacional, desempenha um papel crucial na inovação educacional. Como destacado por Valente (2003), a integração de novas tecnologias educacionais pode ser guiada pelos achados qualitativos, assegurando que essas tecnologias atendam às necessidades e contextos específicos dos alunos. Ao utilizar vídeos e outras tecnologias interativas, os professores podem criar ambientes de aprendizagem mais envolventes e personalizados, alinhados aos princípios de aprendizagem significativa de Ausubel, permitindo ajustes e melhorias contínuas, garantindo que as práticas educacionais sejam continuamente refinadas e eficazes.

Este tipo de pesquisa alinha-se com os objetivos desta dissertação, pois incorpora a teoria de Ausubel e o uso da UEPS para conectar novos conhecimentos com experiências anteriores dos alunos. Para facilitar esse processo, serão utilizados recursos instrucionais, como uma sequência didática, permitindo que os professores apliquem efetivamente esses conceitos em sala de aula e ao aluno o papel de utilizar, avaliar o material produzido, para desenvolver o novo conhecimento (Moreira, 2011).

## 5.2 Pesquisa translacional: conectando teoria e prática

O objetivo desta subseção é trazer a discussão da pesquisa translacional que promove, apoia e organiza o intercâmbio de conhecimentos diversos, estabelecendo uma conexão entre teoria e prática, que conforme Clavier *et al.* (2011), é realizada por meio da tradução, que se trata de um processo que engloba vários elementos como aspectos cognitivos bem como práticas estratégicas que visam facilitar o processo de investigação e garantir um equilíbrio da teoria e prática para obtenção do novo conhecimento.

A Pesquisa Translacional foi utilizada neste estudo de ensino de Física ao promover a aplicação acessível de conceitos, estabelecendo uma conexão eficaz entre a teoria acadêmica e a prática pedagógica. O processo começou com a identificação de desafios enfrentados pelos alunos, como a dificuldade em

compreender conceitos abstratos. Em resposta a essas dificuldades, foram desenvolvidas intervenções pedagógicas específicas, incluindo o uso de produções/edições de vídeos de curta metragem de cunho educacional que foram ajustadas à realidade dos estudantes. As estratégias implementadas passaram por uma avaliação e ajuste contínuos, baseados no desempenho dos alunos, assegurando uma aprendizagem significativa. Uma vez que as intervenções se mostraram eficazes, elas foram aplicadas em sala de aula, contribuindo para melhorias contínuas no ensino de Física.

Embora o termo em si possa ser relativamente novo, o conceito já existe há muito tempo e remontam às teorias apresentadas na década de 1930 por Ludwik Fleck, um bacteriologista e imunologista polaco. Porém, foi em 2002, quando um editorial foi publicado no *Journal of the American Medical Association (JAMA)*, colocou uma forte ênfase na necessidade de aplicar os resultados da investigação fundamental de uma forma tangível, tudo com o objetivo final de melhorar o bem-estar humano através de avanços na prevenção, diagnóstico e tratamento de doenças, o que atraiu a atenção da comunidade científica, para pesquisa Translacional. Diante do exposto, translacionou-se esta pesquisa neste trabalho, para o campo do Ensino, visando melhorar o aprendizado dos alunos, quanto aos conteúdos de Física em Acústica.

Apesar desses conceitos relativamente desconhecido, Fleck (2010), reconheceu a importância dos aspectos sociais, culturais e históricos no processo de construção do conhecimento. Observou os conflitos e discussões que contribuiu para criação do conhecimento e influenciaram o estabelecimento dos fatos científicos, segundo Barbosa e Pereira Neto (2017).

O processo de pesquisa translacional, conhecido como a translação do conhecimento, facilita a troca bidirecional de informações entre pesquisas científicas na área do ensino, permitindo uma compreensão abrangente e aplicação dos resultados da pesquisa em benefício de uma melhor compreensão do conteúdo pelo aluno. A integração da teoria e prática, juntamente com a implementação de novas tecnologias, leva a avanços práticos e aplicáveis na prática docente implicando exponencialmente no desenvolvimento do aluno (Cabral Filho *et al.,* 2013).

No documento publicado pela CAPES em 2016, é enfatizada a importância da integração do conteúdo e da prática educativa por meio da formação. As políticas da CAPES destacam especificamente a importância da pesquisa translacional nesta área do conhecimento. A área de Ensino, conforme descrita no documento, serve

como plataforma para colmatar a lacuna entre o conhecimento académico na educação e a sua aplicação prática em produtos e processos educativos. A investigação translacional assenta fortemente numa perspectiva interdisciplinar, recorrendo a uma vasta gama de campos como as neurociências, a psicologia, a biotecnologia e as TIC, para citar alguns, a fim de promover práticas educativas diversas ao longo das várias fases de ensino e aprendizagem no país, (CAPES, 2016).

O conceito de pesquisa translacional implica que os resultados da investigação já estão disponíveis e acessíveis, mas precisam ser convertidos em aplicações práticas. Como resultado, ao ensinar sobre investigação, é benéfico dar prioridade à investigação translacional, envolvendo professores em exercício que se especializam no ensino de Física nas escolas. Esta abordagem incentiva a investigação centrada na perspectiva dos desafios reais da sala de aula e promove o envolvimento dos professores nessas investigações, ao mesmo tempo que reconhece a importância dos resultados técnicos, (Moreira, 2018).

Embora tenha havido um aumento constante no financiamento para pesquisas em ensino de Física, a implementação de métodos de ensino inovadores não tem sido efetivamente adotada pela comunidade docente. O campo da Investigação Translacional, proporciona tal motivação, pois, procura colmatar a lacuna entre as descobertas experimentais e teorias, bem como a adoção de melhores práticas, a fim de abordar a disparidade entre ambas e garantir que os resultados da investigação básica beneficiem a aprendizagem dos alunos (Cabral Filho *et al*., 2013).

Essencialmente, articular a investigação translacional à prática pedagógica dos professores em formação inicial ou contínua é crucial para promover o desenvolvimento profissional. A relevância das contribuições para a prática profissional não pode ser exagerada, uma vez que a investigação translacional visa estabelecer conexões entre intervenções clínicas e aplicações práticas. Para garantir uma formação integral aos alunos, cabe aos professores conceber estratégias que aproveitem os conhecimentos existentes dos alunos e os integrem com a investigação científica no âmbito desta investigação, (Olegário, 2019).

A perspectiva translacional é claramente demonstrada através da integração de vários domínios de conhecimento, visando proporcionar qualidade excepcional a práticas pedagógicas que possam ser facilmente replicadas, após validação, tanto em ambientes de aprendizagem tradicionais como virtuais. Esta pesquisa explora o

conceito de tradução do conhecimento e destaca sua principal característica, que é a relação dinâmica entre o pesquisador e o objeto de pesquisa. Desafia as noções tradicionais de investigação científica, promovendo o intercâmbio e a colaboração entre diferentes agentes, conduzindo em última análise à construção coletiva de conhecimento prático, durante o processo de ensino aprendizagem, (Anjos *et al.*, 2019).

Ferreira *et al.* (2021), abordaram esta problemática numa perspectiva translacional, onde a investigação académica promove uma relação produtiva e interligada com o contexto de aplicação prática, especificamente no âmbito do ensino de Física ao nível do Ensino Básico, envolvendo a participação ativa. O envolvimento ativo do pesquisador com seu trabalho e com o contexto envolvente envolve uma busca contínua de *feedback*. Esta relação recíproca entre investigação e prática não só apoia e orienta uma à outra, mas também tem um significado significativo. Neste caso, utilizou-se uma sequência didática como ferramenta intermediária entre a prática profissional e a pesquisa.

Segundo Ferreira e Filho (2018), essa abordagem serve como método habitual de organização das atividades escolares, sendo a sala de aula o eixo central dos processos de ensino. Por meio da estruturação hierárquica dos estudos relacionados ao conteúdo e da incorporação de atividades sequenciais enraizadas em conhecimentos prévios, os alunos são motivados a construir novos conceitos.

Para garantir que a pesquisa tenha aplicações práticas, os alunos foram submetidos a uma avaliação diagnóstica para avaliar sua compreensão do assunto. Na conclusão da sequência de ensino, outra avaliação foi realizada para comparar o progresso percebido em sua abordagem. Ao longo da sequência didática, o pesquisador também interagiu com os alunos, acolhendo suas críticas e sugestões, ao mesmo tempo em que refletiu sobre áreas que podem ser melhoradas ou eliminadas. Seguindo os princípios da investigação científica, incorporando tecnologia derivada destas abordagens e implementando técnicas de ensino eficazes, foi desenvolvido um produto educacional. Este produto provocará uma reconsideração tanto da técnica de ensino como dos modelos de avaliação utilizados no ensino de Física.

É crucial promover a investigação translacional tanto em programas educativos iniciais como em curso. Esta abordagem permite aos alunos uma análise aprofundada do aspecto específico sob investigação, facilitando assim a integração de

conhecimentos de diversas áreas nas suas atividades profissionais presentes ou futuras. Para compreender a totalidade, é preciso compreender os componentes individuais, (Moreira, 2018).

A pesquisa realizada nesta dissertação envolveu as seguintes etapas: (i) uma análise concisa da produção acadêmica; (ii) a criação, desenvolvimento, implementação e avaliação de uma sequência didática, com a finalidade de contribuição para aprendizagem sobre a Acústica, através da produção e simulação de vídeos de curta metragem; e (iii) a construção do produto educacional, conseguida através da integração da investigação e da aplicação no âmbito da Educação Básica. Para tanto, será utilizada a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel, a pesquisa translacional, empregando uma sequência didática adequada.

Ao analisar as respostas dos alunos nos questionários, avaliamos se as atividades apresentadas em um roteiro, que visava conectar novos conhecimentos com os conhecimentos prévios, ajudaram a melhorar sua estrutura cognitiva. Além dos resultados do questionário, a observação participante foi utilizada durante o processo de análise de dados para coletar mais informações relevantes. Isso envolveu observar as características comportamentais e emocionais dos alunos, conforme preconizado por Lakatos e Marconi (2011).

Esta técnica de observação é crucial para os investigadores, pois permite um envolvimento genuíno com a comunidade ou grupo de estudo, permitindo a identificação de potenciais mudanças comportamentais que podem surgir à medida que os participantes se envolvem nas atividades. Tais mudanças são registradas e analisadas de acordo com os objetivos da pesquisa.

Escolher a pesquisa translacional, deu-se pela mesma oportunizar pensar de forma diferente a forma de ensinar e aprender em ambientes educativos formais e não formais. Tornou-se evidente que a abordagem ao ensino deve reconhecer a relação dinâmica entre a ciência, o sistema educativo, os professores e os alunos. Isto exige um processo de tradução no ensino, utilizando um modelo inter e transdisciplinar. O objeto desta abordagem é o processo de ensino, também conhecido como ensino/aprendizagem, que envolve atores diversos além de apenas professores e alunos e a intermediação técnica mais adequado com capacidades

interdisciplinares. Portanto, a pesquisa translacional no ensino desempenha um papel vital no avanço da pesquisa educacional.

## 5.3 Campo empírico e Participantes da Pesquisa

No campo empírico da pesquisa, a pesquisa proposta, foi desenvolvida no CETI Moaci Madeira Campos se localiza em: Praça João Mendes, S/N - Saci, Teresina - PI, Teresina – Piauí, possui uma ampla gama de comodidades e recursos para facilitar o conforto e o crescimento acadêmico de seus alunos. São *internet* banda larga, refeitório, biblioteca, quadra poliesportiva coberta, laboratório de informática, sala de leitura, auditório, pátio coberto, sala de professores e serviços de alimentação. No entanto, a escola enfrenta um desafio no departamento de Física, pois carece de um laboratório dedicado ou partilhado, o que coloca obstáculos à aprendizagem eficaz nesta disciplina.

Participaram da pesquisa 16 alunos de um total de 29 alunos, todos de uma turma do 3ª série do Ensino Médio de uma Escola da Rede Pública de Ensino do estado do Piauí, sendo 10 do sexo feminino e 6, do sexo masculino, com média de idade entre 17 e 18 anos.

Optamos por uma turma do 3º ano, tendo em vista que a aplicação do produto ocorreu no 3º bimestre do ano letivo de 2023, devido a alteração curricular do conteúdo programático de Física no Estado do Piauí, ter sido modificada, realocando o conteúdo de Acústica do 2º ano do Ensino Médio para o 3º ano.

## 5.4 Instrumentos de produção de dados

Para atingir os objetivos do trabalho, é fundamental utilizar as ferramentas necessárias para a coleta de dados. Conforme afirmam Marconi e Lakatos (2007), uma “técnica” engloba os métodos e processos empregados em um determinado campo, demonstrando a capacidade de implementação prática desses métodos

Atualmente, encontramos uma profusão de ferramentas tecnológicas acessíveis no campo da computação. Esses recursos incluem *software*, aplicativos e redes sociais, todos com potencial para simplificar nossa vida diária. Quando se trata de

educação, a tecnologia da informação tem o poder de revolucionar a forma como ensinamos e aprendemos. Porém, para que essa transformação ocorra, é necessário um planejamento cuidadoso. É importante começar com uma compreensão das experiências individuais dos alunos e vê-los como participantes ativos no processo de ensino e aprendizagem.

Inicialmente, foi empregada uma ampla observação direta, focando na análise externa sem participação ativa, juntamente com um questionário aplicado aos participantes, que serviu como guia para as etapas subsequentes do estudo. Em seguida, passou-se à observação participante, que envolve a atuação direta do pesquisador no contexto analisado. O objetivo do questionário foi investigar qualitativamente o conhecimento pré-existente dos alunos sobre acústica. É importante ressaltar que essa ferramenta foi aplicada no campo empírico da pesquisa (escola/sala de aula), permitindo um tamanho amostral maior.

Ludke e André (2018) afirmam que na pesquisa qualitativa, é comum utilizar uma abordagem indutiva, onde se analisam vários casos específicos para alcançar uma compreensão mais ampla ou generalizações sobre o fenômeno estudado. Em essência, os pesquisadores não buscam evidências para apoiar hipóteses pré-estabelecidas, mas sim se concentram em abstrair achados que contribuam para a formação ou solidificação de um diagnóstico.

Os questionários são os instrumentos de pesquisa e têm como objetivo facilitar a compreensão das informações essenciais necessárias ao avanço da pesquisa. Esses instrumentos permitem avaliar os resultados obtidos pelo produto educacional entre os participantes, utilizando questionários e registro da observação participante como forma de coleta de dados (Bogdan; Biklen, 2007).

A fim de aumentar a eficácia e validade do questionário, é imperativo aderir a padrões meticulosos durante o processo de preparação. A organização das questões leva em consideração diversos aspectos como percepção, estereótipos, mecanismos de defesa, liderança, entre outros, conforme delineado por (Augras, 1974). Depois de meticulosamente elaborado, o questionário foi aplicado como pré-teste e pós-teste aos alunos de uma escola pública estadual do estado do Piauí.

A observação participante é uma técnica fundamental na pesquisa qualitativa, caracterizada pelo envolvimento direto do pesquisador no contexto estudado. Segundo Bogdan e Biklen (2007), essa abordagem permite ao pesquisador não apenas observar, mas também interagir com os participantes de forma a captar

nuances e insights que não seriam acessíveis apenas por meio de observação externa.

Essa imersão no ambiente natural dos participantes possibilita uma compreensão mais profunda das práticas, valores e significados culturais presentes no contexto estudado. A observação participante não se limita à coleta de dados observacionais; ela também envolve a interpretação e reflexão contínuas sobre as interações e eventos observados, conforme defendido por Soares e Suzuki (2009), na qual o pesquisador estabelece um relacionamento de longo prazo com um grupo, visando obter entendimento científico do mesmo. Esta técnica permitiu uma imersão mais profunda nas práticas de pesquisa, interagindo diretamente com os alunos da 3ª série do Colégio Estadual Ceti Moaci Madeira Campos e registrando suas experiências e comportamentos.

Além de proporcionar *insights* qualitativos ricos, a observação participante contribui para a validade e credibilidade dos resultados da pesquisa. Conforme argumentado por Marconi e Lakatos (2007), a presença contínua do pesquisador no campo permite verificar a consistência dos dados coletados ao longo do tempo e ajustar o foco da investigação conforme novas questões e descobertas surgem. Essa abordagem é particularmente útil em estudos que buscam compreender dinâmicas sociais complexas, onde a interação direta com os participantes não apenas enriquece a coleta de dados, mas também facilita a construção de uma narrativa detalhada e contextualizada sobre o fenômeno estudado.

A utilização de filmagem e fotografia como técnica de coleta de dados ampliou nossa compreensão dos fenômenos sociológicos, pois essas representações visuais possuem a capacidade de provocar a contemplação de verdades culturais maiores (Santos, 2000). Além disso, este procedimento oferece a vantagem de capturar memórias icónicas dentro das imagens, considerando o cuidado ético, para salvaguardar o bem-estar dos participantes da pesquisa, de modo que atendeu adequadamente aos requisitos metodológicos na investigação.

Para Soares e Suzuki (2009), as fotografias têm a capacidade única de perpetuar a memória e documentar eventos além do desaparecimento físico de seus referentes.

Assim, o uso de vídeos como técnica de coleta de dados na pesquisa qualitativa oferece uma rica oportunidade de capturar detalhes complexos e contextuais dos fenômenos estudados. Segundo Santos (2000), vídeos permitem não apenas registrar

eventos e interações, mas também captar nuances emocionais e não verbais que são essenciais para uma compreensão profunda das dinâmicas sociais.

Através da gravação de imagens em movimento e a criação de sequências visuais, os pesquisadores podem documentar experiências e comportamentos de forma que transcende a simples descrição textual. Essas representações visuais não apenas enriquecem a coleta de dados, mas também facilitam a análise posterior, permitindo uma revisão detalhada e interpretativa dos eventos observados (Soares; Suzuki, 2009).

Além de seu potencial descritivo, vídeos também têm sido utilizados para promover uma reflexão crítica sobre questões culturais e sociais mais amplas. Segundo Castagini, Sutil e Miquelin (2013), a capacidade dos vídeos de provocar uma contemplação mais profunda sobre verdades culturais é crucial para explorar complexidades sociais e comportamentais. A combinação de imagens em movimento, animações e métodos diversos de captura de imagens permite aos pesquisadores não apenas documentar eventos, mas também analisar como esses eventos são percebidos e interpretados pelos participantes da pesquisa. Assim, o vídeo não apenas amplia a compreensão dos fenômenos estudados, mas também oferece uma plataforma poderosa para investigar e comunicar descobertas de maneira visualmente persuasiva e impactante

Após a conclusão destes procedimentos, o projeto avançou com a entrega de uma apresentação abrangente sobre o tema Acústica, relacionando-a cuidadosamente com os conhecimentos prévios dos alunos apurados através do questionário. Em Seguida, foram produzidas gravações e simulações, que foram posteriormente submetidas a avaliação e análise. Com base nesses achados, foi elaborada uma sequência didática como metodologia para a produção de vídeos de curta metragem no ensino e aprendizagem de Acústica na educação básica, objetivo principal desta pesquisa.

## 5.5 Análise de conteúdo: interpretando os significados

Segundo Godoy (1995), afirma que a análise de conteúdo, segundo a perspectiva de Bardin, consiste em uma técnica metodológica que se pode aplicar em

discursos diversos e a todas as formas de comunicação, seja qual for à natureza do seu suporte.

A análise de conteúdo proposta por Bardin começa com a fase de pré-análise, que é fundamental para a organização e sistematização do material coletado. Antes de partir diretamente para a codificação, é crucial organizar os dados disponíveis e determinar quais materiais são pertinentes para a análise e quais ainda precisam ser obtidos. Nesta fase, Bardin sugere realizar uma leitura flutuante do material para compreender seu conteúdo, escolher os documentos a serem analisados, e constituir um corpus baseado em critérios de exaustividade, representatividade, homogeneidade e pertinência. Além disso, é necessário formular hipóteses e objetivos, bem como preparar o material para a análise subsequente (Bardin, 1977).

Na fase de pré-análise, o tema da pesquisa definido como a acústica, um campo que abrange fenômenos sonoros e suas aplicações. Para iniciar a investigação, foi realizado um levantamento cuidadoso do material relevante, que incluiu a coleta de dados por meio de um questionário o pré-teste aplicado aos alunos, que avaliaram os conhecimentos prévios, além de registros visuais, como fotos e vídeos, e os feedbacks fornecidos pelos alunos durante as atividades. A leitura flutuante do material coletado permitiu a familiarização com o conteúdo e identificasse, de forma preliminar, as concepções que os alunos já possuíam sobre acústica. Essa etapa é fundamental para preparação de forma significativa das fases seguintes, garantindo que as análises subsequentes sejam informadas e direcionadas pelas necessidades e dificuldades reais dos alunos.

A segunda etapa é a exploração do material, onde ocorre a codificação e a categorização. Durante a codificação, as unidades de registro, como palavras, temas, objetos ou personagens, são identificadas e recortadas. A escolha das unidades de contexto deve considerar tanto o custo quanto a pertinência. A enumeração das unidades pode ser feita com base em critérios como presença ou ausência, frequência, intensidade, direção, ordem e co-ocorrência. Após a codificação, o material é categorizado seguindo critérios semânticos, sintáticos, léxicos ou expressivos, conforme a natureza dos dados e os objetivos da pesquisa (Bardin, 1977).

Na fase de exploração do material, os dados coletados do pré-teste foram submetidos a um processo de codificação, no qual foram segmentados e categorizados com o objetivo de identificar os conceitos que os alunos detinham sobre

acústica. As categorias resultantes incluíram tanto as concepções corretas quanto as equivocadas, permitindo uma compreensão mais clara dos conhecimentos prévios dos alunos e dos equívocos que necessitavam de correção. Além disso, foi feita uma análise das interações com a plataforma PhET, que foi utilizada como uma ferramenta de ensino para esclarecer os conceitos abordados. Essa etapa é crucial, pois estabelece as bases para a análise qualitativa, permitindo que os pesquisadores entendam as áreas que exigem maior atenção e intervenção pedagógica.

Para a fase de tratamento dos resultados obtidos e interpretação envolve a inferência controlada, onde os resultados são analisados com base nos elementos clássicos da comunicação: mensagem, emissor, receptor e canal. A interpretação deve considerar o produtor da mensagem, o grupo ou indivíduo receptor, a mensagem em si e o meio pelo qual foi transmitida. Esta técnica metodológica permite uma compreensão aprofundada do conteúdo analisado, revelando significados e padrões que podem fornecer insights valiosos sobre o fenômeno estudado (Bardin, 1977).

Na fase de tratamento dos resultados e interpretação, os dados codificados foram analisados sob uma perspectiva qualitativa, que permitiu a identificação da frequência de respostas corretas e incorretas do pré-teste, revelando a eficácia do conhecimento prévio dos alunos sobre acústica. A análise qualitativa focou ainda na avaliação do impacto da plataforma PhET e da metodologia da sala de aula invertida, os feedbacks dos alunos que foram cruciais para compreender como as atividades práticas e a produção de vídeos contribuíram para a aprendizagem significativa. Essa fase culmina em uma interpretação crítica dos resultados, destacando as relações entre as estratégias pedagógicas adotadas e os avanços no entendimento dos conceitos de acústica, proporcionando um diagnóstico sobre a eficácia das metodologias utilizadas.

A técnica metodológica de Bardin revela-se uma ferramenta robusta e versátil para análise de conteúdo. Suas vantagens, como flexibilidade e aplicabilidade a uma variedade de textos e contextos, são inegáveis. A abordagem sistemática e replicável proporcionada pela análise de conteúdo não apenas aumenta a validade e a confiabilidade dos resultados, mas também oferece insights profundos sobre a comunicação humana e os fenômenos sociais (Bardin, 2011).

Entretanto, é imperativo que os pesquisadores adotem uma postura crítica e reflexiva ao utilizar essa técnica. Reconhecer as limitações e evitar a

superinterpretação dos dados são práticas essenciais para garantir a integridade da análise. Estas considerações estão explícitas na seção 6.

## 5.6 Produto educacional

O Produto educacional (PE) denominado: Produção e Simulação de Vídeos de Curta Metragem no Ensino e Aprendizagem de Acústica, apresentado no Apêndice A deste trabalho, consiste em um material de apoio para o ensino de Acústica, que foi desenvolvido em colaboração com alunos do 3º ano do Ensino Médio no Colégio Estadual Ceti Moaci Madeira Campos, utilizando características da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2003), fazendo do estudante um protagonista durante as aulas de Física, tendo como objetivo potencializar o processo de ensino e aprendizagem através da utilização de vídeos de curta metragem como metodologia para aprofundar a compreensão dos fenômenos sonoros. A formação e orientações detalhadas fornecidas neste manual servem como um valioso auxílio na construção de conhecimento na área de Acústica.

O material foi planejado para 8 (oito) aulas presenciais, mas também pode ser adaptado para aprendizado remoto, e ocorreu no segundo bimestre do ano letivo de 2023, ancorado na Aprendizagem Significativa de Ausubel, objetivando proporcionar aos professores, que buscam constantemente métodos de ensino inovadores, um recurso valioso na forma de nosso Manual de Atividades. Este manual irá melhorar muito o planejamento de suas aulas, especificamente na área de acústica, uma vez que se aprofunda nas complexidades do ensino dos fenômenos sonoros.

Ao implementar o uso de roteiro de gravação, os educadores podem promover um ambiente onde os alunos se envolvam ativamente na sua jornada de aprendizagem. Quando estas estratégias são implementadas de forma didática e com objetivos claramente definidos, podem melhorar muito a experiência de ensino e aprendizagem. Fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa, essa metodologia capacitam os alunos a conectar seus conhecimentos prévios com o conteúdo que está sendo estudado, permitindo-lhes descobrir aplicações da vida real na sala de aula e relacioná-las com suas próprias experiências vividas

As atividades tiveram como objetivos, promover a aprendizagem contextualizada entre os alunos, conectando-a aos conhecimentos prévios e

adaptando-a às suas experiências individuais. Estas atividades também tiveram como objetivo estimular discussões abertas e melhorar a interação social dentro da sala de aula, facilitando conexões significativas entre professores e alunos, bem como entre os próprios alunos.

Na seção seguinte, foi discutida a aplicação da sequência didática como metodologia para mediar a produção de vídeos de curta metragem no ensino de Acústica, com foco na aprendizagem significativa de Ausubel. Essa abordagem envolveu atividades teórico-práticas distribuídas ao longo de oito aulas, de 60 minutos cada. Essa metodologia não apenas facilitou o ensino dos conceitos de Acústica, mas também promoveu um ambiente propício para o desenvolvimento do ensino-aprendizagem em Física, permitindo que os alunos conectassem teoria e prática de forma significativa.

# 6 PRODUÇÃO DE VÍDEOS DE CURTA METRAGEM MEDIADO PELA METODOLOGIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O objetivo desta seção é descrever sobre a produção de vídeos de curta metragem mediado pela aplicação de uma sequência didática como metodologia inovadora, alinhada à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, potencializando o Ensino de Acústica.

## 6.1 Produção de vídeos de curta metragem como metodologia facilitadora no ensino e aprendizagem de Acústica

O objetivo desta subseção é explorar a eficácia da produção de vídeos de curta-metragem como recurso tecnológico no ensino de física, especificamente no contexto da acústica. Pretende-se analisar como essa metodologia pode facilitar uma aprendizagem mais dinâmica e significativa, integrando teoria e prática de forma acessível aos alunos.

Os vídeos oferecem uma oportunidade única para visualizar fenômenos acústicos que seriam difíceis de demonstrar apenas verbalmente ou através de imagens estáticas. Como mencionado por Santos (2000), a capacidade dos vídeos de capturar não apenas o som, mas também o ambiente acústico em que ele ocorre, proporciona uma experiência sensorial imersiva que complementa a aprendizagem teórica.

Além disso, a produção de vídeos de curta metragem, encoraja uma abordagem potencialmente significativa do ensino, onde os alunos não apenas recebem informações, mas também participam ativamente na criação do conhecimento. Segundo Ausubel (2003), esse tipo de aprendizagem é mais significativo quando os estudantes são incentivados a explorar e explicar conceitos por meio de atividades práticas, como a produção de vídeos educativos.

No contexto específico da acústica, a utilização de vídeos permite explorar diferentes aspectos do som e suas propriedades físicas. Isso é crucial para ajudar os alunos a compreenderem como o som se propaga, como é afetado por diferentes meios e como é percebido pelo ser humano. Essa abordagem é apoiada por

Marcondes (2010), que argumenta que o uso de mídias visuais dinâmicas facilita a conexão entre teoria e prática no ensino de física.

Adicionalmente, a produção de vídeos promove o desenvolvimento de habilidades criativas e de colaboração entre aluno/aluno e aluno/professor. Conforme destacado por Soares e Suzuki (2009), trabalhar em projetos de vídeo não apenas aprimora competências técnicas, como edição e produção audiovisual, mas também incentiva a cooperação e o trabalho em equipe na resolução de problemas complexos relacionados à física.

Outro benefício significativo é a capacidade dos vídeos de curta-metragem de serem utilizados como recursos educacionais reutilizáveis. Segundo Miquelin, Sutil e Castagini (2013), vídeos bem produzidos podem ser compartilhados e acessados continuamente, servindo não apenas para os alunos atuais, mas também para gerações futuras de estudantes e educadores interessados em explorar os mesmos conceitos.

Além de sua utilidade como ferramenta educacional, os vídeos de curta-metragem no ensino de acústica podem ser uma forma eficaz de conectar o conteúdo escolar à vida cotidiana dos alunos. Essa contextualização é essencial para aumentar a relevância percebida do aprendizado e motivar os estudantes a se engajarem mais profundamente com o material curricular.

Portanto, a produção de vídeos de curta-metragem representa uma metodologia inovadora e eficaz para o ensino de física, especialmente quando aplicada ao estudo da acústica. Ao integrar teoria e prática de forma visualmente estimulante, promove-se não apenas uma compreensão mais profunda dos conceitos, mas também o desenvolvimento de habilidades essenciais para os alunos (Fini, 2011).

## 6.2 Sequência didática como metodologia mediadora na produção de vídeos de curta metragem

Amaral e Gagliardi (2015) observaram que o conceito de Sequência Didática surgiu na França durante a década de 1980 e foi incorporado aos currículos escolares oficiais em todos os níveis de escolaridade. O objetivo da implementação dessa abordagem foi incentivar uma forma de ensino mais integrada, em oposição ao método tradicional compartimentado que separava disciplinas como ortografia,

gramática e sintaxe. A introdução da Sequência Didática foi essencialmente um esforço para romper com essa abordagem segmentada.

A chegada da sequência didática ao Brasil ocorreu durante a década de 1990, coincidindo com o advento da internet e as oportunidades de troca global de informações. Isto teve um impacto profundo no cenário educacional, introduzindo diversas mudanças e inovações. Porém, foi somente em 1998 que a SD ganhou reconhecimento nos documentos oficiais dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), (Legey *et al*., 2021).

Em seu estudo, Legey *et al*. (2021) definiram a Sequência Didática como uma abordagem sistemática e sequencial para organizar as atividades em sala de aula de forma metodológica.

O diferencial da Sequência Didática como metodologia para potencializar a aprendizagem dos alunos é a sua estrutura deliberada, que visa fomentar o compartilhamento e a progressão do conhecimento. Através desta abordagem sequencial, os educadores esforçam-se por alcançar melhores resultados e, ao mesmo tempo, aprofundam a compreensão dos seus alunos nos esforços pedagógicos (Russo, 2019).

Outro aspecto crucial que vale a pena ressaltar é que a implementação do Sequência Didática no ensino se mostra benéfica. Pois, ao aderirem a esta estratégia, os alunos têm a oportunidade de melhorar as suas aptidões e competências, uma vez que lhes permite serem agentes ativos no seu processo de ensino aprendizagem através da sua participação.

Antes de cada aula acontecer, deve-se considerar cuidadosamente o planejamento de cada momento, pois cada aula deve ser vista como uma parte coesa de um todo maior. Para realmente alcançar resultados bem-sucedidos, é necessário seguir uma série de propostas bem estruturadas que englobem começo, meio e fim claros. Essa sequência de atividades meticulosamente planejada, completa com objetivos, materiais e estratégias definidos, é comumente chamada de Sequência Didática.

Segundo Godoy (2016), ser uma Sequência Didática de sucesso na era moderna não exige necessariamente atividades complexas. No entanto, é fundamental apostar no desenvolvimento de diversas competências dos alunos que contribuam para a sua autonomia. Isso inclui proficiência no uso de ferramentas tecnológicas para fins de produtividade, como *tablets*, celulares e *notebooks*. Além

disso, são essenciais habilidades de leitura e escrita, bem como habilidades específicas de assuntos, como planejamento e condução de investigações científicas e construção de argumentos baseados em evidências. Os alunos também devem ser hábeis em compreender as orientações e concluir as tarefas com eficiência. Além disso, as habilidades de trabalho em grupo, como delegação de tarefas e síntese de ideias em equipe, são aspectos importantes a serem cultivados e compartilhadas.

Através da observação, nota-se que uma Sequência Didática bem estruturada desempenha um papel significativo na contribuição no processo de aprendizagem. O processo de ensino-aprendizagem pode produzir excelentes resultados por meio de uma abordagem inegável, facilitando que alunos e professores alcancem resultados satisfatórios.

Segundo Zabala (1998), as sequências didáticas precisam ser cuidadosamente elaboradas e planejadas. Uma Sequência Didática é elaborada com o propósito de atingir objetivos educacionais, e tanto professores quanto alunos têm consciência de seu ponto de partida e de seu término. Contudo, para compreender o significado pedagógico e a lógica de uma Sequência Didática, é fundamental reconhecer as suas diversas etapas, as atividades que a compõem e as ligações que estabelecem com a matéria disciplinar. Esse entendimento é crucial para identificar os principais requisitos e objetivos da sequência entre a comunidade estudantil.

Além disso, ao integrar fotografias em atividades como análise de fontes primárias ou debates sobre eventos históricos, o professor não apenas registra as memórias visuais dos alunos, mas também avalia o desenvolvimento de suas habilidades ao longo do trabalho. Isso proporciona uma oportunidade valiosa para que os estudantes não apenas absorvam informações, mas também construam habilidades essenciais para a pesquisa acadêmica e uma compreensão contextualizada do mundo ao seu redor, sob a orientação e avaliação atenta do professor. Pois, o uso de fotografias oferece benefícios significativos no processo de ensino e aprendizagem, permitindo ao professor guiar os estudantes na contextualização desses acontecimentos durante as discussões em sala de aula (Soares; Suzuki, 2009).

Conforme afirma Ausubel (2003), a ideia âncora, também conhecida como aquilo que o aluno já sabe, serve como caminho para a construção de novos conhecimentos, seja por meio da reformulação de estruturas mentais existentes ou

da criação de novas. À medida que a criança contempla material novo, seus pensamentos e ideias tornam-se exteriorizados, tornando-se crucial a contribuição do conhecimento prévio para a aprendizagem, pois acrescenta profundidade e complexidade ao assunto. Ele enfatiza que o conhecimento existente do indivíduo é o fator mais significativo no processo de aprendizagem.

A pesquisa translacional é um campo de estudo que busca aplicar descobertas teóricas em contextos práticos, facilitando a transferência do conhecimento acadêmico para a prática educativa. Quando conectada a uma sequência didática, a pesquisa translacional proporciona um roteiro estruturado para a aplicação das teorias de ensino em sala de aula. Segundo Fini (2011), a aprendizagem significativa é alcançada quando os educadores conseguem integrar teorias de ensino com as necessidades práticas dos alunos, criando um ambiente de aprendizagem que é ao mesmo tempo teórico e pragmático.

Na prática, uma sequência didática fundamentada na pesquisa translacional envolve etapas cuidadosamente planejadas que refletem a teoria educacional em cada fase do processo de ensino-aprendizagem. Por exemplo, ao planejar uma aula de Física, o professor pode usar as descobertas da pesquisa translacional para desenvolver atividades práticas que reforcem conceitos teóricos. Ausubel (2003) destaca que a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos conseguem fazer conexões entre o conhecimento prévio e novas informações, um processo facilitado por uma sequência didática bem estruturada que combina teoria e prática (Cabral Filho *et al.*, 2013).

Além disso, a pesquisa translacional enfatiza a importância de avaliações contínuas para ajustar e melhorar a sequência didática conforme necessário. O uso de *feedback* constante permite que os educadores refinem suas estratégias de ensino, garantindo que os alunos estejam absorvendo e aplicando o conhecimento de maneira eficaz. Fini (2011) argumenta que a prática educativa deve ser dinâmica e responsiva, adaptando-se às necessidades dos alunos para promover uma aprendizagem significativa. Essa abordagem integrada não apenas enriquece o processo educacional, mas também prepara os alunos para aplicar o conhecimento adquirido em situações do mundo real.

Para atingir os objetivos desta pesquisa, foi elaborado uma sequência didática na qual incorporou-se uma gama de ferramentas e materiais, experiências práticas, laboratórios virtuais através da plataforma PhEt, produção de curtas-metragens,

incluindo leituras para discussões por meio da sala de aula invertida, conforme delineado abaixo.

### 6.2.1 Sala de aula invertida

Segundo Bergmann e Sams (2018), a ideia fundamental por trás do conceito de sala de aula invertida é reverter a abordagem tradicional de aprendizagem. Em vez de completar os trabalhos de casa na sala de aula e os trabalhos de casa em casa, os alunos agora realizam atividades em sala de aula em casa e fazem os trabalhos de casa durante o horário de aula.

Para melhorar sua interação com o assunto, os alunos devem receber sessões pré-aula onde possam praticar exercícios e receber orientação de seu professor. Esta abordagem garante que eles tenham ampla oportunidade de rever e reforçar a sua compreensão do material antes que este se torne enraizado e potencialmente mal aplicado. Ao acessar os materiais do curso e abordar quaisquer equívocos desde o início, os alunos podem otimizar efetivamente sua experiência de aprendizagem impedindo a aquisição de novos conhecimentos.

Para Bergmann e Sams (2018), é verdadeiramente desanimador testemunhar o fato de a maioria dos estudantes transportar em suas mãos, dispositivos de computação disponíveis como o celular, que possuem um nível que supera o da maioria dos computadores atualmente presentes nas nossas escolas. No entanto, a exploração desses recursos, que são parte integrante da sua existência cotidiana, não é permitida por muitas instituições em sala de aula.

A implementação da inversão permite aos alunos a oportunidade de pausar e retroceder, criando assim condições favoráveis para a aprendizagem (Horn, 2015).

Os professores, frequentemente têm a responsabilidade de cumprir um currículo. Um conjunto específico de habilidades deve ser dominado pelos alunos em seus cursos. Eles sempre tiveram a esperança de que os alunos compreendessem seu conhecimento, até mesmo nos expositores e apresentações mais excepcionais. Quando a sala de aula é invertida, os apresentadores encontram alunos que lutam para acompanhar e compreender o material. Os alunos recebem o poder de transferência de controle remoto. Eles recebem a capacidade de assumir o comando.

A inovação de poder pausar os professores é verdadeiramente inovadora. O trabalho de Bergmann e Sams (2018) é descrito como inovador e transformador.

A ferramenta pedagógica conhecida como Sala de Aula Invertida, envolve a inversão de papéis no processo de ensino-aprendizagem, tendo o aluno como centro do processo educacional. Dentro deste quadro pedagógico, o processo de aprendizagem estrutura-se em três fases distintas: pré-aula, presencial e pós-aula.

No ambiente educacional, o objetivo principal do professor é facilitar a compreensão do material pelos alunos, em vez de simplesmente fornecer informações. No entanto, no modelo de aprendizagem invertida, os alunos têm o poder de assumir a responsabilidade pela sua própria aprendizagem, alinhando-se com a crença da Ausubel na importância do envolvimento e da prontidão A busca do aluno pelo conhecimento.

De acordo com Horn (2015), os alunos demonstraram um apreço genuíno pela metodologia da sala de aula invertida por oferecer um nível notável de flexibilidade, permitindo que os alunos assumam o controle de seu próprio aprendizado e até mesmo acelerem seu ritmo. Este nível de iniciativa independente não é normalmente observado no ambiente escolar tradicional, onde os alunos dependem fortemente da orientação e do incentivo dos seus professores. O estudo formal muitas vezes não é um ato espontâneo dos alunos.

Portanto, cabe aos professores e gestores educacionais determinar se desejam melhorar a qualidade do ensino e da aprendizagem, incorporando conteúdos pré-estabelecidos e promovendo a aquisição e construção de conhecimentos na educação formal. Alternativamente, podem optar por ver a educação como um projeto de investigação centrado exclusivamente em métodos de aprendizagem, a ser desenvolvido de forma colaborativa entre professores e alunos no ambiente escolar

Com o intuito de melhorar a compreensão das aulas, foi formulado um quadro abrangente descrevendo a Sequência Didática implementada com os alunos. O quadro que incorpora atividades do Produto Educacional, está alinhada com as Teorias da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003). Ao estimular a curiosidade e capacitar os alunos a buscarem soluções para problemas por meio da construção de vídeos de curta metragem usando uma sequência didática, essa abordagem facilita o processo de ensino.

Posteriormente, para avaliar a influência dessas contribuições no ensino, é realizada uma análise minuciosa. Esta metodologia diferenciada de Ensino de Física

garante uma experiência de sala de aula mais ágil e eficaz e atrativa. O objetivo final é proporcionar aos professores recursos valiosos que possam melhorar significativamente o seu ensino de Acústica e enriquecer as suas aulas de Física.

**Quadro 1** - QUADRO DESCRITIVO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA **QUADRO DESCRITIVO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

| Nº DE ALUNOS | AULAS MINISTRADAS | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ATIVIDADES DESENVOLVIDAS | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 01 | Diagnosticar conhecimentos prévios dos alunos acerca da qualidade fisiológica do som e seus fenômenos ondulatórios; | Durante esse encontro, apresentou-se a ideia de resgatar a compreensão prévia dos alunos (Ausubel, 2003) sobre acústica, que responderam um questionário individual. Isso lhes permitiu avaliar suas próprias concepções sobre o assunto e, posteriormente, nortear a abordagem adotada nas atividades subsequentes da sequência Didática. | Durante o processo de aprendizagem, a estrutura cognitiva existente e o conhecimento recém-adquirido influenciaram-se e alteraram-se mutuamente. Isso destaca a importância do conhecimento prévio para permitir que os alunos naveguem e resolvam com eficácia os desafios apresentados em sala de aula. |
| 16 | 02 | Integrar teoria e prática no ensino de acústica por meio da plataforma PhET, aplicando os princípios da pesquisa translacional para promover a aprendizagem significativa dos alunos. | Utilizando a Plataforma PhET Colorado, os alunos realizaram experimentos virtuais em acústica por meio do Laboratório Virtual. A apresentação da plataforma incluiu uma demonstração abrangente da sua utilização e exploração de todos os recursos essenciais necessários ao desenvolvimento da atividade. Estas atividades não só forneceram fatos intrigantes e questões instigantes, mas também incentivaram os alunos a procurar ativamente respostas dentro da plataforma virtual. Essa etapa de aprendizagem incentivou os alunos a superarem seus conhecimentos existentes e mergulharem em novos domínios de compreensão (Ausubel, 2003). | Segundo Ausubel (1980, p. 96), o conceito de ancoragem enfatiza que o conhecimento prévio do aluno é o fator mais significativo para influenciar a aprendizagem. O princípio central da Teoria de Ausubel (2003) gira em torno da ideia de que a Aprendizagem Significativa ocorre quando novas informações ou conhecimentos estão conectados a aspectos relevantes já presentes na estrutura de conhecimento de um indivíduo (Novak *et al.*, 2000, p. 51). |
| | | Aplicar a metodologia Sala de Aula Invertida; Usar a fotografia como técnica de coleta de dados | Este encontro se destina a realização de uma roda de conversa sobre acústica, baseada em artigos científicos, distribuídos ainda na | O processo de ensino foi baseado na metodologia da Sala de Aula Invertida. Nessa proposta, o estudante irá aprender a matéria nova em casa, |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 01 | | terceira aula onde foram formados grupos com o mesmo desafio para discussão da temática no cotidiano.<br>Ainda nessa aula, foram distribuídos os roteiros de gravação entre os grupos formados, no qual estudaram o roteiro e seus personagens ao passo que se aprofundavam no conteúdo, utilizando a metodologia da sala de aula invertida.<br>Ainda, fez-se uso da fotografia para registro das memórias e observações. | por conta própria, e em sala de aula contará com professor como apoio, para realizar a fixação do conteúdo. A ideia é que os alunos utilizem o tempo em sala de aula para potencializar o aprendizado, já tendo contato com o assunto antes de estarem, fisicamente, na presença de um professor Bacich e Moran (2017). |
| 16 | 02 | Gravar e editar vídeo de curta metragem usando o próprio celular | Esse encontro foi utilizado para a realização das gravações e edições dos vídeos. Vale ressaltar que foi permitido aos alunos adequarem o roteiro de gravação a sua linguagem e realidade. | Ausubel (2003) ressalta que Aprendizagem Significativa não quer dizer aprendizagem estritamente ligada ao conhecimento formal, validado. Para o autor, atribuir significados a um conhecimento a partir da interação com seus conhecimentos prévios, estabelece a Aprendizagem Significativa, independentemente de esses significados serem aceitos no contexto do aluno. |
| 16 | 01 | Apresentar e socializar a Mostra de Curtas Metragens com alunos e professores;<br><br>Relacionar teoria e prática evidenciando o processo ensino aprendizagem em Acústica. | Nesse encontro houve a Mostra dos Curtas Metragens<br>e explicações de como se deu o processo de ensino aprendizagem<br>envolvendo professor e alunos. | A aplicação da pesquisa translacional no Ensino de Física, aplicada a abordagem de Ausubel, não só fortaleceu o entendimento dos alunos sobre os princípios físicos fundamentais, mas também os motivou a buscar mais experiências educativas interativas e envolventes, como destacado pelos comentários dos alunos sobre o desejo por mais aulas desse tipo Moreira (2009). |
| 16 | 01 | Avaliar, por meio de questionário, a aprendizagem dos alunos participantes do processo de produção | Discussão abrangendo todas as etapas do processo no intuito de esclarecer pontos que não foram bem compreendidos e ouvir os | As aulas experimentais, realizadas pelo docente e concretizadas pelos alunos, têm como objetivo ir além da observação direta das |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | de vídeos didáticos abordando a Física da acústica;<br><br>Analisar as contribuições da produção e simulação de vídeos de curta metragem para o processo ensino-aprendizagem de Acústica por meio do pós-teste. | alunos sobre suas impressões, fazendo uso do questionário Pós-teste. | evidências e da manipulação dos materiais de laboratórios, devem oportunizar condições para que os alunos possam levantar e testar suas ideias ou suposições sobre os fenômenos científicos a que são expostos, sendo protagonistas do seu próprio conhecimento. Nessas atividades, ocorre a aprendizagem significativa, conforme proposta por Ausubel, foi evidente, pois os alunos conseguiram relacionar os novos conceitos aos seus conhecimentos prévios, construindo um entendimento mais profundo e duradouro dos fenômenos estudados (Ausubel, 2003). |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2024).

Conforme dimensionado no Quadro acima, a primeira etapa da Sequência Didática constituiu-se na identificação dos conhecimentos prévios dos alunos como discorrido minunciosamente a seguir.

**Primeiro aula:** Durante este encontro, o objetivo principal foi avaliar o conhecimento existentes dos alunos sobre Acústica, utilizando um questionário que ajudaria a descobrir seus conhecimentos prévios (Ausubel, 2003).

Esse questionário foi aplicado individualmente, permitindo que os alunos tomassem consciência de suas próprias concepções sobre o tema. A intenção deste exercício foi orientar as atividades subsequentes na implementação de uma Sequência Didática para fins de produzir vídeos de curta metragem com conteúdos de Acústica.

Houve a aplicação de um pré-teste para aferição dos conhecimentos prévios, acerca dos conhecimentos de Acústica e a capacidade de aplicar esse conhecimento para resolver as 10 (dez) questões incluídas no questionário. Na sala de aula estava presente 29 alunos da 3ª série do Ensino Médio do Ceti Moaci Madeira Campos. Para mais detalhes, no Quadro 2, estão disponibilizadas as questões do pré-teste.

**Quadro 2** - Sondagem dos alunos do Ensino Médio do Ceti Moaci Madeira Campos, sobre seus conhecimentos prévios antes da aplicação do Produto Educacional (PE)

| **Questões** |
|---|
| 01 - Como podemos definir ondas sonoras? |
| 02 - A velocidade de propagação das ondas sonoras varia de acordo com as características elásticas do meio, como a temperatura, por exemplo. Diante disto, podemos dizer que:<br>a) $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)}$<br>b) $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$<br>c) $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$<br>d) $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Líquido)}$<br>e) $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} = V_{Som\ (Gás)}$ |
| 03 - As ondas sonoras, são ondas capazes de transportar em sua propagação:<br>a) Matéria<br>b) Energia<br>c) Matéria e Energia<br>d) Nenhuma das Alternativas Anteriores |
| 4. Embora a sensibilidade da orelha humana possa sofrer variação à medida que a pessoa envelhece, podemos dizer que uma pessoa com condição normal tem capacidade auditiva para identificar ondas sonoras cuja faixa do som audível esteja compreendida entre:<br>a) 1Hz e 20Hz<br>b) 10Hz e 100Hz<br>c) 15Hz e 50000Hz<br>d) 20Hz e 20000Hz<br>e) 30KHz e 100KHz |
| 5. Ao descrevermos as qualidades fisiológicas do som, antes de qualquer advento tecnológico, usamos como parâmetro nossa sensibilidade auditiva. Ou seja, destacamos as qualidades que dependem da interação do ser humano com o som, que são a altura, a intensidade e o timbre. Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir:<br>a) É a característica que nos permite distinguir sons de mesma frequência, emitidos por fontes sonoras diferentes<br>(  ) Altura<br>(  ) Intensidade<br>(  ) Timbre |

b) Está relacionado ao volume do Som

( ) Altura

( ) Intensidade

( ) Timbre

c) Relacionado a voz humana com a masculina grave e a feminina aguda

( ) Altura

( ) Intensidade

( ) Timbre

6. O ser humano só consegue distinguir dois sons com intervalo de tempo superior a um décimo de segundo (0,1 s). Tal intervalo é denominado persistência acústica. Quando se pode distinguir o som refletido do som direto o fenômeno é chamado de:

a) Difração

b) Interferência

c) Reverberação

d) Eco

e) Polarização

7. A acústica de um projeto de arquitetura pode influenciar diretamente a experiência das pessoas em um ambiente. Já imaginou um teatro em que não seja possível ouvir com nitidez a voz dos atores? Ou uma casa de show em que a música não chega de forma agradável aos ouvidos? Para garantir que o projeto acústico seja perfeito, é necessário controlar um fenômeno ondulatório gerado pela reflexão do som chamado de:

a) Difração

b) Interferência

c) Reverberação

d) Eco

e) Reforço

08- Qualquer material pode bloquear uma parte do som. Em casa, algumas vezes nos comunicamos com a família mesmo estando dentro de um quarto fechado. A comunicação é possível graça ao fenômeno ondulatório:

a) Difração

b) Interferência

c) Reverberação

d) Eco

e) Reforço

09 - A acústica aborda fenômenos ondulatórios, bem como as características do som. Em que áreas podemos ver suas aplicações? Cite todas que souber.

| 10. Como você descreveria o efeito doppler? |
|---|

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2024).

**Segunda e Terceira aulas:** Após a aplicação do pré-teste, essas questões foram discutidas nas aulas 2 e 3, considerando o uso dessa plataforma Phet, por meio dela levou-se a uma sessão informativa/reflexiva sobre fenômenos sonoros, utilizando materiais introdutórios que correspondiam aos temas avaliados no pré-teste. Nosso objetivo foi trazer de volta as questões para analisar, a partir da perspectiva dos alunos, facilitar a organização prévia deste conteúdo e dissipar quaisquer equívocos ou conhecimentos empíricos expressos pelos alunos em suas respostas.

Os recursos utilizados neste estudo consistiram no simulador PHET, artigos acadêmicos cuidadosamente escolhidos e vídeos educacionais que discutem especificamente o assunto em questão. Com estas ferramentas à disposição, os alunos são incentivados a cultivar aptidões e competências essenciais, incluindo a capacidade de compreender e analisar literatura científica. Além disso, o objetivo principal é que os alunos melhorem a sua compreensão dos princípios fundamentais da física abordados em Acústica, ao mesmo tempo que obtêm uma visualização mais clara destes fenômenos através da utilização do simulador.

As atividades contemplaram curiosidades e perguntas desafiadoras, motivando-os a encontrarem respostas através de conexões realizadas de seus conhecimentos prévios com as simulações da plataforma virtual.

Ao incorporar o pré-teste e esta etapa subsequente, reforçamos o desenvolvimento das estruturas mentais existentes nos alunos, ultrapassando-os rumo ao novo conhecimento (Ausubel, 2003).

**Quarta aula:** Para avançar ainda mais em nossos objetivos, facilitamos um debate em sala de aula centrado nos materiais utilizados na fase anterior. Esta atividade específica foi projetada para incentivar os alunos a contemplar conceitos anteriores e estabelecer conexões com os materiais introdutórios, determinando assim se ocorreram modificações ou expansões

Este encontro teve como objetivo aplicar a proposta da Sala de Aula Invertida, no qual realizou-se uma discussão de textos científicos que abordavam a Acústica no cotidiano. No qual cada grupo apresentou sua discussão ao mesmo tempo em que

também foram questionados. Essa atividade trouxe muita interação e elevou a participação e interesse dos alunos, apresentado na Foto 1.

**Foto 1** - Discussões dos artigos científicos sobre Acústica, mediada pelo professor.

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2024).

Durante a discussão, os estudantes se depararam com um desafio, expressando suas ideias de maneira coerente e até mesmo demonstrando um pensamento crítico, no qual foram capazes de fundamentá-las com base nos conhecimentos científicos adquiridos em sala de aula. Essa situação valida a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, uma vez que esse novo conhecimento está relacionado aos conhecimentos prévios desses alunos

No final da aula, foram distribuídos os roteiros para as gravações do curta metragem para cada grupo e passado as orientações coletivas e individuais.

**Quinta e sexta aulas:** Nesse encontro, tivemos como foco as gravações do curta metragem abordando os fenômenos relacionados ao som e as edições dos vídeos que se utilizou para este o próprio celular como ferramenta tanto de gravação como de edição. Essa fase permitiu que os alunos vissem as conexões entre os conceitos que estavam estudando sob diferentes perspectivas. A Figura 21, mostra os alunos realizando a edição dos vídeos.

**Foto 2** - Edição dos vídeos de curta metragem, utilizando o próprio celular.

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2024).

A fase inicial, que envolveu a divisão dos roteiros de gravação dos vídeos de curta metragem e a formação dos grupos, ocorreu logo após, o pré-teste, na primeira aula. Os demais componentes foram programados para serem concluídos ao longo de duas horas-aula aqui indicado como quinta e sexta aula, possibilitando a opção de gravação na escola ou na própria residência dos alunos. Vale ressaltar que um dos grupos decidiu usar o cenário da casa de uma das alunas para as gravações.

Terminadas todas as gravações e edições, elas foram submetidas ao professor para avaliação. Após receberem *feedback* satisfatório, os vídeos foram exibidos no Ceti Moaci Madeira Campos como parte de uma exposição especial sobre as aplicações práticas da física no dia a dia. Para mais detalhes, no Quadro 2, estão disponibilizados os roteiros de gravação dos vídeos de curta metragem.

**Quadro 3** - Roteiros de gravação dos vídeos de curta metragem.

| **Roteiros** | **Descrição** |
|---|---|
| **Roteiro 1:** Acústica e Música<br>Personagens: Alex; Bell; Sonayra; Rafa e Tom. | **Vídeo 1 - Qualidades fisiológicas do som e cordas vibrantes**<br><br>*BELLI e BIA, estão no pátio da escola no intervalo, apreciando uma música tocada no violão por SONAYRA. Quando ALEX e RAFA, aparecem, cumprimentando-as e comenta*<br>ALEX: SONAYRA você toca bem e você BELL, está cantando muito bem. |

| | |
|---|---|
| | (Nesse momento, BELL por saber que ALEX, é bem dedicado aos estudos, o interroga)<br>BELL: - ALEX, quando tocamos uma canção, todos os instrumentos fazem a mesma nota e minha dúvida é como é possível diferenciar os instrumentos quando todos tocam juntos? Ainda não compreendi essa aula!<br>ALEX: - Bell, isso tem a ver com o conteúdo que o professor disse que ministraria na próxima aula, trata-se da Acústica na Física, eu já li um pouco até tirei umas dúvidas sobre esse conteúdo agora a pouco com o professor porque eu estava curioso, mas, lhe respondendo isso tem a ver com o Timbre dos instrumentos.<br>BELL: -ah! Mas, ALEX, o que é esse timbre eu tenho uma noção quando tocamos a guitarra e que possuem um timbre bem legais, mas, não estou conseguindo compreender esse conceito agora que você me fez refletir.<br>ALEX: Timbre é a qualidade do som que nos permite diferenciar sons de mesma Frequência.<br>BIA: - Aí! Eu acho que entendo um pouco dessa frequência, exclamou BIA!. Quando afinamos as cordas do vilão o afinador mostra a nota e a frequência, por exemplo: a nota Lá a frequência é 440Hz.<br>BELL: BIA, já percebeu que quando você toca as notas mais próximas das últimas casas, o som fica mais fino que lá no início?<br>BIA: Verdade!<br>RAFA: Pessoal, a Acústica explica isso, o tamanho da corda influencia na frequência sonora, então, sempre que você diminuir o tamanho da corda, ou seja, quando você formar o acorde mais próximo dos últimos trastes, o som fica mais **Agudo** e se você fazer o acorde lá no início e o som fica mais **Grave**, ou seja, quanto menor o comprimento da corda, mais vibrações ocorrerão num mesmo intervalo de tempo e mais agudo o som parecerá. Assim, a altura do som está diretamente relacionada com o número de vezes que a corda vibra num determinado intervalo de tempo, isso é uma outra característica do som chamada Altura.<br>BELL: RAFA, mas, a altura não tem a ver com o volume?<br>BIA: É RAFA, Minha mãe as vezes grita BIA abaixa a altura desse som<br>RAFA: Na verdade é uma ideia equivocada que possuímos dessa qualidade sonora. A Altura é a característica do som associada aos sons grave, baixa frequência e agudo alta frequência. Essa questão de |

| | |
|---|---|
| | aumentar ou baixar o volume está associada a intensidade sonora.<br>BELL: ah!, tem a ver com os decibéis, que nós podemos ouvir sem nos prejudicar até 110?<br>RAFA: Tudo haver BELL.<br>BIA: Então pessoal deixa eu ver se eu entendi. Eu consigo identificar cada instrumento numa música porque eles apesar de tocarem a mesma nota, para formar a harmonia eles possuem timbres diferentes e quando minha mãe me grita para abaixar a altura do som, na verdade eu preciso é diminuir a intensidade do som, porque a altura está relacionada ao som Grave e Agudo.<br>ALEX: Isso mesmo BIA!<br>SONAYRA: E como é que vocês, aprenderam isso tudo gente?<br>RAFA: Igual a vocês! Exclamou Rafa.<br>BELL: Como assim! exclamou Bell e suas amigas ao mesmo tempo.<br>RAFA: Para ajuda-los a entender e responder os questionamentos de vocês, eu usei o conhecimento prévio que vocês já tinham, sobre o som, usando o violão como instrumento de aprendizagem, permitindo a vocês conectarem essa experiência com os conhecimentos já existentes, para formar o novo conhecimento apresentado a vocês.<br>BIA: Nossa, onde você aprendeu tudo isso?<br>(Rafa todo orgulhoso de ter colocado em prática o que aprendeu nas aulas de Física, Exclama)<br>RAFA: Com meu professor de Física! Exclamou Rafa, ele sempre usa metodologias ativas e significativas, levando em conta o que já sabemos, e isso nos proporciona chegar ao novo conhecimento.<br>(BIA E BELL agradecem as explicações dadas por ALEX E RAFA)<br>BELL: -Muito obrigado amigo, agora a Física ficou clara pra mim.<br>(BIA também agradece as explicações dadas por ALEX)<br>BIA: - ALEX, a Física agora ficou interessante, me deu até vontade de estudar mais essa disciplina! Exclamou BIA.<br>Nesse momento TOM se aproxima e pergunta, o que vocês estão fazendo? Bell e suas Amigas respondem:<br>- Aprendendo Física!<br>TOM continua: Sem papel e caneta?<br>Todos, começam a sorrir! (por parecer até uma piada, por aprender a Física num momento de descontração) |

| | |
|---|---|
| **Roteiro 2:** O SOM: Infrasom, ultrasom, e aplicações<br>Personagens: Mary, Marília, Maria e Juciara | **VÍDEO 2 - (Tema: O SOM)**<br><br>*Marília está na escola quando Maria e Mary, se aproximam e iniciam um diálogo:*<br>MARY: - MARÍLIA, está melhor? Ontem você faltou a aula e nos informaram que foi realizar alguns exames... foi por conta das tonturas que veem sentindo?<br>MARÍLIA responde:<br>- Por conta dessas tonturas fiz vários exames ontem que o otorrinolaringologista passou, por isso ontem não vim a escola.<br>MARY: Como que são esses exames?<br>MARÍLIA: ah tem um que me fez ver o mundo girar<br>(Todos sorriem nesse momento e MARÍLIA, prossegue)<br>MARÍLIA: Mas, teve um que foi bem tranquilo e achei que teria tudo a ver com o conteúdo que o professor iniciou conosco e que talvez na minha ausência de ontem ele tenha falado sobre isso. O nome do exame é audiometria.<br>MARY: o professor comentou sobre esse exame que os fonoaudiólogos fazem, para sabermos o intervalo de frequência sonora que ouvimos.<br>MARÍLIA: me explica melhor MARY.<br>MARY: professor explicou que ao avançarmos em idade ou por alguma infecção, ou simplesmente por ouvir música no fone de ouvido em nível alto por muito tempo, podemos perder um pouco da nossa audição e pode nos levar alguns problemas de saúde como zunido e sempre é passado esse exame quando se investiga a labirintite.<br>MARIA: Isso mesmo MARÍLIA, professor mostrou que os nossos ouvidos só conseguem captar sons com frequências entre 20HZ e 20KHz, inclusive até nos mostrou um aplicativo para baixarmos e fazermos o teste me deixa te mostrar.<br>(MARIA mostra o *app sound Frequency creator*)<br>MARÍLIA: então vamos testar! Nesse momento ligam o aplicativo e verificam em que ponto Marília, está ouvindo<br>MARÍLIA: hum então deve ser isto, não consegui ouvir todos os sons, será que estou perdendo audição? Bem que a doutora falou que eu devia dá um tempo nos fones de ouvido, porque eu uso todo tempo...<br>MARY: Vocês lembram que também existem os infras sons e os ultrasons?<br>(MARÍLIA, pergunta:)<br>MARÍLIA: que são os infras e ultrasons? |

| | |
|---|---|
| | (Mary responde a pergunta de Marília)<br>MARY: os infrassons são sons de baixa frequência menores que 20Hz e o ser humano não consegue ouvir eles são mais graves, porém animais como os elefantes, a toupeira escutam e os ultrassons, são sons muito altos em frequência e que também o ser humano não escuta são mais agudos e que também tem animais como os gatos e cachorros que escutam.<br>MARÍLIA: ah! Então foi isso que escutei na hora do exame. Cara, vocês aprenderam tudo isso na aula? Como o professor fez?<br>MARIA: lembra da JUCIARA? ela disse que ontem a mãe dela fez uma ultrassonografia e descobriu o sexo do bebê. A partir daí o professor iniciou uma série de perguntas reflexivas sobre o que é o som e onde imaginamos que ele possa está aplicado, no caso dela o ultrassom permitiu que soubessem o sexo do irmãozinho dela e hoje aprendemos melhor com você como funciona a audiometria.<br>MARÍLIA: estamos todas feras na Física<br>(Todos sorriem juntos) |
| **Roteiro 3:** Distúrbio Viajante Maquinas de ondas<br>Personagens: Pedro; Bel; Lucas | **VÍDEO 3 - (Tema: REFLEXÃO DAS ONDAS)**<br><br>***CENA-01*** (Três amigos estão comentando como foi proveitosa a última aula de física, quando PEDRO tem uma ideia)<br>PEDRO: sabe eu aprendo mais os conteúdos fazendo na prática, que tal a gente construir o experimento da aula que o professor comento?<br>LUCAS: Qual?<br>PEDRO: Maquinas de ondas. aqui na minha casa, tenho os palitos de churrasco e a fita adesiva e tem também umas caixas de massinha<br>BEL: O pessoal, vocês podem ir explicando pra mim sobre esse experimento<br>PEDRO: claro que sim, é sobre a reflexão da onda.<br>LUCAS: mas, não se preocupe Bel, vamos montar primeiro o experimento e depois explicamos melhor pra você, já que poderá ver com seus próprios olhos a onda se propagando.<br>***CENA -02 -***(segue a montagem do experimento e PEDRO vai explicando o passo a passo, finalizado a montagem chegou a hora de demonstrar para BEL)<br>***CENA 03 -***<br>PEDRO e LUCAS: demonstram o experimento<br>LUCAS: BEL você sabe o que é o som?<br>BEL: eu entendo, mas, não compreendo |

| | |
|---|---|
| | PEDRO: som é uma mecânica que precisa de um meio material para se propagar, por isso, estaremos usando esse experimento para mostrar a você como uma onda mecânica se propaga<br>BEL: ah! Agora estou entendendo<br>PEDRO: é muito importante dizer que as ondas não transportam matéria, somente energia, veja Clara como isso é evidenciado em nosso experimento<br>BEL: Verdade! e qual a velocidade então do som da minha voz?<br>LUCAS: no Ar! É de 340 m/s<br>BEL: tão rápido assim?<br>LUCAS: isso mesmo, e em outros materiais essa velocidade possui outros valores, nos sólidos a velocidade é muito maior<br>BEL: Agora, além de aprender comecei a gostar de Física.<br>PEDRO: vamos levar nosso experimento para a próxima aula de Física<br>LUCAS: verdade quem sabe ganhamos 1 ponto extra...<br>(A cena encerra-se com todos animados) |
| **Roteiro 4:** Distorção no som da buzina, por meio da alteração da frequência através da mudança de velocidade entre a fonte e observador<br>PERSONAGENS:<br>Marcos**;** Mateus e Moisés | **VÍDEO 4 – (Tema: EFEITO DOPPLER)**<br><br>*Um grupo de alunos vai atravessar a rua, fora da faixa de pedestre, nesse momento passa um carro em alta velocidade e sem parar continua seu trajeto buzinando, além de assustar a todos, um dos alunos faz a seguinte observação:*<br><br>MARCOS: além, do susto vocês perceberam que o som da buzina ficou diferente enquanto o carro se aproximava de nós e depois que se afastou? (fala sorrindo)<br>MOISÉS: foi exatamente o que aprendemos hoje na aula de Física, sobre Efeito doppler.<br>MATEUS: quando o carro se aproxima a frequência aparente aumenta o som fica mais agudo, e depois que passa por nós a frequência aparente diminui produzindo um som mais grave e isso foi possível porque estamos parados em relação a fonte sonora que no caso foi a buzina que está em movimento<br>Moisés: então presenciamos a física na nossa vida e mal saímos da escola... (todos riem)<br>MARCOS: A Física, está em todo lugar! na nossa sala o professor já nos apresentou até a formula para calcular o efeito doppler que é frequência aparente = |

| | |
|---|---|
| | frequência da fonte x (a velocidade do som +_ a velocidade da fonte)/ velocidade do som _+ velocidade da fonte( nesse caso o carro)<br><br>(enquanto Marcos vai falando, Marcos vai vendo a construção da formula)<br><br>MARCOS**:** galera quer saber nesse mês vai ser é 10 em física |
| **Roteiro 5:** Fenômenos sonoros<br>Personagens: Fran; João; Maria; Mila, Pai. | **VÍDEO 5 – (Tema: REFLEXÃO e DIFRAÇÃO SONORA)**<br><br>***CENA - 01***<br>Quatro amigos estão no quarto em quanto o Pai de Franciele grita: Franciele, venha aqui!.<br>FRANCIELE: meninas, vamos continuar e fazer de contas que a não ouvimos a porta está fechada mesmo, porque meu pai me chama a todo momento<br>PAI abre a porta e diz:<br>PAI: Filha você não me ouviu chamá-la?<br>FRANCIELE: não pai! (exclamou Franciele)<br>PAI: Filha eu sei que mesmo com a porta fechada você me ouviu, é pra vocês virem lanchar... ou não querem?<br>FRANCIELE: oh Paizinho obrigada... vamos pessoal depois continuamos, os estudos.<br>***CENA 02 – À MESA LANCHANDO***<br>MILA: Fran você percebeu o que sua Pai disse? é algo bem parecido com o que o professor comentou na sala de aula.<br>JOÃO: foi mesmo, a difração! (Exclamou JOÃO)<br>MARIA: isso mesmo, ele falou que o som contorna os obstáculos<br>FRAN: um por isso minha mãe falou que ouvimos e estávamos mesmo.<br>MILA: a difração é um fenômeno da acústica<br>FRAN: será que meu pai ainda lembra de acústica, porque faz muito tempo que terminou os estudos...<br>(todos sorriem, e muda para a próxima cena)<br><br>***CENA 03 - BANHEIRO***<br>JOÃO: Ei Fran aqui no seu banheiro parece que tem muito eco.<br>FRAN: Já percebi, mas, dependendo da sua posição, a impressão que tenho é de um som mais forte também. |

| | |
|---|---|
| | MILA: Amigas, ontem na minha turma tivemos aula de acústica e o professor explicou esses fenômenos pra nós.<br>JOÃO: ah! amiga na nossa turma a aula ainda não aconteceu.<br>FRAN: Mila, então nos explica que fenômeno é esse.<br>MILA: esse é o fenômeno da reflexão do som, que pode gerar o Eco, reverberação e Reforço, mas, o que nós ouvimos aqui não foi o eco<br>JOÃO: como não? Indaga João, se ouvir minha voz se repetindo a frase quase toda<br>MARIA: isso mesmo a frase quase toda<br>FRAN: não entendi?<br>MARIA: Quando falamos, e o intervalo do retorno do som da nossa voz é zero em relação a nós, percebemos o som mais forte isso é reforço, mas, se esse intervalo for maior que zero e menor que 0,1s, então, é a reverberação, parece com o eco, mas, não escutamos a palavra repetida por inteiro só o final dela e a partir do intervalo de 0,1s temos o eco, onde falamos e ouvimos a palavra se repetindo por completo, mas, para isso acontecer precisamos está a 17m de uma parede.<br>JOÃO: começando a entender<br>FRAN: fiquei em dúvida em uma coisa. Porque 0,1s?<br>MILA: porque esse é o intervalo mínimo que nossos ouvidos levam para distinguir sons de fontes diferentes e é chamado de persistência sonora<br>FRAN: e porque só percebemos o eco se estivermos a 17 m?<br>MARIA: ah! Essa eu provo pra você fazendo uma simples continha. Vocês lembram da aula de ondas sonoras? Qual foi a velocidade do som no ar que o professor mostrou a vocês?<br>JOÃO: gente, não entendemos muita coisa e estamos atrasados nos estudos.<br>FRAN: Eu sei é de 340m/s, eu já sabia dessa informação, vi num filme.<br>MILA: isso mesmo 1. e como podemos calcular a velocidade do som no ar?<br>FRAN: Velocidade é a distância dividida pelo tempo?<br>MILA: muito bem. Porém, ainda tem outro detalhe. Então, se já sabemos que a velocidade do som no Ar é de 340m/s e que a persistência auditiva humana é de 0,1s, podemos usar essa formula para descobri a distância mínima para ouvirmos o eco. Porém, precisamos levar em conta que esse tempo de 0,1s é o |

| | |
|---|---|
| | tempo que o som leva para ir até a parede e retornar aos nossos ouvidos. Logo nesse caso, precisamos usar a metade desse tempo, pois, assim estaremos medindo a distância só de ida.<br>JOÃO: Mila posso usar o celular para conferir o resultado?<br>MILA: pode sim! (Exclama Mila)<br>JOÃO: deu certo, é isso mesmo 17m<br>FRAN: MILA E MARIA, como conseguiram aprender tudo isso?<br>MARIA: Assim como vocês! O que fizemos foi apenas usar o conhecimento prévio que vocês já tinham sobre esses fenômenos, pois já tinham experienciado, como a velocidade do som que viram num filme, e a experiência de perceber no banheiro o fenômeno acústico e inserindo vocês na situação, vocês conseguiram compreender o novo conhecimento.<br>(Fran elogia Mila e Maria)<br>FRAN: vocês são muito inteligentes mesmo, e essa é uma forma muito interessante de aprender.<br>MILA: aprendemos dessa forma com o nosso professor<br>FRAN: que pena que ele não é o nosso também...<br>(todas se olham e MILA se despede)<br>MILA: Meninas, já vou indo, nos vemos outro dia<br>FRAN e JOÃO agradecem a MILA e MARIA que também sai. |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2024).

**Sétima Aula:** Essa aula, teve como objetivo Apresentar e socializar a Mostra de Curtas Metragens com alunos e professores, relacionando a teoria e prática evidenciando o processo ensino aprendizagem em Acústica. Devido a repercussão na comunidade escolar desta atividade, foi sugerido pelos próprios alunos que esse trabalho fosse apresentado a todos os alunos. Então, foi feito um evento que mobilizou a escola e a 19ª GRE Seducpi, que se fizeram presente na Mostra de vídeos de curta metragem no ensino de Acústica, apresentadas pelos alunos do 3 Ano do Ceti Moaci Madeira Campo. A apresentação ocorreu no partiu da escola com a presença de todos os alunos e representantes da secretaria de educação do estado do Piauí. Na Foto 3 e Foto 4, mostra algumas imagens do dia da apresentação

**Foto 3** - Mostra de vídeos de curta metragem.

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Na foto 3, tem-se toda comunidade escolar reunida no pátio da escola Ceti Moaci Madeira Campos, para prestigiar a Mostra de vídeo de Curta Metragem. Na Foto 4, ilustra a apresentação de um dos grupos de alunos.

**Foto 4** -Mostra de vídeos de curta metragem

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A Foto 4, ilustra os alunos estão descrevendo todo o processo para a produção e simulação do vídeo e em seguida apresentam o vídeo produzido por eles, evidenciando o quão significativa a atividade foi.

**Oitava aula:** Na fase final, o objetivo foi avaliar a compreensão abrangente dos alunos através de um Pós-teste que abrangeu todas as etapas do processo. Isso permitiu esclarecer eventuais conceitos mal compreendidos e proporcionou aos alunos a oportunidade de compartilhar suas impressões sobre o desenvolvimento da Sequência Didática. Embora cada aula tenha sido abordada separadamente, houve uma forte ligação entre elas, resultando em uma utilização mais eficiente da sequência como um todo. Optar por uma implementação mais estruturada da Sequência Didática facilita sua aplicação em sala de aula, oferecendo aos professores fácil acesso e metodologia direta. Este recurso é particularmente valioso para educadores que buscam diversificar suas práticas de ensino, pois apresenta uma Sequência Didática que apoia efetivamente o ensino e a aprendizagem de Acústica.

A aplicação de um pós-teste na fase final, teve como finalidade, confirmar o alcance dos objetivos do produto educacional. É importante notar que uma análise abrangente da implementação e dos resultados do produto educacional será fornecida na seção subsequente. Para mais detalhes, no Quadro 4, estão disponibilizadas as questões do pós-teste.

**Quadro 4** - Sondagem dos alunos do Ensino Médio do Ceti Moaci Madeira Campos, sobre seus conhecimentos após a aplicação do Produto Educacional (PE)

| **Questão** |
|---|
| 1- Antes da atividade, você tinha conhecimento sobre a fisiologia do som? Se sim, quais você conhecia? e quais formas de tratamento para essas anomalias você conhecia? |
| 2- Em uma escala de 0 a 10, qual pontuação você atribuiria para a utilização dessa atividade nas aulas de Física? |
| Q3- Na sua opinião, você conseguiu aprender os conteúdos de Física através da construção dos vídeos? Se sim, indique as vantagens e/ou as desvantagens em aprender Física desta forma. |
| 4- Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade em que você participou?<br>( ) Muito satisfeito ( ) Satisfeito ( ) Indiferente ( ) Pouco satisfeito<br>( ) Nada satisfeito ( ) Outro: |
| 5- Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem? Se sim, quais foram essas dificuldades? |

| |
|---|
| Q6- Você concorda que através da construção dos vídeos e as discussões realizadas dentro da sala de aula. Esta atividade contribui para o esclarecimento de suas duvidadas em relação a Acústica como os fenômenos sonoros e fisiologia do som?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo mais ou menos ( ) Não concordo, nem discordo<br>( ) Discordo mais ou menos ( ) Discordo totalmente ( ) Outro: |
| 7- Você participaria novamente dessa atividade?<br>( ) Sim ( ) Não ( ) Talvez ( ) Com certeza ( ) Nunca ( ) Outro: |
| Q8 - Você concorda que a atividade proposta contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos de Acústica relacionado ao som e suas características?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo mais ou menos ( ) Não concordo, nem discordo<br>( ) Discordo mais ou menos ( ) Discordo totalmente ( ) Outro: |
| Q9- Você consegue diferenciar as características do som como timbre, intensidade e altura do som?<br>( ) Sim ( ) Não ( ) Outro: |
| 10 - Como você compreende os fenômenos da difração sonora e efeito doppler, após, a realização de produção de vídeos de curta metragem? |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A foto 5 ilustra a aplicação do pós-teste, um momento crucial para avaliar o entendimento e a retenção de conhecimentos adquiridos pelos participantes durante o treinamento. Nessa fase, os alunos são submetidos a uma série de questões que refletem o conteúdo abordado, permitindo identificar áreas de sucesso e aspectos que ainda precisam ser aprimorados.

**Foto 5** - Aplicação do pós-teste

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise dos resultados do pós-teste é fundamental para ajustar futuras sessões de formação, garantindo a eficácia do processo educativo. Além disso, proporciona um feedback valioso tanto para os instrutores quanto para os alunos, promovendo um ciclo contínuo de melhoria.

Na seção seguinte, abordaremos a Aprendizagem Significativa do conhecimento prévio ao novo conhecimento no ensino de Acústica. Este processo envolve a integração de conceitos já conhecidos pelos alunos com novos conteúdos, facilitando a compreensão e retenção das informações.

# 7 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: DO CONHECIMENTO PRÉVIO AO CONHECIMENTO RESIGNIFICADO NO ENSINO DE ACÚSTICA

Nesta seção, o objetivo foi verificar como os conhecimentos prévios progridem em direção ao novo conhecimento. Conforme discutido anteriormente, a Aprendizagem Significativa ocorre quando novos conhecimentos interagem de maneira não arbitrária e não literal com conhecimentos prévios relevantes, chamados de subsunçores.

Através de interações sucessivas, um subsunçor específico adquire gradualmente novos significados, tornando-se mais rico, refinado e diferenciado, e tornando-se capaz de servir como base sólida para novas aprendizagens significativas (Ausubel, 2003).

Para realizar uma análise qualitativa deste estudo, que se baseia na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) desenvolvida por David Ausubel, examinamos e interpretamos os dados derivados dos resultados da implementação do produto educacional. Nosso processo de coleta de dados envolveu a utilização de instrumentos de observação e questionários (iniciais e finais) aplicados a alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola pública da Rede Pública Estadual de Ensino do município de Teresina.

A análise de conteúdo, foi realizada conforme proposta por Bardin (2011), que a destaca como uma técnica fundamental para a interpretação de dados textuais, permitindo uma compreensão profunda dos conteúdos implícitos nas comunicações.

Uma das principais contribuições de Bardin é a sistematização do processo analítico em etapas bem definidas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A fase de pré-análise envolve uma leitura flutuante e a escolha de documentos, buscando uma primeira aproximação com o material. Durante a exploração do material, o texto é segmentado em unidades de significado, que são então categorizadas e classificadas conforme critérios específicos. Finalmente, o tratamento dos resultados permite uma análise quantitativa e qualitativa dos dados, culminando na interpretação que relaciona os achados com as hipóteses iniciais e o referencial teórico utilizado, (Franco, 2018). Esse rigor metodológico garante que a análise seja replicável e que os resultados sejam robustos e confiáveis.

Ademais, a análise de conteúdo permite a inferência de conhecimentos além do que está explicitamente presente no texto, revelando padrões subjacentes e estruturas simbólicas que muitas vezes passam despercebidos em uma leitura superficial. Bardin (2011) enfatiza a importância da triangulação metodológica, onde diferentes fontes de dados e métodos de análise são combinados para enriquecer a interpretação dos resultados. Essa abordagem permite uma compreensão mais holística dos fenômenos estudados, proporcionando insights valiosos para áreas como a sociologia, a comunicação, a psicologia e a educação (Minayo, 2017). A riqueza dessa técnica reside em sua capacidade de transformar dados qualitativos em informações quantitativas, sem perder a profundidade interpretativa, fazendo dela uma ferramenta indispensável para pesquisadores comprometidos com uma análise criteriosa e fundamentada.

Na subseção seguinte, nos aprofundaremos na análise dos resultados do pré-teste para fornecer mais informações sobre os resultados alcançados com a implementação do produto educacional. Adicionalmente, exploraremos a avaliação do conhecimento prévio dos alunos relacionado ao conteúdo proposto, bem como o desenvolvimento e implementação dos pequenos vídeos obtidos durante a aplicação do produto educacional.

Depois de analisar minuciosamente os dados e discussões, a nossa atenção irá agora voltar-se para a avaliação dos resultados do pós-teste para determinar se os objetivos desta atividade foram alcançados com sucesso.

## 7.1 Análise dos conhecimentos prévios dos alunos

Nesta subseção, o objetivo foi avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre Acústica e introduzir novos conceitos por meio de questionários contextualizados e situações-problema. Para isso, apresentei formalmente à direção e depois aos alunos na sala de aula para convidar os alunos a participarem da pesquisa. Expliquei o tema do projeto, discuti os objetivos e enfatizei a importância da pesquisa para o processo de ensino e aprendizagem.

Iniciamos este trabalho com uma amostra de 29 (vinte e nove) alunos, concluindo com 16 alunos. Como critério, para termos um resultado fidedigno, ficaram de fora da análise dos resultados os alunos que faltaram, alguma das atividades

proposta. Contudo, como a pesquisa está inserida dentro de um programa curricular, e precisávamos avaliar todos os alunos para gerar uma nota, foi permitido que mesmo na ausência de alguma atividade antes, eles pudessem participar da produção dos vídeos de curta metragem, sem comprometer os objetivos desta pesquisa, ficando notável a satisfação de trabalhar a física de uma forma divertida e dinâmica.

O que motivou essa redução foi uma questão de estrutura física como a falta de água para beber, as altas temperaturas em salas sem ar condicionados o que ocasionava a liberação das aulas depois de um determinado horário, também muitos projetos exigidos pela secretaria de educação, comprometendo assim a sequência do nosso trabalho e as ausência que frequentemente ocorriam desses alunos por motivos justificados ou não.

Para o contexto da pesquisa os alunos foram denominados FAMV seguido da enumeração numérica: FAMV1, FAMV2, FAMV3, FAMV4, FAMV5, FAMV6, FAMV7, FAMV8, FAMV9, FAMV10, FAMV11, FAMV12, FAMV13, FAMV14, FAMV15 e FAMV16.

Para avaliar o conhecimento prévios dos alunos, foi aplicado um questionário composto por 10 questões relacionadas ao tema. Uma das questões, a Questão 01, era aberta, solicitando aos alunos a definição do conceito de luz. As respostas fornecidas pelos alunos podem ser encontradas no Quadro 5.

**Quadro 5** - Resposta da Questão 01: Como podemos definir ondas sonoras?

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Barulho, colisões, tudo que faça um som |
| FAMV 2 | Não tenho certeza, mas, acho que são ondas que transportam matéria e energia |
| FAMV 3 | Ondas que se propagam por meio de energia, que se espalham fazendo sons |
| FAMV 4 | São ondas que geram som, quando propagadas |
| FAMV 5 | São ondas capazes de transmitir diferentes sons |
| FAMV 6 | Barulhos feitos por algum objeto |
| FAMV 7 | Não sei definir |
| FAMV 8 | Eu não sei |

| | |
|---|---|
| FAMV 9 | Sons transmitidos por diversas coisas e que são capturadas através dos nossos ouvidos |
| FAMV 10 | ondas que vibram moléculas no ar |
| FAMV 11 | São ondas capazes de emitir o som |
| FAMV 12 | Professor eu não aprendi esse assunto todo.... |
| FAMV 13 | Não tenho conhecimento desse assunto |
| FAMV 14 | Não sei |
| FAMV 15 | Não sei explicar, pois meus conhecimentos não foram suficientes para responder essa pergunta |
| FAMV 16 | Já estudei sobre mas, não me recordo |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Com base nas respostas dos alunos, observamos uma variedade de definições equivocadas e desconhecimento sobre ondas sonoras. Os alunos FAMV1 e FAMV6 descreveram as ondas sonoras como "barulho", o aluno FAMV2 descreveu como "ondas que transportam matéria e energia", já os alunos FAMV4, FAMV5 e FAMV11 como "ondas que geram som". Os demais admitiram não ter conhecimento ou não conseguirem definir o conceito. Essas respostas refletem uma falta de subsunçores cognitivos relevantes sobre o tema, indicando que muitos alunos possuem apenas conhecimentos superficiais ou de senso comum sobre acústica. Pois, ondas sonoras são variações de pressão que se propagam em um meio elástico, como ar, líquidos ou sólidos, transportando energia sem transportar matéria (Resnick; Halliday, 2002).

Para corrigir esses equívocos e expandir o entendimento dos alunos, é essencial aplicar a pesquisa translacional. A pesquisa translacional envolve a aplicação prática de teorias e descobertas científicas para melhorar a compreensão e resolver problemas do mundo real (Brownson; Colditz; Proctor, 2017). Portanto, ao conectar os conhecimentos prévios dos alunos aos conceitos corretos da Física sobre ondas sonoras, seguindo a abordagem sobre aprendizagem significativa, é possível promover uma compreensão mais profunda e duradoura do tema estudado, (Ausubel,1968).

No quadro abaixo estão registradas as respostas referentes à questão 02, que aborda a velocidade do som em diferentes meios, incluindo sólidos, líquidos e gases.

**Quadro 6** - Resposta da Questão 02: A velocidade de propagação das ondas sonoras varia de acordo com as características elásticas do meio, como a temperatura, por exemplo. Diante disto, podemos dizer que:

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 2 | Não sei |
| FAMV 3 | $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$ |
| FAMV 4 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 5 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 6 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 7 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 8 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 9 | $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (líquido)} > V_{Som\ (Gás)}$ |
| FAMV 10 | $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)}$ |
| FAMV 11 | $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} = V_{Som\ (Gás)}$ |
| FAMV 12 | $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$ |
| FAMV 13 | $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$ |
| FAMV 14 | $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} = V_{Som\ (Gás)}$ |
| FAMV 15 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 16 | $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$ |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Considerando as respostas dos alunos à questão sobre a velocidade de propagação das ondas sonoras, podemos observar uma variedade de entendimentos refletidos em suas respostas. A análise das respostas revela que alguns alunos compreenderam corretamente que a velocidade do som é mais rápida em sólidos do que em líquidos, e mais rápida em líquidos do que em gases. Essa compreensão está alinhada com as explicações de Serway e Jewett (2018), que atribuem essa variação à rigidez (módulo de compressão volumétrica) e à densidade dos materiais.

Dos alunos que acertaram, podemos destacar as respostas como as dos alunos FAMV1, FAMV4, FAMV5, FAMV6, FAMV7, FAMV8, FAMV10, FAMV12, FAMV13, FAMV15 e FAMV16, que demonstraram entender que a velocidade do som segue a ordem: sólidos > líquidos > gases. Eles reconhecem que nos sólidos a rigidez e densidade são altas, permitindo uma transmissão rápida das vibrações sonoras; nos líquidos, embora a rigidez seja menor que nos sólidos, ainda é suficiente para uma transmissão mais rápida do que nos gases, onde a baixa rigidez e densidade resultam em uma propagação sonora mais lenta.

Por outro lado, alguns alunos demonstraram respostas inconsistentes ou incorretas, como os alunos FAMV2, FAMV3, FAMV9, FAMV11 e FAMV14. Por exemplo, o aluno FAMV2 respondeu "Não sei", indicando falta de conhecimento sobre o tema. Os alunos FAMV3 e FAMV9 inverteram a ordem esperada, colocando líquidos antes de gases, o que demonstra um entendimento equivocado sobre as características de transmissão sonora desses materiais. O aluno FAMV11 igualou a velocidade do som em líquidos e gases, o que também não condiz com as características físicas desses materiais.

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), é fundamental que os alunos integrem novos conceitos aos seus conhecimentos prévios para uma compreensão profunda e duradoura. Aqueles que acertaram na identificação da velocidade do som em diferentes meios provavelmente conseguiram conectar os novos conceitos de física com seus conhecimentos pré-existentes sobre propriedades dos materiais. Em contrapartida, os alunos que não acertaram provavelmente não conseguiram estabelecer essa conexão, evidenciando a importância de estratégias educacionais que promovam uma aprendizagem significativa através da integração de conhecimentos prévios com novos conteúdos.

A questão 03 questionava ao aluno sobre uma das principais características das ondas sonoras quanto a sua capacidade de transporte em sua propagação. O quadro 7 apresenta as respostas obtidas dos alunos para essa questão.

**Quadro 7** -Resposta da Questão 03: As ondas sonoras são capazes de transportar em sua propagação:

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Matéria e Energia |

| | |
|---|---|
| FAMV 2 | Matéria e Energia |
| FAMV 3 | Energia |
| FAMV 4 | Energia |
| FAMV 5 | Energia |
| FAMV 6 | Energia |
| FAMV 7 | Energia |
| FAMV 8 | Energia |
| FAMV 9 | Matéria e Energia |
| FAMV 10 | Nenhuma das alternativas |
| FAMV 11 | Energia |
| FAMV 12 | Matéria |
| FAMV 13 | Energia |
| FAMV 14 | Energia |
| FAMV 15 | Energia |
| FAMV 16 | Matéria e Energia |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Ao analisar as respostas dos alunos à questão sobre as capacidades de transporte das ondas sonoras, observamos uma tendência consistente entre aqueles que acertaram. A maioria dos alunos (FAMV1, FAMV2, FAMV9, FAMV11, FAMV13, FAMV14, FAMV15, FAMV16) respondeu corretamente que as ondas sonoras transportam energia. Essa compreensão está alinhada com o entendimento de Tipler e Mosca (2016), que afirmam que as ondas transportam energia e quantidade de movimento linear, mas não transportam matéria.

Os alunos que responderam corretamente reconhecem que as ondas sonoras são uma forma de energia que se propaga através de um meio material, como ar, água ou sólidos, transmitindo energia cinética através de compressões e rarefações sucessivas das partículas do meio. Esse entendimento demonstra uma conexão adequada com os princípios físicos das ondas sonoras e reflete a aplicação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre energia e movimento.

Por outro lado, alguns alunos apresentaram respostas incorretas ou incompletas. Por exemplo, os alunos FAMV3, FAMV4, FAMV5, FAMV6, FAMV7, FAMV8, FAMV10 e FAMV12 mencionaram apenas "energia", sem incluir "matéria". O aluno FAMV12 indicou erroneamente que as ondas sonoras transportam apenas matéria, enquanto o aluno FAMV10 respondeu que elas não transportam nem matéria nem energia.

Essas respostas incorretas indicam que esses alunos podem não ter um entendimento completo das propriedades das ondas sonoras, especialmente em relação à distinção entre matéria e energia no contexto das ondas sonoras. Conforme destacado por Tipler e Mosca (2016), as ondas sonoras são uma forma de energia mecânica que se propaga por um meio material, transmitindo energia cinética através das vibrações das partículas do meio.

Assim, a análise das respostas dos alunos evidencia a importância de promover uma compreensão mais profunda e precisa das propriedades das ondas sonoras, utilizando estratégias que ajudem os alunos a integrar adequadamente novos conceitos ao seu conhecimento prévio, conforme preconizado pela teoria da aprendizagem significativa.

A questão 4 era uma pergunta objetiva, que solicitava que o aluno identificasse a frequência audível do ser humano. O Quadro 7 apresenta as respostas obtidas dos alunos para essa questão.

**Quadro 8** - Embora a sensibilidade da orelha humana possa sofrer variação à medida que a pessoa envelhece, podemos dizer que uma pessoa com condição normal tem capacidade auditiva para identificar ondas sonoras cuja faixa do som audível esteja compreendida entre:

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | 10Hz e 100Hz |
| FAMV 2 | 10Hz e 100Hz |

| | |
|---|---|
| FAMV 3 | 20Hz e 20000Hz |
| FAMV 4 | 20Hz e 20000Hz |
| FAMV 5 | 10Hz e 100Hz |
| FAMV 6 | 1Hz e 20Hz |
| FAMV 7 | 1Hz e 20Hz |
| FAMV 8 | 20Hz e 20000Hz |
| FAMV 9 | 20Hz e 20000Hz |
| FAMV 10 | 15Hz e 50000Hz |
| FAMV 11 | 10Hz e 100Hz |
| FAMV 12 | 15Hz e 50000Hz |
| FAMV 13 | 15Hz e 50000Hz |
| FAMV 14 | 15Hz e 50000Hz |
| FAMV 15 | 10Hz e 100Hz |
| FAMV 16 | 15Hz e 50000Hz |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Baseado nas respostas dos alunos, observamos uma variedade de entendimentos sobre a faixa audível de frequência sonora. Os alunos FAMV1, FAMV2, FAMV5, FAMV11 e FAMV15, mencionaram intervalos como 10Hz a 100Hz, enquanto os alunos FAMV3, FAMV4, FAMV8 e FAMV9, responderam corretamente com 20Hz a 20000Hz. Essas respostas indicam uma falta de conhecimento uniforme sobre a capacidade auditiva humana. Conforme Tipler e Mosca (2016), a frequência audível do ouvido humano varia aproximadamente de 20Hz a 20000Hz, cobrindo desde os sons mais graves até os mais agudos.

É importante perceber que, ao conectar o conhecimento prévio dos alunos sobre o som e sua audibilidade com a faixa correta de frequência audível, podemos facilitar uma aprendizagem mais significativa e duradoura (Ausube, 2003). Além disso, a aplicação prática desses princípios educacionais pode ser enriquecida através da pesquisa translacional. A pesquisa translacional busca integrar teoria científica com prática educacional, auxiliando os educadores a adaptar conhecimentos científicos

para melhorar o ensino e a compreensão dos alunos (Cooksey, 2018). Essa abordagem permite uma conexão mais direta entre os conceitos teóricos sobre ondas sonoras e a forma como são ensinados e compreendidos na prática educacional.

A questão 5, era uma questão sequenciada tendo 3 alternativas (a, b e c) para serem respondidas, sendo que todas elas eram questões objetivas. Na letra a, foi questionado sobre a distinção de sons de mesma frequência em relação a sua fisiologia, o aluno poderia escolher entre Timbre, Altura e intensidade sonora. A resposta para essa alternativa se encontra no Quadro 9.

**Quadro 9** - Resposta da Questão 05: Ao descrevermos as qualidades fisiológicas do som, antes de qualquer advento tecnológico, usamos como parâmetro nossa sensibilidade auditiva, ou seja, destacamos as qualidades que dependem da interação do ser humano com o som, que são a altura, a intensidade e o timbre. Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir: alternativa (a) É a característica que nos permite distinguir sons de mesma frequência, emitidos por fontes sonoras diferentes

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Intensidade |
| FAMV 2 | Intensidade |
| FAMV 3 | Altura |
| FAMV 4 | Intensidade |
| FAMV 5 | Intensidade |
| FAMV 6 | Altura |
| FAMV 7 | Altura |
| FAMV 8 | Intensidade |
| FAMV 9 | Timbre |
| FAMV 10 | Intensidade |
| FAMV 11 | Intensidade |
| FAMV 12 | Intensidade |
| FAMV 13 | Timbre |
| FAMV 14 | Intensidade |

| | |
|---|---|
| FAMV 15 | Timbre |
| FAMV 16 | Intensidade |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Baseado nas respostas dos alunos, é evidente que há um desconhecimento geral sobre as qualidades fisiológicas do som em Acústica. Nussenzveig, (2017), em sua obra sobre Física básica, destaca que o timbre é a característica sonora que nos permite distinguir sons de mesma frequência produzidos por fontes sonoras diferentes. Além do timbre, a altura do som, que está relacionada com a frequência das ondas sonoras, e a intensidade, que se refere à amplitude das ondas, são qualidades fundamentais para compreendermos a percepção auditiva humana. As respostas dos alunos, que confundiram o timbre com a intensidade e com altura, refletem a necessidade de uma abordagem de Ensino que conecte esses conceitos às suas respectivas definições de forma correta.

A aprendizagem é mais eficaz quando os novos conceitos são ancorados em estruturas cognitivas pré-existentes, facilitando assim uma compreensão mais profunda e precisa das características fisiológicas do som entre os estudantes (Ausubel; Novak, 1978).

Dando continuidade a questão 5, foi questionado sobre qual qualidade fisiológica do som estaria relacionada ao volume do som, a resposta para essa alternativa se encontra no Quadro 10.

**Quadro 10** - Resposta da Questão 05: Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir: alternativa (b) Está relacionado ao volume do som

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Altura |
| FAMV 2 | Altura |
| FAMV 3 | Intensidade |
| FAMV 4 | Altura |
| FAMV 5 | Altura |
| FAMV 6 | Altura |

| | |
|---|---|
| FAMV 7 | Intensidade |
| FAMV 8 | Altura |
| FAMV 9 | Altura |
| FAMV 10 | Altura |
| FAMV 11 | Altura |
| FAMV 12 | Altura |
| FAMV 13 | Altura |
| FAMV 14 | Altura |
| FAMV 15 | Altura |
| FAMV 16 | Altura |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Observando as respostas dos alunos, foi possível observar que a maioria possui uma dificuldade em assimilar as qualidades fisiológicas do som. Apenas os alunos FAMV3 e FAMV7 responderam corretamente, indicando que o volume sonoro está associado à intensidade do som, não à altura. De maneira geral, é comum que as pessoas relacionem as palavras "alto" e "baixo" ao volume de uma fonte sonora, porém, do ponto de vista da Física, a altura está ligada à frequência das ondas emitidas. Esta percepção é corroborada por autores como Tipler e Mosca (2016) que define a intensidade do som como a variável física que está diretamente relacionada ao seu volume.

Esta abordagem ressalta a importância de educar os alunos não apenas sobre os conceitos físicos precisos, mas também sobre como esses conceitos diferem das interpretações cotidianas, facilitando uma compreensão mais precisa e cientificamente fundamentada das propriedades do som em Acústica.

Por fim, a última a alternativa (c) da questão 05, questionava sobre a relação do som grave na voz masculina e agudo na feminina

**Quadro 11** - Resposta da Questão 05: Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir: alternativa (c) Relacionado a voz humana com a masculina grave e a feminina aguda

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Timbre |
| FAMV 2 | Timbre |
| FAMV 3 | Timbre |
| FAMV 4 | Timbre |
| FAMV 5 | Timbre |
| FAMV 6 | Timbre |
| FAMV 7 | Timbre |
| FAMV 8 | Timbre |
| FAMV 9 | Intensidade |
| FAMV 10 | Timbre |
| FAMV 11 | Timbre |
| FAMV 12 | Timbre |
| FAMV 13 | Timbre |
| FAMV 14 | Timbre |
| FAMV 15 | Intensidade |
| FAMV 16 | Timbre |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

As qualidades fisiológicas do som, essenciais para a percepção auditiva humana, incluem a intensidade, a frequência e o timbre. A intensidade sonora é a quantidade de energia que uma onda sonora transporta por unidade de área, percebida como volume. O timbre é a qualidade que permite distinguir sons de mesma frequência. No entanto, a diferença entre as vozes masculinas e femininas está diretamente relacionada à frequência, e é percebida como a altura do som, com sons

graves tendo frequências baixas e sons agudos frequências altas, (Halliday *et al.*, 2013).

À luz da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, que salienta a importância dos subsunçores no processo educativo, torna-se evidente que a integração de novos conhecimentos é mais eficaz quando estes se vinculam de maneira significativa aos conhecimentos prévios dos alunos. No presente caso, os discentes demonstraram um entendimento equivocado sobre as qualidades fisiológicas do som, sugerindo que a base conceitual sobre o tema não estava adequadamente estabelecida. Para que a aprendizagem significativa ocorra, é imperativo revisar e corrigir esses conceitos prévios, estabelecendo uma integração significativa dos novos conhecimentos aos subsunçores dos discentes.

. A questão 06, apresentava um questionamento sobre um fenômeno acústico baseado na reflexão sonora, como (Eco, reverberação, Polarização, difração e interferência) em que apenas uma deveria ser assinalada. As respostas obtidas estão disponíveis no Quadro 12.

**Quadro 12** - Resposta da Questão 06: O ser humano só consegue distinguir sons com intervalo de tempo superior a um décimo de segundo (0,1s). Tal intervalo é denominado persistência acústica. Quando se pode distinguir o som refletido do som direto, o fenômeno é chamado de:

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Difração |
| FAMV 2 | Interferência |
| FAMV 3 | Reverberação |
| FAMV 4 | Eco |
| FAMV 5 | Eco |
| FAMV 6 | Difração |
| FAMV 7 | Eco |
| FAMV 8 | Difração |
| FAMV 9 | Difração |
| FAMV 10 | Eco |

| | |
|---|---|
| FAMV 11 | Reverberação |
| FAMV 12 | Eco |
| FAMV 13 | Eco |
| FAMV 14 | Difração |
| FAMV 15 | Difração |
| FAMV 16 | Polarização |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Ao analisar as respostas, percebemos uma certa dificuldade na compreensão dos fenômenos acústicos relacionados à reflexão do som. Segundo Tipler e Mosca (2008) o fenômeno que distingue o som direto do refletido é chamado de eco. Dessa forma, constatamos que os alunos FAMV4, FAMV5, FAMV7, FAMV10, FAMV12 e FAMV13 demonstraram conhecimento sobre o assunto, enquanto os demais desconheciam completamente ou tinham compreensão parcial deste conceito.

A questão 07, apresentava uma questão de múltipla escolha, contendo 5 alternativas (Difração, interferência, reverberação, Eco e reforço), sendo apenas uma delas a resposta correta. A resposta para essa questão está disponível no Quadro 12.

QUADRO 13 - Resposta da Questão 07: A acústica de um projeto de arquitetura pode influenciar diretamente a experiência das pessoas em um ambiente. Já imaginou um teatro em que não seja possível ouvir com nitidez a voz dos atores? Ou uma casa de show em que a música não chega de forma agradável aos ouvidos? Para garantir que o projeto acústico seja perfeito, é necessário controlar um fenômeno ondulatório gerado pela reflexão do som chamado de:

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Interferência |
| FAMV 2 | Eco |
| FAMV 3 | Reforço |
| FAMV 4 | Interferência |
| FAMV 5 | Reverberação |
| FAMV 6 | Eco |

| | |
|---|---|
| FAMV 7 | Eco |
| FAMV 8 | Reverberação |
| FAMV 9 | Eco |
| FAMV 10 | Difração |
| FAMV 11 | Difração |
| FAMV 12 | Eco |
| FAMV 13 | Difração |
| FAMV 14 | Eco |
| FAMV 15 | Eco |
| FAMV 16 | Difração |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Ao analisar as respostas dos alunos, percebemos dificuldade na compreensão dos fenômenos acústicos, especialmente na diferenciação entre eco e reverberação. Segundo Tipler e Mosca (2016), eco é a reflexão de ondas sonoras percebidas como distintas do som direto devido a um intervalo de tempo notável, enquanto reverberação é a persistência do som devido a múltiplas reflexões em um espaço fechado. Alguns alunos confundiram eco com reverberação devido à semelhança dos conceitos, enquanto outros não tinham conhecimento prévio desses fenômenos acústicos.

A questão 08, discute sobre um fenômeno ondulatório intrinsecamente relacionado as ondas sonoras. Questionando aos alunos qual o fenômeno relacionado a capacidade de ouvir sons externos mesmo dentro de um ambiente fechado.

QUADRO 14 - Resposta da Questão 08: Qualquer material pode bloquear uma parte do som. Em casa, algumas vezes nos comunicamos com a família mesmo estando dentro de um quarto fechado. A comunicação é possível graças ao fenômeno ondulatório:

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Reverberação |

| | |
|---|---|
| FAMV 2 | Difração |
| FAMV 3 | Difração |
| FAMV 4 | Difração |
| FAMV 5 | Interferência |
| FAMV 6 | Reverberação |
| FAMV 7 | Reverberação |
| FAMV 8 | Eco |
| FAMV 9 | Interferência |
| FAMV 10 | Reforço |
| FAMV 11 | Reverberação |
| FAMV 12 | Interferência |
| FAMV 13 | Reverberação |
| FAMV 14 | Reverberação |
| FAMV 15 | Interferência |
| FAMV 16 | Eco |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Dos alunos mencionados, os que acertaram a resposta correta sobre o fenômeno que permite a comunicação mesmo em um quarto fechado é a difração (alunos FAMV2, FAMV3 e FAMV4). É oportuno lembrar, que a difração acontece em todos os tipos de ondas, tanto em ondas mecânicas, como o som ou ondas geradas em cordas, quanto em ondas eletromagnéticas, estando ou não na faixa visível, como a luz branca e a luz ultravioleta respectivamente. Difração é o fenômeno que ocorre quando a onda é obstruída por um objeto ou passa por uma abertura com dimensões de escalas iguais aos seus comprimentos de onda (Calçada, 2010).

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel pode contribuir significativamente para que todos os alunos compreendam esse fenômeno de forma mais profunda. Segundo Ausubel, a aprendizagem é mais eficaz quando os novos conhecimentos são relacionados de maneira substantiva com o conhecimento prévio

dos alunos, os subsunçores. Para os alunos que confundiram difração com outros fenômenos como interferência ou reverberação, a estratégia educacional poderia envolver a clarificação desses conceitos por meio de exemplos concretos e situações cotidianas como a comunicação através de portas fechadas. Isso não apenas facilitaria a compreensão do fenômeno físico, mas também ajudaria na construção de uma estrutura cognitiva mais sólida e organizada, conforme preconizado pela teoria de Ausubel.

Relacionando isso com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, percebemos que os alunos aprendem de forma mais eficaz quando conseguem relacionar novos conhecimentos a conceitos prévios que já possuem. No caso específico dos fenômenos ondulatórios como a difração, a confusão entre termos como difração, interferência e reverberação sugere a importância de esclarecer esses conceitos e ajudar na formação de uma base cognitiva mais sólida e organizada para os estudantes.

A questão 09 era uma questão aberta, que buscava extrair conhecimentos prévios, cotidianos do aluno a respeito das aplicações de Acústica, suas respostas estão disponíveis no Quadro 15.

QUADRO 15 - Resposta da Questão 09: A acústica aborda fenômenos ondulatórios, bem como as características do som. Em que áreas podemos ver suas aplicações? Cite todas que souber.

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Não sei |
| FAMV 2 | Nunca ouvi falar |
| FAMV 3 | Em sala vazia, podemos perceber o eco; em uma sala com ambiente fechado e espuma na parede, podemos perceber que o som não se propaga. |
| FAMV 4 | Caixas de som, instrumentos musicais, buzinas, etc. |
| FAMV 5 | Não tenho conhecimento |
| FAMV 6 | Nunca ouvir falar |
| FAMV 7 | Na arquitetura. Na cultura (em shows) |

| | |
|---|---|
| FAMV 8 | Eu não sei |
| FAMV 9 | Não tenho conhecimento de nenhum |
| FAMV 10 | Teatro, em palcos, etc |
| FAMV 11 | Teatros, casas de show e etc. |
| FAMV 12 | Ainda não aprendi, não estou entendendo muito sobre esse assunto |
| FAMV 13 | Não sei a resposta pois não tenho conhecimento sobre esse assunto |
| FAMV 14 | Não sei |
| FAMV 15 | Não sei |
| FAMV 16 | Não sei |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A Acústica, ramo da Física que estuda os fenômenos ondulatórios e as características do som, possui inúmeras aplicações práticas que abrangem diversas áreas do cotidiano e da tecnologia, como Arquitetura Acústica; Engenharia de Áudio; Música e Cultura; Controle de Ruído; Comunicação**,** Tipler e Mosca (2016). No contexto educacional, é crucial entender como os alunos percebem e aplicam esses conceitos para desenvolver métodos de ensino eficazes. Esta questão analisa as respostas dos alunos sobre as aplicações da acústica e relaciona os resultados com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

As respostas dos alunos indicam uma compreensão variada sobre as aplicações da acústica. Identificamos que apenas uma parcela dos alunos demonstrou conhecimento prévio sobre o tema. Os alunos que apresentaram respostas corretas foram:

- **FAMV 3**: Percebeu o eco em uma sala vazia e a absorção de som em um ambiente fechado com espuma na parede.
- **FAMV4**: Mencionou caixas de som, instrumentos musicais e buzinas.
- **FAMV 7**: Identificou aplicações na arquitetura e na cultura, como em shows.
- **FAMV 10**: Citou teatros e palcos.
- **FAMV 11**: Referiu-se a teatros e casas de show.

No presente estudo, aproximadamente 31% dos alunos demonstraram possuir subsunçores relevantes em sua estrutura cognitiva, indicando que eles tinham algum conhecimento prévio sobre a acústica. Esses alunos foram capazes de associar o novo conteúdo a conceitos já existentes, facilitando a aprendizagem significativa. No entanto, a maioria dos alunos não possui subsunçores relevantes, indicando a necessidade de estratégias de ensino como a construção de vídeos de curta metragem, que promove a integração de novos conteúdos de forma significativa Moreira (2011).

A última questão do pré-teste, também era uma questão aberta, questionava sobre um fenômeno ondulatório abordado na Acústica, o efeito doppler. Suas respostas foram representadas no Quadro. 16.

**Quadro 16** - Resposta da Questão 10: Como você descreve o efeito Doppler?

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Não sei |
| FAMV 2 | Nunca ouvi falar |
| FAMV 3 | O som que um objeto faz quando está vindo em sua direção muda de acordo com as ondas sonoras, exemplo: Se um trem passar do seu lado e ele está buzinando, o som até chegar em você é diferente do som que irá fazer quando o mesmo já passar de você. |
| FAMV 4 | Não lembro do conceito de efeito doppler |
| FAMV 5 | Não tenho conhecimento |
| FAMV 6 | Eu nunca ouvir falar sobre o efeito doppler |
| FAMV 7 | Não sei a resposta! |
| FAMV 8 | Não sei |
| FAMV 9 | Não tenho conhecimento |
| FAMV 10 | Não sei |
| FAMV 11 | Não sei |

| | |
|---|---|
| FAMV 12 | Professor eu não sei |
| FAMV 13 | Nunca ouvir falar sobre esse termo |
| FAMV 14 | Não sei |
| FAMV 15 | Não sei |
| FAMV 16 | Não ouvi falar |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

O efeito Doppler é um fenômeno físico descrito por Christian Doppler em 1842, que consiste na mudança na frequência de uma onda em relação ao observador que se move em relação à fonte dessa onda. Que pode ser observado em diferentes tipos de ondas, incluindo as ondas sonoras e eletromagnéticas. Quando a fonte da onda se move em direção ao observador, as ondas são comprimidas, resultando em um aumento da frequência percebida. Inversamente, quando a fonte se afasta do observador, as ondas são alongadas, causando uma diminuição da frequência percebida (Nussenzveig, 2002).

As respostas dos alunos revelam uma falta de conhecimento geral sobre o efeito Doppler. Apenas um aluno FAMV3 apresentou uma descrição aproximada do fenômeno, mencionando que "o som que um objeto faz quando está vindo em sua direção muda de acordo com as ondas sonoras", exemplificando com o som de um trem que passa. Os demais alunos responderam que não sabiam ou nunca tinham ouvido falar sobre o efeito Doppler

A análise das respostas dos alunos sobre o efeito Doppler revela a necessidade de estratégias pedagógicas que conectem novos conceitos ao conhecimento prévio dos alunos. O exemplo do aluno FAMV3 mostra que a contextualização com situações do cotidiano pode facilitar a compreensão de fenômenos físicos complexos. Utilizando a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, somado a pesquisa translacional com a metodologia da construção de vídeos de curta metragem é possível criar um ambiente educacional onde os alunos possam construir e organizar seus conhecimentos de maneira eficaz, promovendo um aprendizado mais profundo e duradouro (Ausubel, 2003).

## 7.2 Produzindo o novo conhecimento a partir dos vídeos de vídeos de curta metragem

Os alunos demonstraram competência e entusiasmo na construção e execução de vídeos em curta metragem, evidenciando domínio sobre o conteúdo e dedicação durante todas as fases da atividade. A utilização de diferentes abordagens didáticas, como a plataforma Phet, a sala de aula invertida e a criação de vídeos, contribuiu significativamente para a consolidação do novo conhecimento.

A plataforma Phet, desenvolvida pela Universidade do Colorado, oferece simulações interativas que permitem aos alunos explorar conceitos científicos de forma prática e visual. Segundo Perkins et al. (2006), o uso de simulações interativas promove uma compreensão mais profunda dos conceitos, pois os alunos podem manipular variáveis e observar os resultados em tempo real. Essa abordagem é particularmente eficaz no ensino de física, onde fenômenos abstratos, como o efeito Doppler, podem ser visualizados e compreendidos de maneira intuitiva.

A sala de aula invertida, uma metodologia onde o conteúdo teórico é estudado em casa e as atividades práticas são realizadas em sala de aula, complementa essa abordagem. Conforme Bergmann e Sams (2012), essa metodologia promove um aprendizado mais ativo e colaborativo, permitindo que os alunos discutam e apliquem os conceitos aprendidos de forma mais eficaz. A construção de vídeos de curta metragem com roteiros prévios, por sua vez, envolve os alunos em um processo criativo e colaborativo, onde eles podem demonstrar seu entendimento do conteúdo de maneira prática e envolvente. Segundo Brame (2015), a criação de vídeos educativos não só reforça o conhecimento dos alunos, mas também desenvolve habilidades de comunicação e trabalho em equipe.

A combinação dessas abordagens didáticas diversificadas proporciona um ambiente de aprendizado rico e dinâmico. A utilização da plataforma Phet para explorar conceitos, a metodologia da sala de aula invertida para promover discussões e a criação de vídeos para aplicar e demonstrar o conhecimento adquirido, garante que os alunos não só compreendam o conteúdo, mas também se sintam engajados e motivados. Isso reforça a importância de utilizar múltiplas estratégias pedagógicas para atender às necessidades de aprendizagem dos alunos, promovendo um aprendizado mais significativo e duradouro.

A seguir, a Foto 6 ilustra a cena produzida no vídeo 1, sobre as qualidades fisiológicas do som, contando com a atuação de 2 personagens principais em tela, 3 personagens secundário e 2 figurante.

**Foto 6** – Ilustração do vídeo 1 – Qualidades Fisiológicas do Som

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A Foto 6, mostra os momentos de encenação a qual os alunos atuaram para a execução de suas falas, construindo um ambiente de estímulo, motivação, envolvimento e a aprendizagem. O vídeo abordava a cena 01, que falava sobre a qualidade fisiológica do som e cordas vibrantes, tendo como Personagens: Alex, Bell (ambos eram personagens principais da narrativa) e seus nomes homenageavam Alexander Graham Bell.

Alexander Graham Bell, fez estudos sobre a transmissão do som por corrente elétrica que deram origem ao telefone. A intensidade sonora, uma das qualidades fisiológicas do som, leva como unidade o seu nome Decibel.

Rafa e Bia (são personagens secundários), Sonayra e Lucas (são figurantes). Nesta cena Alex e Rafa encontram, as três amigas conversando sobre um vídeo musical que haviam publicado e que tinha viralizado, e as parabenizam.

Bell, sabendo o quão bom no assunto Alex era, o questiona sobre “ouvirmos uma canção onde todos os instrumentos musicais tocam a mesma nota, porém,

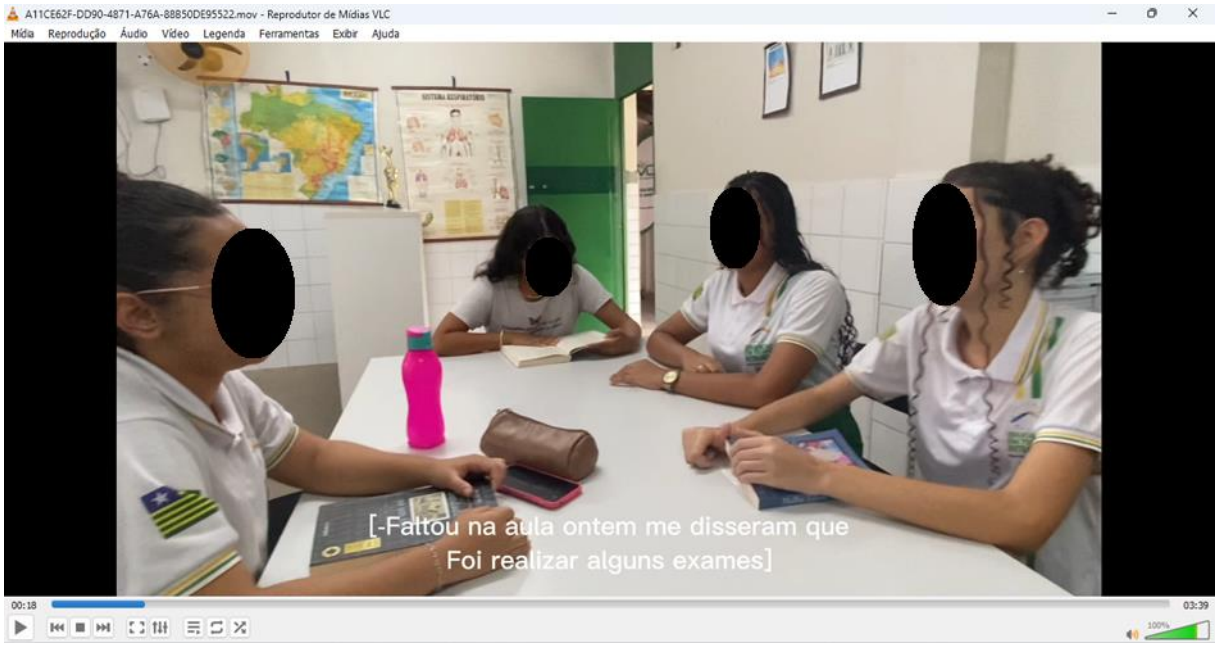
conseguimos diferenciá-los”. Por sua, Alex explica a Bell e suas amigas sobre as qualidades fisiológicas do som. Em seguida Bell comenta sobre sons graves e agudos produzidos pelo violão quando tocados, quando se faz as notas musicais nas primeiras casas e últimas casa do braço do violão. Nesta ocasião, RAFA, esclarece que o comprimento da corda influencia na frequência sonora e explica que, quanto menor o comprimento da corda mais agudo o som aparecerá, explicando ainda sobre a Altura e intensidade do som seguindo diálogo entre eles (Nussenzveig, 2002),.

A atividade de encenação ilustra claramente a aplicação da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (2003), a aprendizagem é mais eficaz quando novas informações são relacionadas de forma não arbitrária e substantiva ao conhecimento prévio do aluno. No vídeo, Alex e Rafa utilizaram o conhecimento prévio das amigas sobre música e violão para introduzir e explicar novos conceitos sobre as qualidades fisiológicas do som e cordas vibrantes. Essa abordagem permitiu que os alunos construíssem novos conhecimentos de maneira significativa, facilitando a compreensão e retenção dos conceitos discutidos.

A combinação de atuação, discussão e contextualização de conceitos científicos com situações práticas e cotidianas exemplifica como os alunos podem transitar de conhecimentos prévios para novos conhecimentos de forma eficaz. Esse processo é central para a teoria de Ausubel e foi bem ilustrado na atividade desenvolvida.

Dando continuidade as análises dos dados, a foto 7 ilustra o vídeo a respeito do som, contando com a atuação de mais cincos personagens, que além de caracterizar o som, traz também aplicações na área da saúde

**Foto 7** – Ilustração do vídeo 2 - O Som.




**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Na cena, Marília está na escola quando Maria e Mary se aproximam e iniciam um diálogo. Mary questiona Marília sobre sua saúde, e Marília relata que consultou um otorrinolaringologista e fez exames de audiometria com um fonoaudiólogo para determinar o intervalo de frequência sonora que ela ouvia. Nesse momento, Mary discute algumas causas relacionadas aos sintomas de Marília e explica que o exame é frequentemente utilizado para investigar labirintite. Prontamente, sua outra amiga Maria informa qual é a faixa audível que o ser humano consegue ouvir, e Mary completa explicando sobre os infrassons e ultrassons. Marília, curiosa, pergunta como suas amigas aprenderam sobre isso. Maria explica que tudo começou quando o professor abordou de forma significativa o exame de ultrassonografia realizado pela mãe de uma colega de classe para descobrir o sexo do bebê.

Segundo Halliday *et al.* (2011), os humanos conseguem ouvir frequências sonoras na faixa de 20 Hz a 20 kHz. O infrassom refere-se a frequências abaixo de 20 Hz, enquanto o ultrassom refere-se a frequências acima de 20 kHz. A ultrassonografia, por exemplo, utiliza ondas ultrassônicas para criar imagens do interior do corpo humano, uma tecnologia amplamente aplicada na medicina

As alunas demonstraram uma excelente compreensão do novo conhecimento, integrando conceitos de física aplicados à tecnologia e saúde. Isso evidencia a importância de uma abordagem significativa na educação, conforme proposto por

Ausubel, A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (Ausubel, 2003). No caso do vídeo, as alunas utilizaram seus conhecimentos prévios sobre exames médicos e frequências sonoras para construir e aplicar novos conhecimentos sobre infrassons e ultrassons.

A pesquisa translacional, que busca transformar descobertas científicas básicas em aplicações práticas, desempenhou um papel crucial neste processo de aprendizado, tornando o conteúdo de Física mais atraente para os alunos, motivando-os a explorar a aplicação da Física na área de Acústica. Essa metodologia inovadora da construção de vídeos de curta metragem permitiu que os alunos conectassem teorias abstratas a situações práticas do cotidiano, facilitando a formação de subsunçores, estruturas cognitivas que armazenam e organizam novas informações (Moreira,2009).

A seguir, temos na foto 8 que trata da reflexão das ondas, contando com a atuação de mais cincos personagens esse vídeo alinha com clareza a pesquisa translacional a atividade desenvolvia.

**Foto 8** – Ilustração do vídeo 3 -Reflexão das ondas.

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Nesse vídeo sobre a reflexão das ondas, é desenvolvido um experimento pelos alunos conhecido como trem de onda. Para entender o conceito de "trem de onda" na física, podemos nos basear na definição de ondas como perturbações que se

propagam por um meio, carregando energia sem transportar matéria, podendo ser descritas em termos de sua amplitude, frequência e comprimento de onda, este último sendo a distância entre dois pontos idênticos consecutivos da onda (Nussenzveig, 2002). No contexto do Ensino, a aplicação da teoria de Ausubel sobre aprendizagem significativa se conecta à pesquisa translacional ao desenvolver atividades como a criação de vídeos de curta-metragem. Esses vídeos não apenas promovem a explicação dos conceitos teóricos, mas também permitem que os alunos construam experimentos, como o da reflexão do som, mostrando como a teoria se manifesta na prática, (Moreira; Greca, 2009).

No vídeo mencionado, os personagens Pedro e Lucas utilizam um experimento de reflexão sonora para ensinar Bel sobre a natureza do som e sua velocidade em diferentes meios. Esse processo de construção do conhecimento é centrado na teoria de Ausubel, que enfatiza a importância de conectar novas informações ao conhecimento prévio dos alunos (Ausubel, 1968). A pesquisa translacional aqui se evidencia ao adaptar esses conceitos teóricos complexos em métodos práticos e acessíveis, permitindo uma aprendizagem mais eficaz e significativa para os alunos (Fini, 2011).

Moreira e Greca (2009) exploram como a pesquisa translacional pode ser aplicada na educação, facilitando a transferência de conhecimento científico para práticas educacionais inovadoras. Abordam que ao integrar teorias com experimentos práticos, como o experimento do trem de onda no contexto do som, os vídeos de curta-metragem não apenas elucidam conceitos físicos, mas também promovem uma compreensão mais profunda e duradoura dos fenômenos estudados. Essa abordagem não só amplia o entendimento dos alunos sobre física, mas também fortalece sua capacidade de aplicar esses conhecimentos em situações do cotidiano, reforçando a importância da pesquisa translacional no contexto do Ensino de acústica explicando a natureza do som e a sua velocidade em vários meios.

O próximo vídeo ilustrado na Foto 9, aborda a distorção do som da buzina devido ao efeito Doppler, que ocorre quando a velocidade entre a fonte sonora e o observador muda. Este fenômeno resulta em compressão das ondas sonoras à medida que a fonte se aproxima e expansão quando se afasta, explicando por que uma sirene soa mais aguda ao se aproximar e mais grave ao se afastar. O vídeo ilustra esta mudança de frequência, proporcionando uma compreensão prática do efeito Doppler.

**Foto 9** – Ilustração do vídeo 4 – Efeito Doppler.

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

O vídeo retrata um grupo de alunos vai atravessar a rua, fora da faixa de pedestre, nesse momento passa um carro em alta velocidade e sem parar continua seu trajeto buzinando, além de assustar a todos, um dos alunos comenta que o som da buzina é alterado a medida que o veículo se aproxima deles e que se afasta. Nesse momento Moisés amigo de marcos lembra da aula de Física sobre o efeito doppler e nesse momento Mateus explica a alteração sonora causada pela mudança de frequência. Então marcos começa a lembrar e entender tudo que viu na aula de Física assim como seus amigos.

O fenômeno do efeito Doppler na Física, é descrito como a frequência de uma onda sonora é percebida de forma diferente por um observador em movimento em relação à fonte da onda. Quando a fonte sonora se move em direção ao observador, a frequência percebida aumenta, e quando se afasta, a frequência percebida diminui. Esse fenômeno é essencial na compreensão de como movimentos relativos entre fonte e observador afetam ondas sonoras, como no caso da buzina de um carro em alta velocidade passando por um grupo de alunos (Nussenzveig, 2002).

No contexto do Ensino, a pesquisa translacional se conecta à teoria de Ausubel quando desenvolvemos vídeos de curta metragem de cunho educativos como o descrito. Esses vídeos não apenas ilustram conceitos teóricos complexos, como o efeito Doppler, mas também permitem que os alunos construam entendimento prático desses fenômenos físicos. Ao assistir e participar da criação do vídeo, os alunos são

incentivados a relacionar suas experiências cotidianas com conceitos científicos abstratos, promovendo uma aprendizagem significativa, (Ausubel, 2003).

Para Moreira e Greca (2009), a pesquisa translacional pode ser aplicada no Ensino de Física, adaptando conhecimentos científicos para práticas pedagógicas inovadoras. Ao criar vídeos que demonstram o efeito Doppler em situações do cotidiano, os educadores não apenas tornam o aprendizado da física mais acessível e interessante, mas também capacitam os alunos a aplicar esse conhecimento em contextos reais. Essa abordagem não só fortalece o entendimento dos alunos sobre os princípios físicos fundamentais, mas também os motiva a buscar mais experiências educativas interativas e envolventes, como destacado pelos comentários dos alunos sobre o desejo por mais aulas desse tipo.

Nesse vídeo os alunos se superaram na realização prática e cotidiana do fenômeno do efeito doppler. Um vídeo desafiador, porém, trouxe muita motivação e entusiasmo a eles desde o início e isso proporcionou e facilitou a construção não só do vídeo, mas do novo conhecimento até então desconhecidos cientificamente pelos alunos, relatando que gostariam de mais aulas assim.

A foto a seguir ilustra o vídeo produzido sobre os fenômenos sonoros, onde foi tratado dos fenômenos da reflexão do som como eco, reverberação, também sobre a difração.

**Foto 10** – Ilustração do vídeo 5 – Fenômenos sonoros.

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Esse vídeo teve o maior roteiro e foi desafiador para os alunos na construção do mesmo. Porém, relataram não ter dificuldade em nenhum momento pois todo o processo que experenciaram até a construção do vídeo foi fundamental para compreensão do conteúdo e realização do mesmo. Este vídeo ele aborda a reflexão do som o eco e a difração sonora com muitos detalhes.

Para entender a reflexão do som, podemos nos basear na definição de Halliday (2008), que descreve a reflexão como o fenômeno pelo qual uma onda sonora, ao encontrar uma superfície, retorna ao meio de origem. Esse conceito é fundamental na física do som, pois explica como as ondas sonoras se comportam ao interagir com diferentes obstáculos, o que é essencial na compreensão de fenômenos como o eco. Tipler e Mosca (2000) define o eco como a reflexão do som que é percebida com um atraso suficiente para ser distinguida do som direto. Este fenômeno ocorre quando a onda sonora refletida percorre uma distância suficiente para que o tempo de retorno seja maior que a persistência auditiva, geralmente superior a 0,1 segundo.

Além disso, Nussenzveig (2002) define a difração sonora como a capacidade das ondas sonoras de contornar obstáculos e se propagar em torno de barreiras. Este fenômeno é particularmente notável quando a dimensão do obstáculo é comparável ao comprimento de onda do som. No contexto educacional, a pesquisa translacional se conecta à teoria de Ausubel, através da construção dos vídeos de curta metragem, que não apenas explicam esses conceitos teóricos por meio de roteiros, mas também permitem que os alunos experimentem e observem esses fenômenos na prática, promovendo uma aprendizagem significativa, (Ausubel, 1968).

O mais gratificante, foi ver o empenho o interesse e a alegria de superarem o desafio e de se sentirem capazes, deles mesmo produzirem o próprio conhecimento a respeito do tema abordado, através dessa metodologia ativa e inovadora, como citados por eles mesmo.

O vídeo descrito demonstra como quatro amigos exploram os fenômenos da reflexão, eco e difração sonora em um contexto cotidiano. Eles utilizam suas experiências prévias e o conhecimento adquirido em sala de aula para entender melhor esses conceitos físicos. A personagem Maria, por exemplo, explica a difração sonora quando Franciele escuta seu pai chamando mesmo com a porta fechada, enquanto Mila e Maria esclarecem a diferença entre eco e reverberação a João, após o mesmo ter observado tal fenômeno no banheiro. Essa metodologia ativa e inovadora, como relatado pelos próprios alunos, não só facilita a compreensão dos

fenômenos, mas também motiva e entusiasma os estudantes a se envolverem mais profundamente com o conteúdo.

A aplicação da pesquisa translacional no Ensino de Física, visa facilitar a integração do conhecimento científico em métodos educacionais inovadores. apenas tornam o aprendizado da física mais acessível e interessante, mas também capacitam os alunos a aplicar esse conhecimento em contextos reais. Essa abordagem não só fortalece o entendimento dos alunos sobre os princípios físicos fundamentais, mas também os motiva a buscar mais experiências educativas interativas e envolventes, como destacado pelos comentários dos alunos sobre o desejo por mais aulas desse tipo (Moreira, 2009).

A seguir, temos as reflexões sobre o questionário com as respectivas respostas do pós-teste, com o intuito de verificarmos a construção do novo conhecimento a partir da teoria de Ausubel da Aprendizagem significativa, foram cuidadosamente analisadas para identificar evidências de integração e assimilação dos novos conteúdos apresentados durante o processo educativo.

# 8 PÓS-TESTE: REFLEXÕES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL NO ENSINO DE ACÚSTICA

Nesta seção, o objetivo foi a avaliação da aprendizagem significativa dos alunos por meio de um pós-teste. Seguindo a concepção de Ausubel (2003), a avaliação da aprendizagem significativa requer uma abordagem específica, concentrando-se na compreensão dos conceitos, na capacidade de atribuir significado e na habilidade de transferir conhecimentos para diferentes situações, o que a torna uma ferramenta pedagógica facilitadora e transformadora.

Dentro da teoria de Ausubel, a avaliação não difere conceitualmente de outros contextos educacionais: seu propósito fundamental é crucial para alcançar os objetivos educacionais significativos do material ensinado. Conforme Behrens (2002) destaca, a avaliação pode assumir várias potencialidades importantes: primeiro, avaliar os principais objetivos almejados para a aprendizagem; segundo, proporcionar uma experiência de aprendizagem útil aos alunos, incentivando-os a revisar, consolidar, esclarecer e integrar os diversos temas abordados; terceiro, oferecer ao professor informações valiosas sobre a eficácia dos materiais e métodos utilizados, assim como *insights* sobre possíveis causas de desempenhos deficientes de alguns alunos.

Durante todo o trabalho, foi evidente o papel fundamental da teoria da aprendizagem significativa como base teórica para aquisição de conhecimento. A partir das contribuições de Ausubel (2003), foi possível transcender a visão simplista de que o currículo escolar se limita à seleção de conteúdo a serem ensinados, enfatizando a interligação inseparável entre ensino e aprendizagem.

Os resultados do pós-teste ofereceram *insights* valiosos sobre o progresso e a compreensão dos alunos em relação aos objetivos educacionais estabelecidos. Eles não apenas evidenciaram a eficácia das estratégias pedagógicas utilizadas, mas também forneceram orientações úteis para ajustes e melhorias futuras no processo de ensino-aprendizagem (Moreira, 2011).

Portanto, a utilização do pós-teste como instrumento de avaliação na pesquisa não apenas validou a aplicação da teoria da aprendizagem significativa, mas também destacou sua relevância para o aprimoramento contínuo da prática educacional. Ao integrar teoria e prática de forma coesa, o estudo contribuiu para a construção de uma

base sólida de conhecimento sobre como melhor promover uma aprendizagem significativa e duradoura entre os alunos.

Com base nesse entendimento teórico, foi realizado um questionário pós-teste, aplicado com 16 alunos, composto por 10 (dez) questões que exploraram os procedimentos adotados durante o projeto.

As análises das respostas do pós-teste dos alunos da terceira série do Ensino Médio do Colégio Estadual Ceti Moaci Madeira Campos, foram discutidas de forma analítica, tendo como base as reflexões derivadas da Teoria da Aprendizagem Significativa, (Ausubel, 2003). No quadro a seguir, detalha sobre a análise da questão 01 do pós-teste.

**Quadro 17** - Resposta da Questão 01: Antes da atividade, você tinha conhecimento sobre a fisiologia do som? Se sim, quais você conhecia? E quais aplicações do som se tornaram importantes para nós?

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Não conhecia muita coisa, eu conhecia a ultra som |
| FAMV 2 | Não |
| FAMV 3 | Não |
| FAMV 4 | Não compreendia o assunto |
| FAMV 5 | Não |
| FAMV 6 | Não |
| FAMV 7 | Não |
| FAMV 8 | Não |
| FAMV 9 | Não |
| FAMV 10 | Não |
| FAMV 11 | Não. Não conhecia |
| FAMV 12 | Não, eu não tinha nenhum conhecimento sobre o assunto |
| FAMV 13 | Eu não tinha tanto conhecimento |

| | |
|---|---|
| FAMV 14 | Não |
| FAMV 15 | Não |
| FAMV 16 | Não |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Nessa questão percebemos que 100% dos alunos não tinham conhecimento científico a respeito da temática ou não recordavam ao menos da abordagem cotidiana do senso comum a respeito do som. Por isso, a construção dos vídeos de curta metragem revelou aos alunos ferramentas e situações do dia a dia que representavam as ondas sonoras, tornando possível a conexão com seus conhecimentos prévios e novo conhecimento estruturado.

Os vídeos de curta metragem se tornaram uma ferramenta mediadora essencial na aprendizagem de conteúdos complexos, como a acústica. Segundo Mayer (2009), a utilização de recursos multimídia no ensino facilita a compreensão dos alunos ao integrar texto, imagens e sons, promovendo uma aprendizagem mais rica e significativa. No estudo da acústica, vídeos podem ilustrar fenômenos como a reflexão, difração e o efeito Doppler de forma dinâmica, permitindo que os alunos visualizem e compreendam conceitos que seriam abstratos apenas através da leitura ou explicação oral. Essa abordagem está alinhada com a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (1968), que enfatiza a importância de conectar novos conhecimentos aos conceitos já existentes na mente do aluno.

A pesquisa translacional aplicada à educação, como discutida por Moreira e Greca (2009), destaca a importância de adaptar descobertas científicas em métodos pedagógicos práticos e eficazes. Ao utilizar a produção de vídeos de curta metragem de cunho educativo para ensinar Acústica, os educadores estão traduzindo conhecimentos teóricos complexos em práticas de ensino que são acessíveis e envolventes para os alunos. Essa tradução do conhecimento não apenas facilita a compreensão dos conceitos, mas também motiva os estudantes a se envolverem ativamente no processo de aprendizagem, promovendo um ambiente de ensino interativo e colaborativo.

A criação de vídeos pelos próprios alunos, por meio de roteiros orientados pelo professor, como uma atividade de aprendizagem ativa, pode também desempenhar

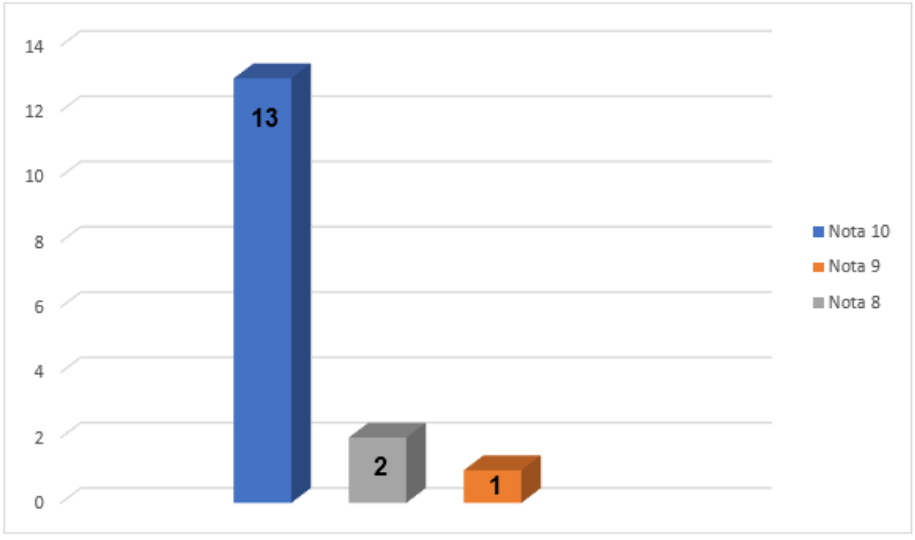
um papel crucial na consolidação do conhecimento. Segundo Freire (1996), a educação deve ser um processo ativo onde os alunos participam na construção do conhecimento. Ao desenvolver e produzir vídeos sobre fenômenos Acústicos, os alunos não só aprendem os conceitos de forma mais profunda, mas também desenvolvem habilidades de comunicação, colaboração e pensamento crítico. Essa prática reflete os princípios da aprendizagem significativa, onde o aluno é o protagonista na construção de seu próprio conhecimento.

Nussenzveig (2002) destaca a importância de experiências práticas no Ensino de Física para consolidar o entendimento teórico. Ao assistir e criar vídeos que demonstram fenômenos acústicos, os alunos são capazes de ver a aplicação real dos conceitos estudados, o que reforça a aprendizagem e facilita a retenção do conhecimento a longo prazo. Essa abordagem integradora é essencial para a formação de estudantes críticos e reflexivos, capazes de aplicar seus conhecimentos em diversas situações do cotidiano.

Portanto, a utilização de vídeos como ferramenta mediadora na aprendizagem da acústica oferece uma ponte entre a teoria e a prática, promovendo uma compreensão mais holística e aplicada dos conceitos

A questão 2, procurava avaliar as atividades propostas, perguntando aos alunos que pontuação eles dariam, em uma escala de 0 a 10, sobre essa atividade nas aulas de Física. Suas respostas foram ilustradas no gráfico 1.

**Gráfico 1** - Em uma escala de 0 a 10, qual pontuação você atribuiria para a utilização dessa atividade nas aulas de Física?




**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

No contexto da questão 2, a elevada satisfação dos alunos em relação às atividades propostas pode ser explicada pela eficácia dessa abordagem. A alta pontuação atribuída pelos alunos (com 81,25% dando nota máxima) sugere que a metodologia utilizada nas aulas de Física foi bem-sucedida em engajar os alunos e promover a aprendizagem significativa. A construção de vídeos permite que os alunos explorem os conceitos de forma ativa e criativa, facilitando a compreensão dos fenômenos acústicos através de exemplos concretos e experiências práticas. Esse tipo de atividade está alinhado com os princípios de Ausubel, que enfatiza a importância de conectar novos conteúdos ao conhecimento existente dos alunos.

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968) postula que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando os novos conhecimentos são ancorados em conceitos previamente adquiridos pelos alunos. Esse processo envolve a assimilação de novas informações de maneira organizada e lógica, facilitando a retenção e a compreensão. Quando os alunos participam de atividades práticas, como a criação de vídeos educativos sobre fenômenos acústicos, eles conseguem relacionar diretamente essas novas experiências com seus conhecimentos prévios, resultando em uma aprendizagem mais profunda e significativa. Além disso, o protagonismo dos alunos é fortalecido, permitindo que eles se tornem agentes ativos em seu próprio processo de aprendizagem.

Além disso, a participação ativa dos alunos na criação dos vídeos promove um maior envolvimento e interesse pelo conteúdo, o que pode explicar a satisfação demonstrada nas respostas. Ao se envolverem diretamente na produção e explicação dos fenômenos acústicos, os alunos não apenas compreendem melhor os conceitos, mas também desenvolvem habilidades importantes, como a capacidade de comunicação e o pensamento crítico. O uso de metodologias ativas, como a sala de aula invertida e a plataforma PhET, torna o aprendizado mais relevante e significativo para os alunos, contribuindo para a alta pontuação atribuída à atividade. Essas ferramentas permitem que os alunos explorem e testem conceitos em um ambiente seguro e interativo, promovendo uma aprendizagem significativa em vez de aulas mecânicas e tradicionais.

A teoria de Ausubel também destaca a importância de um ensino que seja significativo e relevante para os alunos. Quando os alunos percebem que o que estão aprendendo tem aplicação prática e pode ser utilizado em situações reais, sua motivação e satisfação aumentam significativamente. No caso das atividades

propostas, a conexão entre os conceitos teóricos e sua aplicação prática por meio da criação de vídeos educativos permitiu aos alunos verem o valor do que estavam aprendendo, resultando em uma experiência educacional altamente positiva. Isso explica por que 100% das respostas atribuíram notas altas à atividade, demonstrando que a metodologia empregada foi eficaz em promover uma aprendizagem significativa e satisfatória.

A questão 3, era uma questão de opinião, sugerindo que o aluno, relatasse se ele conseguiu aprender os conteúdos de Física através da construção dos vídeos de curta metragem, indicando vantagens e/ou as desvantagens em aprender Física desta forma.

**Quadro 18** - Resposta da Questão 03: Na sua opinião, você conseguiu aprender os conteúdos de Física através da construção dos vídeos? Se sim, indique as vantagens e/ou desvantagens em aprender Física desta Forma.

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Sim. O efeito Doppler foi bem legal de aprender e ler sobre |
| FAMV 2 | Sim. Durante a produção fazemos a leitura, a absorção dos roteiros e procuramos modos de colocar esse aprendizado no nosso dia-a-dia, facilitando a nossa compreensão |
| FAMV 3 | Sim. Não possui desvantagens, mas, podemos citar as vantagens que é um tipo mais fácil de aprendizagem |
| FAMV 4 | Sim. A vantagem é que de uma forma mais dinâmica e divertida o aluno aprende melhor, pois, no trabalho nós fomos os protagonistas, ou seja, não vamos esquecer desse assunto, porque estudamos de uma forma diferente |
| FAMV 5 | Sim, pois, aprendemos mais de como o som se propaga |
| FAMV 6 | Sim. As vantagens é que você aprende de forma divertida e não tem desvantagem. |
| FAMV 7 | Sim! As vantagens são muitas pois o aluno torna-se o personagem, protagonista e além disso é uma forma totalmente diferente de aprender. |
| FAMV 8 | Sim, pois, fica uma aula muito dinâmica e assim fica fácil de entender |
| FAMV 9 | Sim. Não me aprofundei muito por não conseguir deixar entrar na minha mente, mas, aprendi o bastante para entender. Uma vantagem é poder ver de forma realista e por experiência. Não tem uma desvantagem. |

| | |
|---|---|
| FAMV 10 | Sim. A vantagem que os alunos trabalham tanto a parte teórica quanto a prática, assim, tornando o entendimento mais simples. |
| FAMV 11 | Sim. As vantagens foram de aprendizagem de forma rápida, sem dificuldade |
| FAMV 12 | Sim. Só teve vantagens, porque os assuntos fixaram mais claro e a forma de se aprender é colocar isso na prática, fica mais claro. |
| FAMV 13 | Sim. Maior compreensão e aprendizagem do conteúdo. |
| FAMV 14 | Sim. Aprender o conteúdo de maneira prática e diferente, isso mostra que aprender física também pode ser divertido |
| FAMV 15 | Sim. As vantagens é que assim fica melhor de compreender de uma maneira mais prática, agora no ensino normal é mais difícil, pois, é muito assunto para aprender em poucas aulas. |
| FAMV 16 | Sim. Através das metodologias ativas que o professor proporcionava. O uso de caixa de som para explicar a vibração do som. |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Os depoimentos dos alunos refletem a eficácia dessa abordagem. Por exemplo, o aluno FAMV2 menciona que, durante a produção dos vídeos, a leitura e absorção dos roteiros facilitou a compreensão dos conteúdos, tornando o aprendizado mais aplicável no dia a dia. Esse tipo de metodologia promove um aprendizado ativo, onde os estudantes não são apenas receptores passivos de informação, mas agentes ativos na construção de seu conhecimento. Isso corrobora a ideia de que a aprendizagem é mais eficaz quando os alunos estão envolvidos de forma prática e significativa.

O uso de vídeos na sala de aula, especialmente quando alinhado com os conteúdos curriculares, se mostra uma ferramenta poderosa para o ensino de Física. A produção de vídeos de curta metragem permite que os alunos participem ativamente do processo de aprendizagem, promovendo o protagonismo estudantil e facilitando a compreensão de conceitos complexos através de métodos práticos e criativos. Isso está de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968), que enfatiza a importância de integrar novos conhecimentos aos conceitos previamente adquiridos pelos alunos.

Além disso, a criação de vídeos permite que os alunos desenvolvam habilidades importantes, como a capacidade de comunicação e o pensamento crítico. O aluno FAMV4 destaca que o trabalho foi mais dinâmico e divertido, o que melhorou

o aprendizado, pois eles foram os protagonistas. Essa perspectiva de protagonismo é fundamental para o desenvolvimento de uma aprendizagem autônoma e autêntica. A metodologia ativa, onde o professor atua como mediador e facilitador, ajuda os alunos a se envolverem de maneira mais profunda com o conteúdo, o que é essencial para a internalização e aplicação dos conceitos aprendidos (Moreira, 2012).

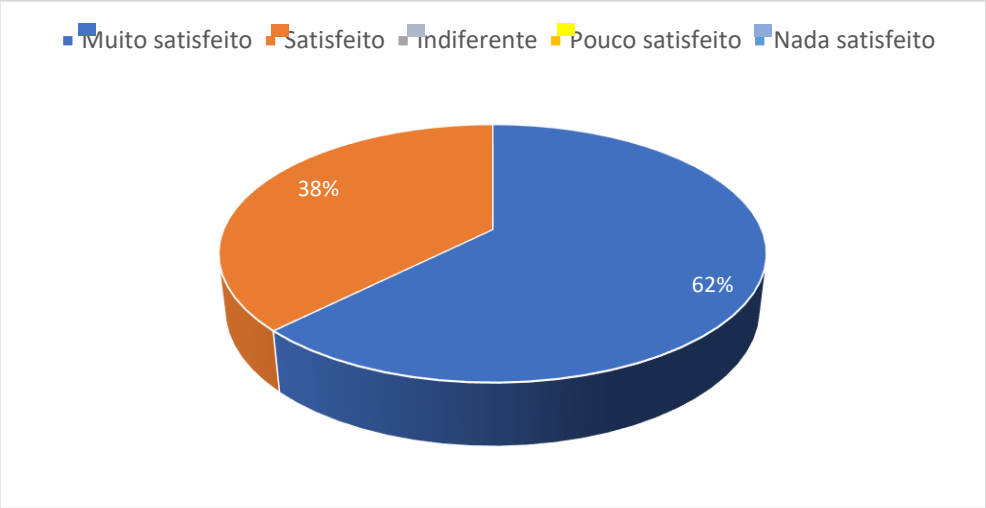
As respostas dos alunos também indicam que essa metodologia não apresentou desvantagens significativas. Por exemplo, o aluno FAMV6 afirma que não há desvantagens e que a aprendizagem foi divertida. A maioria dos alunos compartilha essa visão, destacando que a metodologia é benéfica por tornar a aula mais dinâmica e compreensível. O aluno FAMV10 aponta que trabalhar tanto a parte teórica quanto a prática torna o entendimento mais simples. Essa integração de teoria e prática é crucial para uma aprendizagem eficaz, pois permite que os alunos vejam a aplicação real dos conceitos teóricos, consolidando seu entendimento e motivação, demonstrando que a pesquisa translacional foi assertiva.

A adoção de metodologias ativas, como a produção de vídeos, deve ser considerada uma prática regular nas escolas. Como indicado pelo aluno FAMV16, o uso de ferramentas práticas, como caixas de som para explicar a vibração do som, ajuda a fixar o conteúdo de maneira mais clara e interessante. Essa abordagem não apenas facilita a aprendizagem de conteúdos específicos, como a Física, mas também prepara os alunos para serem aprendizes autônomos e criativos, habilidades essenciais no mundo moderno (Bacich; Moran, 2015).

Pelas respostas, a metodologia proposta obteve seu êxito, os alunos apontaram vantagens e inferiram que não tinham desvantagens, ainda indicando a aplicação desta para outras turmas e escolas. Desse modo, a nossa metodologia cumpre seu papel em despertar o aluno a aprender sob uma perspectiva diferente.

A questão 4, sugeria aos alunos que eles descrevessem seu grau de satisfação a respeito da atividade em que eles participaram. As respostas podem ser analisadas a partir do gráfico 2.

**Gráfico 2** - Resposta da questão 04: Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade em que você participou?




**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise da satisfação dos alunos em relação à atividade educacional foi fundamentada pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Ausubel (1968), propõe que a aprendizagem é mais eficaz quando novos conceitos são ancorados em conhecimentos prévios dos alunos, permitindo uma compreensão mais profunda e duradoura. Este princípio está no cerne das respostas positivas observadas na pesquisa, onde 62% dos alunos relataram estar muito satisfeitos e 38% satisfeitos com a utilização do Produto Educacional (PE) no ensino de Acústica.

Ausubel destaca que a aprendizagem significativa ocorre quando o material de ensino é potencialmente significativo e o aluno possui subsunçores relevantes para ancorar a nova informação. No contexto da atividade descrita, o PE foi projetado para construir sobre os conhecimentos pré-existentes dos alunos, facilitando a integração de novos conceitos de Acústica. A elevada satisfação dos alunos pode ser atribuída à eficácia dessa abordagem, que promove uma conexão direta e lógica entre o novo conteúdo e as experiências prévias dos alunos, conforme observado nas suas respostas.

Segundo Moreira (2012), um importante estudioso da teoria de Ausubel no Brasil, reforça que a mediação do professor é crucial para a aprendizagem significativa. Ele argumenta que o professor deve atuar como facilitador, ajudando os alunos a relacionar o novo material com o que já sabem. A satisfação dos alunos, conforme relatada na pesquisa, indica que essa mediação foi bem-sucedida,

permitindo que os alunos se envolvessem ativamente no processo de aprendizagem e percebessem o valor prático do que estavam aprendendo.

Para Bacich e Moran (2015), ao discutir metodologias ativas, também enfatizam a importância de envolver os alunos em atividades que promovam a construção ativa do conhecimento. As metodologias ativas, como a produção de vídeos de curta metragem de cunho educativos sobre fenômenos acústicos, incentivam os alunos a serem protagonistas de sua própria aprendizagem, o que aumenta seu engajamento e satisfação. O feedback positivo dos alunos sugere que essa metodologia não apenas facilitou a compreensão dos conceitos de Acústica, mas também tornaram o processo de aprendizagem mais interessante e relevante para eles.

A satisfação relatada pelos alunos pode ser vista como um indicativo de que o PE conseguiu cumprir seu objetivo de promover uma aprendizagem significativa. Os altos níveis de satisfação refletem a eficácia da abordagem em conectar o novo conhecimento com os conceitos previamente adquiridos, facilitando a retenção e compreensão dos alunos. Essa conexão é fundamental para a internalização do conhecimento, conforme proposto por Ausubel, e é reforçada por práticas pedagógicas contemporâneas que valorizam a participação ativa e a mediação eficaz do professor.

A questão 05, pedia que os alunos relatassem se os mesmos tinham encontrado alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem.

**Quadro 19**- Resposta da Questão 05: Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem? Se sim, quais foram essas dificuldades?

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Não |
| FAMV 2 | Não |
| FAMV 3 | Não. Participar dos vídeos foi bem divertido |
| FAMV 4 | Não tive dificuldade |
| FAMV 5 | Não |
| FAMV 6 | Não |

| | |
|---|---|
| FAMV 7 | Não teve nenhuma dificuldade, foi até divertido |
| FAMV 8 | Não |
| FAMV 9 | Não. Eu consegui entender |
| FAMV 10 | Não |
| FAMV 11 | Não |
| FAMV 12 | Não encontrei nenhuma dificuldade |
| FAMV 13 | Sim. Na hora da explicação no vídeo |
| FAMV 14 | Apenas na construção do curta metragem, pois, não entendíamos o conteúdo, mas, isso foi fundamental para o nosso aprendizado, pois, estudamos e aprendemos de forma divertida |
| FAMV 15 | Não. Achei muito bom e recomendo para outras escolas, pois assim a aprendizagem fica mais fácil |
| FAMV 16 | Não |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas dos alunos revela que a maioria não encontrou dificuldades significativas durante as explicações ou na construção dos vídeos de curta-metragem, com apenas dois alunos relatando algum tipo de desafio. Isso sugere que a metodologia utilizada foi amplamente eficaz em facilitar o aprendizado e engajamento dos estudantes. A construção de vídeos educativos sobre fenômenos acústicos parece ter proporcionado uma experiência educativa positiva e motivadora para a maioria dos alunos.

Segundo a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968), a integração de novos conhecimentos aos conceitos já existentes é essencial para a aprendizagem eficaz. A criação de vídeos, como uma metodologia ativa, permitiu que os alunos relacionem os novos conceitos com suas experiências e conhecimentos prévios. Esse processo de ancoragem facilita a compreensão e retenção dos conteúdos. As respostas dos alunos, como "Participar dos vídeos foi bem divertido" (aluno FAMV3) e "Acho muito bom e recomendo para outras escolas, pois assim a aprendizagem fica mais fácil" (aluno FAMV15), demonstram que a abordagem utilizada cumpriu esse papel.

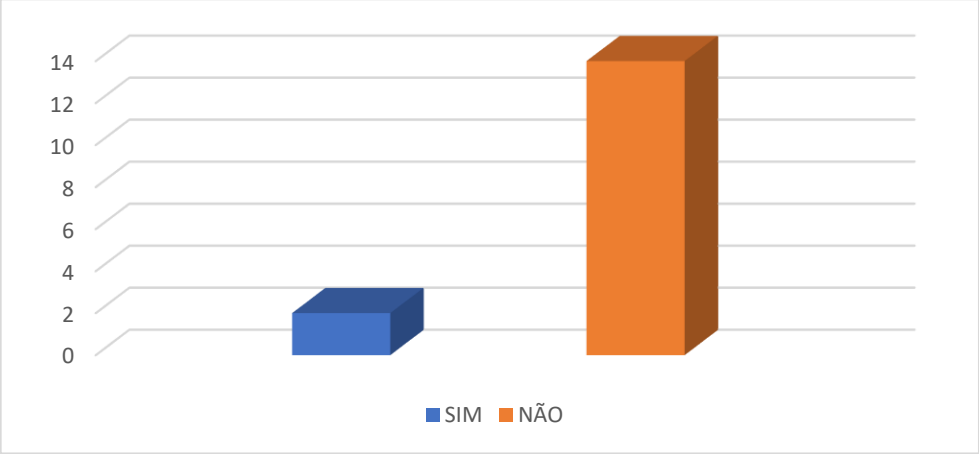
Apenas um aluno relatou dificuldades na explicação no vídeo, e outro mencionou desafios na construção do curta-metragem. No entanto, ambos

reconheceram que essas dificuldades foram cruciais para seu aprendizado. O aluno FAMV14, por exemplo, afirmou: "Apenas na construção do curta-metragem, pois, não entendíamos o conteúdo, mas, isso foi fundamental para o nosso aprendizado, pois, estudamos e aprendemos de forma divertida". Este comentário reflete a perspectiva de Ausubel sobre a importância do esforço cognitivo no processo de aprendizagem significativa. Enfrentar e superar desafios durante a construção dos vídeos contribuiu para uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos.

A participação ativa dos alunos e o protagonismo na produção dos vídeos são aspectos fundamentais das metodologias ativas, como destacado por Bacich e Moran. (2015). Essas metodologias promovem a autonomia dos estudantes e a construção ativa do conhecimento, o que pode aumentar o engajamento e a motivação. As respostas dos alunos, como "Não teve nenhuma dificuldade, foi até divertido" (aluno FAMV7) e "Eu consegui entender" (aluno FAMV9), indicam que a experiência foi não apenas educativa, mas também agradável e estimulante.

Moreira (2012) reforça que o papel do professor como mediador é crucial para facilitar a aprendizagem significativa. Ao orientar e apoiar os alunos durante a criação dos vídeos, os professores ajudaram a transformar dificuldades em oportunidades de aprendizagem. Este suporte é fundamental para que os alunos possam superar desafios e internalizar novos conhecimentos de maneira significativa.

**Gráfico 3** – Resposta da questão 05. Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem?



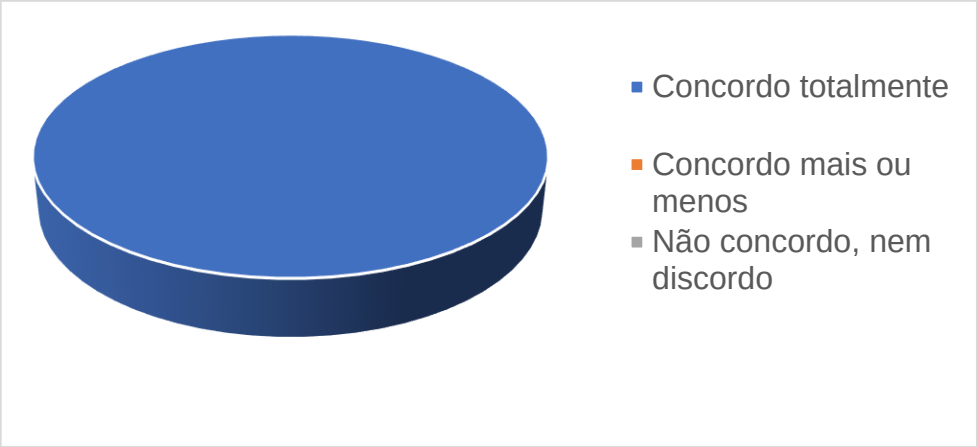

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Na análise gráfica percebe-se que 87,5%, não tiveram problemas e nem dificuldade e apenas 12,5%, apresentaram algum problema ou dificuldade em

assimilar os conteúdos unindo os conhecimentos que eles já tinham com as desenvolvidas na atividade proposta.

A questão 6, objetiva avaliar o desenvolvimento do produto educacional, questionando se os alunos concordavam que através da construção dos vídeos e as discussões realizadas dentro da sala de aula. Esta atividade contribuiu para o esclarecimento de suas dúvidas em relação a Acústica. O aluno poderia escolher entre: concordo totalmente; concordo mais ou menos; não concordo, nem discordo; discordo mais ou menos; discordo totalmente.

**Gráfico 4** - Resposta da questão 06. Você concorda que através da construção dos vídeos e as discussões realizadas dentro da sala de aula. Esta atividade contribui para o esclarecimento de suas dúvidas em relação a Acústica como os fenômenos sonoros e fisiologia do som?




**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas revela que 100% dos alunos concordam totalmente que a construção dos vídeos e as discussões realizadas em sala de aula foram eficazes em esclarecer suas dúvidas e contribuir para a compreensão dos conceitos e fenômenos acústicos, como as qualidades fisiológicas do som, difração, interferência e efeito Doppler. Este resultado pode ser interpretado à luz da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e da pesquisa translacional, que juntos fornecem um *framework* robusto para o Ensino de Acústica.

De acordo com a teoria de Ausubel, a aprendizagem é mais eficaz quando novos conceitos são relacionados a estruturas cognitivas preexistentes. Ausubel destaca que o aprendizado significativo ocorre quando os alunos conseguem integrar novas informações em sua estrutura cognitiva de maneira coerente e lógica, utilizando conceitos previamente adquiridos como âncoras (Ausubel, 1968). A criação de vídeos

de curta metragem, por sua natureza prática e envolvente, oferece uma oportunidade valiosa para que os alunos relacionem teorias abstratas com exemplos concretos, facilitando a ancoragem de novos conhecimentos em suas estruturas cognitivas existentes.

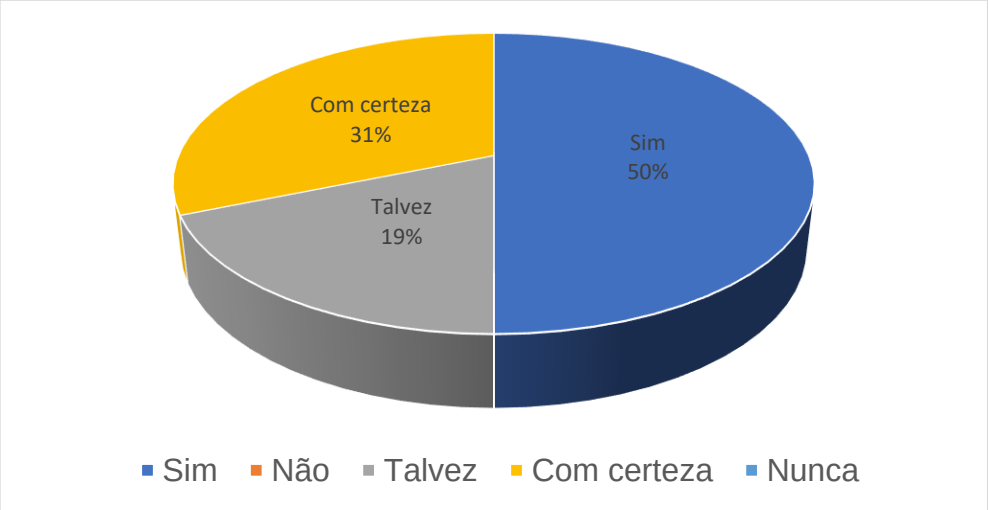
A pesquisa translacional, que visa a aplicação prática de descobertas científicas para melhorar processos e resultados educacionais, complementou a teoria de Ausubel ao fornecer uma metodologia ativa que engajou os alunos de maneira direta e significativa. Ao participar na produção de vídeos e nas discussões subsequentes, os alunos se envolvem em um processo de aprendizagem *hands-on* que lhes permite explorar e internalizar conceitos de acústica de maneira profunda. Segundo Moreira (2011), a prática de metodologias ativas, como a criação de vídeos, promove um ambiente de aprendizado onde os alunos são os protagonistas, facilitando assim uma maior retenção e compreensão dos conteúdos.

Além disso, o uso de vídeos como ferramenta educacional tem sido amplamente defendido por sua capacidade de tornar o aprendizado mais interativo e envolvente. Bacich e Moran (2015) argumentam que metodologias ativas, que incluem a utilização de recursos audiovisuais, não apenas aumentam a motivação dos alunos, mas também promovem um entendimento mais profundo e duradouro dos conteúdos ensinados.

As respostas dos alunos, representadas no gráfico qualitativo, indicando que suas dúvidas foram esclarecidas através da atividade, corroboram a eficácia desta metodologia, facilitando a compreensão de conceitos complexos e em motivar os alunos a se envolverem profundamente com o conteúdo, tendo a criação de vídeos possibilitado aos alunos não apenas aprender de forma passiva, mas também participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem.

A questão 7, sugeria uma ideia de se trabalhar novamente com essa atividade em sala de aula. Então, foi questionado aos alunos se eles participariam novamente dessa atividade. Suas respostas se encontram representado no Gráfico 5.

**Gráfico 5** - Resposta da questão 07. Você participaria novamente dessa atividade?




**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas dos alunos revela que 81% deles demonstraram interesse em participar novamente da atividade proposta, sendo 31% respondendo com certeza e 70% respondendo sim e 19% disseram talvez. Este alto índice de aceitação pode ser explicado pela eficácia da metodologia utilizada, que alinhada com a teoria de Ausubel, promoveu uma experiência de aprendizagem positiva e significativa.

David Ausubel (1968) destaca que a aprendizagem significativa ocorre quando novos conteúdos são integrados ao conhecimento prévio dos alunos de forma lógica e coerente. A produção de vídeos facilita essa integração, permitindo que os alunos participem ativamente e apliquem os conceitos de maneira prática, o que fortalece a assimilação dos novos conhecimentos.

Além disso, o uso de metodologias ativas, como a criação de vídeos, está em consonância com as recomendações de Bacich e Moran (2015), que enfatizam a importância de envolver os alunos em atividades que promovam reflexão, criatividade e autonomia. Essas metodologias incentivam os alunos a serem protagonistas de seu próprio aprendizado, o que aumenta a motivação e o interesse pelas atividades escolares. A possibilidade de explorar e experimentar os conceitos de forma concreta e prática torna a aprendizagem mais relevante e interessante para os alunos.

A satisfação e o desejo de participar novamente de atividades semelhantes também podem ser atribuídos ao papel do professor como mediador e facilitador do processo de aprendizagem. De acordo com Freire (2005), o professor deve atuar como um guia, ajudando os alunos a construírem seu próprio conhecimento através

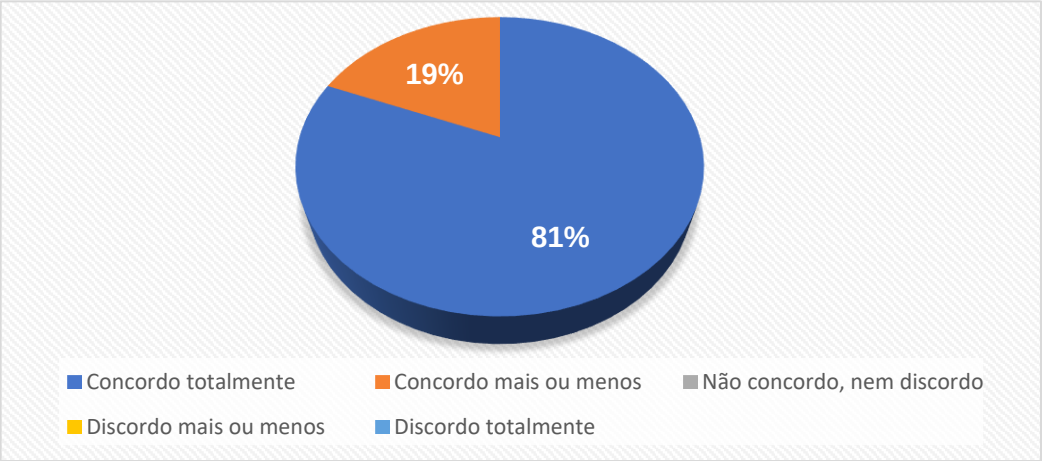
de experiências significativas. A mediação do professor, combinada com a participação ativa dos alunos, cria um ambiente de aprendizagem colaborativo e dinâmico, onde os alunos se sentem mais envolvidos e motivados.

Os alunos indicaram que a metodologia utilizada permitiu uma melhor compreensão dos fenômenos acústicos e contribuiu para a construção de um conhecimento mais sólido e duradouro. As atividades práticas e interativas, como a produção de vídeos, proporcionaram uma experiência de aprendizagem diferenciada, que vai além das aulas tradicionais e mecânicas. Esse tipo de abordagem pedagógica é fundamental para desenvolver habilidades críticas e reflexivas nos alunos, preparando-os melhor para enfrentar desafios futuros.

A elevada aceitação e o desejo de repetir a experiência podem ser atribuídos à combinação eficaz de metodologias ativas, à mediação adequada do professor e à aplicação prática dos conceitos teóricos. Essas estratégias pedagógicas não apenas aumentam a motivação e o engajamento dos alunos, mas também promovem uma aprendizagem significativa e duradoura, conforme preconizado por Ausubel.

A questão 8 perguntava aos alunos se eles concordavam que atividade proposta contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos relacionados a Acústica. Tendo como as seguintes alternativas para selecionar: concordo totalmente; concordo mais ou menos; não concordo, nem discordo; discordo mais ou menos; discordo totalmente; as respostas estão representadas no Gráfico 6.

**Gráfico 6** - Resposta da questão 08. Você concorda que a atividade contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos de Acústica relacionado ao som e suas características?



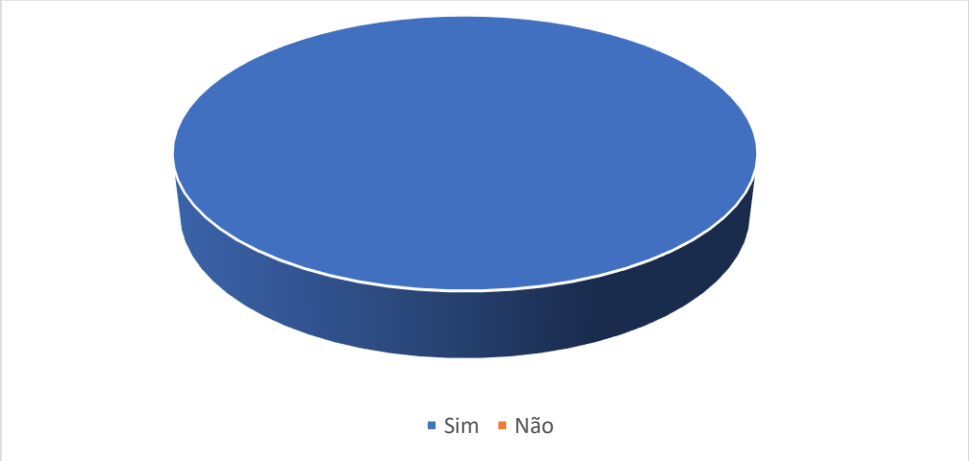

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas a essa pergunta, revelou que os estudantes não encontraram dificuldades significativas em assimilar os conceitos de acústica apresentados nos vídeos, indicando que a abordagem translacional efetivamente facilitou a transferência do conhecimento teórico para uma compreensão prática e aplicável. Além disso, a construção cuidadosa dos vídeos, alinhada com os princípios da aprendizagem significativa de Ausubel, contribuiu para uma experiência de aprendizado mais engajadora e eficaz, promovendo um ambiente onde os alunos puderam integrar seus conhecimentos prévios de forma produtiva.

Ao integrar a pesquisa translacional com os princípios educacionais de Ausubel e a produção de vídeos didáticos, todos os alunos concordaram que essa metodologia contribui de forma significativa para o Ensino de Acústica, pois esta metodologia não apenas demonstra a aplicação prática de teorias complexas no ensino de acústica, mas também evidencia como tais abordagens podem melhorar significativamente a compreensão e a retenção do conhecimento pelos alunos (Hattie, 2009).

A questão 9, se tratava de uma questão de opinião, ao qual os alunos teriam que responder se eles sabiam diferenciar as características do som como timbre, altura e intensidade. Suas respostas estão representadas no Gráfico 7.

**Gráfico 7** - Resposta da questão 09. Você consegue diferenciar as características do som como timbre, intensidade e altura do som?




**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise cuidadosa das respostas dos alunos revela que todos compreenderam profundamente os conceitos físicos de Acústica. Esta compreensão é tangível no refinamento artístico dos vídeos que eles meticulosamente conceberam, onde os fenômenos acústicos se tornam narrativas vivas. A produção de vídeos de curta metragem não apenas ilustra, mas também personifica a complexidade e a

sutileza das características sonoras, encapsulando um entendimento que vai além das palavras, não se limitando à simples repetição de teorias, mas sim à transformação desses conceitos em expressões criativas e significativas.

Essa metodologia de ensino encontra respaldo na teoria de Ausubel, enfatizando a aprendizagem significativa através da integração de novos conhecimentos com o conhecimento prévio dos alunos, onde a experiência pessoal e a opinião dos alunos desempenham um papel crucial, pois permitem uma conexão mais profunda e duradoura com o conteúdo. Nesse sentido, a participação ativa dos alunos na elaboração dos vídeos não apenas enriquece o aprendizado, mas também valida a importância da perspectiva individual na construção do conhecimento (Moreira, 2011).

A questão 10, procurava saber se os alunos conseguiriam definir após a aplicação do produto educacional os fenômenos da difração e efeito doppler. No quadro 20, apresentamos as respostas dos alunos sobre esta questão.

**Quadro 20** - Resposta da Questão 10: Como você compreende os fenômenos de difração sonora e efeito doppler, após, a realização de produção de vídeos de curta metragem?

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | O som vai aumentando e diminuindo de acordo que o automóvel vai passando |
| FAMV 2 | O efeito doppler é a alteração da frequência com relação a sua velocidade; A Difração acontece quando as ondas contornam os obstáculos |
| FAMV 3 | Difração é quando as ondas sonoras contornam um obstáculo. Efeito doppler é quando ocorre a mudança de frequência em relação a velocidade |
| FAMV 4 | Difração sonora é quando as ondas sonoras dispersam no ambiente, como por exemplo: consigo escutar um som mesmo com a porta fechada; Efeito doppler é a variação do som de acordo com a velocidade, por exemplo quando passa um ambulância e o som dela(sirene) dá impressão de mudar quando se afasta e aproxima |
| FAMV 5 | Sim. Como a difração é o fenômeno no qual as ondas contornam o obstáculo e o efeito doppler é a alteração da frequência em relação a velocidade |

| | |
|---|---|
| FAMV 6 | A difração sonora é quando o som choca com alguma coisa e o contorna e o efeito doppler é a alteração da frequência com a variação e velocidade quando o som se aproxima ou se afasta do observador |
| FAMV 7 | Difração é quando a onda contorna um obstáculo. Efeito doppler é a variação de frequência em relação a velocidade. Agora compreendo mais tais fenômenos. |
| FAMV 8 | Efeito doppler é quando escutamos um som e ele vai se afastando e você vai esvutando ele passando de formas diferentes “baixo, alto, baixo”. A difração é o fenômeno no qual as ondas contornam os obstáculos. |
| FAMV 9 | Difração é o fenômeno no qual as ondas contornam os obstáculos. Efeito doppler é a alteração na frequência com a variação de velocidade, quando a fonte se aproxima ou se afasta do observador. |
| FAMV 10 | Doppler é a mudança de frequência em relação a velocidades diferentes. Difração quando a onda do som se discipa assim diminuindo o volume dependendo da distância. |
| FAMV 11 | A difração é o fenômeno em que as ondas contornam os obstáculos. O efeito doppler é a variação de frequência, conforme a distância e velocidade |
| FAMV 12 | A difração é o fenômeno na qual as ondas contornam os obstáculos. O efeito doppler é quando a fonte se aproxima ou se afasta do observador |
| FAMV 13 | Na difração, a onda sonora contorna os obstáculos. No efeito doppler, está associada a mudança aparente da frequência, devido ao movimento relativo entre a fonte e o observador |
| FAMV 14 | Difração é o fenômeno de ondas que contornam os obstáculos. Efeito doppler é a alteração da frequência com a variação da velocidade. |
| FAMV 15 | Difração é o fenômeno no qual as ondas contornam os obstáculos. Efeito doppler é quando uma fonte se aproxima ou se afasta do observador alterando sua frequência |
| FAMV 16 | Efeito doppler é a alteração da frequência sonora percebida pelo observador em relação ao movimento da aproximação e afastamento entre a fonte e o observador. A difração sonora é o desvio feito pela onda quando esta contorna os obstáculos em seu caminho. |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas dos alunos revela um notável avanço na compreensão dos conceitos de difração sonora e efeito Doppler após a realização da produção de

vídeos de curta-metragem. Inicialmente, observa-se que muitos alunos tinham uma compreensão rudimentar dos fenômenos físicos. Por exemplo, o Aluno FAMV3 descreveu a difração como "quando as ondas sonoras contornam um obstáculo" (Young; Freedman, 2020) e o aluno FAMV1 mencionou que o efeito Doppler é "a alteração da frequência conforme a fonte se move" (Halliday; Resnick, 2011). No entanto, à medida que se envolveram na criação dos vídeos, suas percepções se aprofundaram significativamente. O aluno FAMV7 destacou que "a difração é o fenômeno em que as ondas contornam os obstáculos" (Young; Freedman, 2020), enquanto o aluno FAMV4 notou que "o efeito Doppler é a mudança na frequência percebida conforme a fonte se aproxima ou se afasta" (Halliday; Resnick, 2011).

A metodologia centrada na produção de vídeos não apenas estimulou uma abordagem prática e criativa para explorar os fenômenos acústicos, mas também facilitou uma aprendizagem significativa, conforme defendido por Ausubel. Essa abordagem permitiu que os alunos integrassem novos conhecimentos com seu conhecimento prévio, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos estudados (Ausubel, 2000). Por exemplo, ao descreverem como o som de uma sirene de ambulância parece mudar conforme ela se move em relação ao observador, os alunos não apenas aplicaram conceitos teóricos, mas também demonstraram uma compreensão prática da física do som.

Além de fortalecer a compreensão dos alunos sobre difração e efeito Doppler, a metodologia de produção de vídeos incentivou a colaboração e a expressão criativa. Os alunos não apenas absorveram informações, mas também se tornaram produtores ativos de conhecimento, transformando conceitos abstratos em narrativas visuais tangíveis. Essa abordagem não só enriqueceu o processo educacional, mas também aumentou o engajamento dos alunos ao demonstrar como a ciência pode ser aplicada e explorada de maneira pessoal e significativa (Ausubel, 2000).

# 9 SIGNIFICAÇÕES CONCLUSIVAS

O objetivo desta pesquisa foi produzir e simular vídeos de curta metragem como metodologia no ensino e aprendizagem de Acústica no campo de ondas sonoras e seus fenômenos, proporcionando aos alunos do Ensino Médio, oportunidade de desenvolvimento de competências e habilidades em Acústica. Bucou-se, desse modo, estimular professores que atuam na Educação Básica, notadamente no ensino de Física, aplicarem com seus alunos a referida proposta com o intuito de aprimorar seus conhecimentos na área de Acústica. Isto envolveu a criação de vídeos de curta metragem de caráter educativo que investigou as complexidades das características e fenômenos sonoros. Para auxiliar os professores na implementação desta metodologia inovadora, optamos por desenvolver vídeos de curta-metragem roteirizados como metodologia, incorporando o uso de tecnologias simples, (Moran, 2015).

A pesquisa evidenciou que a utilização da produção de vídeos durante todo o processo de aplicação promoveu um engajamento substancial entre os alunos, segundo a perspectiva do pesquisador e, conforme os dados apresentados neste estudo. Através do teste diagnóstico e da implementação dos vídeos, ficou evidente que as dúvidas levantadas no pré-teste foram efetivamente sanadas ao longo da execução da atividade, conforme demonstrado no pós-teste validando, dessa forma, a aprendizagem significativa que, na concepção de Ausubel (1980), ocorre quando novas informações se conectam de maneira substancial e não arbitrária ao conhecimento pré-existente dos alunos.

Esta integração promoveu a aprendizagem e a aplicação do novo conhecimento, promovendo uma compreensão profunda e duradoura dos conceitos ensinados. Assim, a eficácia dessa metodologia foi comprovada, evidenciando sua importância na construção ativa do saber pelos alunos.

A análise dos resultados do pré-teste, evidenciou que a aprendizagem baseada na construção de vídeos de curta-metragem foi altamente eficaz no Ensino de Física, especialmente na Acústica. A maioria dos alunos demonstrou uma compreensão clara do assunto, confirmando a eficiência desta abordagem, (Ausubel, 2000). Consequentemente, a aplicação dessa metodologia educacional gerou resultados positivos, como demonstrado pelo retorno dos alunos durante as aulas e nas

respostas do questionário. Eles expressaram entusiasmo pela natureza envolvente e agradável do método de ensino, destacando sua surpresa ao descobrir que a Física poderia ser aprendida de maneira tão divertida, (Bruner, 1996).

Os resultados indicam que os participantes fizeram avanços significativos na compreensão dos conceitos relacionados às propriedades do som e seus fenômenos. A criação e implementação dos vídeos serviram como recursos valiosos, desempenhando um papel crucial na facilitação da compreensão e integração desses conceitos, demonstrando ser uma abordagem potencialmente significativa para o Ensino de Física, (Moreira, 2011). A utilização do produto educacional e a avaliação da criação de simulações de vídeos e curtas-metragens com foco em acústica permitiram alcançar os objetivos iniciais estabelecidos.

Em nosso ambiente de aprendizagem, oferecemos uma aula única e envolvente que mistura a interação dos personagens dos roteiros com o conteúdo de Acústica, proporcionando uma atividade prazerosa e dinâmica, (Keller, 1983). Encorajamos os alunos, a aprender dessa forma, pois isso os expõe a aulas que fogem do formato tradicional. Além disso, o Produto Educacional promove a interação dos participantes e facilita a aprendizagem cooperativa, incentivando a troca de informações entre todos os envolvidos, (Vygotsky, 1978). Isso lhes dá a oportunidade de mostrar seus conhecimentos de maneira envolvente e agradável, superando as propostas de ensino tradicionais encontrados nos livros didáticos.

Ao analisar as respostas coletadas, ficou claro que todos os alunos que participaram da implementação do produto educacional demonstraram grande interesse tanto nas discussões quanto no desenvolvimento dos vídeos. Através do retorno e das respostas dos alunos, chegamos à conclusão de que é essencial estabelecer uma conexão entre os conceitos teóricos e as atividades práticas, pois isso favorece o desenvolvimento das capacidades cognitivas dos alunos, endossando que a escolha da pesquisa translacional foi a mais apropriada, (Moran, 2015). Além disso, destacou a importância de criar oportunidades para a participação ativa dos alunos no seu próprio processo de aprendizagem, sendo eles protagonistas do seu próprio conhecimento, (Novak, 2010).

Foi notório nesse trabalho que, a utilização de produção de vídeos em curta-metragem é uma metodologia viável e transformadora no âmbito do Ensino. Ao fornecer um ambiente estimulante e envolvente, essa metodologia melhorou significativamente a experiência de ensino e aprendizagem dos alunos. Vale ressaltar

que os roteiros utilizados para a criação desses vídeos devem ser considerados como um recurso complementar para os professores. Eles podem usá-los como modelos para desenvolver seus próprios roteiros ou incorporá-los diretamente em suas aulas (Bruner, 1996). No entanto, é importante notar que a incorporação dessas atividades não substitui o envolvimento dos alunos no ensino em sala de aula.

Portanto, a construção de vídeos em curta-metragem torna-se uma metodologia significativa para aprimorar a experiência de ensino e aprendizagem na área de Física. Em última análise, nossa intenção é que este esforço divulgue o potencial inexplorado da utilização de roteiros para a produção de vídeos educativos em curta-metragem, uma vez que oferece oportunidades únicas que nem sempre estão disponíveis dentro dos limites de uma sala de aula física, (Moreira, 2011). Uma dessas vantagens é a promoção da aprendizagem independente e significativa, (Ausubel, 2003).

Esta pesquisa sob o título Sequência Didática como Metodologia mediadora na Produção e Simulação de Vídeos de Curta Metragem, no Ensino e Aprendizagem de Acústica propõe contribuições:

- Para os Professores de Física: Propõe ressignificação das práticas pedagógicas, incentivando um ambiente de aprendizagem dinâmico e contextualizado.
- Para os Alunos: Promove aulas interativas e motivadoras, estimulando o interesse e a compreensão dos conceitos de acústica de maneira prática e envolvente.
- Ressignificação de Metodologias: Introduz inovação na educação ao utilizar tecnologias que favorecem o ensino-aprendizagem, indo além das abordagens tradicionais baseadas no paradigma newtoniano-cartesiano.
- Produto Educacional: Cria e implementa vídeos de curta metragem como recurso educacional, facilitando a compreensão dos princípios físicos da acústica.
- Uso Interdisciplinar: Potencial para ser adaptado em diversas disciplinas, como Matemática, Química, Biologia e outras áreas do conhecimento, ampliando o impacto da abordagem metodológica inovadora.

Assim, abre-se a possibilidade de ampliar o alcance e o impacto dessa abordagem metodológica inovadora, promovendo uma educação integrada e multidisciplinar.

## REFERÊNCIAS


AMARAL, H. GAGLIARDI, E. **Sequência Didática e ensino de gêneros discurseiros: breve síntese**. 2015. Disponível em: https://dialogoassessoria.wordpress.com.br. Acesso em: 23 de dez de 2021.

ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo de. **Etnografia da prática escolar**. 15 ed. Campinas, SP: Papirus, 1995. (Série Prática Pedagógica).

ANDRADE, K.; HAERTEL, B. U. S. **Metodologias ativas e os jogos no ensino e aprendizagem da matemática**. 2018. Disponível em: https://docplayer.com.br/72969412-Metodologias-ativas-e-os-jogos-no-ensino-e-aprendizagem-da-matematica-kalina-ligia-almeida-de-brito-andrade-1-brigitte-ursula-stach-haertel-2.html Acesso em: outubro de 2022.

AUGRAS, M. Opinião pública: **Teoria e pesquisa**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1974. Parte II.

AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology:** A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D. P. *et al*. ***Educational psychology****: A cognitive view*. 1978.

AUSUBEL, D. P. *et al*. ***Educational psychology****: A cognitive view*. 1980.

AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional***.* 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

AQUINO NETO SEGUNDO, Roberto Xavier de. **Física na vida**: uma visão de alunos do ensino médio e sua relevância para a aprendizagem. 2021.

BACICH, L.; **Ensino Híbrido**: Personalização e tecnologias na educação. Porto Alegre: Penso, 2015, p. 135.

BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2018.

BAUMAN, Z. **Modernidade e Ambivalência**. Jorge Zahar Editor.1996.

BARBOSA, L.; PEREIRA NETO, A. Ludwik Fleck (1896-1961). A translação do conhecimento: considerações sobre a genealogia de um conceito. **Saúde Debate**. Rio de Janeiro, v 41, n. esp., p. 317-329, mar. 2017.

BARBOSA, Alex Samyr Mesquita. **Análise do ensino de física no ensino médio**: um estudo de caso. 2014.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa edições, 70, 225. 1977.

BARDIN, L**. Análise de conteúdo**. 5. ed. Lisboa: Edições 70, 2011.

BARRETO FILHO; BENIGNO. **Física Aula por aula**: termologia, óptica, ondulatória. 3 ed. São Paulo: FTD, 2016.

BAROLLI, Elisabeth; FRANZONI, Marisa. Efeitos de Intervenções Docentes na condução de uma Atividade Experimental em um laboratório didático de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 35-54, 2008.

BERKELMANS, P.; SAKAMOTO, M. **Elephant Listening Project:** A study on infrasonic communication among elephants. Wildlife Acoustics Journal, v. 25, n. 3, p. 112-125, 2020.

BERANEK, L. L. **Acoustics. Woodbridge**: Acoustical Society of America, 1996.

BEHRENS, M. A. **Educação***: Fundamentos, Teorias e Práticas Educativas*. 4. ed. Curitiba: Ibpex, 2005.

BERGMANN, J.; SAMS, A. *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. Eugene, OR: International Society for Technology in Education, 2012.

BELLONI, M. L. **Educação a Distância. Campinas**: Autores Associados, 2005.

BENIK, Carolina Gonçalves *et al.* **O ensino de física por meio de jogos educativos**. 2017.

BRAME, Cynthia J. *et al*. ***Effective educational videos*****.** 2015.

BRUNER, J. S. A Cultura da Educação. Porto Alegre, **Artes Médicas**, 2001. Publicado originalmente em 1996.

BIANCHI, P.; DE LORENZI PIRES, G.; VANZIN, T. As tecnologias de informação e Comunicação na Rede Municipal de Ensino de Florianópolis: possibilidades para a educação (física). **Revista Linhas,** [S. l.], v. 9, n. 2, 2009. Disponível em: https://periódicos.udesc.br/index.php/linhas/article/view/1372 Acesso em 20 abr. 2022.

BOGDAN, R., & BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**: Uma Introdução à Teoria e aos Métodos. Porto Editora. 1994.

BONDÍA, J. L. Notas sobre a experiência e o saber de experiência. **Revista Brasileira de Educação**, n. 19, p. 20-28, 2002.

BRAATHEN, P. C. Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa no processo de ensino e aprendizagem de química. **Revista Eixo,** v. 1, p.63, 2012.

BRAME, C. J. **Effective educational videos**. Vanderbilt University Center for Teaching, 2015. Disponível em: https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/effective-educational-videos/. Acesso em: 18 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 11.769, de 18 de agosto de 2008.** Dispõe sobre a obrigatoriedade do ensino da música na educação básica. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/L11769.htm. Acesso em: 11 set. 2024.

BRASIL, MEC, SEB. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, SEB, 2006.

_____. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME, 2017a. 472 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docmaneview=downloadealias=32621-cne-sintese-das-diretrizes-curriculares-da-educacao-basica-pdfeItemid=30192. Acesso em: 09 maio 2023.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

BROWNSON, R. C.; COLDITZ, G. A.; PROCTOR, E. K. **Dissemination and Implementation Research in Health**: Translating Science to Practice. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2017.

BRUINI, E. C. **Aprendizagem Significativa-Brasil Escola**, 2011. Disponível em: https://educador.brasilescola.uol.com.br. Acesso em: 10 de set. de 2023.

CABRAL FILHO, J. E.; JUNIOR, J. R. S.; AGRA, K. S. Pesquisa Translacional e a importância da sua difusão. **Rev. Bras. Saúde Matern. Infant.**, Recife, 13 (4): 293-296 out. / dez., 2013

CALÇADA, C. A. **Fundamentos de Física. São Paulo**: Livraria da Física, 2010.

CAPES Diretoria de Avaliação. **Documento de área 2016**. Área de avaliação: Ensino. 2016. [S.l]. Disponível em: www.capes.gov.br/images/documentos/Documentos_de_area_2017/DOCUMENTO_A REA_ENSINO_24_MAIO.pdf. Acesso em: 28.09.2018.

CASTAGINI, A.S.; SUTIL, N.; MIQUELIN, A, F. Vídeos como recursos didáticos para aprendizagem significativa em aulas de Ciências Físicas. **Anais do XI EDUCERE, II SIRSSE e IV SIPD/CÁTEDRA UNESCO**. P. 5214-5229, 2013.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações Elétricas e Prediais**. 14. ed. São Paulo: Érica, 2006.

CINELLI, L. P. **Produção de vídeos didáticos**: teoria e prática. Editora XYZ, 2003.

CLAVIER, C. et al. A theory-based model of translation practices in public health participatory research. **Sociology of Health & Illness. Bethesda**, v. 34, n. 5, p. 791-805, September, 2011

COOKSEY, R. W. **Bridging Research and Policy:** Insights from 50 Case Studies. New York: Springer, 2018.

COLOMBO, Irineu Mario *et al.*. Pesquisa translacional em ensino: uma aproximação. **Educação Profissional e Tecnológica em Revista**, v. 3, n. 1, p. 51-70, 2019.

COSTA, Marcia et al. Processo de desenvolvimento de simulações virtuais de experimentos históricos para o Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20210016, 2021

DA SILVA, Patrick Oliveira et al. OS DESAFIOS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO: Imagem: StockPhotos. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 829-834, 2018.

DEMO, Pedro. ***Pesquisa:*** princípio científico e educativo. 12. Ed. São Paulo: Cortez, 2006.

DEWEY, J. **Experiência e Educação**. 3. ed. São Paulo: Summus, 1979

DOS SANTOS, P. L. A imagem quanto fonte de pesquisa: a fotografia publicitária.

**Iniciação Científica Cesumar**, Maringá, v. 2, n. 2, p. 63-68, ago./dez. 2000.

DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. **Constructing scientific knowledge in the classroom. Educational Researcher**, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.

FERREIRA, M.; FILHO, O. L. S. Teorias da Aprendizagem e da Educação Contemporânea em Prática de Ensino: Ausubel e Lipman. **Revista do Professor de Física** – Brasília, vol. 2, n. 2 – 2018

FERREIRA, Doralice Bortoloci; VILLANI, Alberto. Uma reflexão sobre prática e ações na formação de professores para o ensino de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, 2002.

FERREIRA, M. *et al*. Análise de temas, teorias e métodos em dissertações e produtos educacionais no MNPEF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e202103221-13, 2021.

FINI, L. D. **Aprendizagem significativa na prática educativa.** Editora Vozes, 2011.

FRANCO, M. A. R. S. Prática pedagógica e docência: um olhar a partir da epistemologia do conceito. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**. 97 (247). dez 2016.

FREEMAN, A. C.; SAFFER, R. A.; BARON, R. M. *Translational research: an overview*. **Academic Medicine**, v. 86, n. 4, p. 467-473, 2011.

FLETCHER, N. H.; ROSSING, T. D. **The Physics of Musical Instruments**. 2nd ed. New York: Springer, 1998

FRANCO, C. **Metodologia de pesquisa científica**. Editora Beta, 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996

FREITAS JÚNIOR, Ronaldo Gonçalves de. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino de física:** uma abordagem no processo de ensino e aprendizagem. 2023.

GIANCOLI, D. C. **Physics: Principles with Applications.** 6th ed., Pearson Education, 2005.

GIANCOLI, D. C. **Física:** Princípios com Aplicações: Vol. 2. São Paulo: Pearson, 2016.

GIBBS, G.; FLICK, U. (coord.). **Análise de dados qualitativos.** Porto Alegre: Artmed, 2004.

Godoy, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas,** 35(4), 65-71.1995.

GODOY, C. E**. Sequência Didática** – O que é? 2016. Disponível em: https://cecgodoy.net/o-que-e-sequencia-didatica. Acesso em: 23 de dez de 2021.

GONÇALVES, Deisiany Iuly; VELOSO, Braian Garrito. FORMAÇÃO DE PROFESSORES NA EDUCAÇÃO BÁSICA DURANTE E ALÉM DA PANDEMIA: DESAFIOS E POSSIBILIDADES. **Anais CIET: Horizonte**, 2024.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. Vol. 2. 8ª ed. Rio deJaneiro. LTC, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J**earl. Fundamentos de física, volume 2**; gravitação, ondas e termodinâmica. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HATTIE, J. **Aprendizagem Visível**: Uma Síntese de Mais de 800 Meta-Análises Relacionadas ao Desempenho. Nova Iorque: Routledge, 2008.

HATTIE, J. **Aprendizagem Visível**: Uma Síntese de Mais de 800 Meta-Análises Relacionadas ao Desempenho. 2ª ed. Londres: Routledge, 2009.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Tópicos de Física**. 1º edição, Vol. 2. São Paulo, Editora Saraiva, 2012

HORN, M. B.; STAKER, H.; CHRISTENSEN, C. ***Blended****:* usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação. Penso Editora, 2015.

JAIME, D. M.; LEONEL, A. A.. Uso de simulações: Um estudo sobre potencialidades e desafios apresentados pelas pesquisas da área de ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, p. e20230309, 2024.

JONASSEN, D. H. (2000). **Computers as Mindtools for Schools**: Engaging Critical Thinking (2nd ed.). Prentice Hall.

JUNIOR, F. N. M.; CARVALHO, W. L. P. **O ensino de acústica nos livros didáticos da física recomendados pelo PNLEM**: análise das ligações entre a física e o mundo dos sons e da música. Holos, Ano 27, v. 1, 2011.

KAWAMURA, M. R; HOUSOUME, Y. **A Contribuição da Física para o Novo Ensino Médio**, Física na Escola, v. 4, n.2, 2003.

KELLER, F. S. Adeus Professor: Os Muitos Papéis de um Professor Universitário. **Journal of Applied Behavior Analysis**, 1983.

KOSCIANSKI, A.; SILVA, S. C. R.; RIBEIRO, R. J. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.14, n. 03, p. 167-183, set-dez. 2012.

LAGE, M. J., PLATT, G. J., & TREGLIA, M. Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. **The Journal of Economic Education**, 31, 30-43. 2000. Disponível em: http://dx.doi.org/10.2307/1183338 Acesso em: 19 jan. 2024.

LAKATOS, EM.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAZZAROTTO, J. **O ensino de óptica geométrica para futuras(os) professores(as) do curso normal por ,eio de metodologias ativas de ensino – aprendizagwm.** Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Literal Norte, Programa de Pós-graduação Mestrado Nacional Profissional em ensino de Física, Tramandaí.

LEGEY, A. P. MÓL, A. C. A. BRANDÃO, F. **Você sabe o que é uma Sequência Didática?** 2021.

LEME, M. C. P. **Teoria da Aprendizagem Significativa:** *Aplicações no Ensino.* São Paulo: Editora XYZ, 2019.

LEMOS, D.V.S. *Alienação no trabalho docente: o professor no centro das contradições.* Tese (Doutorado em Ciências Sociais) Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da Universidade Federal da Bahia, 2007.

LONG, Marshall. **Architectural Acoustics**. Amsterdam: Elsevier, 2006.

LIMA, Elvira Souza. **Cultura, Desenvolvimento e Aprendizagem**. Campinas: Papirus, 2013.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2013.

MANFREDI, S. M. **Metodologia de ensino: diferentes concepções** (versão preliminar). 1993. Disponível em: . Acesso em: 14 jun. 2024.

MANZINI, E.J. **Considerações sobre a elaboração de roteiro para entrevista semiestruturada.** In: MARQUEZINE: M. C.; ALMEIDA, M. A.; OMOTE; S. (Orgs.) Colóquios sobre pesquisa em Educação Especial. Londrina: Eduel, p. 11-25, 2003.

MARCONDES, D. A. **Ensino de Física***:* Representações e Estratégias Didáticas*.* Editora Livraria da Física, 2010.

MARCONI, M. A. M., LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: ATLAS, 2007.

MAZUR, Eric. **Peer instruction: A user's manual.** Prentice Hall, 1997

MAYER, R. E**. Multimedia Learning. 2nd ed. New York:** Cambridge University Press, 2009

MILLS, C. WRIGHT. **The Sociological Imagination. 40th Anniversary Edition.** New York: Oxford University Press, 2000.

MINAYO, M.C de S. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo-Rio de Janeiro, HUCITEC-ABRASGO, 2008.

MIRAS, M. **Um ponto de paryida para aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios**: (In) COLL, César. O construtivismo na sala de aula. São Paulo: Ática, 2006.

MITRA, S. Self-Organized Learning Environments (SOLEs) **in the Context of the Hole in the Wall (HiW) Experimen**t. UNESCO, 2005.

MORAES, Maria Cândida. **O paradigma educacional emergente**. Campinas, SP: Papirus, 1997.

MORAES, R.; GALIAZZI, M.C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

MORAN, José. Educação híbrida: um conceito-chave para a educação, hoje. **Ensino híbrido: personalização e tecnologia na educação. Porto Alegre: Penso**, v. 3, n. 1, 2015.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999

MOREIRA, Marco Antônio. **Teoria da Aprendizagem Significativa**: Implicações para o Ensino. São Paulo: Centauro, 2006.

Moreira, M. A., & Greca, I. M**. A pesquisa translacional na educação**: da ciência básica à aplicada. Estudos de Psicologia (Campinas), 26(Suppl. 1), 11-19. (2009).

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, v 1, n. 2, 2011

MOREIRA, Marcos Antonio. A Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. IN: MASINI, Elcie F. Salzano; MOREIRA, Marcos Antonio (Org.). **Aprendizagem Significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos.** São Paulo: Vetor, 2008a.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010.

MOREIRA, M. A. O que é afinal Aprendizagem Significativa? **Revista cultural La Laguna Espanha**, 2012. Disponível em: http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf. Acesso em: 22/2/2019.

MOREIRA, Michele Maria Paulino Carneiro; ROMEU, Mairton Cavalcante. O Ensino de Acústica no Ensino Médio da Rede Pública por Meio de Instrumentos musicais de baixo custo. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 199-206, 2019.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. **Aprendizagem Significativa**: a Teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física*.* **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 5. ed. São Paulo: Cortez; Brasília-DF, 2006.

MOURÃO, Matheus Fernandes; SALES, Gilvandenys Leite. O uso do ensino por investigação como ferramenta didático-pedagógica no ensino de Física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 5, p. 428-440, 2018.

MOURA, D. A.; NETO, P. B. O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. Física na Escola, v. 12, n. 1, 2011.

MÜLLER, L. T.; SCOTTI DO CANTO-DOROW, T. Ensino híbrido com metodologias ativas: Um mapeamento sistemático sobre o impacto na educação básica e superior. **Revista Contexto & Educação**, *[S. l.]*, v. 38, n. 120, p. e12767, 2023. DOI: 10.21527/2179-1309.2023.120.12767. Disponível em: https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/12767. Acesso em: 9 out. 2024.

NACARATO, A. M.; MENGALI, B. L.; PASSOS, C. L. S. **Aprendendo matemática: conteúdos e processos**. São Paulo: Saraiva, 2009.

NEUFELD, Carmem Beatriz BRUST *et al.* Bases epistemológicas da psicologia cognitiva experimental. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 27, p. 103-112, 2011.

NOVAK, Joseph D. **A theory of education**. 2. ed. New York: Routledge, 2018.

NOVAK, J. D.; RABAÇA, A.; VALADARES, J. **Aprender criar e utilizar o conhecimento**: Mapas conceptuais TM como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Plátano edições técnicas, 2000.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. Vol. 2. 4ª edição revisada. São Paulo:Blucher, 2002.

OLEGÁRIO, R. L.; SOUSA, P. V. N.; VITORINO, S. M. A. Pesquisa translacional do ensino superior no campo das ciências da saúde. **Revista Eletrônica de graduação e pós-graduação** – REJ/UFG, v. 15, n. 2, 2019.

OLIVEIRA, Tobias Espinosa de; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Sala de aula invertida (flipped classroom): inovando as aulas de física. **Física na escola. São Paulo. Vol. 14, n. 2 (out. 2016), p. 4-13**, 2016

OLIVEIRA, Roberta Camila Araujo de. **Vídeo análise como uma ferramenta para o ensino de física experimental**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.

PACCA, Jesuína Lopes de Almeida; VILLANI, Alberto. A formação continuada do professor de Física. **Estudos Avançados**, v. 32, p. 57-71, 2018

PERKINS, K.; ADAMS, W.; DUBSON, M.; FINKELSTEIN, N.; REID, S.; WIEMAN, C**.** *PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics.* The Physics Teacher, v. 48, n. 4, p. 225-232, 2010.

*PhET Interactive Simulation*. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

REZENDE. F; OSTERMANN. F. **A prática do professor e a pesquisa em ensino de física:** novos elementos para repensar essa relação. Cad. Brás. Ens. Fís., v. 22, n. 3: p. 316-337, dez. 2005.

RIZZO, A. L. **Aprendizagem baseada em projetos no ensino de física: uma proposta de website como recurso potencialmente significativo no estudo de acústica** Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Literal Norte, Programa de Pós-graduação Mestrado Nacional Profissional em ensino de Física, Tramandaí. 2022.

RICARDO, E. C. Problematização e contextualização no ensino de física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. p. 37-52.

ROTH, WOLFF-MICHAEL. **Re/Structuring science education:** ReUniting sociological and psychological perspectives. New York: Springer, 2016.

RUSSO, G. **Sequência Didática:** *Guia para a elaboração e execução*. 2019. Disponível em: https://www.edocente.com.br/sequencia-didatica-para-educacao-basica/. Acesso em: 23 de jul de 2024.

SALVADOR, P. T. **Teorias de Aprendizagem e Educação Escolar.** Editora Vozes. (2000).

SANTOS, C. A., & SILVA, M. J. O efeito Doppler e suas aplicações tecnológicas no ensino de física. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, 38(3), 3307. 2016.

SANTOS, Antonio Jose *et al.*. Produção de vídeos educativos como forma de melhorar o ensino de física. **Anais da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT) do IFS**, v. 1, n. 1, p. 342-347, 2019.

SANTOS, P. L. A imagem quanto fonte de pesquisa: a fotografia publicitária. **Iniciação Científica Cesumar**, Maringá, v. 2, n. 2, p. 63-68, ago./dez. 2000.

SAVIANI, Dermeval. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações**. 11. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2011.

SCARDAMALIA, Marlene; BEREITER, Carl. Knowledge building: Theory, pedagogy, and technology. In: **Sawyer, R. Keith (Ed.), The Cambridge Handbook of the Learning Sciences. Cambridge**: Cambridge University Press, 2006. p. 97-115.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3 ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância (LED) da UFSC, 2005.

SILVA, Gabriel Fernandes et al. Utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação para avaliação de aprendizagem: Vídeo complementar para o ensino contemporâneo de Acústica. **Impacto: Pesquisa em Ensino de Ciências**, n. 2, p. e67596-e67596, 2023.

SOARES, F. C.; SUZUKI, J. C. Fotografia e história oral: imagem e memória na pesquisa com comunidades tradicionais. **ENCONTRO DE GRUPOS DE PESQUISA**, v. 5, 2009.

SOUZA, S. M. V. C.; SANTO, E. E. Reflexão da Didática como mediadora entre a teoria e prática pedagógica. **Universitas. Humanas**, v. 10, n. 1, 2013.

TESTA, M. J. et al**.** Um olhar para a disciplina curricular Cultura Digital do Novo Ensino Médio: a relação das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação e o Ensino de Física. **Revista SciELO**, 2023. Disponível em: SciELO. Acesso em: 08 out. 2024.

TALBERT, R. D. **Flipped Learning**: A Guide for Higher Education Faculty. Stylus Publishing, 2017.

TAVARES, Romero. **Aprendizagem Significativa e o Ensino de Física**, UFPB, João Pessoa, 2016

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

VALENTE, J. A. **Desafios e oportunidades para a integração das novas tecnologias na educação**. Educação e Pesquisa, 29(2), 331-344. 2003.

VEIGA, J. G., et al. Defeitos de Visão. In: **MoEduCiTec:** Mostra interativa da produção Estudantil em Educação Científica e Tecnológica – O Protagonismo Estudantil e Foco. (Relato de Experiências). 2017. Disponível em: https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/ondex.php/moeducitec/article/view/8450. Acesso em: 20 de jul. 2023.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente***:* O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores*.* Harvard University Press, 1978.

VIANNA, D. M; OLIVEIRA, F. F.; GERBASSI, R. S.. Física Moderna no Ensino Médio; o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (São Paulo), v. 29, p. 1-8, 2007.

XAVIER, A, da C. **D. Introdução a óptica: uso da tecnologia contribuindo para o ensino de física**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-graduação no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Caruaru, 2020.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física vol II - termodinâmica e ondas**. 14 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

Young, HD e Freedman, RA. **Física II:** Termodinâmica e Ondas. São Paulo: Pearson. 2012.

ZABALA, A. A **prática Educativa**. 1ª edição. Editora Grupo A. 1998.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Editora Artmed., 1998. Reimpressão, Porto Alegre: Editora Artmed. 2010.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 2011

## APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**

**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**

**COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO**

**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

# PRODUÇÃO E SIMULAÇÃO DE VÍDEOS DE CURTA METRAGEM COMO METODOLOGIA NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE ACÚSTICA

**FIDELIS LIMA LEAL**

**ORIENTADOR (A)**: PROFA. DRA. HILDA MARA LOPES ARAÚJO

**TERESINA**

**2024**

## SUMÁRIO

**1 APRESENTAÇÃO** .....184

**2 OBJETIVOS** .....185
**2.1 Objetivo geral** .....185
**2.2 Objetivos específicos** .....185

**3 PRODUÇÃO E SIMULAÇÃO DE VÍDEOS DE CURTA METRAGEM MEDIADO PELA METODOLOGIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA**.....74
**3.1 Produção e simulação de vídeos de curta metragem como metodologia facilitadora no ensino e aprendizagem de acústica.....**186
**3.2 Sequência didática como metodologia mediadora na produção de vídeos de curta metragem**.....188
3.2.1 Sala de aula invertida.....191

**4 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: do conhecimento prévio ao conhecimento ressignificado no ensino de acústica**.....213
**4.1 Análises dos conhecimentos prévios dos alunos**.....214
**4.2 Produzindo o novo conhecimento a partir dos vídeos de curta metragem**.234

**5 PÓS-TESTE: reflexões da aprendizagem significativa de David Ausubel no ensino de acústica**.....244

**6 SIGNIFICAÇÕES CONCLUSIVAS**.....265

**REFERÊNCIAS** .....268

## 1 APRESENTAÇÃO

A produção e simulação de vídeos de curta-metragem configura-se como uma metodologia direcionada aos docentes de Física do Ensino Médio das diversas redes de ensino, resultado meticuloso de uma dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física, desenvolvida na Universidade Federal do Piauí, sob a erudita orientação da Professora Doutora Hilda Mara Lopes Araújo.

Esse material descreve uma metodologia para abordar conceitos relacionados à Acústica, alicerçada na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (2003). Seu objetivo é promover uma aprendizagem que transcende a simples memorização, baseando-se na realidade do aluno e buscando apoio em seus conhecimentos prévios.

Destaca-se que o ensino de Física nas escolas tem se fundamentado exaustivamente na oratória do professor, tendo-se pouco espaço para metodologias que envolvam os educandos, que não passam de expectadores e reprodutores de informações (Rezende *et al*., 2004). Nesse sentido, a justificativa da construção dessa proposta de desenvolver a produção e simulação de vídeos acerca do tema Acústica, proporcionará aos alunos do Ensino Médio, melhor aprendizado na compreensão quanto a fisiologia do som em Acústica, além da apreensão do conhecimento, motivação, interação entre os mesmos, da criatividade, com possibilidades de tornarem-se sujeitos participantes desse processo, seres críticos e ativos na construção do seu próprio conhecimento, de modo a obter uma aprendizagem significativa.

Para atingir esse objetivo foram empregados diversos recursos, tais como: questionários ilustrativos e contextualizados, situações-problema, atividades experimentais em laboratórios virtuais, sala de aula invertida, e produção e simulação de vídeos de curta-metragem com roteiros adaptados ao cotidiano dos alunos. Essas atividades seguem uma sequência lógica de compartilhamento e evolução do conhecimento. Assim, espera-se que a produção e simulação de vídeos de curta-metragem aqui proposta possa auxiliar os professores no ensino dos conteúdos relacionados à Acústica e enriquecer as aulas de Física.

# 2 OBJETIVOS

## 2.1 Objetivo geral

- Analisar a produção e simulação de vídeos de curta metragem como metodologia no ensino e aprendizagem de ondas sonoras e seus fenômenos, proporcionando aos alunos do Ensino Médio, oportunidade de desenvolvimento de competências e habilidades em Acústica

## 2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar conhecimentos prévios dos alunos acerca da qualidade fisiológica do som e seus fenômenos ondulatórios;
- Propor um estudo teórico para discussão sobre qualidade fisiológica do som e seus fenômenos ondulatórios, aplicado no estudo da acústica, levando em conta os resultados do diagnóstico sobre os conhecimentos prévios;
- Elaborar uma sequência didática, para a produção e simulação de vídeos de curta metragem sobre Acústica, considerando a Aprendizagem Significativa em Ausubel;
- Aplicar a pesquisa translacional para estabelecer uma conexão efetiva entre teoria e prática, visando aprimorar a compreensão dos conceitos de Física em Acústica pelos alunos do ensino médio;
- Avaliar aprendizagem dos alunos participantes do processo de produção de vídeos didáticos abordando a Física da acústica;
- Analisar as contribuições da produção e simulação de vídeos de curta metragem para o processo ensino-aprendizagem de Acústica.

# 3 PRODUÇÃO DE VÍDEOS DE CURTA METRAGEM MEDIADO PELA METODOLOGIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O objetivo desta seção é descrever sobre a produção de vídeos de curta metragem mediado pela aplicação de uma sequência didática como metodologia inovadora, alinhada à teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, potencializando o Ensino de Acústica.

## 3.1 Produção de vídeos de curta metragem como metodologia facilitadora no ensino e aprendizagem de acústica

O objetivo desta subseção é explorar a eficácia da produção de vídeos de curta-metragem como recurso tecnológico no ensino de física, especificamente no contexto da acústica. Pretende-se analisar como essa metodologia pode facilitar uma aprendizagem mais dinâmica e significativa, integrando teoria e prática de forma acessível aos alunos.

Os vídeos oferecem uma oportunidade única para visualizar fenômenos acústicos que seriam difíceis de demonstrar apenas verbalmente ou através de imagens estáticas. Como mencionado por Santos (2000), a capacidade dos vídeos de capturar não apenas o som, mas também o ambiente acústico em que ele ocorre, proporciona uma experiência sensorial imersiva que complementa a aprendizagem teórica.

Além disso, a produção de vídeos de curta metragem, encoraja uma abordagem potencialmente significativa do ensino, onde os alunos não apenas recebem informações, mas também participam ativamente na criação do conhecimento. Segundo Ausubel (2003), esse tipo de aprendizagem é mais significativo quando os estudantes são incentivados a explorar e explicar conceitos por meio de atividades práticas, como a produção de vídeos educativos.

No contexto específico da acústica, a utilização de vídeos permite explorar diferentes aspectos do som e suas propriedades físicas. Isso é crucial para ajudar os alunos a compreenderem como o som se propaga, como é afetado por diferentes meios e como é percebido pelo ser humano. Essa abordagem é apoiada por Marcondes (2010), que argumenta que o uso de mídias visuais dinâmicas facilita a conexão entre teoria e prática no ensino de física.

Adicionalmente, a produção de vídeos promove o desenvolvimento de habilidades criativas e de colaboração entre aluno/aluno e aluno/professor. Conforme destacado por Soares e Suzuki (2009), trabalhar em projetos de vídeo não apenas aprimora competências técnicas, como edição e produção audiovisual, mas também incentiva a cooperação e o trabalho em equipe na resolução de problemas complexos relacionados à física.

Outro benefício significativo é a capacidade dos vídeos de curta-metragem de serem utilizados como recursos educacionais reutilizáveis. Segundo Miquelin, Sutil e Castagini (2013), vídeos bem produzidos podem ser compartilhados e acessados continuamente, servindo não apenas para os alunos atuais, mas também para gerações futuras de estudantes e educadores interessados em explorar os mesmos conceitos.

Além de sua utilidade como ferramenta educacional, os vídeos de curta-metragem no ensino de acústica podem ser uma forma eficaz de conectar o conteúdo escolar à vida cotidiana dos alunos. Essa contextualização é essencial para aumentar a relevância percebida do aprendizado e motivar os estudantes a se engajarem mais profundamente com o material curricular.

Portanto, a produção de vídeos de curta-metragem representa uma metodologia inovadora e eficaz para o ensino de física, especialmente quando aplicada ao estudo da acústica. Ao integrar teoria e prática de forma visualmente estimulante, promove-se não apenas uma compreensão mais profunda dos conceitos, mas também o desenvolvimento de habilidades essenciais para os alunos (Fini, 2011).

## 3.2 Sequência didática como metodologia mediadora na produção de vídeos de curta metragem

Amaral e Gagliardi (2015) observaram que o conceito de Sequência Didática surgiu na França durante a década de 1980 e foi incorporado aos currículos escolares oficiais em todos os níveis de escolaridade. O objetivo da implementação dessa abordagem foi incentivar uma forma de ensino mais integrada, em oposição ao método tradicional compartimentado que separava disciplinas como ortografia, gramática e sintaxe. A introdução da Sequência Didática foi essencialmente um esforço para romper com essa abordagem segmentada.

A chegada da sequência didática ao Brasil ocorreu durante a década de 1990, coincidindo com o advento da internet e as oportunidades de troca global de informações. Isto teve um impacto profundo no cenário educacional, introduzindo diversas mudanças e inovações. Porém, foi somente em 1998 que a SD ganhou reconhecimento nos documentos oficiais dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), (Legey *et al*., 2021).

Em seu estudo, Legey *et al*. (2021) definiram a Sequência Didática como uma abordagem sistemática e sequencial para organizar as atividades em sala de aula de forma metodológica.

O diferencial da Sequência Didática como metodologia para potencializar a aprendizagem dos alunos é a sua estrutura deliberada, que visa fomentar o compartilhamento e a progressão do conhecimento. Através desta abordagem sequencial, os educadores esforçam-se por alcançar melhores resultados e, ao mesmo tempo, aprofundam a compreensão dos seus alunos nos esforços pedagógicos (Russo, 2019).

Outro aspecto crucial que vale a pena ressaltar é que a implementação do Sequência Didática no ensino se mostra benéfica. Pois, ao aderirem a esta estratégia, os alunos têm a oportunidade de melhorar as suas aptidões e competências, uma vez que lhes permite serem agentes ativos no seu processo de ensino aprendizagem através da sua participação.

Antes de cada aula acontecer, deve-se considerar cuidadosamente o planejamento de cada momento, pois cada aula deve ser vista como uma parte coesa de um todo maior. Para realmente alcançar resultados bem-sucedidos, é necessário seguir uma série de propostas bem estruturadas que englobem começo, meio e fim claros. Essa sequência de atividades meticulosamente planejada, completa com objetivos, materiais e estratégias definidos, é comumente chamada de Sequência Didática.

Segundo Godoy (2016), ser uma Sequência Didática de sucesso na era moderna não exige necessariamente atividades complexas. No entanto, é fundamental apostar no desenvolvimento de diversas competências dos alunos que contribuam para a sua autonomia. Isso inclui proficiência no uso de ferramentas tecnológicas para fins de produtividade, como *tablets*, celulares e *notebooks*. Além disso, são essenciais habilidades de leitura e escrita, bem como habilidades específicas de assuntos, como planejamento e condução de investigações

científicas e construção de argumentos baseados em evidências. Os alunos também devem ser hábeis em compreender as orientações e concluir as tarefas com eficiência. Além disso, as habilidades de trabalho em grupo, como delegação de tarefas e síntese de ideias em equipe, são aspectos importantes a serem cultivados e compartilhadas.

Através da observação, nota-se que uma Sequência Didática bem estruturada desempenha um papel significativo na contribuição no processo de aprendizagem. O processo de ensino-aprendizagem pode produzir excelentes resultados por meio de uma abordagem inegável, facilitando que alunos e professores alcancem resultados satisfatórios.

Segundo Zabala (1998), as sequências didáticas precisam ser cuidadosamente elaboradas e planejadas. Uma Sequência Didática é elaborada com o propósito de atingir objetivos educacionais, e tanto professores quanto alunos têm consciência de seu ponto de partida e de seu término. Contudo, para compreender o significado pedagógico e a lógica de uma Sequência Didática, é fundamental reconhecer as suas diversas etapas, as atividades que a compõem e as ligações que estabelecem com a matéria disciplinar. Esse entendimento é crucial para identificar os principais requisitos e objetivos da sequência entre a comunidade estudantil.

Além disso, ao integrar fotografias em atividades como análise de fontes primárias ou debates sobre eventos históricos, o professor não apenas registra as memórias visuais dos alunos, mas também avalia o desenvolvimento de suas habilidades ao longo do trabalho. Isso proporciona uma oportunidade valiosa para que os estudantes não apenas absorvam informações, mas também construam habilidades essenciais para a pesquisa acadêmica e uma compreensão contextualizada do mundo ao seu redor, sob a orientação e avaliação atenta do professor. Pois, o uso de fotografias oferece benefícios significativos no processo de ensino e aprendizagem, permitindo ao professor guiar os estudantes na contextualização desses acontecimentos durante as discussões em sala de aula (Soares; Suzuki, 2009).

Conforme afirma Ausubel (2003), a ideia âncora, também conhecida como aquilo que o aluno já sabe, serve como caminho para a construção de novos conhecimentos, seja por meio da reformulação de estruturas mentais existentes ou da criação de novas. À medida que a criança contempla material novo, seus pensamentos e ideias tornam-se exteriorizados, tornando-se crucial a contribuição

do conhecimento prévio para a aprendizagem, pois acrescenta profundidade e complexidade ao assunto. Ele enfatiza que o conhecimento existente do indivíduo é o fator mais significativo no processo de aprendizagem.

A pesquisa translacional é um campo de estudo que busca aplicar descobertas teóricas em contextos práticos, facilitando a transferência do conhecimento acadêmico para a prática educativa. Quando conectada a uma sequência didática, a pesquisa translacional proporciona um roteiro estruturado para a aplicação das teorias de ensino em sala de aula. Segundo Fini (2011), a aprendizagem significativa é alcançada quando os educadores conseguem integrar teorias de ensino com as necessidades práticas dos alunos, criando um ambiente de aprendizagem que é ao mesmo tempo teórico e pragmático.

Na prática, uma sequência didática fundamentada na pesquisa translacional envolve etapas cuidadosamente planejadas que refletem a teoria educacional em cada fase do processo de ensino-aprendizagem. Por exemplo, ao planejar uma aula de Física, o professor pode usar as descobertas da pesquisa translacional para desenvolver atividades práticas que reforcem conceitos teóricos. Ausubel (2003) destaca que a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos conseguem fazer conexões entre o conhecimento prévio e novas informações, um processo facilitado por uma sequência didática bem estruturada que combina teoria e prática (Cabral Filho *et al.*, 2013).

Além disso, a pesquisa translacional enfatiza a importância de avaliações contínuas para ajustar e melhorar a sequência didática conforme necessário. O uso de *feedback* constante permite que os educadores refinem suas estratégias de ensino, garantindo que os alunos estejam absorvendo e aplicando o conhecimento de maneira eficaz. Fini (2011) argumenta que a prática educativa deve ser dinâmica e responsiva, adaptando-se às necessidades dos alunos para promover uma aprendizagem significativa. Essa abordagem integrada não apenas enriquece o processo educacional, mas também prepara os alunos para aplicar o conhecimento adquirido em situações do mundo real.

Para atingir os objetivos desta pesquisa, foi elaborado uma sequência didática na qual incorporou-se uma gama de ferramentas e materiais, experiências práticas, laboratórios virtuais através da plataforma PhEt, produção de curtas-metragens, incluindo leituras para discussões por meio da sala de aula invertida, conforme delineado abaixo.

### **3.2.1** Sala de aula invertida

Segundo Bergmann e Sams (2018), a ideia fundamental por trás do conceito de sala de aula invertida é reverter a abordagem tradicional de aprendizagem. Em vez de completar os trabalhos de casa na sala de aula e os trabalhos de casa em casa, os alunos agora realizam atividades em sala de aula em casa e fazem os trabalhos de casa durante o horário de aula.

Para melhorar sua interação com o assunto, os alunos devem receber sessões pré-aula onde possam praticar exercícios e receber orientação de seu professor. Esta abordagem garante que eles tenham ampla oportunidade de rever e reforçar a sua compreensão do material antes que este se torne enraizado e potencialmente mal aplicado. Ao acessar os materiais do curso e abordar quaisquer equívocos desde o início, os alunos podem otimizar efetivamente sua experiência de aprendizagem impedindo a aquisição de novos conhecimentos.

Para Bergmann e Sams (2018), é verdadeiramente desanimador testemunhar o fato de a maioria dos estudantes transportar em suas mãos, dispositivos de computação disponíveis como o celular, que possuem um nível que supera o da maioria dos computadores atualmente presentes nas nossas escolas. No entanto, a exploração desses recursos, que são parte integrante da sua existência cotidiana, não é permitida por muitas instituições em sala de aula.

A implementação da inversão permite aos alunos a oportunidade de pausar e retroceder, criando assim condições favoráveis para a aprendizagem (Horn, 2015).

Os professores, frequentemente têm a responsabilidade de cumprir um currículo. Um conjunto específico de habilidades deve ser dominado pelos alunos em seus cursos. Eles sempre tiveram a esperança de que os alunos compreendessem seu conhecimento, até mesmo nos expositores e apresentações mais excepcionais. Quando a sala de aula é invertida, os apresentadores encontram alunos que lutam para acompanhar e compreender o material. Os alunos recebem o poder de transferência de controle remoto. Eles recebem a capacidade de assumir o comando. A inovação de poder pausar os professores é verdadeiramente inovadora. O trabalho de Bergmann e Sams (2018) é descrito como inovador e transformador.

A ferramenta pedagógica conhecida como Sala de Aula Invertida, envolve a inversão de papéis no processo de ensino-aprendizagem, tendo o aluno como centro

do processo educacional. Dentro deste quadro pedagógico, o processo de aprendizagem estrutura-se em três fases distintas: pré-aula, presencial e pós-aula.

No ambiente educacional, o objetivo principal do professor é facilitar a compreensão do material pelos alunos, em vez de simplesmente fornecer informações. No entanto, no modelo de aprendizagem invertida, os alunos têm o poder de assumir a responsabilidade pela sua própria aprendizagem, alinhando-se com a crença da Ausubel na importância do envolvimento e da prontidão A busca do aluno pelo conhecimento.

De acordo com Horn (2015), os alunos demonstraram um apreço genuíno pela metodologia da sala de aula invertida por oferecer um nível notável de flexibilidade, permitindo que os alunos assumam o controle de seu próprio aprendizado e até mesmo acelerem seu ritmo. Este nível de iniciativa independente não é normalmente observado no ambiente escolar tradicional, onde os alunos dependem fortemente da orientação e do incentivo dos seus professores. O estudo formal muitas vezes não é um ato espontâneo dos alunos.

Portanto, cabe aos professores e gestores educacionais determinar se desejam melhorar a qualidade do ensino e da aprendizagem, incorporando conteúdos pré-estabelecidos e promovendo a aquisição e construção de conhecimentos na educação formal. Alternativamente, podem optar por ver a educação como um projeto de investigação centrado exclusivamente em métodos de aprendizagem, a ser desenvolvido de forma colaborativa entre professores e alunos no ambiente escolar

Com o intuito de melhorar a compreensão das aulas, foi formulado um quadro abrangente descrevendo a Sequência Didática implementada com os alunos. O quadro que incorpora atividades do Produto Educacional, está alinhada com as Teorias da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003). Ao estimular a curiosidade e capacitar os alunos a buscarem soluções para problemas por meio da construção de vídeos de curta metragem usando uma sequência didática, essa abordagem facilita o processo de ensino.

Posteriormente, para avaliar a influência dessas contribuições no ensino, é realizada uma análise minuciosa. Esta metodologia diferenciada de Ensino de Física garante uma experiência de sala de aula mais ágil e eficaz e atrativa. O objetivo final é proporcionar aos professores recursos valiosos que possam melhorar significativamente o seu ensino de Acústica e enriquecer as suas aulas de Física.

**Quadro 21** - QUADRO DESCRITIVO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

| Nº DE ALUNOS | AULAS MINISTRADAS | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | ATIVIDADES DESENVOLVIDAS | OBSERVAÇÕES |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 01 | Diagnosticar conhecimentos prévios dos alunos acerca da qualidade fisiológica do som e seus fenômenos ondulatórios; | Durante esse encontro, apresentou-se a ideia de resgatar a compreensão prévia dos alunos (Ausubel, 2003) sobre acústica, que responderam um questionário individual. Isso lhes permitiu avaliar suas próprias concepções sobre o assunto e, posteriormente, nortear a abordagem adotada nas atividades subsequentes da sequência Didática. | Durante o processo de aprendizagem, a estrutura cognitiva existente e o conhecimento recém-adquirido influenciaram-se e alteraram-se mutuamente. Isso destaca a importância do conhecimento prévio para permitir que os alunos naveguem e resolvam com eficácia os desafios apresentados em sala de aula. |
| 16 | 02 | Integrar teoria e prática no ensino de acústica por meio da plataforma PhET, aplicando os princípios da pesquisa translacional para promover a aprendizagem significativa dos alunos. | Utilizando a Plataforma PhET Colorado, os alunos realizaram experimentos virtuais em acústica por meio do Laboratório Virtual. A apresentação da plataforma incluiu uma demonstração abrangente da sua utilização e exploração de todos os recursos essenciais necessários ao desenvolvimento da atividade. Estas atividades não só forneceram fatos intrigantes e questões instigantes, mas também incentivaram os alunos a procurar ativamente respostas dentro da plataforma virtual. Essa etapa de aprendizagem incentivou os alunos a superarem seus conhecimentos existentes e mergulharem em novos domínios de compreensão (Ausubel, 2003). | Segundo Ausubel (1980, p. 96), o conceito de ancoragem enfatiza que o conhecimento prévio do aluno é o fator mais significativo para influenciar a aprendizagem. O princípio central da Teoria de Ausubel (2003) gira em torno da ideia de que a Aprendizagem Significativa ocorre quando novas informações ou conhecimentos estão conectados a aspectos relevantes já presentes na estrutura de conhecimento de um indivíduo (Novak *et al.*, 2000, p. 51). |
| | | Aplicar a metodologia Sala de Aula Invertida;<br>Usar a fotografia como técnica de coleta de dados | Este encontro se destina a realização de uma roda de conversa sobre acústica, baseada em artigos científicos, distribuídos ainda na terceira aula onde foram formados grupos com o mesmo desafio para discussão da temática no cotidiano.<br>Ainda nessa aula, foram distribuídos os roteiros de gravação entre os grupos | O processo de ensino foi baseado na metodologia da Sala de Aula Invertida. Nessa proposta, o estudante irá aprender a matéria nova em casa, por conta própria, e em sala de aula contará com professor como apoio, para realizar a fixação do conteúdo. A ideia é que os alunos utilizem o tempo em sala de aula para potencializar o |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 01 | | formados, no qual estudaram o roteiro e seus personagens ao passo que se aprofundavam no conteúdo, utilizando a metodologia da sala de aula invertida.<br>Ainda, fez-se uso da fotografia para registro das memórias e observações. | aprendizado, já tendo contato com o assunto antes de estarem, fisicamente, na presença de um professor Bacich e Moran (2017). |
| 16 | 02 | Gravar e editar vídeo de curta metragem usando o próprio celular | Esse encontro foi utilizado para a realização das gravações e edições dos vídeos. Vale ressaltar que foi permitido aos alunos adequarem o roteiro de gravação a sua linguagem e realidade. | Ausubel (2003) ressalta que Aprendizagem Significativa não quer dizer aprendizagem estritamente ligada ao conhecimento formal, validado. Para o autor, atribuir significados a um conhecimento a partir da interação com seus conhecimentos prévios, estabelece a Aprendizagem Significativa, independentemente de esses significados serem aceitos no contexto do aluno. |
| 16 | 01 | Apresentar e socializar a Mostra de Curtas Metragens com alunos e professores;<br><br>Relacionar teoria e prática evidenciando o processo ensino aprendizagem em Acústica. | Nesse encontro houve a Mostra dos Curtas Metragens<br>e explicações de como se deu o processo de ensino aprendizagem<br>envolvendo professor e alunos. | A aplicação da pesquisa translacional no Ensino de Física, aplicada a abordagem de Ausubel, não só fortaleceu o entendimento dos alunos sobre os princípios físicos fundamentais, mas também os motivou a buscar mais experiências educativas interativas e envolventes, como destacado pelos comentários dos alunos sobre o desejo por mais aulas desse tipo Moreira (2009). |
| 16 | 01 | Avaliar, por meio de questionário, a aprendizagem dos alunos participantes do processo de produção de vídeos didáticos abordando a Física da acústica;<br><br>Analisar as contribuições da | Discussão abrangendo todas as etapas do processo no intuito de esclarecer pontos que não foram bem compreendidos e ouvir os alunos sobre suas impressões, fazendo uso do questionário Pós-teste. | As aulas experimentais, realizadas pelo docente e concretizadas pelos alunos, têm como objetivo ir além da observação direta das evidências e da manipulação dos materiais de laboratórios, devem oportunizar condições para que os alunos possam levantar e testar suas ideias ou suposições sobre os |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | produção e simulação de vídeos de curta metragem para o processo ensino-aprendizagem de Acústica por meio do pós-teste. | | fenômenos científicos a que são expostos, sendo protagonistas do seu próprio conhecimento. Nessas atividades, ocorre a aprendizagem significativa, conforme proposta por Ausubel, foi evidente, pois os alunos conseguiram relacionar os novos conceitos aos seus conhecimentos prévios, construindo um entendimento mais profundo e duradouro dos fenômenos estudados (Ausubel, 2003). |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2024).

Conforme dimensionado no Quadro acima, a primeira etapa da Sequência Didática constituiu-se na identificação dos conhecimentos prévios dos alunos como discorrido minunciosamente a seguir.

**Primeiro aula:** Durante este encontro, o objetivo principal foi avaliar o conhecimento existentes dos alunos sobre Acústica, utilizando um questionário que ajudaria a descobrir seus conhecimentos prévios (Ausubel, 2003).

Esse questionário foi aplicado individualmente, permitindo que os alunos tomassem consciência de suas próprias concepções sobre o tema. A intenção deste exercício foi orientar as atividades subsequentes na implementação de uma Sequência Didática para fins de produzir vídeos de curta metragem com conteúdos de Acústica.

Houve a aplicação de um pré-teste para aferição dos conhecimentos prévios, acerca dos conhecimentos de Acústica e a capacidade de aplicar esse conhecimento para resolver as 10 (dez) questões incluídas no questionário. Na sala de aula estava presente 29 alunos da 3ª série do Ensino Médio do Ceti Moaci Madeira Campos. Para mais detalhes, no Quadro 2, estão disponibilizadas as questões do pré-teste.

**Quadro 22** - Sondagem dos alunos do Ensino Médio do Ceti Moaci Madeira Campos, sobre seus conhecimentos prévios antes da aplicação do Produto Educacional (PE)

| **Questões** |
|---|
| 01 - Como podemos definir ondas sonoras? |

02 - A velocidade de propagação das ondas sonoras varia de acordo com as características elásticas do meio, como a temperatura, por exemplo. Diante disto, podemos dizer que:

f) $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)}$

g) $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$

h) $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$

i) $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Líquido)}$

j) $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} = V_{Som\ (Gás)}$

03 - As ondas sonoras, são ondas capazes de transportar em sua propagação:

e) Matéria

f) Energia

g) Matéria e Energia

h) Nenhuma das Alternativas Anteriores

4. Embora a sensibilidade da orelha humana possa sofrer variação à medida que a pessoa envelhece, podemos dizer que uma pessoa com condição normal tem capacidade auditiva para identificar ondas sonoras cuja faixa do som audível esteja compreendida entre:

f) 1Hz e 20Hz

g) 10Hz e 100Hz

h) 15Hz e 50000Hz

i) 20Hz e 20000Hz

j) 30KHz e 100KHz

5. Ao descrevermos as qualidades fisiológicas do som, antes de qualquer advento tecnológico, usamos como parâmetro nossa sensibilidade auditiva. Ou seja, destacamos as qualidades que dependem da interação do ser humano com o som, que são a altura, a intensidade e o timbre. Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir:

d) É a característica que nos permite distinguir sons de mesma frequência, emitidos por fontes sonoras diferentes

( ) Altura

( ) Intensidade

( ) Timbre

e) Está relacionado ao volume do Som

( ) Altura

( ) Intensidade

( ) Timbre

| |
|---|
| f) Relacionado a voz humana com a masculina grave e a feminina aguda<br>( ) Altura<br>( ) Intensidade<br>( ) Timbre |
| 6. O ser humano só consegue distinguir dois sons com intervalo de tempo superior a um décimo de segundo (0,1 s). Tal intervalo é denominado persistência acústica. Quando se pode distinguir o som refletido do som direto o fenômeno é chamado de:<br>f) Difração<br>g) Interferência<br>h) Reverberação<br>i) Eco<br>j) Polarização |
| 7. A acústica de um projeto de arquitetura pode influenciar diretamente a experiência das pessoas em um ambiente. Já imaginou um teatro em que não seja possível ouvir com nitidez a voz dos atores? Ou uma casa de show em que a música não chega de forma agradável aos ouvidos? Para garantir que o projeto acústico seja perfeito, é necessário controlar um fenômeno ondulatório gerado pela reflexão do som chamado de:<br>a) Difração<br>b) Interferência<br>c) Reverberação<br>d) Eco<br>e) Reforço |
| 08- Qualquer material pode bloquear uma parte do som. Em casa, algumas vezes nos comunicamos com a família mesmo estando dentro de um quarto fechado. A comunicação é possível graça ao fenômeno ondulatório:<br>a) Difração<br>b) Interferência<br>c) Reverberação<br>d) Eco<br>e) Reforço |
| 09 - A acústica aborda fenômenos ondulatórios, bem como as características do som. Em que áreas podemos ver suas aplicações? Cite todas que souber. |
| 10. Como você descreveria o efeito doppler? |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2024).

**Segunda e Terceira aulas:** Após a aplicação do pré-teste, essas questões foram discutidas nas aulas 2 e 3, considerando o uso dessa plataforma Phet, por meio dela levou-se a uma sessão informativa/reflexiva sobre fenômenos sonoros, utilizando materiais introdutórios que correspondiam aos temas avaliados no pré-teste. Nosso objetivo foi trazer de volta as questões para analisar, a partir da perspectiva dos alunos, facilitar a organização prévia deste conteúdo e dissipar quaisquer equívocos ou conhecimentos empíricos expressos pelos alunos em suas respostas.

Os recursos utilizados neste estudo consistiram no simulador PHET, artigos acadêmicos cuidadosamente escolhidos e vídeos educacionais que discutem especificamente o assunto em questão. Com estas ferramentas à disposição, os alunos são incentivados a cultivar aptidões e competências essenciais, incluindo a capacidade de compreender e analisar literatura científica. Além disso, o objetivo principal é que os alunos melhorem a sua compreensão dos princípios fundamentais da física abordados em Acústica, ao mesmo tempo que obtêm uma visualização mais clara destes fenômenos através da utilização do simulador.

As atividades contemplaram curiosidades e perguntas desafiadoras, motivando-os a encontrarem respostas através de conexões realizadas de seus conhecimentos prévios com as simulações da plataforma virtual.

Ao incorporar o pré-teste e esta etapa subsequente, reforçamos o desenvolvimento das estruturas mentais existentes nos alunos, ultrapassando-os rumo ao novo conhecimento (Ausubel, 2003).

**Quarta aula:** Para avançar ainda mais em nossos objetivos, facilitamos um debate em sala de aula centrado nos materiais utilizados na fase anterior. Esta atividade específica foi projetada para incentivar os alunos a contemplar conceitos anteriores e estabelecer conexões com os materiais introdutórios, determinando assim se ocorreram modificações ou expansões

Este encontro teve como objetivo aplicar a proposta da Sala de Aula Invertida, no qual realizou-se uma discussão de textos científicos que abordavam a Acústica no cotidiano. No qual cada grupo apresentou sua discussão ao mesmo tempo em que também foram questionados. Essa atividade trouxe muita interação e elevou a participação e interesse dos alunos, apresentado na Foto 1.

**Foto 11** - Discussões dos artigos científicos sobre Acústica, mediada pelo professor.

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Durante a discussão, os estudantes se depararam com um desafio, expressando suas ideias de maneira coerente e até mesmo demonstrando um pensamento crítico, no qual foram capazes de fundamentá-las com base nos conhecimentos científicos adquiridos em sala de aula. Essa situação valida a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, uma vez que esse novo conhecimento está relacionado aos conhecimentos prévios desses alunos

No final da aula, foram distribuídos os roteiros para as gravações do curta metragem para cada grupo e passado as orientações coletivas e individuais.

**Quinta e sexta aulas:** Nesse encontro, tivemos como foco as gravações do curta metragem abordando os fenômenos relacionados ao som e as edições dos vídeos que se utilizou para este o próprio celular como ferramenta tanto de gravação como de edição. Essa fase permitiu que os alunos vissem as conexões entre os conceitos que estavam estudando sob diferentes perspectivas. A Figura 21, mostra os alunos realizando a edição dos vídeos.

**Foto 12** - Edição dos vídeos de curta metragem, utilizando o próprio celular.

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A fase inicial, que envolveu a divisão dos roteiros de gravação dos vídeos de curta metragem e a formação dos grupos, ocorreu logo após, o pré-teste, na primeira aula. Os demais componentes foram programados para serem concluídos ao longo de duas horas-aula aqui indicado como quinta e sexta aula, possibilitando a opção de gravação na escola ou na própria residência dos alunos. Vale ressaltar que um dos grupos decidiu usar o cenário da casa de uma das alunas para as gravações.

Terminadas todas as gravações e edições, elas foram submetidas ao professor para avaliação. Após receberem *feedback* satisfatório, os vídeos foram exibidos no Ceti Moaci Madeira Campos como parte de uma exposição especial sobre as aplicações práticas da física no dia a dia. Para mais detalhes, no Quadro 2, estão disponibilizados os roteiros de gravação dos vídeos de curta metragem.

**Quadro 23** - Roteiros de gravação dos vídeos de curta metragem.

| **Roteiros** | **Descrição** |
|---|---|
| **Roteiro 1:** Acústica e Música<br>Personagens: Alex; Bell; Sonayra; Rafa e Tom. | **Vídeo 1 - Qualidades fisiológicas do som e cordas vibrantes**<br><br>*BELLI e BIA, estão no pátio da escola no intervalo, apreciando uma música tocada no violão por SONAYRA. Quando ALEX e RAFA, aparecem, cumprimentando-as e comenta* |

| | |
|---|---|
| | ALEX: SONAYRA você toca bem e você BELL, está cantando muito bem.<br>(Nesse momento, BELL por saber que ALEX, é bem dedicado aos estudos, o interroga)<br>BELL: - ALEX, quando tocamos uma canção, todos os instrumentos fazem a mesma nota e minha dúvida é como é possível diferenciar os instrumentos quando todos tocam juntos? Ainda não compreendi essa aula!<br>ALEX: - Bell, isso tem a ver com o conteúdo que o professor disse que ministraria na próxima aula, trata-se da Acústica na Física, eu já li um pouco até tirei umas dúvidas sobre esse conteúdo agora a pouco com o professor porque eu estava curioso, mas, lhe respondendo isso tem a ver com o Timbre dos instrumentos.<br>BELL: -ah! Mas, ALEX, o que é esse timbre eu tenho uma noção quando tocamos a guitarra e que possuem um timbre bem legais, mas, não estou conseguindo compreender esse conceito agora que você me fez refletir.<br>ALEX: Timbre é a qualidade do som que nos permite diferenciar sons de mesma Frequência.<br>BIA: - Aí! Eu acho que entendo um pouco dessa frequência, exclamou BIA!. Quando afinamos as cordas do vilão o afinador mostra a nota e a frequência, por exemplo: a nota Lá a frequência é 440Hz.<br>BELL: BIA, já percebeu que quando você toca as notas mais próximas das últimas casas, o som fica mais fino que lá no início?<br>BIA: Verdade!<br>RAFA: Pessoal, a Acústica explica isso, o tamanho da corda influencia na frequência sonora, então, sempre que você diminuir o tamanho da corda, ou seja, quando você formar o acorde mais próximo dos últimos trastes, o som fica mais **Agudo** e se você fazer o acorde lá no início e o som fica mais **Grave**, ou seja, quanto menor o comprimento da corda, mais vibrações ocorrerão num mesmo intervalo de tempo e mais agudo o som parecerá. Assim, a altura do som está diretamente relacionada com o número de vezes que a corda vibra num determinado intervalo de tempo, isso é uma outra característica do som chamada Altura.<br>BELL: RAFA, mas, a altura não tem a ver com o volume?<br>BIA: É RAFA, Minha mãe as vezes grita BIA abaixa a altura desse som<br>RAFA: Na verdade é uma ideia equivocada que possuímos dessa qualidade sonora. A Altura é a característica do som associada aos sons grave, baixa |

| | |
|---|---|
| | frequência e agudo alta frequência. Essa questão de aumentar ou baixar o volume está associada a intensidade sonora.<br>BELL: ah!, tem a ver com os decibéis, que nós podemos ouvir sem nos prejudicar até 110?<br>RAFA: Tudo haver BELL.<br>BIA: Então pessoal deixa eu ver se eu entendi. Eu consigo identificar cada instrumento numa música porque eles apesar de tocarem a mesma nota, para formar a harmonia eles possuem timbres diferentes e quando minha mãe me grita para abaixar a altura do som, na verdade eu preciso é diminuir a intensidade do som, porque a altura está relacionada ao som Grave e Agudo.<br>ALEX: Isso mesmo BIA!<br>SONAYRA: E como é que vocês, aprenderam isso tudo gente?<br>RAFA: Igual a vocês! Exclamou Rafa.<br>BELL: Como assim! exclamou Bell e suas amigas ao mesmo tempo.<br>RAFA: Para ajuda-los a entender e responder os questionamentos de vocês, eu usei o conhecimento prévio que vocês já tinham, sobre o som, usando o violão como instrumento de aprendizagem, permitindo a vocês conectarem essa experiência com os conhecimentos já existentes, para formar o novo conhecimento apresentado a vocês.<br>BIA: Nossa, onde você aprendeu tudo isso?<br>(Rafa todo orgulhoso de ter colocado em prática o que aprendeu nas aulas de Física, Exclama)<br>RAFA: Com meu professor de Física! Exclamou Rafa, ele sempre usa metodologias ativas e significativas, levando em conta o que já sabemos, e isso nos proporciona chegar ao novo conhecimento.<br>(BIA E BELL agradecem as explicações dadas por ALEX E RAFA)<br>BELL: -Muito obrigado amigo, agora a Física ficou clara pra mim.<br>(BIA também agradece as explicações dadas por ALEX)<br>BIA: - ALEX, a Física agora ficou interessante, me deu até vontade de estudar mais essa disciplina! Exclamou BIA.<br>Nesse momento TOM se aproxima e pergunta, o que vocês estão fazendo? Bell e suas Amigas respondem:<br>- Aprendendo Física!<br>TOM continua: Sem papel e caneta? |

| | |
|---|---|
| | Todos, começam a sorrir! (por parecer até uma piada, por aprender a Física num momento de descontração) |
| **Roteiro 2:** O SOM: Infrasom, ultrasom, e aplicações<br>Personagens: Mary, Marília, Maria e Juciara | **VÍDEO 2 - (Tema: O SOM)**<br><br>*Marília está na escola quando Maria e Mary, se aproximam e iniciam um diálogo:*<br>MARY: - MARÍLIA, está melhor? Ontem você faltou a aula e nos informaram que foi realizar alguns exames... foi por conta das tonturas que veem sentindo?<br>MARÍLIA responde:<br>- Por conta dessas tonturas fiz vários exames ontem que o otorrinolaringologista passou, por isso ontem não vim a escola.<br>MARY: Como que são esses exames?<br>MARÍLIA: ah tem um que me fez ver o mundo girar<br>(Todos sorriem nesse momento e MARÍLIA, prossegue)<br>MARÍLIA: Mas, teve um que foi bem tranquilo e achei que teria tudo a ver com o conteúdo que o professor iniciou conosco e que talvez na minha ausência de ontem ele tenha falado sobre isso. O nome do exame é audiometria.<br>MARY: o professor comentou sobre esse exame que os fonoaudiólogos fazem, para sabermos o intervalo de frequência sonora que ouvimos.<br>MARÍLIA: me explica melhor MARY.<br>MARY: professor explicou que ao avançarmos em idade ou por alguma infecção, ou simplesmente por ouvir música no fone de ouvido em nível alto por muito tempo, podemos perder um pouco da nossa audição e pode nos levar alguns problemas de saúde como zunido e sempre é passado esse exame quando se investiga a labirintite.<br>MARIA: Isso mesmo MARÍLIA, professor mostrou que os nossos ouvidos só conseguem captar sons com frequências entre 20HZ e 20KHz, inclusive até nos mostrou um aplicativo para baixarmos e fazermos o teste me deixa te mostrar.<br>(MARIA mostra o *app sound Frequency creator*)<br>MARÍLIA: então vamos testar! Nesse momento ligam o aplicativo e verificam em que ponto Marília, está ouvindo<br>MARÍLIA: hum então deve ser isto, não consegui ouvir todos os sons, será que estou perdendo audição? Bem que a doutora falou que eu devia dá um tempo nos fones de ouvido, porque eu uso todo tempo... |

| | |
|---|---|
| | MARY: Vocês lembram que também existem os infras sons e os ultrasons?<br>(MARÍLIA, pergunta:)<br>MARÍLIA: que são os infras e ultrasons?<br>(Mary responde a pergunta de Marília)<br>MARY: os infrassons são sons de baixa frequência menores que 20Hz e o ser humano não consegue ouvir eles são mais graves, porém animais como os elefantes, a toupeira escutam e os ultrassons, são sons muito altos em frequência e que também o ser humano não escuta são mais agudos e que também tem animais como os gatos e cachorros que escutam.<br>MARÍLIA: ah! Então foi isso que escutei na hora do exame. Cara, vocês aprenderam tudo isso na aula? Como o professor fez?<br>MARIA: lembra da JUCIARA? ela disse que ontem a mãe dela fez uma ultrassonografia e descobriu o sexo do bebê. A partir daí o professor iniciou uma série de perguntas reflexivas sobre o que é o som e onde imaginamos que ele possa está aplicado, no caso dela o ultrassom permitiu que soubessem o sexo do irmãozinho dela e hoje aprendemos melhor com você como funciona a audiometria.<br>MARÍLIA: estamos todas feras na Física<br>(Todos sorriem juntos) |
| **Roteiro 3:** Distúrbio Viajante Maquinas de ondas<br>Personagens: Pedro; Bel; Lucas | **VÍDEO 3 - (Tema: REFLEXÃO DAS ONDAS)**<br><br>***CENA-01*** (Três amigos estão comentando como foi proveitosa a última aula de física, quando PEDRO tem uma ideia)<br>PEDRO: sabe eu aprendo mais os conteúdos fazendo na prática, que tal a gente construir o experimento da aula que o professor comento?<br>LUCAS: Qual?<br>PEDRO: Maquinas de ondas. aqui na minha casa, tenho os palitos de churrasco e a fita adesiva e tem também umas caixas de massinha<br>BEL: O pessoal, vocês podem ir explicando pra mim sobre esse experimento<br>PEDRO: claro que sim, é sobre a reflexão da onda.<br>LUCAS: mas, não se preocupe Bel, vamos montar primeiro o experimento e depois explicamos melhor pra você, já que poderá ver com seus próprios olhos a onda se propagando.<br>***CENA -02 -***(segue a montagem do experimento e PEDRO vai explicando o passo a passo, finalizado a montagem chegou a hora de demonstrar para BEL)<br>***CENA 03 -*** |

| | |
|---|---|
| | PEDRO e LUCAS: demonstram o experimento<br>LUCAS: BEL você sabe o que é o som?<br>BEL: eu entendo, mas, não compreendo<br>PEDRO: som é uma mecânica que precisa de um meio material para se propagar, por isso, estaremos usando esse experimento para mostrar a você como uma onda mecânica se propaga<br>BEL: ah! Agora estou entendendo<br>PEDRO: é muito importante dizer que as ondas não transportam matéria, somente energia, veja Clara como isso é evidenciado em nosso experimento<br>BEL: Verdade! e qual a velocidade então do som da minha voz?<br>LUCAS: no Ar! É de 340 m/s<br>BEL: tão rápido assim?<br>LUCAS: isso mesmo, e em outros materiais essa velocidade possui outros valores, nos sólidos a velocidade é muito maior<br>BEL: Agora, além de aprender comecei a gostar de Física.<br>PEDRO: vamos levar nosso experimento para a próxima aula de Física<br>LUCAS: verdade quem sabe ganhamos 1 ponto extra...<br>(A cena encerra-se com todos animados) |
| **Roteiro 4:** Distorção no som da buzina, por meio da alteração da frequência através da mudança de velocidade entre a fonte e observador<br>PERSONAGENS:<br>Marcos**;** Mateus e Moisés | **VÍDEO 4 – (Tema: EFEITO DOPPLER)**<br><br>*Um grupo de alunos vai atravessar a rua, fora da faixa de pedestre, nesse momento passa um carro em alta velocidade e sem parar continua seu trajeto buzinando, além de assustar a todos, um dos alunos faz a seguinte observação:*<br><br>MARCOS: além, do susto vocês perceberam que o som da buzina ficou diferente enquanto o carro se aproximava de nós e depois que se afastou? (fala sorrindo)<br>MOISÉS: foi exatamente o que aprendemos hoje na aula de Física, sobre Efeito doppler.<br>MATEUS: quando o carro se aproxima a frequência aparente aumenta o som fica mais agudo, e depois que passa por nós a frequência aparente diminui produzindo um som mais grave e isso foi possível porque estamos parados em relação a fonte sonora que no caso foi a buzina que está em movimento<br>Moisés: então presenciamos a física na nossa vida e mal saímos da escola... (todos riem) |

| | |
|---|---|
| | MARCOS: A Física, está em todo lugar! na nossa sala o professor já nos apresentou até a formula para calcular o efeito doppler que é frequência aparente = frequência da fonte x (a velocidade do som +_ a velocidade da fonte)/ velocidade do som _+ velocidade da fonte( nesse caso o carro)<br><br>(enquanto Marcos vai falando, Marcos vai vendo a construção da formula)<br><br>MARCOS**:** galera quer saber nesse mês vai ser é 10 em física |
| **Roteiro 5:** Fenômenos sonoros<br>Personagens: Fran; João; Maria; Mila, Pai. | **VÍDEO 5 – (Tema: REFLEXÃO e DIFRAÇÃO SONORA)**<br><br>***CENA - 01***<br>Quatro amigos estão no quarto em quanto o Pai de Franciele grita: Franciele, venha aqui!.<br>FRANCIELE: meninas, vamos continuar e fazer de contas que a não ouvimos a porta está fechada mesmo, porque meu pai me chama a todo momento<br>PAI abre a porta e diz:<br>PAI: Filha você não me ouviu chamá-la?<br>FRANCIELE: não pai! (exclamou Franciele)<br>PAI: Filha eu sei que mesmo com a porta fechada você me ouviu, é pra vocês virem lanchar... ou não querem?<br>FRANCIELE: oh Paizinho obrigada... vamos pessoal depois continuamos, os estudos.<br>***CENA 02 – À MESA LANCHANDO***<br>MILA: Fran você percebeu o que sua Pai disse? é algo bem parecido com o que o professor comentou na sala de aula.<br>JOÃO: foi mesmo, a difração! (Exclamou JOÃO)<br>MARIA: isso mesmo, ele falou que o som contorna os obstáculos<br>FRAN: um por isso minha mãe falou que ouvimos e estávamos mesmo.<br>MILA: a difração é um fenômeno da acústica<br>FRAN: será que meu pai ainda lembra de acústica, porque faz muito tempo que terminou os estudos...<br>(todos sorriem, e muda para a próxima cena)<br><br>***CENA 03 - BANHEIRO***<br>JOÃO: Ei Fran aqui no seu banheiro parece que tem muito eco. |

| | |
|---|---|
| | FRAN: Já percebi, mas, dependendo da sua posição, a impressão que tenho é de um som mais forte também.<br>MILA: Amigas, ontem na minha turma tivemos aula de acústica e o professor explicou esses fenômenos pra nós.<br>JOÃO: ah! amiga na nossa turma a aula ainda não aconteceu.<br>FRAN: Mila, então nos explica que fenômeno é esse.<br>MILA: esse é o fenômeno da reflexão do som, que pode gerar o Eco, reverberação e Reforço, mas, o que nós ouvimos aqui não foi o eco<br>JOÃO: como não? Indaga João, se ouvir minha voz se repetindo a frase quase toda<br>MARIA: isso mesmo a frase quase toda<br>FRAN: não entendi?<br>MARIA: Quando falamos, e o intervalo do retorno do som da nossa voz é zero em relação a nós, percebemos o som mais forte isso é reforço, mas, se esse intervalo for maior que zero e menor que 0,1s, então, é a reverberação, parece com o eco, mas, não escutamos a palavra repetida por inteiro só o final dela e a partir do intervalo de 0,1s temos o eco, onde falamos e ouvimos a palavra se repetindo por completo, mas, para isso acontecer precisamos está a 17m de uma parede.<br>JOÃO: começando a entender<br>FRAN: fiquei em dúvida em uma coisa. Porque 0,1s?<br>MILA: porque esse é o intervalo mínimo que nossos ouvidos levam para distinguir sons de fontes diferentes e é chamado de persistência sonora<br>FRAN: e porque só percebemos o eco se estivermos a 17 m?<br>MARIA: ah! Essa eu provo pra você fazendo uma simples continha. Vocês lembram da aula de ondas sonoras? Qual foi a velocidade do som no ar que o professor mostrou a vocês?<br>JOÃO: gente, não entendemos muita coisa e estamos atrasados nos estudos.<br>FRAN: Eu sei é de 340m/s, eu já sabia dessa informação, vi num filme.<br>MILA: isso mesmo 1. e como podemos calcular a velocidade do som no ar?<br>FRAN: Velocidade é a distância dividida pelo tempo?<br>MILA: muito bem. Porém, ainda tem outro detalhe. Então, se já sabemos que a velocidade do som no Ar é de 340m/s e que a persistência auditiva humana |

| | |
|---|---|
| | é de 0,1s, podemos usar essa formula para descobri a distância mínima para ouvirmos o eco. Porém, precisamos levar em conta que esse tempo de 0,1s é o tempo que o som leva para ir até a parede e retornar aos nossos ouvidos. Logo nesse caso, precisamos usar a metade desse tempo, pois, assim estaremos medindo a distância só de ida.<br>JOÃO: Mila posso usar o celular para conferir o resultado?<br>MILA: pode sim! (Exclama Mila)<br>JOÃO: deu certo, é isso mesmo 17m<br>FRAN: MILA E MARIA, como conseguiram aprender tudo isso?<br>MARIA: Assim como vocês! O que fizemos foi apenas usar o conhecimento prévio que vocês já tinham sobre esses fenômenos, pois já tinham experienciado, como a velocidade do som que viram num filme, e a experiência de perceber no banheiro o fenômeno acústico e inserindo vocês na situação, vocês conseguiram compreender o novo conhecimento.<br>(Fran elogia Mila e Maria)<br>FRAN: vocês são muito inteligentes mesmo, e essa é uma forma muito interessante de aprender.<br>MILA: aprendemos dessa forma com o nosso professor<br>FRAN: que pena que ele não é o nosso também...<br>(todas se olham e MILA se despede)<br>MILA: Meninas, já vou indo, nos vemos outro dia<br>FRAN e JOÃO agradecem a MILA e MARIA que também sai. |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

**Sétima Aula:** Essa aula, teve como objetivo Apresentar e socializar a Mostra de Curtas Metragens com alunos e professores, relacionando a teoria e prática evidenciando o processo ensino aprendizagem em Acústica. Devido a repercussão na comunidade escolar desta atividade, foi sugerido pelos próprios alunos que esse trabalho fosse apresentado a todos os alunos. Então, foi feito um evento que mobilizou a escola e a 19ª GRE Seducpi, que se fizeram presente na Mostra de vídeos de curta metragem no ensino de Acústica, apresentadas pelos alunos do 3 Ano do Ceti Moaci Madeira Campo. A apresentação ocorreu no partiu da escola com a presença de todos os alunos e representantes da secretaria de educação do estado do Piauí. Na Foto 3 e Foto 4, mostra algumas imagens do dia da apresentação

**Foto 13** - Mostra de vídeos de curta metragem.

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Na foto 3, tem-se toda comunidade escolar reunida no pátio da escola Ceti Moaci Madeira Campos, para prestigiar a Mostra de vídeo de Curta Metragem. Na Foto 4, ilustra a apresentação de um dos grupos de alunos.

**Foto 14** -Mostra de vídeos de curta metragem

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A Foto 4, ilustra os alunos estão descrevendo todo o processo para a produção e simulação do vídeo e em seguida apresentam o vídeo produzido por eles, evidenciando o quão significativa a atividade foi.

**Oitava aula:** Na fase final, o objetivo foi avaliar a compreensão abrangente dos alunos através de um Pós-teste que abrangeu todas as etapas do processo. Isso permitiu esclarecer eventuais conceitos mal compreendidos e proporcionou aos alunos a oportunidade de compartilhar suas impressões sobre o desenvolvimento da Sequência Didática. Embora cada aula tenha sido abordada separadamente, houve uma forte ligação entre elas, resultando em uma utilização mais eficiente da sequência como um todo. Optar por uma implementação mais estruturada da Sequência Didática facilita sua aplicação em sala de aula, oferecendo aos professores fácil acesso e metodologia direta. Este recurso é particularmente valioso para educadores que buscam diversificar suas práticas de ensino, pois apresenta uma Sequência Didática que apoia efetivamente o ensino e a aprendizagem de Acústica.

A aplicação de um pós-teste na fase final, teve como finalidade, confirmar o alcance dos objetivos do produto educacional. É importante notar que uma análise abrangente da implementação e dos resultados do produto educacional será fornecida na seção subsequente. Para mais detalhes, no Quadro 4, estão disponibilizadas as questões do pós-teste.

**Quadro 24** - Sondagem dos alunos do Ensino Médio do Ceti Moaci Madeira Campos, sobre seus conhecimentos após a aplicação do Produto Educacional (PE)

| **Questão** |
|---|
| 1- Antes da atividade, você tinha conhecimento sobre a fisiologia do som? Se sim, quais você conhecia? e quais formas de tratamento para essas anomalias você conhecia? |
| 2- Em uma escala de 0 a 10, qual pontuação você atribuiria para a utilização dessa atividade nas aulas de Física? |
| Q3- Na sua opinião, você conseguiu aprender os conteúdos de Física através da construção dos vídeos? Se sim, indique as vantagens e/ou as desvantagens em aprender Física desta forma. |
| 4- Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade em que você participou?<br>( ) Muito satisfeito ( ) Satisfeito ( ) Indiferente ( ) Pouco satisfeito |

| |
|---|
| ( ) Nada satisfeito ( ) Outro: |
| 5- Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem? Se sim, quais foram essas dificuldades? |
| Q6- Você concorda que através da construção dos vídeos e as discussões realizadas dentro da sala de aula. Esta atividade contribui para o esclarecimento de suas duvidadas em relação a Acústica como os fenômenos sonoros e fisiologia do som?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo mais ou menos ( ) Não concordo, nem discordo<br>( ) Discordo mais ou menos ( ) Discordo totalmente ( ) Outro: |
| 7- Você participaria novamente dessa atividade?<br>( ) Sim ( ) Não ( ) Talvez ( ) Com certeza ( ) Nunca ( ) Outro: |
| Q8 - Você concorda que a atividade proposta contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos de Acústica relacionado ao som e suas características?<br>( ) Concordo totalmente ( ) Concordo mais ou menos ( ) Não concordo, nem discordo<br>( ) Discordo mais ou menos ( ) Discordo totalmente ( ) Outro: |
| Q9- Você consegue diferenciar as características do som como timbre, intensidade e altura do som?<br>( ) Sim ( ) Não ( ) Outro: |
| 10 - Como você compreende os fenômenos da difração sonora e efeito doppler, após, a realização de produção de vídeos de curta metragem? |

**Fonte:** Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A foto 5 ilustra a aplicação do pós-teste, um momento crucial para avaliar o entendimento e a retenção de conhecimentos adquiridos pelos participantes durante o treinamento. Nessa fase, os alunos são submetidos a uma série de questões que refletem o conteúdo abordado, permitindo identificar áreas de sucesso e aspectos que ainda precisam ser aprimorados.

**Foto 15** - Aplicação do pós-teste

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise dos resultados do pós-teste é fundamental para ajustar futuras sessões de formação, garantindo a eficácia do processo educativo. Além disso, proporciona um feedback valioso tanto para os instrutores quanto para os alunos, promovendo um ciclo contínuo de melhoria.

Na seção seguinte, abordaremos a Aprendizagem Significativa do conhecimento prévio ao novo conhecimento no ensino de Acústica. Este processo envolve a integração de conceitos já conhecidos pelos alunos com novos conteúdos, facilitando a compreensão e retenção das informações.

# 4. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: DO CONHECIMENTO PRÉVIO AO CONHECIMENTO RESIGNIFICADO NO ENSINO DE ACÚSTICA

Nesta seção, o objetivo foi verificar como os conhecimentos prévios progridem em direção ao novo conhecimento. Conforme discutido anteriormente, a Aprendizagem Significativa ocorre quando novos conhecimentos interagem de maneira não arbitrária e não literal com conhecimentos prévios relevantes, chamados de subsunçores.

Através de interações sucessivas, um subsunçor específico adquire gradualmente novos significados, tornando-se mais rico, refinado e diferenciado, e tornando-se capaz de servir como base sólida para novas aprendizagens significativas (Ausubel, 2003).

Para realizar uma análise qualitativa deste estudo, que se baseia na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) desenvolvida por David Ausubel, examinamos e interpretamos os dados derivados dos resultados da implementação do produto educacional. Nosso processo de coleta de dados envolveu a utilização de instrumentos de observação e questionários (iniciais e finais) aplicados a alunos do 3º ano do ensino médio de uma escola pública da Rede Pública Estadual de Ensino do município de Teresina.

A análise de conteúdo, foi realizada conforme proposta por Bardin (2011), que a destaca como uma técnica fundamental para a interpretação de dados textuais, permitindo uma compreensão profunda dos conteúdos implícitos nas comunicações.

Uma das principais contribuições de Bardin é a sistematização do processo analítico em etapas bem definidas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A fase de pré-análise envolve uma leitura flutuante e a escolha de documentos, buscando uma primeira aproximação com o material. Durante a exploração do material, o texto é segmentado em unidades de significado, que são então categorizadas e classificadas conforme critérios específicos. Finalmente, o tratamento dos resultados permite uma análise quantitativa e qualitativa dos dados, culminando na interpretação que relaciona os achados com as hipóteses iniciais e o referencial teórico utilizado, (Franco, 2018). Esse rigor metodológico garante que a análise seja replicável e que os resultados sejam robustos e confiáveis.

Ademais, a análise de conteúdo permite a inferência de conhecimentos além do que está explicitamente presente no texto, revelando padrões subjacentes e estruturas simbólicas que muitas vezes passam despercebidos em uma leitura superficial. Bardin (2011) enfatiza a importância da triangulação metodológica, onde diferentes fontes de dados e métodos de análise são combinados para enriquecer a interpretação dos resultados. Essa abordagem permite uma compreensão mais holística dos fenômenos estudados, proporcionando insights valiosos para áreas como a sociologia, a comunicação, a psicologia e a educação (Minayo, 2017). A riqueza dessa técnica reside em sua capacidade de transformar dados qualitativos em informações quantitativas, sem perder a profundidade interpretativa, fazendo dela uma ferramenta indispensável para pesquisadores comprometidos com uma análise criteriosa e fundamentada.

Na subseção seguinte, nos aprofundaremos na análise dos resultados do pré-teste para fornecer mais informações sobre os resultados alcançados com a implementação do produto educacional. Adicionalmente, exploraremos a avaliação do conhecimento prévio dos alunos relacionado ao conteúdo proposto, bem como o desenvolvimento e implementação dos pequenos vídeos obtidos durante a aplicação do produto educacional.

Depois de analisar minuciosamente os dados e discussões, a nossa atenção irá agora voltar-se para a avaliação dos resultados do pós-teste para determinar se os objetivos desta atividade foram alcançados com sucesso.

## 4.1 Análise dos conhecimentos prévios dos alunos

Nesta subseção, o objetivo foi avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre Acústica e introduzir novos conceitos por meio de questionários contextualizados e situações-problema. Para isso, apresentei formalmente à direção e depois aos alunos na sala de aula para convidar os alunos a participarem da pesquisa. Expliquei o tema do projeto, discuti os objetivos e enfatizei a importância da pesquisa para o processo de ensino e aprendizagem.

Iniciamos este trabalho com uma amostra de 29 (vinte e nove) alunos, concluindo com 16 alunos. Como critério, para termos um resultado fidedigno, ficaram de fora da análise dos resultados os alunos que faltaram, alguma das atividades proposta. Contudo, como a pesquisa está inserida dentro de um programa curricular,

e precisávamos avaliar todos os alunos para gerar uma nota, foi permitido que mesmo na ausência de alguma atividade antes, eles pudessem participar da produção dos vídeos de curta metragem, sem comprometer os objetivos desta pesquisa, ficando notável a satisfação de trabalhar a física de uma forma divertida e dinâmica.

O que motivou essa redução foi uma questão de estrutura física como a falta de água para beber, as altas temperaturas em salas sem ar condicionados o que ocasionava a liberação das aulas depois de um determinado horário, também muitos projetos exigidos pela secretaria de educação, comprometendo assim a sequência do nosso trabalho e as ausência que frequentemente ocorriam desses alunos por motivos justificados ou não.

Para o contexto da pesquisa os alunos foram denominados FAMV seguido da enumeração numérica: FAMV1, FAMV2, FAMV3, FAMV4, FAMV5, FAMV6, FAMV7, FAMV8, FAMV9, FAMV10, FAMV11, FAMV12, FAMV13, FAMV14, FAMV15 e FAMV16.

Para avaliar o conhecimento prévios dos alunos, foi aplicado um questionário composto por 10 questões relacionadas ao tema. Uma das questões, a Questão 01, era aberta, solicitando aos alunos a definição do conceito de luz. As respostas fornecidas pelos alunos podem ser encontradas no Quadro 5.

**Quadro 25** - Resposta da Questão 01: Como podemos definir ondas sonoras?

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Barulho, colisões, tudo que faça um som |
| FAMV 2 | Não tenho certeza, mas, acho que são ondas que transportam matéria e energia |
| FAMV 3 | Ondas que se propagam por meio de energia, que se espalham fazendo sons |
| FAMV 4 | São ondas que geram som, quando propagadas |
| FAMV 5 | São ondas capazes de transmitir diferentes sons |
| FAMV 6 | Barulhos feitos por algum objeto |
| FAMV 7 | Não sei definir |
| FAMV 8 | Eu não sei |

| | |
|---|---|
| FAMV 9 | Sons transmitidos por diversas coisas e que são capturadas através dos nossos ouvidos |
| FAMV 10 | ondas que vibram moléculas no ar |
| FAMV 11 | São ondas capazes de emitir o som |
| FAMV 12 | Professor eu não aprendi esse assunto todo.... |
| FAMV 13 | Não tenho conhecimento desse assunto |
| FAMV 14 | Não sei |
| FAMV 15 | Não sei explicar, pois meus conhecimentos não foram suficientes para responder essa pergunta |
| FAMV 16 | Já estudei sobre mas, não me recordo |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Com base nas respostas dos alunos, observamos uma variedade de definições equivocadas e desconhecimento sobre ondas sonoras. Os alunos FAMV1 e FAMV6 descreveram as ondas sonoras como "barulho", o aluno FAMV2 descreveu como "ondas que transportam matéria e energia", já os alunos FAMV4, FAMV5 e FAMV11 como "ondas que geram som". Os demais admitiram não ter conhecimento ou não conseguirem definir o conceito. Essas respostas refletem uma falta de subsunçores cognitivos relevantes sobre o tema, indicando que muitos alunos possuem apenas conhecimentos superficiais ou de senso comum sobre acústica. Pois, ondas sonoras são variações de pressão que se propagam em um meio elástico, como ar, líquidos ou sólidos, transportando energia sem transportar matéria (Resnick; Halliday, 2002).

Para corrigir esses equívocos e expandir o entendimento dos alunos, é essencial aplicar a pesquisa translacional. A pesquisa translacional envolve a aplicação prática de teorias e descobertas científicas para melhorar a compreensão e resolver problemas do mundo real (Brownson; Colditz; Proctor, 2017). Portanto, ao conectar os conhecimentos prévios dos alunos aos conceitos corretos da Física sobre ondas sonoras, seguindo a abordagem sobre aprendizagem significativa, é possível promover uma compreensão mais profunda e duradoura do tema estudado, (Ausubel,1968).

No quadro abaixo estão registradas as respostas referentes à questão 02, que aborda a velocidade do som em diferentes meios, incluindo sólidos, líquidos e gases.

**Quadro 26** - Resposta da Questão 02: A velocidade de propagação das ondas sonoras varia de acordo com as características elásticas do meio, como a temperatura, por exemplo. Diante disto, podemos dizer que:

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 2 | Não sei |
| FAMV 3 | $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$ |
| FAMV 4 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 5 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 6 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 7 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 8 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 9 | $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (líquido)} > V_{Som\ (Gás)}$ |
| FAMV 10 | $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)}$ |
| FAMV 11 | $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} = V_{Som\ (Gás)}$ |
| FAMV 12 | $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$ |
| FAMV 13 | $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$ |
| FAMV 14 | $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} = V_{Som\ (Gás)}$ |
| FAMV 15 | $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$ |
| FAMV 16 | $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$ |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Considerando as respostas dos alunos à questão sobre a velocidade de propagação das ondas sonoras, podemos observar uma variedade de entendimentos refletidos em suas respostas. A análise das respostas revela que alguns alunos compreenderam corretamente que a velocidade do som é mais rápida em sólidos do que em líquidos, e mais rápida em líquidos do que em gases. Essa compreensão está alinhada com as explicações de Serway e Jewett (2018), que atribuem essa variação à rigidez (módulo de compressão volumétrica) e à densidade dos materiais.

Dos alunos que acertaram, podemos destacar as respostas como as dos alunos FAMV1, FAMV4, FAMV5, FAMV6, FAMV7, FAMV8, FAMV10, FAMV12, FAMV13, FAMV15 e FAMV16, que demonstraram entender que a velocidade do som segue a ordem: sólidos > líquidos > gases. Eles reconhecem que nos sólidos a rigidez e densidade são altas, permitindo uma transmissão rápida das vibrações sonoras; nos líquidos, embora a rigidez seja menor que nos sólidos, ainda é suficiente para uma transmissão mais rápida do que nos gases, onde a baixa rigidez e densidade resultam em uma propagação sonora mais lenta.

Por outro lado, alguns alunos demonstraram respostas inconsistentes ou incorretas, como os alunos FAMV2, FAMV3, FAMV9, FAMV11 e FAMV14. Por exemplo, o aluno FAMV2 respondeu "Não sei", indicando falta de conhecimento sobre o tema. Os alunos FAMV3 e FAMV9 inverteram a ordem esperada, colocando líquidos antes de gases, o que demonstra um entendimento equivocado sobre as características de transmissão sonora desses materiais. O aluno FAMV11 igualou a velocidade do som em líquidos e gases, o que também não condiz com as características físicas desses materiais.

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), é fundamental que os alunos integrem novos conceitos aos seus conhecimentos prévios para uma compreensão profunda e duradoura. Aqueles que acertaram na identificação da velocidade do som em diferentes meios provavelmente conseguiram conectar os novos conceitos de física com seus conhecimentos pré-existentes sobre propriedades dos materiais. Em contrapartida, os alunos que não acertaram provavelmente não conseguiram estabelecer essa conexão, evidenciando a importância de estratégias educacionais que promovam uma aprendizagem significativa através da integração de conhecimentos prévios com novos conteúdos.

A questão 03 questionava ao aluno sobre uma das principais características das ondas sonoras quanto a sua capacidade de transporte em sua propagação. O quadro 7 apresenta as respostas obtidas dos alunos para essa questão.

**Quadro 27** -Resposta da Questão 03: As ondas sonoras são capazes de transportar em sua propagação:

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Matéria e Energia |

| | |
|---|---|
| FAMV 2 | Matéria e Energia |
| FAMV 3 | Energia |
| FAMV 4 | Energia |
| FAMV 5 | Energia |
| FAMV 6 | Energia |
| FAMV 7 | Energia |
| FAMV 8 | Energia |
| FAMV 9 | Matéria e Energia |
| FAMV 10 | Nenhuma das alternativas |
| FAMV 11 | Energia |
| FAMV 12 | Matéria |
| FAMV 13 | Energia |
| FAMV 14 | Energia |
| FAMV 15 | Energia |
| FAMV 16 | Matéria e Energia |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Ao analisar as respostas dos alunos à questão sobre as capacidades de transporte das ondas sonoras, observamos uma tendência consistente entre aqueles que acertaram. A maioria dos alunos (FAMV1, FAMV2, FAMV9, FAMV11, FAMV13, FAMV14, FAMV15, FAMV16) respondeu corretamente que as ondas sonoras transportam energia. Essa compreensão está alinhada com o entendimento de Tipler e Mosca (2016), que afirmam que as ondas transportam energia e quantidade de movimento linear, mas não transportam matéria.

Os alunos que responderam corretamente reconhecem que as ondas sonoras são uma forma de energia que se propaga através de um meio material, como ar, água ou sólidos, transmitindo energia cinética através de compressões e rarefações sucessivas das partículas do meio. Esse entendimento demonstra uma conexão adequada com os princípios físicos das ondas sonoras e reflete a aplicação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre energia e movimento.

Por outro lado, alguns alunos apresentaram respostas incorretas ou incompletas. Por exemplo, os alunos FAMV3, FAMV4, FAMV5, FAMV6, FAMV7, FAMV8, FAMV10 e FAMV12 mencionaram apenas "energia", sem incluir "matéria". O aluno FAMV12 indicou erroneamente que as ondas sonoras transportam apenas matéria, enquanto o aluno FAMV10 respondeu que elas não transportam nem matéria nem energia.

Essas respostas incorretas indicam que esses alunos podem não ter um entendimento completo das propriedades das ondas sonoras, especialmente em relação à distinção entre matéria e energia no contexto das ondas sonoras. Conforme destacado por Tipler e Mosca (2016), as ondas sonoras são uma forma de energia mecânica que se propaga por um meio material, transmitindo energia cinética através das vibrações das partículas do meio.

Assim, a análise das respostas dos alunos evidencia a importância de promover uma compreensão mais profunda e precisa das propriedades das ondas sonoras, utilizando estratégias que ajudem os alunos a integrar adequadamente novos conceitos ao seu conhecimento prévio, conforme preconizado pela teoria da aprendizagem significativa.

A questão 4 era uma pergunta objetiva, que solicitava que o aluno identificasse a frequência audível do ser humano. O Quadro 7 apresenta as respostas obtidas dos alunos para essa questão.

**Quadro 28** - Embora a sensibilidade da orelha humana possa sofrer variação à medida que a pessoa envelhece, podemos dizer que uma pessoa com condição normal tem capacidade auditiva para identificar ondas sonoras cuja faixa do som audível esteja compreendida entre:

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | 10Hz e 100Hz |
| FAMV 2 | 10Hz e 100Hz |

| | |
|---|---|
| FAMV 3 | 20Hz e 20000Hz |
| FAMV 4 | 20Hz e 20000Hz |
| FAMV 5 | 10Hz e 100Hz |
| FAMV 6 | 1Hz e 20Hz |
| FAMV 7 | 1Hz e 20Hz |
| FAMV 8 | 20Hz e 20000Hz |
| FAMV 9 | 20Hz e 20000Hz |
| FAMV 10 | 15Hz e 50000Hz |
| FAMV 11 | 10Hz e 100Hz |
| FAMV 12 | 15Hz e 50000Hz |
| FAMV 13 | 15Hz e 50000Hz |
| FAMV 14 | 15Hz e 50000Hz |
| FAMV 15 | 10Hz e 100Hz |
| FAMV 16 | 15Hz e 50000Hz |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Baseado nas respostas dos alunos, observamos uma variedade de entendimentos sobre a faixa audível de frequência sonora. Os alunos FAMV1, FAMV2, FAMV5, FAMV11 e FAMV15, mencionaram intervalos como 10Hz a 100Hz, enquanto os alunos FAMV3, FAMV4, FAMV8 e FAMV9, responderam corretamente com 20Hz a 20000Hz. Essas respostas indicam uma falta de conhecimento uniforme sobre a capacidade auditiva humana. Conforme Tipler e Mosca (2016), a frequência audível do ouvido humano varia aproximadamente de 20Hz a 20000Hz, cobrindo desde os sons mais graves até os mais agudos.

É importante perceber que, ao conectar o conhecimento prévio dos alunos sobre o som e sua audibilidade com a faixa correta de frequência audível, podemos facilitar uma aprendizagem mais significativa e duradoura (Ausube, 2003). Além disso, a aplicação prática desses princípios educacionais pode ser enriquecida através da pesquisa translacional. A pesquisa translacional busca integrar teoria científica com prática educacional, auxiliando os educadores a adaptar conhecimentos científicos

para melhorar o ensino e a compreensão dos alunos (Cooksey, 2018). Essa abordagem permite uma conexão mais direta entre os conceitos teóricos sobre ondas sonoras e a forma como são ensinados e compreendidos na prática educacional.

A questão 5, era uma questão sequenciada tendo 3 alternativas (a, b e c) para serem respondidas, sendo que todas elas eram questões objetivas. Na letra a, foi questionado sobre a distinção de sons de mesma frequência em relação a sua fisiologia, o aluno poderia escolher entre Timbre, Altura e intensidade sonora. A resposta para essa alternativa se encontra no Quadro 9.

**Quadro 29** - Resposta da Questão 05: Ao descrevermos as qualidades fisiológicas do som, antes de qualquer advento tecnológico, usamos como parâmetro nossa sensibilidade auditiva, ou seja, destacamos as qualidades que dependem da interação do ser humano com o som, que são a altura, a intensidade e o timbre. Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir: alternativa (a) É a característica que nos permite distinguir sons de mesma frequência, emitidos por fontes sonoras diferentes

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Intensidade |
| FAMV 2 | Intensidade |
| FAMV 3 | Altura |
| FAMV 4 | Intensidade |
| FAMV 5 | Intensidade |
| FAMV 6 | Altura |
| FAMV 7 | Altura |
| FAMV 8 | Intensidade |
| FAMV 9 | Timbre |
| FAMV 10 | Intensidade |
| FAMV 11 | Intensidade |
| FAMV 12 | Intensidade |
| FAMV 13 | Timbre |
| FAMV 14 | Intensidade |

| | |
|---|---|
| FAMV 15 | Timbre |
| FAMV 16 | Intensidade |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Baseado nas respostas dos alunos, é evidente que há um desconhecimento geral sobre as qualidades fisiológicas do som em Acústica. Nussenzveig, (2017), em sua obra sobre Física básica, destaca que o timbre é a característica sonora que nos permite distinguir sons de mesma frequência produzidos por fontes sonoras diferentes. Além do timbre, a altura do som, que está relacionada com a frequência das ondas sonoras, e a intensidade, que se refere à amplitude das ondas, são qualidades fundamentais para compreendermos a percepção auditiva humana. As respostas dos alunos, que confundiram o timbre com a intensidade e com altura, refletem a necessidade de uma abordagem de Ensino que conecte esses conceitos às suas respectivas definições de forma correta.

A aprendizagem é mais eficaz quando os novos conceitos são ancorados em estruturas cognitivas pré-existentes, facilitando assim uma compreensão mais profunda e precisa das características fisiológicas do som entre os estudantes (Ausubel; Novak, 1978).

Dando continuidade a questão 5, foi questionado sobre qual qualidade fisiológica do som estaria relacionada ao volume do som, a resposta para essa alternativa se encontra no Quadro 10.

**Quadro 30** - Resposta da Questão 05: Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir: alternativa (b) Está relacionado ao volume do som

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Altura |
| FAMV 2 | Altura |
| FAMV 3 | Intensidade |
| FAMV 4 | Altura |
| FAMV 5 | Altura |
| FAMV 6 | Altura |

| | |
|---|---|
| FAMV 7 | Intensidade |
| FAMV 8 | Altura |
| FAMV 9 | Altura |
| FAMV 10 | Altura |
| FAMV 11 | Altura |
| FAMV 12 | Altura |
| FAMV 13 | Altura |
| FAMV 14 | Altura |
| FAMV 15 | Altura |
| FAMV 16 | Altura |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Observando as respostas dos alunos, foi possível observar que a maioria possui uma dificuldade em assimilar as qualidades fisiológicas do som. Apenas os alunos FAMV3 e FAMV7 responderam corretamente, indicando que o volume sonoro está associado à intensidade do som, não à altura. De maneira geral, é comum que as pessoas relacionem as palavras "alto" e "baixo" ao volume de uma fonte sonora, porém, do ponto de vista da Física, a altura está ligada à frequência das ondas emitidas. Esta percepção é corroborada por autores como Tipler e Mosca (2016) que define a intensidade do som como a variável física que está diretamente relacionada ao seu volume.

Esta abordagem ressalta a importância de educar os alunos não apenas sobre os conceitos físicos precisos, mas também sobre como esses conceitos diferem das interpretações cotidianas, facilitando uma compreensão mais precisa e cientificamente fundamentada das propriedades do som em Acústica.

Por fim, a última a alternativa (c) da questão 05, questionava sobre a relação do som grave na voz masculina e agudo na feminina

**Quadro 31** - Resposta da Questão 05: Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir: alternativa (c) Relacionado a voz humana com a masculina grave e a feminina aguda

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Timbre |
| FAMV 2 | Timbre |
| FAMV 3 | Timbre |
| FAMV 4 | Timbre |
| FAMV 5 | Timbre |
| FAMV 6 | Timbre |
| FAMV 7 | Timbre |
| FAMV 8 | Timbre |
| FAMV 9 | Intensidade |
| FAMV 10 | Timbre |
| FAMV 11 | Timbre |
| FAMV 12 | Timbre |
| FAMV 13 | Timbre |
| FAMV 14 | Timbre |
| FAMV 15 | Intensidade |
| FAMV 16 | Timbre |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

As qualidades fisiológicas do som, essenciais para a percepção auditiva humana, incluem a intensidade, a frequência e o timbre. A intensidade sonora é a quantidade de energia que uma onda sonora transporta por unidade de área, percebida como volume. O timbre é a qualidade que permite distinguir sons de mesma frequência. No entanto, a diferença entre as vozes masculinas e femininas está diretamente relacionada à frequência, e é percebida como a altura do som, com sons graves tendo frequências baixas e sons agudos frequências altas, (Halliday *et al.*, 2013).

À luz da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, que salienta a importância dos subsunçores no processo educativo, torna-se evidente que a integração de novos conhecimentos é mais eficaz quando estes se vinculam de maneira significativa aos conhecimentos prévios dos alunos. No presente caso, os discentes demonstraram um entendimento equivocado sobre as qualidades fisiológicas do som, sugerindo que a base conceitual sobre o tema não estava adequadamente estabelecida. Para que a aprendizagem significativa ocorra, é imperativo revisar e corrigir esses conceitos prévios, estabelecendo uma integração significativa dos novos conhecimentos aos subsunçores dos discentes.

. A questão 06, apresentava um questionamento sobre um fenômeno acústico baseado na reflexão sonora, como (Eco, reverberação, Polarização, difração e interferência) em que apenas uma deveria ser assinalada. As respostas obtidas estão disponíveis no Quadro 12.

**Quadro 32** - Resposta da Questão 06: O ser humano só consegue distinguir sons com intervalo de tempo superior a um décimo de segundo (0,1s). Tal intervalo é denominado persistência acústica. Quando se pode distinguir o som refletido do som direto, o fenômeno é chamado de:

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Difração |
| FAMV 2 | Interferência |
| FAMV 3 | Reverberação |
| FAMV 4 | Eco |
| FAMV 5 | Eco |
| FAMV 6 | Difração |
| FAMV 7 | Eco |
| FAMV 8 | Difração |
| FAMV 9 | Difração |
| FAMV 10 | Eco |
| FAMV 11 | Reverberação |
| FAMV 12 | Eco |

| | |
|---|---|
| FAMV 13 | Eco |
| FAMV 14 | Difração |
| FAMV 15 | Difração |
| FAMV 16 | Polarização |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Ao analisar as respostas, percebemos uma certa dificuldade na compreensão dos fenômenos acústicos relacionados à reflexão do som. Segundo Tipler e Mosca (2008) o fenômeno que distingue o som direto do refletido é chamado de eco. Dessa forma, constatamos que os alunos FAMV4, FAMV5, FAMV7, FAMV10, FAMV12 e FAMV13 demonstraram conhecimento sobre o assunto, enquanto os demais desconheciam completamente ou tinham compreensão parcial deste conceito.

A questão 07, apresentava uma questão de múltipla escolha, contendo 5 alternativas (Difração, interferência, reverberação, Eco e reforço), sendo apenas uma delas a resposta correta. A resposta para essa questão está disponível no Quadro 12.

QUADRO 33 - Resposta da Questão 07: A acústica de um projeto de arquitetura pode influenciar diretamente a experiência das pessoas em um ambiente. Já imaginou um teatro em que não seja possível ouvir com nitidez a voz dos atores? Ou uma casa de show em que a música não chega de forma agradável aos ouvidos? Para garantir que o projeto acústico seja perfeito, é necessário controlar um fenômeno ondulatório gerado pela reflexão do som chamado de:

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Interferência |
| FAMV 2 | Eco |
| FAMV 3 | Reforço |
| FAMV 4 | Interferência |
| FAMV 5 | Reverberação |
| FAMV 6 | Eco |
| FAMV 7 | Eco |
| FAMV 8 | Reverberação |

| | |
|---|---|
| FAMV 9 | Eco |
| FAMV 10 | Difração |
| FAMV 11 | Difração |
| FAMV 12 | Eco |
| FAMV 13 | Difração |
| FAMV 14 | Eco |
| FAMV 15 | Eco |
| FAMV 16 | Difração |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Ao analisar as respostas dos alunos, percebemos dificuldade na compreensão dos fenômenos acústicos, especialmente na diferenciação entre eco e reverberação. Segundo Tipler e Mosca (2016), eco é a reflexão de ondas sonoras percebidas como distintas do som direto devido a um intervalo de tempo notável, enquanto reverberação é a persistência do som devido a múltiplas reflexões em um espaço fechado. Alguns alunos confundiram eco com reverberação devido à semelhança dos conceitos, enquanto outros não tinham conhecimento prévio desses fenômenos acústicos.

A questão 08, discute sobre um fenômeno ondulatório intrinsecamente relacionado as ondas sonoras. Questionando aos alunos qual o fenômeno relacionado a capacidade de ouvir sons externos mesmo dentro de um ambiente fechado.

QUADRO 34 - Resposta da Questão 08: Qualquer material pode bloquear uma parte do som. Em casa, algumas vezes nos comunicamos com a família mesmo estando dentro de um quarto fechado. A comunicação é possível graças ao fenômeno ondulatório:

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Reverberação |
| FAMV 2 | Difração |
| FAMV 3 | Difração |

| | |
|---|---|
| FAMV 4 | Difração |
| FAMV 5 | Interferência |
| FAMV 6 | Reverberação |
| FAMV 7 | Reverberação |
| FAMV 8 | Eco |
| FAMV 9 | Interferência |
| FAMV 10 | Reforço |
| FAMV 11 | Reverberação |
| FAMV 12 | Interferência |
| FAMV 13 | Reverberação |
| FAMV 14 | Reverberação |
| FAMV 15 | Interferência |
| FAMV 16 | Eco |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Dos alunos mencionados, os que acertaram a resposta correta sobre o fenômeno que permite a comunicação mesmo em um quarto fechado é a difração (alunos FAMV2, FAMV3 e FAMV4). É oportuno lembrar, que a difração acontece em todos os tipos de ondas, tanto em ondas mecânicas, como o som ou ondas geradas em cordas, quanto em ondas eletromagnéticas, estando ou não na faixa visível, como a luz branca e a luz ultravioleta respectivamente. Difração é o fenômeno que ocorre quando a onda é obstruída por um objeto ou passa por uma abertura com dimensões de escalas iguais aos seus comprimentos de onda (Calçada, 2010).

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel pode contribuir significativamente para que todos os alunos compreendam esse fenômeno de forma mais profunda. Segundo Ausubel, a aprendizagem é mais eficaz quando os novos conhecimentos são relacionados de maneira substantiva com o conhecimento prévio dos alunos, os subsunçores. Para os alunos que confundiram difração com outros fenômenos como interferência ou reverberação, a estratégia educacional poderia envolver a clarificação desses conceitos por meio de exemplos concretos e situações

cotidianas como a comunicação através de portas fechadas. Isso não apenas facilitaria a compreensão do fenômeno físico, mas também ajudaria na construção de uma estrutura cognitiva mais sólida e organizada, conforme preconizado pela teoria de Ausubel.

Relacionando isso com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, percebemos que os alunos aprendem de forma mais eficaz quando conseguem relacionar novos conhecimentos a conceitos prévios que já possuem. No caso específico dos fenômenos ondulatórios como a difração, a confusão entre termos como difração, interferência e reverberação sugere a importância de esclarecer esses conceitos e ajudar na formação de uma base cognitiva mais sólida e organizada para os estudantes.

A questão 09 era uma questão aberta, que buscava extrair conhecimentos prévios, cotidianos do aluno a respeito das aplicações de Acústica, suas respostas estão disponíveis no Quadro 15.

QUADRO 35 - Resposta da Questão 09: A acústica aborda fenômenos ondulatórios, bem como as características do som. Em que áreas podemos ver suas aplicações? Cite todas que souber.

| **Alunos** | **Respostas** |
|---|---|
| FAMV 1 | Não sei |
| FAMV 2 | Nunca ouvi falar |
| FAMV 3 | Em sala vazia, podemos perceber o eco; em uma sala com ambiente fechado e espuma na parede, podemos perceber que o som não se propaga. |
| FAMV 4 | Caixas de som, instrumentos musicais, buzinas, etc. |
| FAMV 5 | Não tenho conhecimento |
| FAMV 6 | Nunca ouvir falar |
| FAMV 7 | Na arquitetura. Na cultura (em shows) |
| FAMV 8 | Eu não sei |
| FAMV 9 | Não tenho conhecimento de nenhum |

| | |
|---|---|
| FAMV 10 | Teatro, em palcos, etc |
| FAMV 11 | Teatros, casas de show e etc. |
| FAMV 12 | Ainda não aprendi, não estou entendendo muito sobre esse assunto |
| FAMV 13 | Não sei a resposta pois não tenho conhecimento sobre esse assunto |
| FAMV 14 | Não sei |
| FAMV 15 | Não sei |
| FAMV 16 | Não sei |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A Acústica, ramo da Física que estuda os fenômenos ondulatórios e as características do som, possui inúmeras aplicações práticas que abrangem diversas áreas do cotidiano e da tecnologia, como Arquitetura Acústica; Engenharia de Áudio; Música e Cultura; Controle de Ruído; Comunicação**,** Tipler e Mosca (2016). No contexto educacional, é crucial entender como os alunos percebem e aplicam esses conceitos para desenvolver métodos de ensino eficazes. Esta questão analisa as respostas dos alunos sobre as aplicações da acústica e relaciona os resultados com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

As respostas dos alunos indicam uma compreensão variada sobre as aplicações da acústica. Identificamos que apenas uma parcela dos alunos demonstrou conhecimento prévio sobre o tema. Os alunos que apresentaram respostas corretas foram:

- **FAMV 3**: Percebeu o eco em uma sala vazia e a absorção de som em um ambiente fechado com espuma na parede.
- **FAMV4**: Mencionou caixas de som, instrumentos musicais e buzinas.
- **FAMV 7**: Identificou aplicações na arquitetura e na cultura, como em shows.
- **FAMV 10**: Citou teatros e palcos.
- **FAMV 11**: Referiu-se a teatros e casas de show.

No presente estudo, aproximadamente 31% dos alunos demonstraram possuir subsunçores relevantes em sua estrutura cognitiva, indicando que eles tinham algum conhecimento prévio sobre a acústica. Esses alunos foram capazes de associar o novo conteúdo a conceitos já existentes, facilitando a aprendizagem significativa. No

entanto, a maioria dos alunos não possui subsunçores relevantes, indicando a necessidade de estratégias de ensino como a construção de vídeos de curta metragem, que promove a integração de novos conteúdos de forma significativa Moreira (2011).

A última questão do pré-teste, também era uma questão aberta, questionava sobre um fenômeno ondulatório abordado na Acústica, o efeito doppler. Suas respostas foram representadas no Quadro. 16.

**Quadro 36** - Resposta da Questão 10: Como você descreve o efeito Doppler?

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Não sei |
| FAMV 2 | Nunca ouvi falar |
| FAMV 3 | O som que um objeto faz quando está vindo em sua direção muda de acordo com as ondas sonoras, exemplo: Se um trem passar do seu lado e ele está buzinando, o som até chegar em você é diferente do som que irá fazer quando o mesmo já passar de você. |
| FAMV 4 | Não lembro do conceito de efeito doppler |
| FAMV 5 | Não tenho conhecimento |
| FAMV 6 | Eu nunca ouvir falar sobre o efeito doppler |
| FAMV 7 | Não sei a resposta! |
| FAMV 8 | Não sei |
| FAMV 9 | Não tenho conhecimento |
| FAMV 10 | Não sei |
| FAMV 11 | Não sei |
| FAMV 12 | Professor eu não sei |
| FAMV 13 | Nunca ouvir falar sobre esse termo |
| FAMV 14 | Não sei |
| FAMV 15 | Não sei |

| | |
|---|---|
| FAMV 16 | Não ouvi falar |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

O efeito Doppler é um fenômeno físico descrito por Christian Doppler em 1842, que consiste na mudança na frequência de uma onda em relação ao observador que se move em relação à fonte dessa onda. Que pode ser observado em diferentes tipos de ondas, incluindo as ondas sonoras e eletromagnéticas. Quando a fonte da onda se move em direção ao observador, as ondas são comprimidas, resultando em um aumento da frequência percebida. Inversamente, quando a fonte se afasta do observador, as ondas são alongadas, causando uma diminuição da frequência percebida (Nussenzveig, 2002).

As respostas dos alunos revelam uma falta de conhecimento geral sobre o efeito Doppler. Apenas um aluno FAMV3 apresentou uma descrição aproximada do fenômeno, mencionando que "o som que um objeto faz quando está vindo em sua direção muda de acordo com as ondas sonoras", exemplificando com o som de um trem que passa. Os demais alunos responderam que não sabiam ou nunca tinham ouvido falar sobre o efeito Doppler

A análise das respostas dos alunos sobre o efeito Doppler revela a necessidade de estratégias pedagógicas que conectem novos conceitos ao conhecimento prévio dos alunos. O exemplo do aluno FAMV3 mostra que a contextualização com situações do cotidiano pode facilitar a compreensão de fenômenos físicos complexos. Utilizando a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, somado a pesquisa translacional com a metodologia da construção de vídeos de curta metragem é possível criar um ambiente educacional onde os alunos possam construir e organizar seus conhecimentos de maneira eficaz, promovendo um aprendizado mais profundo e duradouro (Ausubel, 2003).

## 4.2 Produzindo o novo conhecimento a partir dos vídeos de vídeos de curta metragem

Os alunos demonstraram competência e entusiasmo na construção e execução de vídeos em curta metragem, evidenciando domínio sobre o conteúdo e dedicação durante todas as fases da atividade. A utilização de diferentes abordagens didáticas,

como a plataforma Phet, a sala de aula invertida e a criação de vídeos, contribuiu significativamente para a consolidação do novo conhecimento.

A plataforma Phet, desenvolvida pela Universidade do Colorado, oferece simulações interativas que permitem aos alunos explorar conceitos científicos de forma prática e visual. Segundo Perkins et al. (2006), o uso de simulações interativas promove uma compreensão mais profunda dos conceitos, pois os alunos podem manipular variáveis e observar os resultados em tempo real. Essa abordagem é particularmente eficaz no ensino de física, onde fenômenos abstratos, como o efeito Doppler, podem ser visualizados e compreendidos de maneira intuitiva.

A sala de aula invertida, uma metodologia onde o conteúdo teórico é estudado em casa e as atividades práticas são realizadas em sala de aula, complementa essa abordagem. Conforme Bergmann e Sams (2012), essa metodologia promove um aprendizado mais ativo e colaborativo, permitindo que os alunos discutam e apliquem os conceitos aprendidos de forma mais eficaz. A construção de vídeos de curta metragem com roteiros prévios, por sua vez, envolve os alunos em um processo criativo e colaborativo, onde eles podem demonstrar seu entendimento do conteúdo de maneira prática e envolvente. Segundo Brame (2015), a criação de vídeos educativos não só reforça o conhecimento dos alunos, mas também desenvolve habilidades de comunicação e trabalho em equipe.

A combinação dessas abordagens didáticas diversificadas proporciona um ambiente de aprendizado rico e dinâmico. A utilização da plataforma Phet para explorar conceitos, a metodologia da sala de aula invertida para promover discussões e a criação de vídeos para aplicar e demonstrar o conhecimento adquirido, garante que os alunos não só compreendam o conteúdo, mas também se sintam engajados e motivados. Isso reforça a importância de utilizar múltiplas estratégias pedagógicas para atender às necessidades de aprendizagem dos alunos, promovendo um aprendizado mais significativo e duradouro.

A seguir, a Foto 6 ilustra a cena produzida no vídeo 1, sobre as qualidades fisiológicas do som, contando com a atuação de 2 personagens principais em tela, 3 personagens secundário e 2 figurante.

**Foto 16** – Ilustração do vídeo 1 – Qualidades Fisiológicas do Som

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A Foto 6, mostra os momentos de encenação a qual os alunos atuaram para a execução de suas falas, construindo um ambiente de estímulo, motivação, envolvimento e a aprendizagem. O vídeo abordava a cena 01, que falava sobre a qualidade fisiológica do som e cordas vibrantes, tendo como Personagens: Alex, Bell (ambos eram personagens principais da narrativa) e seus nomes homenageavam Alexander Graham Bell.

Alexander Graham Bell, fez estudos sobre a transmissão do som por corrente elétrica que deram origem ao telefone. A intensidade sonora, uma das qualidades fisiológicas do som, leva como unidade o seu nome Decibel.

Rafa e Bia (são personagens secundários), Sonayra e Lucas (são figurantes). Nesta cena Alex e Rafa encontram, as três amigas conversando sobre um vídeo musical que haviam publicado e que tinha viralizado, e as parabenizam.

Bell, sabendo o quão bom no assunto Alex era, o questiona sobre “ouvirmos uma canção onde todos os instrumentos musicais tocam a mesma nota, porém, conseguimos diferenciá-los”. Por sua, Alex explica a Bell e suas amigas sobre as qualidades fisiológicas do som. Em seguida Bell comenta sobre sons graves e agudos produzidos pelo violão quando tocados, quando se faz as notas musicais nas primeiras casas e últimas casa do braço do violão. Nesta ocasião, RAFA, esclarece que o comprimento da corda influencia na frequência sonora e explica que, quanto

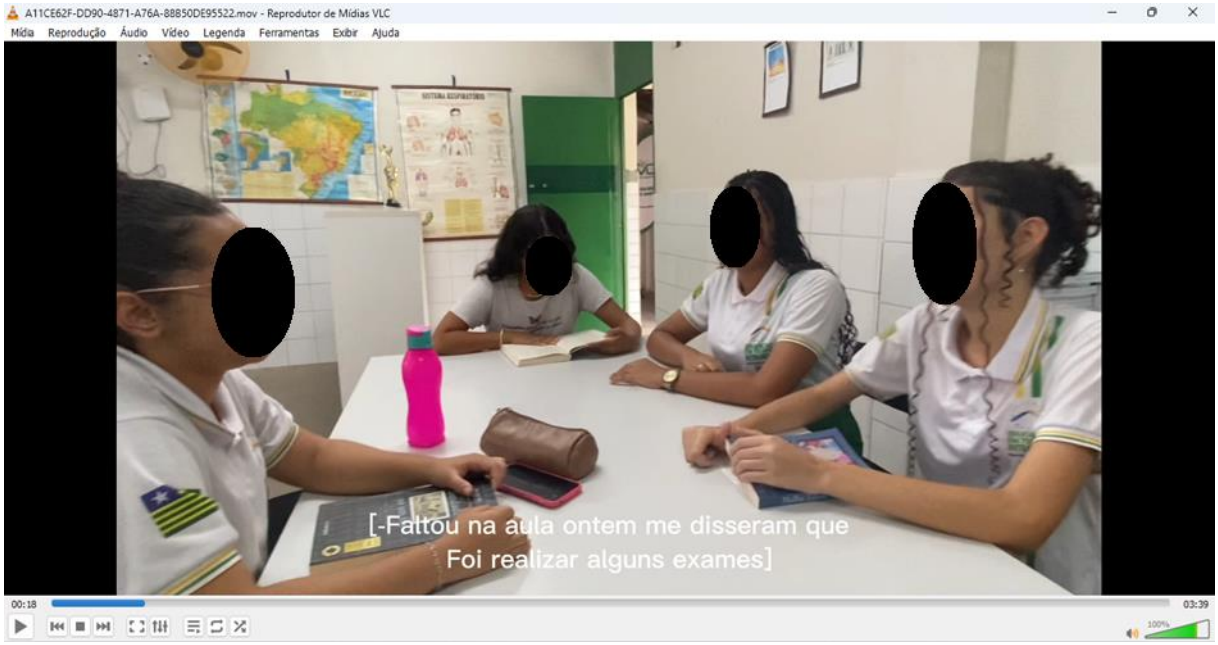
menor o comprimento da corda mais agudo o som aparecerá, explicando ainda sobre a Altura e intensidade do som seguindo diálogo entre eles (Nussenzveig, 2002),.

A atividade de encenação ilustra claramente a aplicação da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (2003), a aprendizagem é mais eficaz quando novas informações são relacionadas de forma não arbitrária e substantiva ao conhecimento prévio do aluno. No vídeo, Alex e Rafa utilizaram o conhecimento prévio das amigas sobre música e violão para introduzir e explicar novos conceitos sobre as qualidades fisiológicas do som e cordas vibrantes. Essa abordagem permitiu que os alunos construíssem novos conhecimentos de maneira significativa, facilitando a compreensão e retenção dos conceitos discutidos.

A combinação de atuação, discussão e contextualização de conceitos científicos com situações práticas e cotidianas exemplifica como os alunos podem transitar de conhecimentos prévios para novos conhecimentos de forma eficaz. Esse processo é central para a teoria de Ausubel e foi bem ilustrado na atividade desenvolvida.

Dando continuidade as análises dos dados, a foto 7 ilustra o vídeo a respeito do som, contando com a atuação de mais cincos personagens, que além de caracterizar o som, traz também aplicações na área da saúde

**Foto 17** – Ilustração do vídeo 2 - O Som.




**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Na cena, Marília está na escola quando Maria e Mary se aproximam e iniciam um diálogo. Mary questiona Marília sobre sua saúde, e Marília relata que consultou um otorrinolaringologista e fez exames de audiometria com um fonoaudiólogo para determinar o intervalo de frequência sonora que ela ouvia. Nesse momento, Mary discute algumas causas relacionadas aos sintomas de Marília e explica que o exame é frequentemente utilizado para investigar labirintite. Prontamente, sua outra amiga Maria informa qual é a faixa audível que o ser humano consegue ouvir, e Mary completa explicando sobre os infrassons e ultrassons. Marília, curiosa, pergunta como suas amigas aprenderam sobre isso. Maria explica que tudo começou quando o professor abordou de forma significativa o exame de ultrassonografia realizado pela mãe de uma colega de classe para descobrir o sexo do bebê.

Segundo Halliday *et al.* (2011), os humanos conseguem ouvir frequências sonoras na faixa de 20 Hz a 20 kHz. O infrassom refere-se a frequências abaixo de 20 Hz, enquanto o ultrassom refere-se a frequências acima de 20 kHz. A ultrassonografia, por exemplo, utiliza ondas ultrassônicas para criar imagens do interior do corpo humano, uma tecnologia amplamente aplicada na medicina

As alunas demonstraram uma excelente compreensão do novo conhecimento, integrando conceitos de física aplicados à tecnologia e saúde. Isso evidencia a importância de uma abordagem significativa na educação, conforme proposto por Ausubel, A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (Ausubel, 2003). No caso do vídeo, as alunas utilizaram seus conhecimentos prévios sobre exames médicos e frequências sonoras para construir e aplicar novos conhecimentos sobre infrassons e ultrassons.

A pesquisa translacional, que busca transformar descobertas científicas básicas em aplicações práticas, desempenhou um papel crucial neste processo de aprendizado, tornando o conteúdo de Física mais atraente para os alunos, motivando-os a explorar a aplicação da Física na área de Acústica. Essa metodologia inovadora da construção de vídeos de curta metragem permitiu que os alunos conectassem teorias abstratas a situações práticas do cotidiano, facilitando a formação de subsunçores, estruturas cognitivas que armazenam e organizam novas informações (Moreira,2009).

A seguir, temos na foto 8 que trata da reflexão das ondas, contando com a atuação de mais cincos personagens esse vídeo alinha com clareza a pesquisa translacional a atividade desenvolvia.

**Foto 18** – Ilustração do vídeo 3 -Reflexão das ondas.

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Nesse vídeo sobre a reflexão das ondas, é desenvolvido um experimento pelos alunos conhecido como trem de onda. Para entender o conceito de "trem de onda" na física, podemos nos basear na definição de ondas como perturbações que se propagam por um meio, carregando energia sem transportar matéria, podendo ser descritas em termos de sua amplitude, frequência e comprimento de onda, este último sendo a distância entre dois pontos idênticos consecutivos da onda (Nussenzveig, 2002). No contexto do Ensino, a aplicação da teoria de Ausubel sobre aprendizagem significativa se conecta à pesquisa translacional ao desenvolver atividades como a criação de vídeos de curta-metragem. Esses vídeos não apenas promovem a explicação dos conceitos teóricos, mas também permitem que os alunos construam experimentos, como o da reflexão do som, mostrando como a teoria se manifesta na prática, (Moreira; Greca, 2009).

No vídeo mencionado, os personagens Pedro e Lucas utilizam um experimento de reflexão sonora para ensinar Bel sobre a natureza do som e sua velocidade em diferentes meios. Esse processo de construção do conhecimento é centrado na teoria de Ausubel, que enfatiza a importância de conectar novas informações ao conhecimento prévio dos alunos (Ausubel, 1968). A pesquisa translacional aqui se evidencia ao adaptar esses conceitos teóricos complexos em métodos práticos e

acessíveis, permitindo uma aprendizagem mais eficaz e significativa para os alunos (Fini, 2011).

Moreira e Greca (2009) exploram como a pesquisa translacional pode ser aplicada na educação, facilitando a transferência de conhecimento científico para práticas educacionais inovadoras. Abordam que ao integrar teorias com experimentos práticos, como o experimento do trem de onda no contexto do som, os vídeos de curta-metragem não apenas elucidam conceitos físicos, mas também promovem uma compreensão mais profunda e duradoura dos fenômenos estudados. Essa abordagem não só amplia o entendimento dos alunos sobre física, mas também fortalece sua capacidade de aplicar esses conhecimentos em situações do cotidiano, reforçando a importância da pesquisa translacional no contexto do Ensino de acústica explicando a natureza do som e a sua velocidade em vários meios.

O próximo vídeo ilustrado na Foto 9, aborda a distorção do som da buzina devido ao efeito Doppler, que ocorre quando a velocidade entre a fonte sonora e o observador muda. Este fenômeno resulta em compressão das ondas sonoras à medida que a fonte se aproxima e expansão quando se afasta, explicando por que uma sirene soa mais aguda ao se aproximar e mais grave ao se afastar. O vídeo ilustra esta mudança de frequência, proporcionando uma compreensão prática do efeito Doppler.

**Foto 19** – Ilustração do vídeo 4 – Efeito Doppler.

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

O vídeo retrata um grupo de alunos vai atravessar a rua, fora da faixa de pedestre, nesse momento passa um carro em alta velocidade e sem parar continua seu trajeto buzinando, além de assustar a todos, um dos alunos comenta que o som da buzina é alterado a medida que o veículo se aproxima deles e que se afasta. Nesse momento Moisés amigo de marcos lembra da aula de Física sobre o efeito doppler e nesse momento Mateus explica a alteração sonora causada pela mudança de frequência. Então marcos começa a lembrar e entender tudo que viu na aula de Física assim como seus amigos.

O fenômeno do efeito Doppler na Física, é descrito como a frequência de uma onda sonora é percebida de forma diferente por um observador em movimento em relação à fonte da onda. Quando a fonte sonora se move em direção ao observador, a frequência percebida aumenta, e quando se afasta, a frequência percebida diminui. Esse fenômeno é essencial na compreensão de como movimentos relativos entre fonte e observador afetam ondas sonoras, como no caso da buzina de um carro em alta velocidade passando por um grupo de alunos (Nussenzveig, 2002).

No contexto do Ensino, a pesquisa translacional se conecta à teoria de Ausubel quando desenvolvemos vídeos de curta metragem de cunho educativos como o descrito. Esses vídeos não apenas ilustram conceitos teóricos complexos, como o efeito Doppler, mas também permitem que os alunos construam entendimento prático desses fenômenos físicos. Ao assistir e participar da criação do vídeo, os alunos são incentivados a relacionar suas experiências cotidianas com conceitos científicos abstratos, promovendo uma aprendizagem significativa, (Ausubel, 2003).

Para Moreira e Greca (2009), a pesquisa translacional pode ser aplicada no Ensino de Física, adaptando conhecimentos científicos para práticas pedagógicas inovadoras. Ao criar vídeos que demonstram o efeito Doppler em situações do cotidiano, os educadores não apenas tornam o aprendizado da física mais acessível e interessante, mas também capacitam os alunos a aplicar esse conhecimento em contextos reais. Essa abordagem não só fortalece o entendimento dos alunos sobre os princípios físicos fundamentais, mas também os motiva a buscar mais experiências educativas interativas e envolventes, como destacado pelos comentários dos alunos sobre o desejo por mais aulas desse tipo.

Nesse vídeo os alunos se superaram na realização prática e cotidiana do fenômeno do efeito doppler. Um vídeo desafiador, porém, trouxe muita motivação e entusiasmo a eles desde o início e isso proporcionou e facilitou a construção não só

do vídeo, mas do novo conhecimento até então desconhecidos cientificamente pelos alunos, relatando que gostariam de mais aulas assim.

A foto a seguir ilustra o vídeo produzido sobre os fenômenos sonoros, onde foi tratado dos fenômenos da reflexão do som como eco, reverberação, também sobre a difração.

**Foto 20** – Ilustração do vídeo 5 – Fenômenos sonoros.

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Esse vídeo teve o maior roteiro e foi desafiador para os alunos na construção do mesmo. Porém, relataram não ter dificuldade em nenhum momento pois todo o processo que experenciaram até a construção do vídeo foi fundamental para compreensão do conteúdo e realização do mesmo. Este vídeo ele aborda a reflexão do som o eco e a difração sonora com muitos detalhes.

Para entender a reflexão do som, podemos nos basear na definição de Halliday (2008), que descreve a reflexão como o fenômeno pelo qual uma onda sonora, ao encontrar uma superfície, retorna ao meio de origem. Esse conceito é fundamental na física do som, pois explica como as ondas sonoras se comportam ao interagir com diferentes obstáculos, o que é essencial na compreensão de fenômenos como o eco. Tipler e Mosca (2000) define o eco como a reflexão do som que é percebida com um atraso suficiente para ser distinguida do som direto. Este fenômeno ocorre quando a onda sonora refletida percorre uma distância suficiente para que o tempo de retorno seja maior que a persistência auditiva, geralmente superior a 0,1 segundo.

Além disso, Nussenzveig (2002) define a difração sonora como a capacidade das ondas sonoras de contornar obstáculos e se propagar em torno de barreiras. Este fenômeno é particularmente notável quando a dimensão do obstáculo é comparável ao comprimento de onda do som. No contexto educacional, a pesquisa translacional se conecta à teoria de Ausubel, através da construção dos vídeos de curta metragem, que não apenas explicam esses conceitos teóricos por meio de roteiros, mas também permitem que os alunos experimentem e observem esses fenômenos na prática, promovendo uma aprendizagem significativa, (Ausubel, 1968).

O mais gratificante, foi ver o empenho o interesse e a alegria de superarem o desafio e de se sentirem capazes, deles mesmo produzirem o próprio conhecimento a respeito do tema abordado, através dessa metodologia ativa e inovadora, como citados por eles mesmo.

O vídeo descrito demonstra como quatro amigos exploram os fenômenos da reflexão, eco e difração sonora em um contexto cotidiano. Eles utilizam suas experiências prévias e o conhecimento adquirido em sala de aula para entender melhor esses conceitos físicos. A personagem Maria, por exemplo, explica a difração sonora quando Franciele escuta seu pai chamando mesmo com a porta fechada, enquanto Mila e Maria esclarecem a diferença entre eco e reverberação a João, após o mesmo ter observado tal fenômeno no banheiro. Essa metodologia ativa e inovadora, como relatado pelos próprios alunos, não só facilita a compreensão dos fenômenos, mas também motiva e entusiasma os estudantes a se envolverem mais profundamente com o conteúdo.

A aplicação da pesquisa translacional no Ensino de Física, visa facilitar a integração do conhecimento científico em métodos educacionais inovadores. apenas tornam o aprendizado da física mais acessível e interessante, mas também capacitam os alunos a aplicar esse conhecimento em contextos reais. Essa abordagem não só fortalece o entendimento dos alunos sobre os princípios físicos fundamentais, mas também os motiva a buscar mais experiências educativas interativas e envolventes, como destacado pelos comentários dos alunos sobre o desejo por mais aulas desse tipo (Moreira, 2009).

A seguir, temos as reflexões sobre o questionário com as respectivas respostas do pós-teste, com o intuito de verificarmos a construção do novo conhecimento a partir da teoria de Ausubel da Aprendizagem significativa, foram cuidadosamente

analisadas para identificar evidências de integração e assimilação dos novos conteúdos apresentados durante o processo educativo.

## 5. PÓS-TESTE: REFLEXÕES DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL NO ENSINO DE ACÚSTICA

Nesta seção, o objetivo foi a avaliação da aprendizagem significativa dos alunos por meio de um pós-teste. Seguindo a concepção de Ausubel (2003), a avaliação da aprendizagem significativa requer uma abordagem específica, concentrando-se na compreensão dos conceitos, na capacidade de atribuir significado e na habilidade de transferir conhecimentos para diferentes situações, o que a torna uma ferramenta pedagógica facilitadora e transformadora.

Dentro da teoria de Ausubel, a avaliação não difere conceitualmente de outros contextos educacionais: seu propósito fundamental é crucial para alcançar os objetivos educacionais significativos do material ensinado. Conforme Behrens (2002) destaca, a avaliação pode assumir várias potencialidades importantes: primeiro, avaliar os principais objetivos almejados para a aprendizagem; segundo, proporcionar uma experiência de aprendizagem útil aos alunos, incentivando-os a revisar, consolidar, esclarecer e integrar os diversos temas abordados; terceiro, oferecer ao professor informações valiosas sobre a eficácia dos materiais e métodos utilizados, assim como *insights* sobre possíveis causas de desempenhos deficientes de alguns alunos.

Durante todo o trabalho, foi evidente o papel fundamental da teoria da aprendizagem significativa como base teórica para aquisição de conhecimento. A partir das contribuições de Ausubel (2003), foi possível transcender a visão simplista de que o currículo escolar se limita à seleção de conteúdo a serem ensinados, enfatizando a interligação inseparável entre ensino e aprendizagem.

Os resultados do pós-teste ofereceram *insights* valiosos sobre o progresso e a compreensão dos alunos em relação aos objetivos educacionais estabelecidos. Eles não apenas evidenciaram a eficácia das estratégias pedagógicas utilizadas, mas também forneceram orientações úteis para ajustes e melhorias futuras no processo de ensino-aprendizagem (Moreira, 2011).

Portanto, a utilização do pós-teste como instrumento de avaliação na pesquisa não apenas validou a aplicação da teoria da aprendizagem significativa, mas também

destacou sua relevância para o aprimoramento contínuo da prática educacional. Ao integrar teoria e prática de forma coesa, o estudo contribuiu para a construção de uma base sólida de conhecimento sobre como melhor promover uma aprendizagem significativa e duradoura entre os alunos.

Com base nesse entendimento teórico, foi realizado um questionário pós-teste, aplicado com 16 alunos, composto por 10 (dez) questões que exploraram os procedimentos adotados durante o projeto.

As análises das respostas do pós-teste dos alunos da terceira série do Ensino Médio do Colégio Estadual Ceti Moaci Madeira Campos, foram discutidas de forma analítica, tendo como base as reflexões derivadas da Teoria da Aprendizagem Significativa, (Ausubel, 2003). No quadro a seguir, detalha sobre a análise da questão 01 do pós-teste.

**Quadro 37** - Resposta da Questão 01: Antes da atividade, você tinha conhecimento sobre a fisiologia do som? Se sim, quais você conhecia? E quais aplicações do som se tornaram importantes para nós?

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Não conhecia muita coisa, eu conhecia a ultra som |
| FAMV 2 | Não |
| FAMV 3 | Não |
| FAMV 4 | Não compreendia o assunto |
| FAMV 5 | Não |
| FAMV 6 | Não |
| FAMV 7 | Não |
| FAMV 8 | Não |
| FAMV 9 | Não |
| FAMV 10 | Não |
| FAMV 11 | Não. Não conhecia |
| FAMV 12 | Não, eu não tinha nenhum conhecimento sobre o assunto |

| | |
|---|---|
| FAMV 13 | Eu não tinha tanto conhecimento |
| FAMV 14 | Não |
| FAMV 15 | Não |
| FAMV 16 | Não |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Nessa questão percebemos que 100% dos alunos não tinham conhecimento científico a respeito da temática ou não recordavam ao menos da abordagem cotidiana do senso comum a respeito do som. Por isso, a construção dos vídeos de curta metragem revelou aos alunos ferramentas e situações do dia a dia que representavam as ondas sonoras, tornando possível a conexão com seus conhecimentos prévios e novo conhecimento estruturado.

Os vídeos de curta metragem se tornaram uma ferramenta mediadora essencial na aprendizagem de conteúdos complexos, como a acústica. Segundo Mayer (2009), a utilização de recursos multimídia no ensino facilita a compreensão dos alunos ao integrar texto, imagens e sons, promovendo uma aprendizagem mais rica e significativa. No estudo da acústica, vídeos podem ilustrar fenômenos como a reflexão, difração e o efeito Doppler de forma dinâmica, permitindo que os alunos visualizem e compreendam conceitos que seriam abstratos apenas através da leitura ou explicação oral. Essa abordagem está alinhada com a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (1968), que enfatiza a importância de conectar novos conhecimentos aos conceitos já existentes na mente do aluno.

A pesquisa translacional aplicada à educação, como discutida por Moreira e Greca (2009), destaca a importância de adaptar descobertas científicas em métodos pedagógicos práticos e eficazes. Ao utilizar a produção de vídeos de curta metragem de cunho educativo para ensinar Acústica, os educadores estão traduzindo conhecimentos teóricos complexos em práticas de ensino que são acessíveis e envolventes para os alunos. Essa tradução do conhecimento não apenas facilita a compreensão dos conceitos, mas também motiva os estudantes a se envolverem ativamente no processo de aprendizagem, promovendo um ambiente de ensino interativo e colaborativo.

A criação de vídeos pelos próprios alunos, por meio de roteiros orientados pelo professor, como uma atividade de aprendizagem ativa, pode também desempenhar

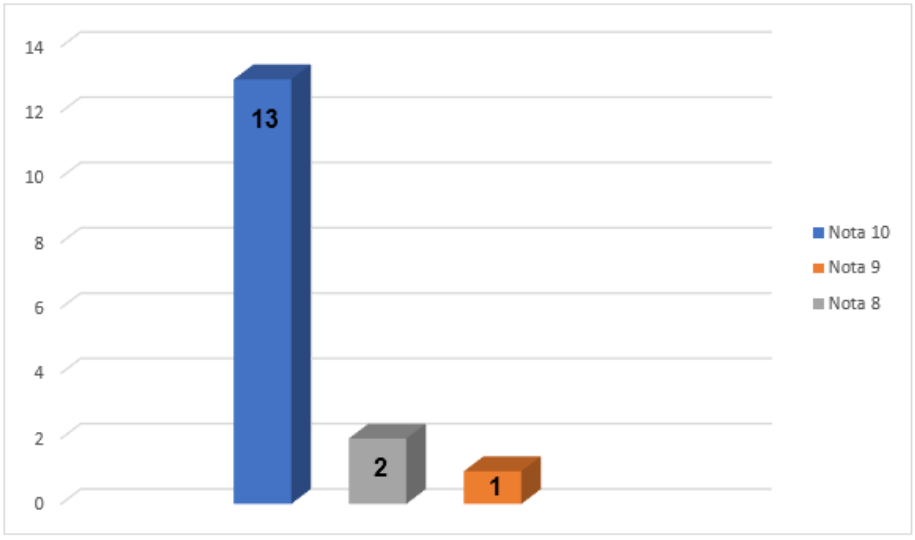
um papel crucial na consolidação do conhecimento. Segundo Freire (1996), a educação deve ser um processo ativo onde os alunos participam na construção do conhecimento. Ao desenvolver e produzir vídeos sobre fenômenos Acústicos, os alunos não só aprendem os conceitos de forma mais profunda, mas também desenvolvem habilidades de comunicação, colaboração e pensamento crítico. Essa prática reflete os princípios da aprendizagem significativa, onde o aluno é o protagonista na construção de seu próprio conhecimento.

Nussenzveig (2002) destaca a importância de experiências práticas no Ensino de Física para consolidar o entendimento teórico. Ao assistir e criar vídeos que demonstram fenômenos acústicos, os alunos são capazes de ver a aplicação real dos conceitos estudados, o que reforça a aprendizagem e facilita a retenção do conhecimento a longo prazo. Essa abordagem integradora é essencial para a formação de estudantes críticos e reflexivos, capazes de aplicar seus conhecimentos em diversas situações do cotidiano.

Portanto, a utilização de vídeos como ferramenta mediadora na aprendizagem da acústica oferece uma ponte entre a teoria e a prática, promovendo uma compreensão mais holística e aplicada dos conceitos

A questão 2, procurava avaliar as atividades propostas, perguntando aos alunos que pontuação eles dariam, em uma escala de 0 a 10, sobre essa atividade nas aulas de Física. Suas respostas foram ilustradas no gráfico 1.

**Gráfico 8** - Em uma escala de 0 a 10, qual pontuação você atribuiria para a utilização dessa atividade nas aulas de Física?




**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

No contexto da questão 2, a elevada satisfação dos alunos em relação às atividades propostas pode ser explicada pela eficácia dessa abordagem. A alta pontuação atribuída pelos alunos (com 81,25% dando nota máxima) sugere que a metodologia utilizada nas aulas de Física foi bem-sucedida em engajar os alunos e promover a aprendizagem significativa. A construção de vídeos permite que os alunos explorem os conceitos de forma ativa e criativa, facilitando a compreensão dos fenômenos acústicos através de exemplos concretos e experiências práticas. Esse tipo de atividade está alinhado com os princípios de Ausubel, que enfatiza a importância de conectar novos conteúdos ao conhecimento existente dos alunos.

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968) postula que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando os novos conhecimentos são ancorados em conceitos previamente adquiridos pelos alunos. Esse processo envolve a assimilação de novas informações de maneira organizada e lógica, facilitando a retenção e a compreensão. Quando os alunos participam de atividades práticas, como a criação de vídeos educativos sobre fenômenos acústicos, eles conseguem relacionar diretamente essas novas experiências com seus conhecimentos prévios, resultando em uma aprendizagem mais profunda e significativa. Além disso, o protagonismo dos alunos é fortalecido, permitindo que eles se tornem agentes ativos em seu próprio processo de aprendizagem.

Além disso, a participação ativa dos alunos na criação dos vídeos promove um maior envolvimento e interesse pelo conteúdo, o que pode explicar a satisfação demonstrada nas respostas. Ao se envolverem diretamente na produção e explicação dos fenômenos acústicos, os alunos não apenas compreendem melhor os conceitos, mas também desenvolvem habilidades importantes, como a capacidade de comunicação e o pensamento crítico. O uso de metodologias ativas, como a sala de aula invertida e a plataforma PhET, torna o aprendizado mais relevante e significativo para os alunos, contribuindo para a alta pontuação atribuída à atividade. Essas ferramentas permitem que os alunos explorem e testem conceitos em um ambiente seguro e interativo, promovendo uma aprendizagem significativa em vez de aulas mecânicas e tradicionais.

A teoria de Ausubel também destaca a importância de um ensino que seja significativo e relevante para os alunos. Quando os alunos percebem que o que estão aprendendo tem aplicação prática e pode ser utilizado em situações reais, sua

motivação e satisfação aumentam significativamente. No caso das atividades propostas, a conexão entre os conceitos teóricos e sua aplicação prática por meio da criação de vídeos educativos permitiu aos alunos verem o valor do que estavam aprendendo, resultando em uma experiência educacional altamente positiva. Isso explica por que 100% das respostas atribuíram notas altas à atividade, demonstrando que a metodologia empregada foi eficaz em promover uma aprendizagem significativa e satisfatória.

A questão 3, era uma questão de opinião, sugerindo que o aluno, relatasse se ele conseguiu aprender os conteúdos de Física através da construção dos vídeos de curta metragem, indicando vantagens e/ou as desvantagens em aprender Física desta forma.

**Quadro 38** - Resposta da Questão 03: Na sua opinião, você conseguiu aprender os conteúdos de Física através da construção dos vídeos? Se sim, indique as vantagens e/ou desvantagens em aprender Física desta Forma.

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Sim. O efeito Doppler foi bem legal de aprender e ler sobre |
| FAMV 2 | Sim. Durante a produção fazemos a leitura, a absorção dos roteiros e procuramos modos de colocar esse aprendizado no nosso dia-a-dia, facilitando a nossa compreensão |
| FAMV 3 | Sim. Não possui desvantagens, mas, podemos citar as vantagens que é um tipo mais fácil de aprendizagem |
| FAMV 4 | Sim. A vantagem é que de uma forma mais dinâmica e divertida o aluno aprende melhor, pois, no trabalho nós fomos os protagonistas, ou seja, não vamos esquecer desse assunto, porque estudamos de uma forma diferente |
| FAMV 5 | Sim, pois, aprendemos mais de como o som se propaga |
| FAMV 6 | Sim. As vantagens é que você aprende de forma divertida e não tem desvantagem. |
| FAMV 7 | Sim! As vantagens são muitas pois o aluno torna-se o personagem, protagonista e além disso é uma forma totalmente diferente de aprender. |
| FAMV 8 | Sim, pois, fica uma aula muito dinâmica e assim fica fácil de entender |
| FAMV 9 | Sim. Não me aprofundei muito por não conseguir deixar entrar na minha mente, mas, aprendi o bastante para entender. Uma |

| | |
|---|---|
| | vantagem é poder ver de forma realista e por experiência. Não tem uma desvantagem. |
| FAMV 10 | Sim. A vantagem que os alunos trabalham tanto a parte teórica quanto a prática, assim, tornando o entendimento mais simples. |
| FAMV 11 | Sim. As vantagens foram de aprendizagem de forma rápida, sem dificuldade |
| FAMV 12 | Sim. Só teve vantagens, porque os assuntos fixaram mais claro e a forma de se aprender é colocar isso na prática, fica mais claro. |
| FAMV 13 | Sim. Maior compreensão e aprendizagem do conteúdo. |
| FAMV 14 | Sim. Aprender o conteúdo de maneira prática e diferente, isso mostra que aprender física também pode ser divertido |
| FAMV 15 | Sim. As vantagens é que assim fica melhor de compreender de uma maneira mais prática, agora no ensino normal é mais difícil, pois, é muito assunto para aprender em poucas aulas. |
| FAMV 16 | Sim. Através das metodologias ativas que o professor proporcionava. O uso de caixa de som para explicar a vibração do som. |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Os depoimentos dos alunos refletem a eficácia dessa abordagem. Por exemplo, o aluno FAMV2 menciona que, durante a produção dos vídeos, a leitura e absorção dos roteiros facilitou a compreensão dos conteúdos, tornando o aprendizado mais aplicável no dia a dia. Esse tipo de metodologia promove um aprendizado ativo, onde os estudantes não são apenas receptores passivos de informação, mas agentes ativos na construção de seu conhecimento. Isso corrobora a ideia de que a aprendizagem é mais eficaz quando os alunos estão envolvidos de forma prática e significativa.

O uso de vídeos na sala de aula, especialmente quando alinhado com os conteúdos curriculares, se mostra uma ferramenta poderosa para o ensino de Física. A produção de vídeos de curta metragem permite que os alunos participem ativamente do processo de aprendizagem, promovendo o protagonismo estudantil e facilitando a compreensão de conceitos complexos através de métodos práticos e criativos. Isso está de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968), que enfatiza a importância de integrar novos conhecimentos aos conceitos previamente adquiridos pelos alunos.

Além disso, a criação de vídeos permite que os alunos desenvolvam habilidades importantes, como a capacidade de comunicação e o pensamento crítico. O aluno FAMV4 destaca que o trabalho foi mais dinâmico e divertido, o que melhorou o aprendizado, pois eles foram os protagonistas. Essa perspectiva de protagonismo é fundamental para o desenvolvimento de uma aprendizagem autônoma e autêntica. A metodologia ativa, onde o professor atua como mediador e facilitador, ajuda os alunos a se envolverem de maneira mais profunda com o conteúdo, o que é essencial para a internalização e aplicação dos conceitos aprendidos (Moreira, 2012).

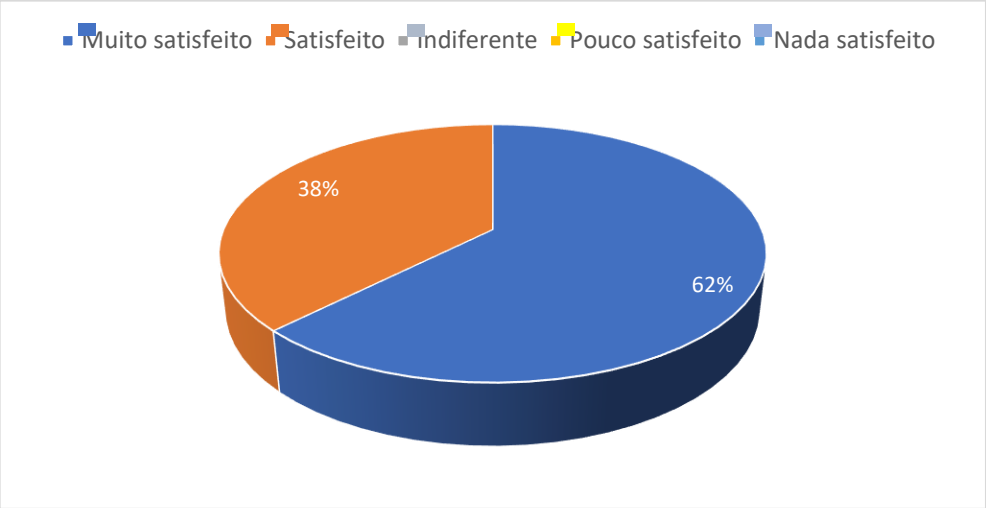
As respostas dos alunos também indicam que essa metodologia não apresentou desvantagens significativas. Por exemplo, o aluno FAMV6 afirma que não há desvantagens e que a aprendizagem foi divertida. A maioria dos alunos compartilha essa visão, destacando que a metodologia é benéfica por tornar a aula mais dinâmica e compreensível. O aluno FAMV10 aponta que trabalhar tanto a parte teórica quanto a prática torna o entendimento mais simples. Essa integração de teoria e prática é crucial para uma aprendizagem eficaz, pois permite que os alunos vejam a aplicação real dos conceitos teóricos, consolidando seu entendimento e motivação, demonstrando que a pesquisa translacional foi assertiva.

A adoção de metodologias ativas, como a produção de vídeos, deve ser considerada uma prática regular nas escolas. Como indicado pelo aluno FAMV16, o uso de ferramentas práticas, como caixas de som para explicar a vibração do som, ajuda a fixar o conteúdo de maneira mais clara e interessante. Essa abordagem não apenas facilita a aprendizagem de conteúdos específicos, como a Física, mas também prepara os alunos para serem aprendizes autônomos e criativos, habilidades essenciais no mundo moderno (Bacich; Moran, 2015).

Pelas respostas, a metodologia proposta obteve seu êxito, os alunos apontaram vantagens e inferiram que não tinham desvantagens, ainda indicando a aplicação desta para outras turmas e escolas. Desse modo, a nossa metodologia cumpre seu papel em despertar o aluno a aprender sob uma perspectiva diferente.

A questão 4, sugeria aos alunos que eles descrevessem seu grau de satisfação a respeito da atividade em que eles participaram. As respostas podem ser analisadas a partir do gráfico 2.

**Gráfico 9** - Resposta da questão 04: Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade em que você participou?




**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise da satisfação dos alunos em relação à atividade educacional foi fundamentada pela teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Ausubel (1968), propõe que a aprendizagem é mais eficaz quando novos conceitos são ancorados em conhecimentos prévios dos alunos, permitindo uma compreensão mais profunda e duradoura. Este princípio está no cerne das respostas positivas observadas na pesquisa, onde 62% dos alunos relataram estar muito satisfeitos e 38% satisfeitos com a utilização do Produto Educacional (PE) no ensino de Acústica.

Ausubel destaca que a aprendizagem significativa ocorre quando o material de ensino é potencialmente significativo e o aluno possui subsunçores relevantes para ancorar a nova informação. No contexto da atividade descrita, o PE foi projetado para construir sobre os conhecimentos pré-existentes dos alunos, facilitando a integração de novos conceitos de Acústica. A elevada satisfação dos alunos pode ser atribuída à eficácia dessa abordagem, que promove uma conexão direta e lógica entre o novo conteúdo e as experiências prévias dos alunos, conforme observado nas suas respostas.

Segundo Moreira (2012), um importante estudioso da teoria de Ausubel no Brasil, reforça que a mediação do professor é crucial para a aprendizagem significativa. Ele argumenta que o professor deve atuar como facilitador, ajudando os alunos a relacionar o novo material com o que já sabem. A satisfação dos alunos, conforme relatada na pesquisa, indica que essa mediação foi bem-sucedida,

permitindo que os alunos se envolvessem ativamente no processo de aprendizagem e percebessem o valor prático do que estavam aprendendo.

Para Bacich e Moran (2015), ao discutir metodologias ativas, também enfatizam a importância de envolver os alunos em atividades que promovam a construção ativa do conhecimento. As metodologias ativas, como a produção de vídeos de curta metragem de cunho educativos sobre fenômenos acústicos, incentivam os alunos a serem protagonistas de sua própria aprendizagem, o que aumenta seu engajamento e satisfação. O feedback positivo dos alunos sugere que essa metodologia não apenas facilitou a compreensão dos conceitos de Acústica, mas também tornaram o processo de aprendizagem mais interessante e relevante para eles.

A satisfação relatada pelos alunos pode ser vista como um indicativo de que o PE conseguiu cumprir seu objetivo de promover uma aprendizagem significativa. Os altos níveis de satisfação refletem a eficácia da abordagem em conectar o novo conhecimento com os conceitos previamente adquiridos, facilitando a retenção e compreensão dos alunos. Essa conexão é fundamental para a internalização do conhecimento, conforme proposto por Ausubel, e é reforçada por práticas pedagógicas contemporâneas que valorizam a participação ativa e a mediação eficaz do professor.

A questão 05, pedia que os alunos relatassem se os mesmos tinham encontrado alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem.

**Quadro 39**- Resposta da Questão 05: Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem? Se sim, quais foram essas dificuldades?

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | Não |
| FAMV 2 | Não |
| FAMV 3 | Não. Participar dos vídeos foi bem divertido |
| FAMV 4 | Não tive dificuldade |
| FAMV 5 | Não |
| FAMV 6 | Não |

| | |
|---|---|
| FAMV 7 | Não teve nenhuma dificuldade, foi até divertido |
| FAMV 8 | Não |
| FAMV 9 | Não. Eu consegui entender |
| FAMV 10 | Não |
| FAMV 11 | Não |
| FAMV 12 | Não encontrei nenhuma dificuldade |
| FAMV 13 | Sim. Na hora da explicação no vídeo |
| FAMV 14 | Apenas na construção do curta metragem, pois, não entendíamos o conteúdo, mas, isso foi fundamental para o nosso aprendizado, pois, estudamos e aprendemos de forma divertida |
| FAMV 15 | Não. Achei muito bom e recomendo para outras escolas, pois assim a aprendizagem fica mais fácil |
| FAMV 16 | Não |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas dos alunos revela que a maioria não encontrou dificuldades significativas durante as explicações ou na construção dos vídeos de curta-metragem, com apenas dois alunos relatando algum tipo de desafio. Isso sugere que a metodologia utilizada foi amplamente eficaz em facilitar o aprendizado e engajamento dos estudantes. A construção de vídeos educativos sobre fenômenos acústicos parece ter proporcionado uma experiência educativa positiva e motivadora para a maioria dos alunos.

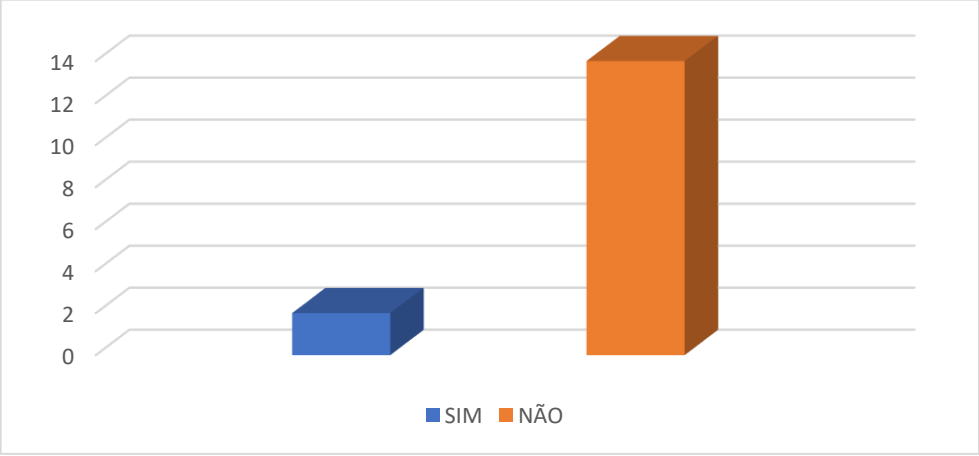
Segundo a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968), a integração de novos conhecimentos aos conceitos já existentes é essencial para a aprendizagem eficaz. A criação de vídeos, como uma metodologia ativa, permitiu que os alunos relacionem os novos conceitos com suas experiências e conhecimentos prévios. Esse processo de ancoragem facilita a compreensão e retenção dos conteúdos. As respostas dos alunos, como "Participar dos vídeos foi bem divertido" (aluno FAMV3) e "Acho muito bom e recomendo para outras escolas, pois assim a aprendizagem fica mais fácil" (aluno FAMV15), demonstram que a abordagem utilizada cumpriu esse papel.

Apenas um aluno relatou dificuldades na explicação no vídeo, e outro mencionou desafios na construção do curta-metragem. No entanto, ambos reconheceram que essas dificuldades foram cruciais para seu aprendizado. O aluno FAMV14, por exemplo, afirmou: "Apenas na construção do curta-metragem, pois, não entendíamos o conteúdo, mas, isso foi fundamental para o nosso aprendizado, pois, estudamos e aprendemos de forma divertida". Este comentário reflete a perspectiva de Ausubel sobre a importância do esforço cognitivo no processo de aprendizagem significativa. Enfrentar e superar desafios durante a construção dos vídeos contribuiu para uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos.

A participação ativa dos alunos e o protagonismo na produção dos vídeos são aspectos fundamentais das metodologias ativas, como destacado por Bacich e Moran. (2015). Essas metodologias promovem a autonomia dos estudantes e a construção ativa do conhecimento, o que pode aumentar o engajamento e a motivação. As respostas dos alunos, como "Não teve nenhuma dificuldade, foi até divertido" (aluno FAMV7) e "Eu consegui entender" (aluno FAMV9), indicam que a experiência foi não apenas educativa, mas também agradável e estimulante.

Moreira (2012) reforça que o papel do professor como mediador é crucial para facilitar a aprendizagem significativa. Ao orientar e apoiar os alunos durante a criação dos vídeos, os professores ajudaram a transformar dificuldades em oportunidades de aprendizagem. Este suporte é fundamental para que os alunos possam superar desafios e internalizar novos conhecimentos de maneira significativa.

**Gráfico 10** – Resposta da questão 05. Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem?

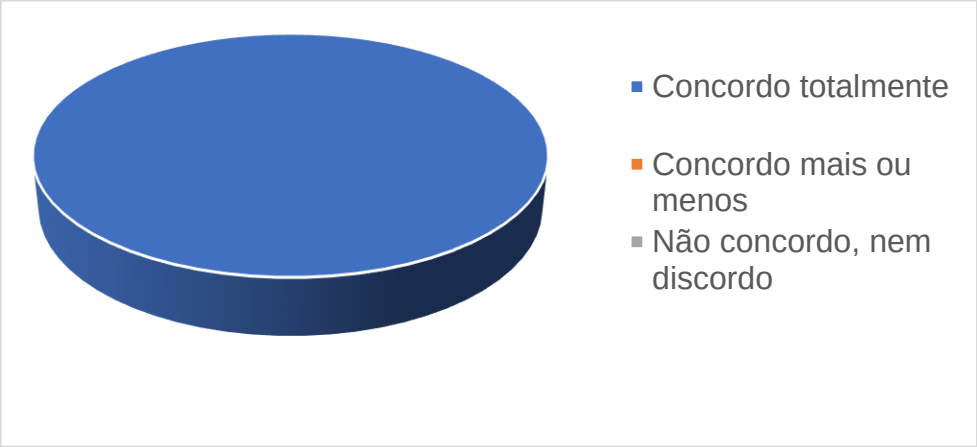



**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

Na análise gráfica percebe-se que 87,5%, não tiveram problemas e nem dificuldade e apenas 12,5%, apresentaram algum problema ou dificuldade em assimilar os conteúdos unindo os conhecimentos que eles já tinham com as desenvolvidas na atividade proposta.

A questão 6, objetiva avaliar o desenvolvimento do produto educacional, questionando se os alunos concordavam que através da construção dos vídeos e as discussões realizadas dentro da sala de aula. Esta atividade contribuiu para o esclarecimento de suas dúvidas em relação a Acústica. O aluno poderia escolher entre: concordo totalmente; concordo mais ou menos; não concordo, nem discordo; discordo mais ou menos; discordo totalmente.

**Gráfico 11** - Resposta da questão 06. Você concorda que através da construção dos vídeos e as discussões realizadas dentro da sala de aula. Esta atividade contribui para o esclarecimento de suas dúvidas em relação a Acústica como os fenômenos sonoros e fisiologia do som?




**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas revela que 100% dos alunos concordam totalmente que a construção dos vídeos e as discussões realizadas em sala de aula foram eficazes em esclarecer suas dúvidas e contribuir para a compreensão dos conceitos e fenômenos acústicos, como as qualidades fisiológicas do som, difração, interferência e efeito Doppler. Este resultado pode ser interpretado à luz da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e da pesquisa translacional, que juntos fornecem um *framework* robusto para o Ensino de Acústica.

De acordo com a teoria de Ausubel, a aprendizagem é mais eficaz quando novos conceitos são relacionados a estruturas cognitivas preexistentes. Ausubel destaca que o aprendizado significativo ocorre quando os alunos conseguem integrar novas informações em sua estrutura cognitiva de maneira coerente e lógica, utilizando conceitos previamente adquiridos como âncoras (Ausubel, 1968). A criação de vídeos de curta metragem, por sua natureza prática e envolvente, oferece uma oportunidade valiosa para que os alunos relacionem teorias abstratas com exemplos concretos, facilitando a ancoragem de novos conhecimentos em suas estruturas cognitivas existentes.

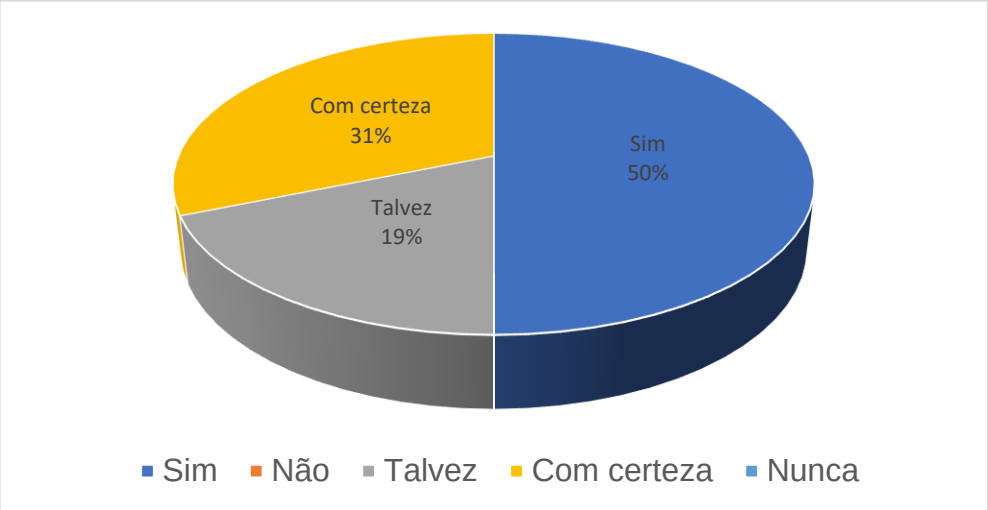
A pesquisa translacional, que visa a aplicação prática de descobertas científicas para melhorar processos e resultados educacionais, complementou a teoria de Ausubel ao fornecer uma metodologia ativa que engajou os alunos de maneira direta e significativa. Ao participar na produção de vídeos e nas discussões subsequentes, os alunos se envolvem em um processo de aprendizagem *hands-on* que lhes permite explorar e internalizar conceitos de acústica de maneira profunda. Segundo Moreira (2011), a prática de metodologias ativas, como a criação de vídeos, promove um ambiente de aprendizado onde os alunos são os protagonistas, facilitando assim uma maior retenção e compreensão dos conteúdos.

Além disso, o uso de vídeos como ferramenta educacional tem sido amplamente defendido por sua capacidade de tornar o aprendizado mais interativo e envolvente. Bacich e Moran (2015) argumentam que metodologias ativas, que incluem a utilização de recursos audiovisuais, não apenas aumentam a motivação dos alunos, mas também promovem um entendimento mais profundo e duradouro dos conteúdos ensinados.

As respostas dos alunos, representadas no gráfico qualitativo, indicando que suas dúvidas foram esclarecidas através da atividade, corroboram a eficácia desta metodologia, facilitando a compreensão de conceitos complexos e em motivar os alunos a se envolverem profundamente com o conteúdo, tendo a criação de vídeos possibilitado aos alunos não apenas aprender de forma passiva, mas também participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem.

A questão 7, sugeria uma ideia de se trabalhar novamente com essa atividade em sala de aula. Então, foi questionado aos alunos se eles participariam novamente dessa atividade. Suas respostas se encontram representado no Gráfico 5.

**Gráfico 12** - Resposta da questão 07. Você participaria novamente dessa atividade?




**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas dos alunos revela que 81% deles demonstraram interesse em participar novamente da atividade proposta, sendo 31% respondendo com certeza e 70% respondendo sim e 19% disseram talvez. Este alto índice de aceitação pode ser explicado pela eficácia da metodologia utilizada, que alinhada com a teoria de Ausubel, promoveu uma experiência de aprendizagem positiva e significativa.

David Ausubel (1968) destaca que a aprendizagem significativa ocorre quando novos conteúdos são integrados ao conhecimento prévio dos alunos de forma lógica e coerente. A produção de vídeos facilita essa integração, permitindo que os alunos participem ativamente e apliquem os conceitos de maneira prática, o que fortalece a assimilação dos novos conhecimentos.

Além disso, o uso de metodologias ativas, como a criação de vídeos, está em consonância com as recomendações de Bacich e Moran (2015), que enfatizam a importância de envolver os alunos em atividades que promovam reflexão, criatividade e autonomia. Essas metodologias incentivam os alunos a serem protagonistas de seu próprio aprendizado, o que aumenta a motivação e o interesse pelas atividades escolares. A possibilidade de explorar e experimentar os conceitos de forma concreta e prática torna a aprendizagem mais relevante e interessante para os alunos.

A satisfação e o desejo de participar novamente de atividades semelhantes também podem ser atribuídos ao papel do professor como mediador e facilitador do processo de aprendizagem. De acordo com Freire (2005), o professor deve atuar

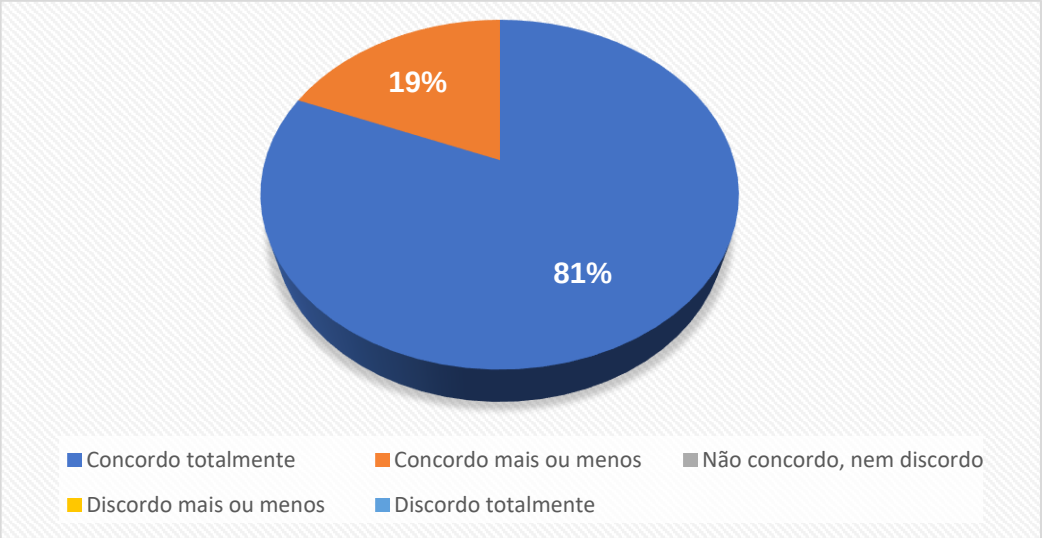
como um guia, ajudando os alunos a construírem seu próprio conhecimento através de experiências significativas. A mediação do professor, combinada com a participação ativa dos alunos, cria um ambiente de aprendizagem colaborativo e dinâmico, onde os alunos se sentem mais envolvidos e motivados.

Os alunos indicaram que a metodologia utilizada permitiu uma melhor compreensão dos fenômenos acústicos e contribuiu para a construção de um conhecimento mais sólido e duradouro. As atividades práticas e interativas, como a produção de vídeos, proporcionaram uma experiência de aprendizagem diferenciada, que vai além das aulas tradicionais e mecânicas. Esse tipo de abordagem pedagógica é fundamental para desenvolver habilidades críticas e reflexivas nos alunos, preparando-os melhor para enfrentar desafios futuros.

A elevada aceitação e o desejo de repetir a experiência podem ser atribuídos à combinação eficaz de metodologias ativas, à mediação adequada do professor e à aplicação prática dos conceitos teóricos. Essas estratégias pedagógicas não apenas aumentam a motivação e o engajamento dos alunos, mas também promovem uma aprendizagem significativa e duradoura, conforme preconizado por Ausubel.

A questão 8 perguntava aos alunos se eles concordavam que atividade proposta contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos relacionados a Acústica. Tendo como as seguintes alternativas para selecionar: concordo totalmente; concordo mais ou menos; não concordo, nem discordo; discordo mais ou menos; discordo totalmente; as respostas estão representadas no Gráfico 6.

**Gráfico 13** - Resposta da questão 08. Você concorda que a atividade contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos de Acústica relacionado ao som e suas características?



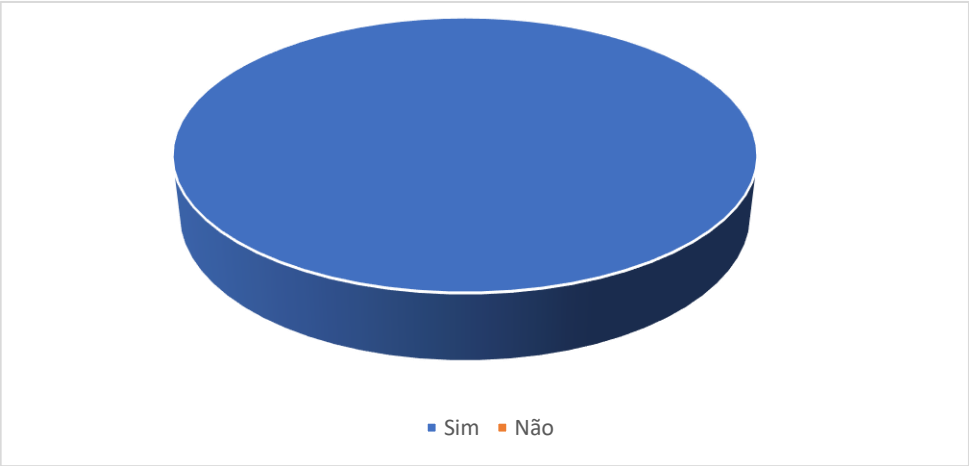

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas a essa pergunta, revelou que os estudantes não encontraram dificuldades significativas em assimilar os conceitos de acústica apresentados nos vídeos, indicando que a abordagem translacional efetivamente facilitou a transferência do conhecimento teórico para uma compreensão prática e aplicável. Além disso, a construção cuidadosa dos vídeos, alinhada com os princípios da aprendizagem significativa de Ausubel, contribuiu para uma experiência de aprendizado mais engajadora e eficaz, promovendo um ambiente onde os alunos puderam integrar seus conhecimentos prévios de forma produtiva.

Ao integrar a pesquisa translacional com os princípios educacionais de Ausubel e a produção de vídeos didáticos, todos os alunos concordaram que essa metodologia contribui de forma significativa para o Ensino de Acústica, pois esta metodologia não apenas demonstra a aplicação prática de teorias complexas no ensino de acústica, mas também evidencia como tais abordagens podem melhorar significativamente a compreensão e a retenção do conhecimento pelos alunos (Hattie, 2009).

A questão 9, se tratava de uma questão de opinião, ao qual os alunos teriam que responder se eles sabiam diferenciar as características do som como timbre, altura e intensidade. Suas respostas estão representadas no Gráfico 7.

**Gráfico 14** - Resposta da questão 09. Você consegue diferenciar as características do som como timbre, intensidade e altura do som?




**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise cuidadosa das respostas dos alunos revela que todos compreenderam profundamente os conceitos físicos de Acústica. Esta compreensão é tangível no refinamento artístico dos vídeos que eles meticulosamente conceberam, onde os fenômenos acústicos se tornam narrativas vivas. A produção de vídeos de curta metragem não apenas ilustra, mas também personifica a complexidade e a sutileza das características sonoras, encapsulando um entendimento que vai além das palavras, não se limitando à simples repetição de teorias, mas sim à transformação desses conceitos em expressões criativas e significativas.

Essa metodologia de ensino encontra respaldo na teoria de Ausubel, enfatizando a aprendizagem significativa através da integração de novos conhecimentos com o conhecimento prévio dos alunos, onde a experiência pessoal e a opinião dos alunos desempenham um papel crucial, pois permitem uma conexão mais profunda e duradoura com o conteúdo. Nesse sentido, a participação ativa dos alunos na elaboração dos vídeos não apenas enriquece o aprendizado, mas também valida a importância da perspectiva individual na construção do conhecimento (Moreira, 2011).

A questão 10, procurava saber se os alunos conseguiriam definir após a aplicação do produto educacional os fenômenos da difração e efeito doppler. No quadro 20, apresentamos as respostas dos alunos sobre esta questão.

**Quadro 40** - Resposta da Questão 10: Como você compreende os fenômenos de difração sonora e efeito doppler, após, a realização de produção de vídeos de curta metragem?

| Alunos | Respostas |
|---|---|
| FAMV 1 | O som vai aumentando e diminuindo de acordo que o automóvel vai passando |
| FAMV 2 | O efeito doppler é a alteração da frequência com relação a sua velocidade; A Difração acontece quando as ondas contornam os obstáculos |
| FAMV 3 | Difração é quando as ondas sonoras contornam um obstáculo. Efeito doppler é quando ocorre a mudança de frequência em relação a velocidade |
| FAMV 4 | Difração sonora é quando as ondas sonoras dispersam no ambiente, como por exemplo: consigo escutar um som mesmo com a porta fechada; Efeito doppler é a variação do som de acordo com a velocidade, por exemplo quando passa um ambulância e o som dela(sirene) dá impressão de mudar quando se afasta e aproxima |
| FAMV 5 | Sim. Como a difração é o fenômeno no qual as ondas contornam o obstáculo e o efeito doppler é a alteração da frequência em relação a velocidade |
| FAMV 6 | A difração sonora é quando o som choca com alguma coisa e o contorna e o efeito doppler é a alteração da frequência com a variação e velocidade quando o som se aproxima ou se afasta do observador |
| FAMV 7 | Difração é quando a onda contorna um obstáculo. Efeito doppler é a variação de frequência em relação a velocidade. Agora compreendo mais tais fenômenos. |
| FAMV 8 | Efeito doppler é quando escutamos um som e ele vai se afastando e você vai esvutando ele passando de formas diferentes “baixo, alto, baixo”. A difração é o fenômeno no qual as ondas contornam os obstáculos. |
| FAMV 9 | Difração é o fenômeno no qual as ondas contornam os obstáculos. Efeito doppler é a alteração na frequência com a variação de velocidade, quando a fonte se aproxima ou se afasta do observador. |
| FAMV 10 | Doppler é a mudança de frequência em relação a velocidades diferentes. Difração quando a onda do som se discipa assim diminuindo o volume dependendo da distância. |

| | |
|---|---|
| FAMV 11 | A difração é o fenômeno em que as ondas contornam os obstáculos. O efeito doppler é a variação de frequência, conforme a distância e velocidade |
| FAMV 12 | A difração é o fenômeno na qual as ondas contornam os obstáculos. O efeito doppler é quando a fonte se aproxima ou se afasta do observador |
| FAMV 13 | Na difração, a onda sonora contorna os obstáculos. No efeito doppler, está associada a mudança aparente da frequência, devido ao movimento relativo entre a fonte e o observador |
| FAMV 14 | Difração é o fenômeno de ondas que contornam os obstáculos. Efeito doppler é a alteração da frequência com a variação da velocidade. |
| FAMV 15 | Difração é o fenômeno no qual as ondas contornam os obstáculos. Efeito doppler é quando uma fonte se aproxima ou se afasta do observador alterando sua frequência |
| FAMV 16 | Efeito doppler é a alteração da frequência sonora percebida pelo observador em relação ao movimento da aproximação e afastamento entre a fonte e o observador. A difração sonora é o desvio feito pela onda quando esta contorna os obstáculos em seu caminho. |

**Fonte**: Autoria própria (Leal, F. L, 2023).

A análise das respostas dos alunos revela um notável avanço na compreensão dos conceitos de difração sonora e efeito Doppler após a realização da produção de vídeos de curta-metragem. Inicialmente, observa-se que muitos alunos tinham uma compreensão rudimentar dos fenômenos físicos. Por exemplo, o Aluno FAMV3 descreveu a difração como "quando as ondas sonoras contornam um obstáculo" (Young; Freedman, 2020) e o aluno FAMV1 mencionou que o efeito Doppler é "a alteração da frequência conforme a fonte se move" (Halliday; Resnick, 2011). No entanto, à medida que se envolveram na criação dos vídeos, suas percepções se aprofundaram significativamente. O aluno FAMV7 destacou que "a difração é o fenômeno em que as ondas contornam os obstáculos" (Young; Freedman, 2020), enquanto o aluno FAMV4 notou que "o efeito Doppler é a mudança na frequência percebida conforme a fonte se aproxima ou se afasta" (Halliday; Resnick, 2011).

A metodologia centrada na produção de vídeos não apenas estimulou uma abordagem prática e criativa para explorar os fenômenos acústicos, mas também facilitou uma aprendizagem significativa, conforme defendido por Ausubel. Essa abordagem permitiu que os alunos integrassem novos conhecimentos com seu

conhecimento prévio, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos estudados (Ausubel, 2000). Por exemplo, ao descreverem como o som de uma sirene de ambulância parece mudar conforme ela se move em relação ao observador, os alunos não apenas aplicaram conceitos teóricos, mas também demonstraram uma compreensão prática da física do som.

Além de fortalecer a compreensão dos alunos sobre difração e efeito Doppler, a metodologia de produção de vídeos incentivou a colaboração e a expressão criativa. Os alunos não apenas absorveram informações, mas também se tornaram produtores ativos de conhecimento, transformando conceitos abstratos em narrativas visuais tangíveis. Essa abordagem não só enriqueceu o processo educacional, mas também aumentou o engajamento dos alunos ao demonstrar como a ciência pode ser aplicada e explorada de maneira pessoal e significativa (Ausubel, 2000).

## SIGNIFICAÇÕES CONCLUSIVAS

O objetivo desta pesquisa foi produzir e simular vídeos de curta metragem como metodologia no ensino e aprendizagem de Acústica no campo de ondas sonoras e seus fenômenos, proporcionando aos alunos do Ensino Médio, oportunidade de desenvolvimento de competências e habilidades em Acústica. Buscou-se, desse modo, estimular professores que atuam na Educação Básica, notadamente no ensino de Física, aplicarem com seus alunos a referida proposta com o intuito de aprimorar seus conhecimentos na área de Acústica. Isto envolveu a criação de vídeos de curta metragem de caráter educativo que investigou as complexidades das características e fenômenos sonoros. Para auxiliar os professores na implementação desta metodologia inovadora, optamos por desenvolver vídeos de curta metragem roteirizados como metodologia, incorporando o uso de tecnologias simples, (Moran, 2015).

A pesquisa evidenciou que a utilização da produção de vídeos durante todo o processo de aplicação promoveu um engajamento substancial entre os alunos, segundo a perspectiva do pesquisador e, conforme os dados apresentados neste estudo. Através do teste diagnóstico e da implementação dos vídeos, ficou evidente que as dúvidas levantadas no pré-teste foram efetivamente sanadas ao longo da execução da atividade, conforme demonstrado no pós-teste validando, dessa forma, a aprendizagem significativa que, na concepção de Ausubel (1980), ocorre quando novas informações se conectam de maneira substancial e não arbitrária ao conhecimento pré-existente dos alunos.

Esta integração promoveu a aprendizagem e a aplicação do novo conhecimento, promovendo uma compreensão profunda e duradoura dos conceitos ensinados. Assim, a eficácia dessa metodologia foi comprovada, evidenciando sua importância na construção ativa do saber pelos alunos.

A análise dos resultados do pré-teste, evidenciou que a aprendizagem baseada na construção de vídeos de curta-metragem foi altamente eficaz no Ensino de Física, especialmente na Acústica. A maioria dos alunos demonstrou uma compreensão clara do assunto, confirmando a eficiência desta abordagem, (Ausubel, 2000). Consequentemente, a aplicação dessa metodologia educacional gerou resultados positivos, como demonstrado pelo retorno dos alunos durante as aulas e nas

respostas do questionário. Eles expressaram entusiasmo pela natureza envolvente e agradável do método de ensino, destacando sua surpresa ao descobrir que a Física poderia ser aprendida de maneira tão divertida, (Bruner, 1996).

Os resultados indicam que os participantes fizeram avanços significativos na compreensão dos conceitos relacionados às propriedades do som e seus fenômenos. A criação e implementação dos vídeos serviram como recursos valiosos, desempenhando um papel crucial na facilitação da compreensão e integração desses conceitos, demonstrando ser uma abordagem potencialmente significativa para o Ensino de Física, (Moreira, 2011). A utilização do produto educacional e a avaliação da criação de simulações de vídeos e curtas-metragens com foco em acústica permitiram alcançar os objetivos iniciais estabelecidos.

Em nosso ambiente de aprendizagem, oferecemos uma aula única e envolvente que mistura a interação dos personagens dos roteiros com o conteúdo de Acústica, proporcionando uma atividade prazerosa e dinâmica, (Keller, 1983). Encorajamos os alunos, a aprender dessa forma, pois isso os expõe a aulas que fogem do formato tradicional. Além disso, o Produto Educacional promove a interação dos participantes e facilita a aprendizagem cooperativa, incentivando a troca de informações entre todos os envolvidos, (Vygotsky, 1978). Isso lhes dá a oportunidade de mostrar seus conhecimentos de maneira envolvente e agradável, superando as propostas de ensino tradicionais encontrados nos livros didáticos.

Ao analisar as respostas coletadas, ficou claro que todos os alunos que participaram da implementação do produto educacional demonstraram grande interesse tanto nas discussões quanto no desenvolvimento dos vídeos. Através do retorno e das respostas dos alunos, chegamos à conclusão de que é essencial estabelecer uma conexão entre os conceitos teóricos e as atividades práticas, pois isso favorece o desenvolvimento das capacidades cognitivas dos alunos, endossando que a escolha da pesquisa translacional foi a mais apropriada, (Moran, 2015). Além disso, destacou a importância de criar oportunidades para a participação ativa dos alunos no seu próprio processo de aprendizagem, sendo eles protagonistas do seu próprio conhecimento, (Novak, 2010).

Foi notório nesse trabalho que, a utilização de produção de vídeos em curta-metragem é uma metodologia viável e transformadora no âmbito do Ensino. Ao fornecer um ambiente estimulante e envolvente, essa metodologia melhorou significativamente a experiência de ensino e aprendizagem dos alunos. Vale ressaltar

que os roteiros utilizados para a criação desses vídeos devem ser considerados como um recurso complementar para os professores. Eles podem usá-los como modelos para desenvolver seus próprios roteiros ou incorporá-los diretamente em suas aulas (Bruner, 1996). No entanto, é importante notar que a incorporação dessas atividades não substitui o envolvimento dos alunos no ensino em sala de aula.

Portanto, a produção e simulação de vídeos de curta metragem, torna-se uma metodologia significativa para aprimorar a experiência de ensino e aprendizagem na área de Física. Em última análise, nossa intenção é que este esforço divulgue o potencial inexplorado da utilização de roteiros para a produção de vídeos educativos em curta-metragem, uma vez que oferece oportunidades únicas que nem sempre estão disponíveis dentro dos limites de uma sala de aula física, (Moreira, 2011). Uma dessas vantagens é a promoção da aprendizagem independente e significativa, (Ausubel, 2003).

Portanto, este produto educacional sob o título produção e simulação de vídeos de curta metragem como metodologia no ensino e aprendizagem de acústica propõe contribuições:

- Para os Professores de Física: Propõe ressignificação das práticas pedagógicas, incentivando um ambiente de aprendizagem dinâmico e contextualizado.
- Para os Alunos: Promove aulas interativas e motivadoras, estimulando o interesse e a compreensão dos conceitos de acústica de maneira prática e envolvente.
- Ressignificação de Metodologias: Introduz inovação na educação ao utilizar tecnologias que favorecem o ensino-aprendizagem, indo além das abordagens tradicionais baseadas no paradigma newtoniano-cartesiano.
- Produto Educacional: Cria e implementa vídeos de curta metragem como recurso educacional, facilitando a compreensão dos princípios físicos da acústica.
- Uso Interdisciplinar: Potencial para ser adaptado em diversas disciplinas, como Matemática, Química, Biologia e outras áreas do conhecimento, ampliando o impacto da abordagem metodológica inovadora.

Assim, abre-se a possibilidade de ampliar o alcance e o impacto dessa abordagem metodológica inovadora, promovendo uma educação integrada e multidisciplinar.

# REFERÊNCIAS


AMARAL, H. GAGLIARDI, E. **Sequência Didática e ensino de gêneros discurseiros: breve síntese**. 2015. Disponível em: https://dialogoassessoria.wordpress.com.br. Acesso em: 23 de dez de 2021.

AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology:** A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1978). **Educational Psychology: A Cognitive View** (2nd ed.). Holt, Rinehart and Winston.

AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology**: A Cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1980.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BACICH, L.; MORAN, J. M.; SANTOS, M. **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora**: Uma Abordagem Teórico-Prática. Porto Alegre: Penso, 2015.

BAUMAN, Z. **Modernidade e Ambivalência**. Jorge Zahar Editor.1996.

BARDIN, L**. Análise de conteúdo**. 5. ed. Lisboa: Edições 70, 2011.

BEHRENS, M. A. Educação: **Fundamentos, Teorias e Práticas Educativas**. 4. ed. Curitiba: Ibpex, 2005.

BERGMANN, J.; SAMS, A. Flip **Your Classroom:** Reach Every Student in Every Class Every Day. Eugene, OR: International Society for Technology in Education, 2012.

BIANCHI, P.; DE LORENZI PIRES, G.; VANZIN, T. As tecnologias de informação e Comunicação na Rede Municipal de Ensino de Florianópolis: possibilidades para a educação (física). **Revista Linhas,** [S. l.], v. 9, n. 2, 2009. Disponível em: https://periódicos.udesc.br/index.php/linhas/article/view/1372 Acesso em 20 abr. 2022.

BRAME, C. J. **Effective educational videos**. Vanderbilt University Center for Teaching, 2015. Disponível em: https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/effective-educational-videos/. Acesso em: 18 jul. 2024.

BRASIL, MEC, SEB. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, SEB, 2006.

_____. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília: MEC/CONSED/UNDIME, 2017a. 472 p. Disponível em:

http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docmaneview=downloadealias=32621-cne-sintese-das-diretrizes-curriculares-da-educacao-basica-pdfeItemid=30192. Acesso em: 09 maio 2023.

_____. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

BROWNSON, R. C.; COLDITZ, G. A.; PROCTOR, E. K. **Dissemination and Implementation Research in Health**: Translating Science to Practice. 2nd ed. New York: Oxford University Press, 2017.

CALÇADA, C. A. **Fundamentos de Física. São Paulo**: Livraria da Física, 2010.

CASTAGINI, A.S.; SUTIL, N.; MIQUELIN, A, F. Vídeos como recursos didáticos para aprendizagem significativa em aulas de Ciências Físicas. **Anais do XI EDUCERE, II SIRSSE e IV SIPD/CÁTEDRA UNESCO**. P. 5214-5229, 2013.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações Elétricas e Prediais**. 14. ed. São Paulo: Érica, 2006.

CINELLI, L. P. Produção de vídeos didáticos: teoria e prática. Editora XYZ, 2003.

COOKSEY, R. W. **Bridging Research and Policy:** Insights from 50 Case Studies. New York: Springer, 2018.

FINI, L. D. **Aprendizagem significativa na prática educativa**. Editora Vozes, 2011.

FRANCO, C. **Metodologia de pesquisa científica**. Editora Beta, 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia:** Saberes Necessários à Prática Educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

GODOY, C. E**. Sequência Didática** – O que é? 2016. Disponível em: https://cecgodoy.net/o-que-e-sequencia-didatica. Acesso em: 23 de dez de 2021.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**. Vol. 2. 8ª ed. Rio deJaneiro. LTC, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. WALKER, J**earl. Fundamentos de física, volume 2**; gravitação, ondas e termodinâmica. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HATTIE, John. **Aprendizagem Visível**: Uma Síntese de Mais de 800 Meta-Análises Relacionadas ao Desempenho. Nova Iorque: Routledge, 2008.

HATTIE, J. **Aprendizagem Visível**: Uma Síntese de Mais de 800 Meta-Análises Relacionadas ao Desempenho. 2ª ed. Londres: Routledge, 2009.

HORN, M. B.; STAKER, H. Blended: **Usando Inovação Disruptiva para Melhorar as Escolas**. São Francisco: John Wiley & Sons, 2015.

KELLER, F. S. (1983). Adeus Professor: Os Muitos Papéis de um Professor Universitário. **Journal of Applied Behavior Analysis,** 1983.

LEGEY, A. P. MÓL, A. C. A. BRANDÃO, F. **Você sabe o que é uma Sequência Didática?** 2021. Disponível em: https://www.unicarioca.edu.br/acontece/. Acesso em: 23 de dez de 2021

MARCONDES, D. A. (2010). **Ensino de Física**: Representações e Estratégias Didáticas. Editora Livraria da Física.

MAYER, R. E**. Multimedia Learning. 2nd ed. New York:** Cambridge University Press, 2009

MINAYO, M.C de S. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo-Rio de Janeiro, HUCITEC-ABRASGO, 2008.

MOREIRA, M. A., & GRECA, I. M**. A pesquisa translacional na educação**: da ciência básica à aplicada. Estudos de Psicologia (Campinas), 26(Suppl. 1), 11-19. (2009).

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativas – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, v 1, n. 2, 2011

MOREIRA, Marcos Antonio. A Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. IN: MASINI, Elcie F. Salzano; MOREIRA, Marcos Antonio (Org.). **Aprendizagem Significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos.** São Paulo: Vetor, 2008a.

MOREIRA, M. A. O que é afinal Aprendizagem Significativa? **Revista cultural La Laguna Espanha**, 2012. Disponível em: http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf. Acesso em: 22/2/2019.

NOVAK, Joseph David. **Apreender, criar e utilizar o conhecimento**: Mapas conceptuais TM como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Plátano edições técnicas, 2000.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. Vol. 2. 4ª edição revisada. São Paulo:Blucher, 2002.

PERKINS, K.; ADAMS, W.; DUBSON, M.; FINKELSTEIN, N.; REID, S.; WIEMAN, C**. PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. The Physics Teacher**, v. 48, n. 4, p. 225-232, 2010.

sociological and psychological perspectives. New York: Springer, 2016.

REZENDE. F; OSTERMANN. F. **A prática do professor e a pesquisa em ensino de física:** novos elementos para repensar essa relação. Cad. Brás. Ens. Fís., v. 22, n. 3: p. 316-337, dez. 2005.

RUSSO, G. **Sequência Didática**: Guia para a elaboração e execução. 2019. Disponível em: https://edocente.com.br/blog/escolar. Acesso em: 23 de dez de 2021.

SANTOS, P. L. A imagem quanto fonte de pesquisa: a fotografia publicitária. **Iniciação Científica Cesumar**, Maringá, v. 2, n. 2, p. 63-68, ago./dez. 2000.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

SOARES, F. C; SUZUKI, J. C. Fotografia e história oral: imagem e memória na pesquisa com comunidades tradicionais. **In: V Encontro de Grupos de Pesquisa "Agricultura, Desenvolvimento Regional e Transformações Socioespaciais**". 2009. Disponível em: < http://w3.ufsm.br/gpet/engrup/vengrup/anais/7/Fernando%20e%20Julio%20-%20USP_2.pdf >. Acesso em: 12 janeiro 2022.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**: O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores. Harvard University Press, 1978.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física vol II - termodinâmica e ondas**. 14 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2020.

Young, HD e Freedman, RA. Física II: Termodinâmica e Ondas. São Paulo: Pearson. 2012.

ZABALA, A. A **prática Educativa**. 1ª edição. Editora Grupo A. 1998.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 2011

## APÊNDICE B – PRÉ-TESTE

Sondagem dos alunos do Ensino Médio do Colégio CETI Moaci Madeira Campo sobre seus conhecimentos prévios antes da aplicação do Produto Educacional (PE):

1. Como podemos definir ondas sonoras:

_____

_____

_____

_____

2. A velocidade de propagação das ondas sonoras varia de acordo com as características elásticas do meio, como a temperatura, por exemplo. Diante disto, podemos dizer que:

k) $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)}$

l) $V_{Som\ (Líquido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)}$

m) $V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)}$

n) $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Gás)} > V_{Som\ (Líquido)}$

o) $V_{Som\ (Sólido)} > V_{Som\ (Líquido)} = V_{Som\ (Gás)}$

3. As ondas sonoras, são ondas capazes de transportar em sua propagação:

a) Matéria
b) Energia
c) Matéria e Energia

d) Nenhuma das Alternativas Anteriores

4. Embora a sensibilidade da orelha humana possa sofrer variação à medida que a pessoa envelhece, podemos dizer que uma pessoa com condição normal tem capacidade auditiva para identificar ondas sonoras cuja faixa do som audível esteja compreendida entre:

e) 1Hz e 20Hz

f) 10Hz e 100Hz

g) 15Hz e 50000Hz

h) 20Hz e 20000Hz

i) 30KHz e 100KHz

5. Ao descrevermos as qualidades fisiológicas do som, antes de qualquer advento tecnológico, usamos como parâmetro nossa sensibilidade auditiva. Ou seja, destacamos as qualidades que dependem da interação do ser humano com o som, que são a altura, a intensidade e o timbre. Sobre as qualidades fisiológicas do som responda os itens a seguir:

j) É a característica que nos permite distinguir sons de mesma frequência, emitidos por fontes sonoras diferentes

( ) Altura
( ) Intensidade
( ) Timbre

k) Está relacionado ao volume do Som

( ) Altura
( ) Intensidade
( ) Timbre

l) Relacionado a voz humana com a masculina grave e a feminina aguda

( ) Altura
( ) Intensidade
( ) Timbre

6. O ser humano só consegue distinguir dois sons com intervalo de tempo superior a um décimo de segundo (0,1 s). Tal intervalo é denominado persistência acústica. Quando se pode distinguir o som refletido do som direto o fenômeno é chamado de:

m) Difração
n) Interferência
o) Reverberação
p) Eco
q) Polarização

7. A acústica de um projeto de arquitetura pode influenciar diretamente a experiência das pessoas em um ambiente. Já imaginou um teatro em que não seja possível ouvir com nitidez a voz dos atores? Ou uma casa de show em que a música não chega de forma agradável aos ouvidos? Para garantir que o projeto acústico seja perfeito, é

necessário controlar um fenômeno ondulatório gerado pela reflexão do som chamado de:

a) Difração
b) Interferência
c) Reverberação
d) Eco
e) Reforço

08- Qualquer material pode bloquear uma parte do som. Em casa, algumas vezes nos comunicamos com a família mesmo estando dentro de um quarto fechado. A comunicação é possível graça ao fenômeno ondulatório:

a) Difração
b) Interferência
c) Reverberação
d) Eco
e) Reforço

09 - A acústica aborda fenômenos ondulatórios, bem como as características do som. Em que áreas podemos ver suas aplicações? Cite todas que souber.

_____
_____
_____
_____

10. Como você descreveria o efeito doppler?

_____
_____
_____
_____

## APÊNDICE C – ROTEIROS DE GRAVAÇÃO

### VÍDEO 1 - Qualidades fisiológicas do som e cordas vibrantes

**Roteiro 1:** Acústica e Música
**Personagens:** Alex; Bell; Sonayra; Rafa e Tom.

*BELLl e BIA, estão no pátio da escola no intervalo, apreciando uma música tocada no violão por SONAYRA. Quando ALEX e RAFA, aparecem, cumprimentando-as e comenta*

ALEX: SONAYRA você toca bem e você BELL, está cantando muito bem.

(Nesse momento, BELL por saber que ALEX, é bem dedicado aos estudos, o interroga)

BELL: - ALEX, quando tocamos uma canção, todos os instrumentos fazem a mesma nota e minha dúvida é como é possível diferenciar os instrumentos quando todos tocam juntos? Ainda não compreendi essa aula!

ALEX: - Bell, isso tem a ver com o conteúdo que o professor disse que ministraria na próxima aula, trata-se da Acústica na Física, eu já li um pouco até tirei umas dúvidas sobre esse conteúdo agora a pouco com o professor porque eu estava curioso, mas, lhe respondendo isso tem a ver com o Timbre dos instrumentos.

BELL: -ah! Mas, ALEX, o que é esse timbre eu tenho uma noção quando tocamos a guitarra e que possuem um timbre bem legais, mas, não estou conseguindo compreender esse conceito agora que você me fez refletir.

ALEX: Timbre é a qualidade do som que nos permite diferenciar sons de mesma Frequência.

BIA: - Aí! Eu acho que entendo um pouco dessa frequência, exclamou BIA!. Quando afinamos as cordas do vilão o afinador mostra a nota e a frequência, por exemplo: a nota Lá a frequência é 440Hz.

BELL: BIA, já percebeu que quando você toca as notas mais próximas das últimas casas, o som fica mais fino que lá no início?

BIA: Verdade!

RAFA: Pessoal, a Acústica explica isso, o tamanho da corda influencia na frequência sonora, então, sempre que você diminuir o tamanho da corda, ou seja, quando você formar o acorde mais próximo dos últimos trastes, o som fica mais

**Agudo** e se você fazer o acorde lá no início e o som fica mais **Grave**, ou seja, quanto menor o comprimento da corda, mais vibrações ocorrerão num mesmo intervalo de tempo e mais agudo o som parecerá. Assim, a altura do som está diretamente relacionada com o número de vezes que a corda vibra num determinado intervalo de tempo, isso é uma outra característica do som chamada Altura.

BELL: RAFA, mas, a altura não tem a ver com o volume?

BIA: É RAFA, Minha mãe as vezes grita BIA abaixa a altura desse som

RAFA: Na verdade é uma ideia equivocada que possuímos dessa qualidade sonora. A Altura é a característica do som associada aos sons grave, baixa frequência e agudo alta frequência. Essa questão de aumentar ou baixar o volume está associada a intensidade sonora.

BELL: ah!, tem a ver com os decibéis, que nós podemos ouvir sem nos prejudicar até 110?

RAFA: Tudo haver BELL.

BIA: Então pessoal deixa eu ver se eu entendi. Eu consigo identificar cada instrumento numa música porque eles apesar de tocarem a mesma nota, para formar a harmonia eles possuem timbres diferentes e quando minha mãe me grita para abaixar a altura do som, na verdade eu preciso é diminuir a intensidade do som, porque a altura está relacionada ao som Grave e Agudo.

ALEX: Isso mesmo BIA!

SONAYRA: E como é que vocês, aprenderam isso tudo gente?

RAFA: Igual a vocês! Exclamou Rafa.

BELL: Como assim! exclamou Bell e suas amigas ao mesmo tempo.

RAFA: Para ajuda-los a entender e responder os questionamentos de vocês, eu usei o conhecimento prévio que vocês já tinham, sobre o som, usando o violão como instrumento de aprendizagem, permitindo a vocês conectarem essa experiência com os conhecimentos já existentes, para formar o novo conhecimento apresentado a vocês.

BIA: Nossa, onde você aprendeu tudo isso?

(Rafa todo orgulhoso de ter colocado em prática o que aprendeu nas aulas de Física, Exclama)

RAFA: Com meu professor de Física! Exclamou Rafa, ele sempre usa metodologias ativas e significativas, levando em conta o que já sabemos, e isso nos proporciona chegar ao novo conhecimento.

(BIA E BELL agradecem as explicações dadas por ALEX E RAFA)

BELL: -Muito obrigado amigo, agora a Física ficou clara pra mim.

(BIA também agradece as explicações dadas por ALEX)

BIA: - ALEX, a Física agora ficou interessante, me deu até vontade de estudar mais essa disciplina! Exclamou BIA.

Nesse momento TOM se aproxima e pergunta, o que vocês estão fazendo? Bell e suas Amigas respondem:

- Aprendendo Física!

TOM continua: Sem papel e caneta?

Todos, começam a sorrir! (por parecer até uma piada, por aprender a Física num momento de descontração)

**VÍDEO 2 - O SOM**

**Roteiro 2:** O SOM: Infrasom, ultrasom, e aplicações

**Personagens:** Mary, Marília, Maria e Juciara

*Marília está na escola quando Maria e Mary, se aproximam e iniciam um diálogo:*

MARY: - MARÍLIA, está melhor? Ontem você faltou a aula e nos informaram que foi realizar alguns exames... foi por conta das tonturas que veem sentindo?

MARÍLIA responde:

- Por conta dessas tonturas fiz vários exames ontem que o otorrinolaringologista passou, por isso ontem não vim a escola.

MARY: Como que são esses exames?

MARÍLIA: ah tem um que me fez ver o mundo girar

(Todos sorriem nesse momento e MARÍLIA, prossegue)

MARÍLIA: Mas, teve um que foi bem tranquilo e achei que teria tudo a ver com o conteúdo que o professor iniciou conosco e que talvez na minha ausência de ontem ele tenha falado sobre isso. O nome do exame é audiometria.

MARY: o professor comentou sobre esse exame que os fonoaudiólogos fazem, para sabermos o intervalo de frequência sonora que ouvimos.

MARÍLIA: me explica melhor MARY.

MARY: professor explicou que ao avançarmos em idade ou por alguma infecção, ou simplesmente por ouvir música no fone de ouvido em nível alto por muito tempo, podemos perder um pouco da nossa audição e pode nos levar alguns problemas de saúde como zunido e sempre é passado esse exame quando se investiga a labirintite.

MARIA: Isso mesmo MARÍLIA, professor mostrou que os nossos ouvidos só conseguem captar sons com frequências entre 20HZ e 20KHz, inclusive até nos mostrou um aplicativo para baixarmos e fazermos o teste me deixa te mostrar.

(MARIA mostra o *app sound Frequency creator*)

MARÍLIA: então vamos testar! Nesse momento ligam o aplicativo e verificam em que ponto Marília, está ouvindo

MARÍLIA: hum então deve ser isto, não consegui ouvir todos os sons, será que estou perdendo audição? Bem que a doutora falou que eu devia dá um tempo nos fones de ouvido, porque eu uso todo tempo...

MARY: Vocês lembram que também existem os infras sons e os ultrasons?

(MARÍLIA, pergunta:)

MARÍLIA: que são os infras e ultrasons?

(Mary responde a pergunta de Marília)

MARY: os infrassons são sons de baixa frequência menores que 20Hz e o ser humano não consegue ouvir eles são mais graves, porém animais como os elefantes, a toupeira escutam e os ultrassons, são sons muito altos em frequência e que também o ser humano não escuta são mais agudos e que também tem animais como os gatos e cachorros que escutam.

MARÍLIA: ah! Então foi isso que escutei na hora do exame. Cara, vocês aprenderam tudo isso na aula? Como o professor fez?

MARIA: lembra da JUCIARA? ela disse que ontem a mãe dela fez uma ultrassonografia e descobriu o sexo do bebê. A partir daí o professor iniciou uma série de perguntas reflexivas sobre o que é o som e onde imaginamos que ele possa está aplicado, no caso dela o ultrassom permitiu que soubessem o sexo do irmãozinho dela e hoje aprendemos melhor com você como funciona a audiometria.

MARÍLIA: estamos todas feras na Física

(Todos sorriem juntos)

**VÍDEO 3 - REFLEXÃO DAS ONDAS**

**Roteiro 3:** Distúrbio Viajante Maquinas de ondas

**Personagens**: Pedro; Bel; Lucas

***CENA-01*** (Três amigos estão comentando como foi proveitosa a última aula de física, quando PEDRO tem uma ideia)

PEDRO: sabe eu aprendo mais os conteúdos fazendo na prática, que tal a gente construir o experimento da aula que o professor comento?

LUCAS: Qual?

PEDRO: Maquinas de ondas. aqui na minha casa, tenho os palitos de churrasco e a fita adesiva e tem também umas caixas de massinha

BEL: O pessoal, vocês podem ir explicando pra mim sobre esse experimento

PEDRO: claro que sim, é sobre a reflexão da onda.

LUCAS: mas, não se preocupe Bel, vamos montar primeiro o experimento e depois explicamos melhor pra você, já que poderá ver com seus próprios olhos a onda se propagando.

***CENA -02 -***(segue a montagem do experimento e PEDRO vai explicando o passo a passo, finalizado a montagem chegou a hora de demonstrar para BEL)

***CENA 03 -***

PEDRO e LUCAS: demonstram o experimento

LUCAS: BEL você sabe o que é o som?

BEL: eu entendo, mas, não compreendo

PEDRO: som é uma mecânica que precisa de um meio material para se propagar, por isso, estaremos usando esse experimento para mostrar a você como uma onda mecânica se propaga

BEL: ah! Agora estou entendendo

PEDRO: é muito importante dizer que as ondas não transportam matéria, somente energia, veja Clara como isso é evidenciado em nosso experimento

BEL: Verdade! e qual a velocidade então do som da minha voz?

LUCAS: no Ar! É de 340 m/s

BEL: tão rápido assim?

LUCAS: isso mesmo, e em outros materiais essa velocidade possui outros valores, nos sólidos a velocidade é muito maior

BEL: Agora, além de aprender comecei a gostar de Física.

PEDRO: vamos levar nosso experimento para a próxima aula de Física
LUCAS: verdade quem sabe ganhamos 1 ponto extra...
(A cena encerra-se com todos animados)

**VÍDEO 4 – (Tema: EFEITO DOPPLER)**

**Roteiro 4:** Distorção no som da buzina, por meio da alteração da frequência através da mudança de velocidade entre a fonte e observador

**Personagens**: Marcos**;** Mateus e Moisés

*Um grupo de alunos vai atravessar a rua, fora da faixa de pedestre, nesse momento passa um carro em alta velocidade e sem parar continua seu trajeto buzinando, além de assustar a todos, um dos alunos faz a seguinte observação:*

MARCOS: além, do susto vocês perceberam que o som da buzina ficou diferente enquanto o carro se aproximava de nós e depois que se afastou? (fala sorrindo)
MOISÉS: foi exatamente o que aprendemos hoje na aula de Física, sobre Efeito doppler.
MATEUS: quando o carro se aproxima a frequência aparente aumenta o som fica mais agudo, e depois que passa por nós a frequência aparente diminui produzindo um som mais grave e isso foi possível porque estamos parados em relação a fonte sonora que no caso foi a buzina que está em movimento
Moisés: então presenciamos a física na nossa vida e mal saímos da escola... (todos riem)
MARCOS: A Física, está em todo lugar! na nossa sala o professor já nos apresentou até a formula para calcular o efeito doppler que é frequência aparente = frequência da fonte x (a velocidade do som +_ a velocidade da fonte)/ velocidade do som _+ velocidade da fonte( nesse caso o carro)

(enquanto Marcos vai falando, Marcos vai vendo a construção da formula)

MARCOS**:** galera quer saber nesse mês vai ser é 10 em física

**VÍDEO 5 – REFLEXÃO e DIFRAÇÃO SONORA**

**Roteiro 5:** Fenômenos sonoros

Personagens: Fran; João; Maria; Mila, Pai.

***CENA - 01***

Quatro amigos estão no quarto em quanto o Pai de Franciele grita: Franciele, venha aqui!.

FRANCIELE: meninas, vamos continuar e fazer de contas que a não ouvimos a porta está fechada mesmo, porque meu pai me chama a todo momento

PAI abre a porta e diz:

PAI: Filha você não me ouviu chamá-la?

FRANCIELE: não pai! (exclamou Franciele)

PAI: Filha eu sei que mesmo com a porta fechada você me ouviu, é pra vocês virem lanchar... ou não querem?

FRANCIELE: oh Paizinho obrigada... vamos pessoal depois continuamos, os estudos.

***CENA 02 – À MESA LANCHANDO***

MILA: Fran você percebeu o que sua Pai disse? é algo bem parecido com o que o professor comentou na sala de aula.

JOÃO: foi mesmo, a difração! (Exclamou JOÃO)

MARIA: isso mesmo, ele falou que o som contorna os obstáculos

FRAN: um por isso minha mãe falou que ouvimos e estávamos mesmo.

MILA: a difração é um fenômeno da acústica

FRAN: será que meu pai ainda lembra de acústica, porque faz muito tempo que terminou os estudos...

(todos sorriem, e muda para a próxima cena)

***CENA 03 - BANHEIRO***

JOÃO: Ei Fran aqui no seu banheiro parece que tem muito eco.

FRAN: Já percebi, mas, dependendo da sua posição, a impressão que tenho é de um som mais forte também.

MILA: Amigas, ontem na minha turma tivemos aula de acústica e o professor explicou esses fenômenos pra nós.

JOÃO: ah! amiga na nossa turma a aula ainda não aconteceu.

FRAN: Mila, então nos explica que fenômeno é esse.

MILA: esse é o fenômeno da reflexão do som, que pode gerar o Eco, reverberação e Reforço, mas, o que nós ouvimos aqui não foi o eco

JOÃO: como não? Indaga João, se ouvir minha voz se repetindo a frase quase toda

MARIA: isso mesmo a frase quase toda

FRAN: não entendi?

MARIA: Quando falamos, e o intervalo do retorno do som da nossa voz é zero em relação a nós, percebemos o som mais forte isso é reforço, mas, se esse intervalo for maior que zero e menor que 0,1s, então, é a reverberação, parece com o eco, mas, não escutamos a palavra repetida por inteiro só o final dela e a partir do intervalo de 0,1s temos o eco, onde falamos e ouvimos a palavra se repetindo por completo, mas, para isso acontecer precisamos está a 17m de uma parede.

JOÃO: começando a entender

FRAN: fiquei em dúvida em uma coisa. Porque 0,1s?

MILA: porque esse é o intervalo mínimo que nossos ouvidos levam para distinguir sons de fontes diferentes e é chamado de persistência sonora

FRAN: e porque só percebemos o eco se estivermos a 17 m?

MARIA: ah! Essa eu provo pra você fazendo uma simples continha. Vocês lembram da aula de ondas sonoras? Qual foi a velocidade do som no ar que o professor mostrou a vocês?

JOÃO: gente, não entendemos muita coisa e estamos atrasados nos estudos.

FRAN: Eu sei é de 340m/s, eu já sabia dessa informação, vi num filme.

MILA: isso mesmo 1. e como podemos calcular a velocidade do som no ar?

FRAN: Velocidade é a distância dividida pelo tempo?

MILA: muito bem. Porém, ainda tem outro detalhe. Então, se já sabemos que a velocidade do som no Ar é de 340m/s e que a persistência auditiva humana é de 0,1s, podemos usar essa formula para descobri a distância mínima para ouvirmos o eco. Porém, precisamos levar em conta que esse tempo de 0,1s é o tempo que o som leva para ir até a parede e retornar aos nossos ouvidos. Logo nesse caso, precisamos usar a metade desse tempo, pois, assim estaremos medindo a distância só de ida.

JOÃO: Mila posso usar o celular para conferir o resultado?

MILA: pode sim! (Exclama Mila)

JOÃO: deu certo, é isso mesmo 17m

FRAN: MILA E MARIA, como conseguiram aprender tudo isso?

MARIA: Assim como vocês! O que fizemos foi apenas usar o conhecimento prévio que vocês já tinham sobre esses fenômenos, pois já tinham experienciado, como a velocidade do som que viram num filme, e a experiência de perceber no banheiro o fenômeno acústico e inserindo vocês na situação, vocês conseguiram compreender o novo conhecimento.

(Fran elogia Mila e Maria)

FRAN: vocês são muito inteligentes mesmo, e essa é uma forma muito interessante de aprender.

MILA: aprendemos dessa forma com o nosso professor

FRAN: que pena que ele não é o nosso também...

(todas se olham e MILA se despede)

MILA: Meninas, já vou indo, nos vemos outro dia

FRAN e JOÃO agradecem a MILA e MARIA que também sai.

## APÊNDICE D – PÓS-TESTE

Sondagem dos alunos do Ensino Médio do Colégio CETI Moaci Madeira Campos sobre seus conhecimentos após a aplicação do Produto Educacional (PE):

Q1- Antes da atividade, você tinha conhecimento sobre a fisiologia do som? Se sim, quais você conhecia? e quais formas de tratamento para essas anomalias você conhecia?

Q2- Em uma escala de 0 a 10, qual pontuação você atribuiria para a utilização dessa atividade nas aulas de Física?

Q3- Na sua opinião, você conseguiu aprender os conteúdos de Física através da construção dos vídeos? Se sim, indique as vantagens e/ou as desvantagens em aprender Física desta forma.

Q4- Como você descreveria seu grau de satisfação a respeito da atividade em que você participou?
( ) Muito satisfeito
( ) Satisfeito
( ) Indiferente
( ) Pouco satisfeito
( ) Nada satisfeito
( ) Outro:

Q5- Você encontrou alguma dificuldade, durante as explicações ou até mesmo na construção dos vídeos em curta metragem? Se sim, quais foram essas dificuldades?

Q6- Você concorda que através da construção dos vídeos e as discussões realizadas dentro da sala de aula. Esta atividade contribui para o esclarecimento de suas duvidadas em relação a Acústica como os fenômenos sonoros e fisiologia do som?
( ) Concordo totalmente
( ) Concordo mais ou menos

( ) Não concordo, nem discordo
( ) Discordo mais ou menos
( ) Discordo totalmente
( ) Outro:

Q7- Você participaria novamente dessa atividade?
( ) Sim
( ) Não
( ) Talvez
( ) Com certeza
( ) Nunca
( ) Outro:

Q8 - Você concorda que a atividade proposta contribuiu de forma significativa para o seu aprendizado a respeito dos conteúdos de Acústica relacionado ao som e suas características?
( ) Concordo totalmente
( ) Concordo mais ou menos
( ) Não concordo, nem discordo
( ) Discordo mais ou menos
( ) Discordo totalmente
( ) Outro:

Q9- Você consegue diferenciar as características do som como timbre, intensidade e altura do som?
( ) Sim
( ) Não
( ) Outro:

Q10 - Como você compreende os fenômenos da difração sonora e efeito doppler, após, a realização de produção de vídeos de curta metragem?

## APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA HUMANA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA - MESTRADO PROFISSIONAL

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Prezados diretor e coordenadora,**

Obrigado por colaborar com a nossa pesquisa, denominada **Produção e simulação de vídeos de curta metragem no ensino e aprendizagem de Acústica**. Esta pesquisa tem como objetivo principal produzir e simular vídeos de curta metragem como ferramenta no ensino e aprendizagem de ondas sonoras e seus fenômenos, proporcionando aos alunos do Ensino Médio, oportunidade de desenvolvimento de competências e habilidades em Acústica. Esta pesquisa tem por finalidade verificar como a produção e simulação de vídeos de curta metragem poderá contribuir significativamente no processo ensino e aprendizagem de Acústica, no Ensino Médio. Nessa pesquisa, serão desenvolvidas atividades diversificadas nas aulas, envolvendo as temáticas ondas sonoras e fenômenos ondulatórios. Tais atividades possuem o intuito de desenvolver uma aprendizagem mais significativa em sala de aula e proporcionar a futuros professores do Ensino Médio um material didático, elaborado, validado, aplicado e avaliado para melhor desenvolvimento dos alunos presentes também em outras instituições.

Assim, autorizamos a utilização dos dados obtidos, mantendo sigilo sobre a identidade dos participantes, para a publicação do referido trabalho, de forma escrita, podendo utilizar os resultados da análise. Concedemos também o direito de retenção e uso para quaisquer fins de ensino e divulgação em encontros científicos, jornais e/ou

revistas científicas do país e do estrangeiro. Estamos cientes de que nada temos a exigir a título de ressarcimento ou indenização pela participação nas ações propostas.

Se porventura surjam novas perguntas sobre este estudo, podemos entrar em contato com a **Nome do Mestrando**, através do número (86) xxxxx-xxxx ou pelo e-mail: **xxxxx@gmail.com**, para qualquer esclarecimento sobre os direitos da escola como participante.

Declaramos que, após ter lido e compreendido as informações contidas neste termo, concordamos com a participação da escola nesse estudo. E, através deste instrumento, formalizamos nossa autorização aos pesquisadores Dr.ª Nome do Orientador(a) (orientador) e **Nome do mestrando** (mestrando) a utilizarem as informações obtidas por meio de questionários, diários reflexivos, registros escritos, sonoros, de vídeos e observações, com o objetivo de desenvolver trabalhos científicos na área de Ensino de Física.

Posto isso, nós declaramos que fomos devidamente esclarecidas sobre a pesquisa e que assinamos este documento em 02 (duas) vias, sendo uma da instituição escolar e outra do pesquisador.

Teresina, _____ de _____ de 2023.

_____

Mestrando responsável pela pesquisa

_____

Diretor

_____

Coordenadora de Ensino Médio

## APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PAIS)

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA HUMANA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA - MESTRADO PROFISSIONAL

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**Prezado pais/responsáveis dos participantes,**

Seu(sua) filho(a) está sendo **convidado(a)** a participar como voluntário(a) da nossa pesquisa denominada **Produção e simulação de vídeos de curta metragem no ensino e aprendizagem de Acústica**. Esta pesquisa está sob a responsabilidade do pesquisador **Nome do Mestrando** e tem como objetivo principal produzir e simular vídeos de curta metragem como ferramenta no ensino e aprendizagem de ondas sonoras e seus fenômenos, proporcionando aos alunos do Ensino Médio, oportunidade de desenvolvimento de competências e habilidades em Acústica. Esta pesquisa tem por finalidade verificar como a produção e simulação de vídeos de curta metragem poderá contribuir significativamente no processo ensino e aprendizagem de Acústica, no Ensino Médio.

Assim, pedimos a autorização da utilização dos dados obtidos, mantendo sigilo sobre a identidade dos participantes, para a publicação do referido trabalho, de forma escrita, podendo utilizar os resultados da análise. Solicitamos que concedam também o direito de retenção e uso para quaisquer fins de ensino e divulgação em encontros científicos, jornais e/ou revistas científicas do país e do estrangeiro. Ressaltamos que nada deverá ser exigido a título de ressarcimento ou indenização pela participação nas ações propostas.

Se porventura surjam novas perguntas sobre este estudo, podemos entrar em contato com a **Nome do mestrando**, através do número (86) xxxxx-xxxx ou pelo e-

mail: xxxxx@**gmail.com**, para qualquer esclarecimento sobre os direitos do participante.

Dessa forma, após ter lido e compreendido as informações contidas neste termo e **se concordar** com a participação do seu(sua) filho(a) neste estudo, a assinatura deste termo de consentimento formaliza a autorização para os pesquisadores Nome do orientador(a) (orientadora) e **Nome do Mestrando** (mestrando) a utilizarem as informações obtidas por meio de questionários, diários reflexivos, registros escritos, sonoros, de vídeos e observações, com o objetivo de desenvolver trabalhos científicos na área de Ensino de Física.

Posto isso, o responsável do voluntário declara que foi devidamente esclarecido sobre a pesquisa e que assina este documento em 02 (duas) vias, sendo uma do responsável do participante e a outra do pesquisador.

Agradecemos a sua colaboração.

Eu,_____,

CPF_____, declaro para fins de participação que autorizo o(a) meu(minha) filho(a) _____ a participar desta pesquisa, dando pleno consentimento para uso das informações por mim prestadas. Para tanto, assino este consentimento em duas vias e fico com a posse de uma delas.

**Preencher**

( ) Autorizo a captação de imagem e voz por meio de gravação, filmagem e/ou fotos;

( ) Não autorizo a captação de imagem e voz por meio de gravação e/ou filmagem.

( ) Autorizo apenas a captação de voz por meio da gravação;

Teresina, _____ de _____ de _____

_____

Assinatura dos Pais ou Responsáveis

_____

Mestrando responsável pela pesquisa