



MEDINDO A VELOCIDADE DO SOM NO AR EM DIFERENTES AMBIENTES, UTILIZANDO APLICATIVOS PARA CELULAR

Edis Carlos Nascimento de Almeida

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Acre, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção de título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Jorge Luis López Aguilar

Rio Branco - Acre
Junho, 2025

**MEDINDO A VELOCIDADE DO SOM NO AR EM DIFERENTES
AMBIENTES, UTILIZANDO APLICATIVOS PARA CELULAR**

Edis Carlos Nascimento de Almeida

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luis López Aguilar

Como parte dos requisitos necessários à obtenção de Título de Mestre em Ensino de Física, apresento ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Acre, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), a Dissertação Uso de filmes como metodologia de ensino de física.

Rio Branco, Acre

Junho, 2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ATA DE DEFESA DE MESTRADO

**SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE EDIS CARLOS NASCIMENTO DE ALMEIDA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO STRICTO SENSU PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA (PPGPROFFÍSICA), MATRÍCULA 20222130004, OFERTADO PELA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE (UFAC), REALIZADA NO DIA 24 DE MARÇO DE
2025, INTITULADA “MEDINDO A VELOCIDADE DO SOM NO AR EM DIFERENTES
AMBIENTES, UTILIZANDO APlicATIVOS PARA CELULAR”.**

Ao vigésimo quarto dia do mês de março do ano de dois mil e vinte e cinco, às dez horas e quatro minutos do horário de Rio Branco-AC (10h04min), na sala de videoconferência do *Google Meet*, através deste link: <https://meet.google.com/vog-aict-ifc>, realizou-se a Sessão Pública de Apresentação e Defesa da Dissertação de Mestrado intitulada **“Medindo a Velocidade do Som no Ar em Diferentes Ambientes, Utilizando Aplicativos para Celular”**, do mestrando **Edis Carlos Nascimento de Almeida**, como critério parcial para a obtenção do Título de **Mestre Profissional em Ensino de Física**. A Banca Examinadora foi presidida pelo professor Doutor **Jorge Luis López Aguilar**, orientador (PPGPROFFÍSICA/Ufac) e, também, contou com a participação dos seguintes membros: o Professor Doutor **Carlos Henrique Moreira Lima**, Examinador Titular Interno (PPGPROFFÍSICA/Ufac) e o Professor Doutor **José Higino Dias Filho**, Examinador Titular Externo (Universidade Estadual de Montes Claros/UNIMONTES). O professor Doutor **Jorge Luis López Aguilar**, orientador e presidente, abriu os trabalhos da presente sessão de apresentação e defesa de dissertação de mestrado enaltecendo a importância do evento para o curso de mestrado e, em seguida, expôs como seria a metodologia utilizada para a realização da defesa de dissertação de mestrado. O mestrando teve 30 (trinta) minutos para a exposição da dissertação e os docentes examinadores tiveram, cada um, aproximadamente 16 (dezesseis) minutos para as considerações acerca do trabalho apresentado pelo mestrando. Observado o tempo regimental, os examinadores arguiram o candidato sobre a dissertação apresentada. Após a arguição de cada examinador, o mestrando teve de 15 (quinze) minutos para fazer as suas considerações dirigidas a cada examinador, havendo réplica dos docentes examinadores. Na sequência, o orientador fez alguns esclarecimentos sobre a dissertação em tela. Após finalizado o processo de arguição e defesa, a sessão pública foi suspensa às 11h20min (onze horas e vinte minutos) e, em sessão privada, os examinadores atribuíram o resultado. Reaberta a sessão pública, foi anunciado o resultado da avaliação. O candidato foi considerado **APROVADO**, sendo-lhe concedido o prazo de 60 (sessenta) dias para proceder aos devidos ajustes e exigências feitas pela Banca Examinadora e, também, deverá ser depositada a versão final da dissertação junto à Secretaria do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Profissional em Ensino de Física - PPGPROFFÍSICA, que deverá encaminhá-la para a sua homologação em reunião de colegiado do Curso, em conformidade com o que estabelece o Regimento Interno do Programa. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pela Banca Examinadora e pelo mestrando.

PARECER DA BANCA EXAMINADORA - DEFESA DE MESTRADO

Nome do discente: **EDIS CARLOS NASCIMENTO DE ALMEIDA**

Título: **Medindo a Velocidade do Som no Ar em Diferentes Ambientes, Utilizando Aplicativos para Celular**

Data: **24 de março de 2025**

() Aprovado () Reprovado

Justificativa: A dissertação “**MEDINDO A VELOCIDADE DO SOM NO AR EM DIFERENTES AMBIENTES, UTILIZANDO APlicativos PARA CELULAR**” desenvolvida pelo mestrandro **Edis Carlos Nascimento de Almeida** sob a orientação do Professor Doutor **Jorge Luis López Aguilar** contém os elementos necessários para caracterizá-la e qualificá-la como uma produção oriunda do MNPEF. O trabalho considera uma atividade experimental com uso de celulares, no contexto de aprendizagem em sala de aula, com a finalidade de medir a velocidade do som no ar em diferentes ambientes e condições. Em análise preliminar, apresenta a necessária divisão em capítulos estruturantes e desenvolve adequadamente referenciais teóricos educacionais e da Física. É preciso que a banca examinadora observe se há coerência teórico-metodológica entre objetivos, referencial teórico e metodologia considerados. O Produto Educacional (PE) foi devidamente aplicado no contexto da educação básica e o relato é satisfatório; tanto na perspectiva de seu conteúdo, quanto de sua apresentação, observa requisitos de sua modalidade. Observa-se, no entanto, que o produto educacional não consta como apêndice. A banca examinadora está adequada para a avaliação do presente trabalho. A dissertação está liberada para a sequência dos trâmites de defesa, porém solicita-se a inclusão do PE como apêndice e que a coordenação acompanhe tal implementação. Este é um parecer de natureza técnica, cabendo à banca examinadora analisar e avaliar a dissertação em seu mérito, em sua qualidade científica e formalidade acadêmica. Assim, solicita-se a observação dos documentos orientadores do MNPEF em: <https://www1.fisica.org.br/mnpef/sobre-dissertacoes-e-produtos>. Portanto, a banca deliberou pela aprovação da defesa com as correções apontadas acima devendo ser realizadas no prazo de 60 (sessenta) dias.

Rio Branco - AC, 24 de março de 2025.

Assinado Eletronicamente

JORGE LUIS LÓPEZ AGUILAR

Orientador - PPGPROFFÍSICA/Ufac

Assinado Eletronicamente

CARLOS HENRIQUE MOREIRA LIMA

Membro Titular Interno - PPGPROFFÍSICA/Ufac

Assinado Eletronicamente

JOSÉ HIGINO DIAS FILHO

Membro Titular Externo - Universidade Estadual de
Montes Claros/UNIMONTES

Assinado Eletronicamente

EDIS CARLOS NASCIMENTO DE ALMEIDA

Discente (Matrícula 20222130004)



Documento assinado eletronicamente por **Jorge Luis Lopez Aguilar, Professor do Magisterio Superior**, em 25/03/2025, às 15:55, conforme horário de Rio Branco - AC, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Henrique Moreira Lima, Professor do Magisterio Superior**, em 26/03/2025, às 09:11, conforme horário de Rio Branco - AC, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Higino Dias Filho, Usuário Externo**, em 26/03/2025, às 19:26, conforme horário de Rio Branco - AC, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **EDIS CARLOS NASCIMENTO DE ALMEIDA, Aluno**, em 01/04/2025, às 17:24, conforme horário de Rio Branco - AC, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ufac.br/sei/valida_documento ou click no link [Verificar Autenticidade](#) informando o código verificador 1596123 e o código CRC 7B09107E.

Rod. BR-364 Km-04 - Bairro Distrito Industrial
CEP 69920-900 - Rio Branco-AC
- <http://www.ufac.br>

Referência: Processo nº 23107.009180/2025-69

SEI nº 1596123

AGRADECIMENTOS

Dedico esta dissertação a todos.

Inicialmente, expresso minha profunda gratidão a Deus, cuja vitória me proporcionou saúde e energia para obrigação em minha jornada. Meus agradecimentos se estendem à minha família, cujo apoio incondicional e incentivo foram fundamentais para que eu nunca perca a esperança ou o ânimo.

Um agradecimento especial à minha esposa, minha fiel companheira, que esteve ao meu lado em cada passo, oferecendo suporte inabalável. Minha gratidão também é imensa para minha filha, que é uma inspiração e o propósito de todos os meus esforços e conquistas.

Sou eternamente grato ao Professor Dr. Jorge Luis López Aguilar, meu orientador durante o mestrado, pela sua paciência, sabedoria e orientação incansável. Seu apoio foi essencial para que eu alcançasse o lugar onde me encontro hoje.

Agradeço a todos os meus amigos, que sempre me incentivaram a ir além e a superar desafios. Aos meus alunos, que dedicaram seu tempo à aplicação prática do conteúdo desta dissertação, ofereço minha gratidão por sua colaboração e envolvimento.

Um reconhecimento especial à Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela iniciativa de coordenar o Mestrado Profissional em Ensino de Física, à Universidade Federal do Acre (UFAC) pelo suporte essencial na execução deste projeto, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio vital ao programa.

Por fim, um caloroso agradecimento aos meus colegas da turma de 2023 do MNPEF, cuja amizade e companheirismo foram uma fonte de inspiração e motivação ao longo dessa jornada acadêmica. Muito obrigado a todos que, direta ou indiretamente, desenvolveram para tornar este projeto uma realidade.

RESUMO

É inegável as mudanças que ocorrem no perfil dos estudantes, isso se dá principalmente, pelo intenso avanço dos meios de comunicação e a aplicação de novas tecnologias em seu dia a dia. Na disciplina de Física há dificuldade com os alunos na aprendizagem de conceitos abstratos que se faz necessário uma abordagem mais atrativa, uma metodologia diferenciada. A metodologia de ensino usada foi a interação e experimentação, ou seja, a busca por respostas com o envolvimento e participação nas aulas. O objetivo deste trabalho foi realizar uma atividade educativa fazendo uso de aplicativos para celular com a finalidade de medir a velocidade do som no ar em diferentes ambientes e condições de acordo com uma sequência didática. Esses celulares possuem diferentes sensores que possibilitam fazer medições precisas de parâmetros físicos em sala de aula de tal forma que facilitam o trabalho experimental, com eles também é possível emitir sons com diferentes frequências e medir modos de ressonância. Neste trabalho foi selecionado o aplicativo Phyphox devido à facilidade de manuseio e uma grande variedade de opções de geração de som. O aplicativo possui várias opções de emissão de ondas diferentes com tons variados. Como teorias de ensino neste trabalho foram utilizadas as teorias de Lev Vygotsky baseada na interação social e da cultura dos alunos e a teoria de aprendizagem significativa de Ausebel. Verificou-se uma grande aceitação e necessidade de aulas práticas, e foi observado que elas fazem a diferença para se ter um ensino mais cativante e que atinja o interesse dos alunos quando é trabalhado em grupo.

Palavras-chave: Ensino de Física, Smartphone, Aprendizagem.

ABSTRACT

The changes in students' profiles are undeniable, primarily due to the rapid advancement of communication means and the widespread application of new technologies in their daily lives. In the Physics discipline, there is difficulty with students in learning abstract concepts, which requires a more attractive approach and a differentiated methodology. The teaching methodology used was one of interaction and experimentation, which involved searching for answers through involvement and participation in class. The objective of this work was to conduct an educational activity using cell phone applications to measure the speed of sound in the air under various environmental conditions following a didactic sequence. These cell phones feature multiple sensors that enable precise measurements of physical parameters in the classroom, facilitating experimental work. With them, it is also possible to emit sounds with different frequencies and measure resonance modes. In this work, the Phyphox application was chosen due to its ease of use and extensive range of sound generation options. The application has several options for emitting different waves with different tones. The teaching theories used in this study were Lev Vygotsky's theories, based on social interaction and students' culture, and Ausubel's theory of meaningful learning. There was a great acceptance and need for practical classes, and it was observed that they make a difference in having a more engaging teaching that reaches the students' interest when working in groups.

Keywords: Physics Teaching, Smartphone, Learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Movimento longitudinal de uma mola	35
Figura 2 – Síntese de produção do som	37
Figura 3 - Velocidade do som com a temperatura	38
Figura 4 - Velocidade do som na água	41
Figura 5 - Pressão no interior de um tubo	42
Figura 6 - Vibração das moléculas de ar	44
Figura 7 - Avião quebrando a barreira do som	45
Figura 8 - Aplicativo para celular Phyphox	50
Figura 9 - Opções do aplicativo Phyphox	51
Figura 10 - Gerador de tons no aplicativo Phyphox	53
Figura 11 - Gráfico da Tabela 5	61
Figura 12 - Ondas estacionárias num tubo	67
Figura 13 - Tubo cilíndrico semiaberto para o experimento	68
Figura 14 - Materiais usados na experiência de ressonância	70
Figura 15 - Executando o experimento e atingindo o primeiro harmônico	72
Figura 16 - Medindo a altura da coluna de água no experimento	72
Figura 17 - Resultados encontrados no experimento e seus respetivos erros	73
Figura 18 - Organização do material e espaço para realização do experimento	75
Figura 19 - Realizando o experimento	75
Figura 20 - Medidas e Resultados do experimento realizado	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores da velocidade do som em materiais	40
Tabela 2 - Velocidade do som em vários materiais	46
Tabela 3 - Velocidade do som em diversas temperaturas.	48
Tabela 4 - velocidade do som em diversos materiais	49
Tabela 5 - Tabulação das Respostas dos Estudantes submetidos a pesquisa	60

SUMARIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 1.....	13
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
EDUCAÇÃO EM AÇÃO: FORTALECENDO PRÁTICAS COM CONTRIBUIÇÕES SIGNIFICATIVAS	13
CAPÍTULO 2.....	20
PESQUISA BIBLIOGRAFICA.....	20
2.1- COMPARAÇÃO DE TRABALHOS JÁ PUBLICADOS	20
2.2- OS IMPACTOS DO ENSINO DE FÍSICA NO AMBIENTE ESCOLAR - UM NOVO PANORAMA EDUCACIONAL	21
2.3- EXPERIÊNCIAS DE FÍSICA.....	33
CAPÍTULO 3.....	355
TÓPICOS DE ONDULATÓRIA.....	355
3.1 - ONDAS LONGITUDINAIS	355
3.2 - ONDAS SONORAS	366
3.3 - ONDAS SONORAS – RELAÇÃO DENSIDADEE PRESSÃO	377
3.4 A Velocidade do Som.....	39
3.5 - ONDAS SONORAS – ANÁLISE VOLTADA PARA O ENSINO MÉDIO	444
3.5.1 Velocidade do Som em Diferentes Meios	46
3.5.2 Medidas da Velocidade do Som	46
3.5.3 Velocidade do som em diferentes meios	48
CAPITULO 4.....	500
METODOLOGIA DA APLICAÇÃO DOS APPLICATIVOS	50
4.1 APPLICATIVO PHYPHOX.....	50
4.2 USO DO APPLICATIVO PHYPHOX.....	51
4.3 - METODOLIGIA E A POSSIVEL INTERVENÇÃO.....	53
I - MOMENTOS DA METODOLOGIA.....	55
II - AVALIAÇÃO PRÉVIA DIAGNOSTICA	55
III - QUESTIONÁRIO.....	57
IV - RESULTADOS DO QUESTIONARIO.....	61
V-ANALISE DAS RESPOSTAS	63
4.4 CONCEITUANDO ONDAS E AS ONDAS MECÂNICAS	63

4.5 - CONHECENDO O APLICATIVO PHYPHOX.....	64
4.6 APLICAÇÃO EXPERIMENTAL COM ROTEIRO E MANUSEIO DO APLICATIVO	65
4.6.1 TEORIA DE EXECUÇÃO EXPERIMENTAL	66
5. PRODUTO EDUCACIONAL.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

INTRODUÇÃO

No desenvolvimento deste trabalho foi aplicado uma atividade experimental no qual usamos um aplicativo para celular visando analisar o som e suas aplicações em diversas situações explorando os diversos sensores que um smartphone moderno possui. O avanço da tecnologia em todos os meios do conhecimento na atualidade, adquiriu uma abrangência para alcançar todas as sociedades, gerando grandes transformações, porém, essa mudança vai depender da velocidade com que se chega a esse conhecimento e a capacidade da sociedade em compreender tais mudanças. As assimilações dessas mudanças tecnológicas causaram transformações principalmente nos processos educacionais. Como afirmam, Barton e Lee (2015, p.53) e também LOPES e PIMENTA (2017, p.54): “vemos a mudança tecnológica como parte central da globalização, mas é importante perceber que ela é um fator dentre um conjunto de fatores interligados que está transformando muitos aspectos da vida contemporânea”.

Vemos que o conhecimento/aprendizagem chega e se altera com incrível velocidade com o manuseio dos smartphones que estabeleceram uma série de novos comportamentos e que agregou algumas vantagens e desvantagens, dentro das quais, a negligência de querer sempre estar conectado. O uso da tecnologia na educação tem melhorado o aprendizado dos alunos, sendo que inicialmente foram os computadores de mesa usados para explorar os recursos disponíveis na internet. E de forma bem atual, essa aprendizagem começou a ganhar mais sentido quando usados em dispositivos móveis. O uso desses dispositivos móveis como os smartphones e tablets também oferecem aos alunos a possibilidade de participar ativamente em seu aprendizado e no projeto de seu próprio ambiente virtual de aprendizagem, combinando diferentes recursos e também permitindo que trabalhem em ritmo, mais personalizado de um ponto de vista diferente. O interesse dos jovens pelas tecnologias móveis pode se tornar uma ferramenta poderosa para reforçar sua participação ativa nas aulas e aumentar seu interesse e comprometimento com sua própria aprendizagem (MORAN et al., 2006).

Neste trabalho o objetivo foi realizar uma atividade educativa baseada numa sequência didática fazendo uso de aplicativos para celular com a finalidade de medir a velocidade do som no ar em diferentes ambientes e condições. Como esses celulares possuem diferentes sensores então possibilitam fazer medições precisas e também emitir sons com diferentes frequências e detectar variações a fim de medir modos de ressonância.

O aplicativo usado nesta atividade foi o Phyphox devido à facilidade de manuseio e ampla variedade de opções de geração de som com a emissão de ondas diferentes com tons variados. Como teoria de aprendizado base deste trabalho, utilizou-se o autor Lev Vygotsky que tem como base a interação social como meio de aprendizagem valorizando o trabalho em grupo. Neste caso os alunos trabalharam em grupos com a finalidade de um maior desenvolvimento entre eles e fazer troca de informações e conhecimentos obtidos por eles na realização dos experimentos. Também foi usado o processo de aprendizagem significativa de Ausebel na qual uma nova ideia foi relacionada aos conhecimentos que o aluno já tinha antes, ou seja, os conhecimentos prévios que ele tem sobre determinado assunto. Durante esse processo de aprendizagem, o estudante pode adquirir novos conhecimentos e assim ele consegue ampliar e atualizar a informação anterior, desta forma atribui novos significados a seus conhecimentos.

Ao usar o Phyphox para esses experimentos, os alunos formaram duplas para fazer os experimentos e depois se juntaram para discutir os valores obtidos para cada grupo e assim eles puderam obter uma compreensão mais intuitiva da física por meio de medições diretas e análise dos dados em tempo real e direto, além de explorar a interação entre teoria e prática de forma envolvente.

O Produto Educacional desenvolvido neste estudo procurou um conhecimento interligado de fenômenos da física no âmbito do uso de aplicativos para celular. A velocidade do som é um assunto que pode ser abordado com o uso de aplicativos para celular como o Phyphox que favorecem a compreensão do ensino de física. O estudo buscou o conhecimento prévio, onde o aluno passa a ser o protagonista de conceitos e curiosidades. Trazer os aplicativos para celular para sala de aula como proposta pedagógica significa lançar-se ao desafio de quebrar com antigas práticas de ensino num modelo tradicional (MORAIS *et al.*, 2016).

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

EDUCAÇÃO EM AÇÃO: FORTALECENDO PRÁTICAS COM CONTRIBUIÇÕES SIGNIFICATIVAS

Ultimamente houve mudanças na educação devido à adoção de ferramentas tecnológicas na reorganização do currículo escolar, e com isso foi fomentado de forma direta um modo de atuação mais coerente com um processo de aprendizagem mais democrático e assertivo com um cenário no qual a educação não ocorre de forma mecanizada nem automatizada. O modo como a educação está inserida no contexto social contribui diretamente para a formação de um cidadão e concomitantemente para a sua participação na criação da sociedade (VYGOTSKY, 2010).

Por outro lado, a abordagem de uma temática dentro do conhecimento científico pode ser compreendida como sendo uma forma primária de abordar um assunto ainda não observado ou discutido por meio de fundamentos científicos. Ou seja, é por meio da criação de um conhecimento científico e através de uma abordagem com fundamentos teóricos e científicos, que o aluno passa a entender que toda a sua vida escolar tem um fundamento, que ela está direcionada a uma finalidade específica.

A educação, o ato de ensinar algo a um aluno precisa ser levado a sério, o aluno precisa compreender desde o início de sua vida acadêmica, que a educação teórica que lhe é repassada possui uma finalidade. Desta forma, compreende-se que a abordagem didática com a finalidade de cumprir um currículo acadêmico não é mais válida. E mesmo que seja ainda utilizada por alguns professores, a prática de ensinar por ensinar, é ético que o docente repense a sua atuação e leve em conta o fato de que a educação não está conectada à robotização e domínio de comandos, o aluno não é uma tábua rasa incapaz de refletir e de questionar, ele precisa aprender a pensar, entender domínios básicos, e ainda por cima compreender que a sua curiosidade funciona como um motor de propulsão para o seu avanço intelectual (VYGOTSKY, 2010).

As diferentes abordagens utilizadas no processo de ensino aprendizagem, contribuem de muitas formas para a melhoria da educação. O ser humano é capaz de apresentar comportamentos ímpares nas mais variadas situações, o autor ainda enfatiza o fato de que, a singularidade de um comportamento humano em uma situação não é algo estático e imutável, o ser humano é suscetível a mudanças, e a sua forma de compreender o mundo em que vive

é variável. Assim, a compreensão sobre o perfil de cada um, é sem dúvida uma maneira sábia de entender o modo como o aprendizado chega a cada um (VYGOTSKY, 2010).

Para Zwetsch e Antunes (2016) dentro do convívio escolar e a usabilidade de ferramentas tecnológicas pode ser livre ou coordenada, embora que possam acontecer de forma interligada. Ela significará livre quando a ação for espontânea sem a intervenção do educador, como por exemplo, nas interações de roda. E compreenderá seu aspecto coordenado, quando o educador atuar como mediador promovendo a integração, participação, conhecimento e envolvimento dos alunos.

Assim, o professor que insere formas de abordagem diferenciadas em suas atividades busca melhorar sua prática pedagógica, transformando a estrutura escolar, em um ambiente acolhedor e convidativo, seduzindo o aluno a sentir o desejo e almejar aprender, fazendo da tecnologia fonte inesgotável para geração e construção de conhecimento. Todas as ferramentas didáticas e pedagógicas, logo representam um recurso educativo, um mediador do ensino, uma oportunidade para conhecer, interagir e escutar os alunos. (SANTOS, 2017)

A aprendizagem tem sido alvo de muitas discussões no mundo atual, isto porque apesar do reconhecimento desse direito cidadão e das muitas medidas que vêm sendo tomadas para garantí-lo, ainda existem elevados índices de evasão e repetência escolar (REIS; CUNHA, 2018)

Portanto, construir um espaço, meios e tempo para que os educandos se alfabetizem através atividades que lhes propiciem diferentes maneiras de alcançar o aprendizado é um compromisso, considerando que em nome da educação formal os alunos são monopolizados cada vez mais cedo para atividades pouco criativas e inteligentes no espaço escolar, dificultando-lhes assim, o seu processo de alfabetização. (NEVES; CASTANHEIRA; GOUVEIA, 2015)

Ao ponderar a necessidade de uma postura interdisciplinar para entender as causas do não aprendizado, acredita-se que a aprendizagem possa ser construída através de atividades que permitam aos alunos comparar e reformular suas hipóteses, desenvolver habilidades e interação social. Uma possibilidade pode ser o uso de atividades como um meio de superação das dificuldades de aprendizagem que possam vir a produzir o fracasso escolar. (MINUSCOLI, 2016)

O professor deve ser dinâmico, deste modo terá mais facilidade em trabalhar com a arte, as interações, os jogos, o teatro, a música, a pintura, a dança, o vídeo, e a confecção de maquetes ou outros instrumentos que sirvam para estimular o ensinar /aprender, estas atividades jamais devem ser deixadas de lado pelo docente. (VYGOTSKY, 2010)

Uma aula com características além de atividades de interação, precisa muito mais de uma atitude do educador educar os educandos, trazendo uma mudança cognitiva principalmente afetiva onde o educando interaja por completo com a aula.

O aluno desde muito cedo acaba passando por muitas modificações na formação de sua personalidade: membros de sua família, pessoas da sociedade onde está inserida, e quando o aluno vai para a escola ela precisa de um professor que sirva de exemplo que a oriente, que possa lhe oferecer uma educação que sustente a necessidade e interesse do aluno estimulando as suas atividades e desenvolvimento da criatividade para a construção de sua autonomia, porque a partir do momento que o aluno inicia na escola, o professor e entidade que ela está inserida também vão fazer parte de sua vida e de seu cotidiano (GOBBATO, 2016).

O Docente tem de estar sempre fazendo uma autoanálise de seus trabalhos e os resultados oferecendo o aluno técnicas diferentes, para que a mesma se desenvolva por completo. Pensar estas formas de inovações e de criatividade de simples acesso na busca de materiais concretos sem nenhuma dificuldade é apontar para a superação de alguns obstáculos por que passa a educação hoje, são desafios, mas esta é a tarefa dos que querem uma escola viva, atuante, participativa, onde o professor será o agente transformador resgatando a vontade de aprender do aluno (FREITAS, 2018).

Só assim o processo de construção de uma sociedade, onde menina, menino, mulher e homem tenham como base: solidariedade, a cooperação e a reciprocidade. Neste sentido, no processo de maturação do aluno, a interação, a motricidade, a afetividade e a inteligência estão intimamente ligadas.

As atividades digitais inseridas no currículo possibilitam o aluno desenvolver suas funções afetivas e intelectuais, destacando se como indivíduos: estabelecem o convívio social, tomam iniciativas próprias e estimulam a criatividade. A interação traduz o real para o mundo do aluno. Ao manipular uma ferramenta tecnológica, o aluno é tocado pela sua proposta, reconhece as coisas, realizam descobertas, experiências, analisa, compararam e criam. (DANTAS, 2016)

Ao utilizar entendimentos específicos no processo de aprendizagem significativa, é possível alcançar inúmeras ações que possibilitam uma aprendizagem eficaz, como denotam as pesquisas de Ausubel (1968) esse processo de aprendizagem significativa pode ser extremamente interessante como instrumento pedagógico, pois incentiva a interação e desperta o interesse pelo tema estudado, além de fomentar o prazer e a curiosidade.

As atividades auxiliam e muito na educação integral do indivíduo, pois podem dar conta de uma reflexão sócio-histórica do movimento humano, oportunizando o aluno

investigar e problematizar as práticas, advindas das mais diversas manifestações culturais e presentes no seu cotidiano, a tematizando para melhor compreensão. (BITTENCOURT, 2017)

Portanto, é fundamental tomar consciência de que o jogo fornece informações a respeito do aluno, suas emoções, a forma de interagir com seus colegas, seu desempenho físico-motor, seu estágio de desenvolvimento, seu nível linguístico, sua formação moral. Divertindo-se o aluno aprende a se relacionar com os colegas e a descobrir o mundo em sua volta.

A linguagem tecnológica passou a ser vista como um elemento de comunicação e não, de discriminação. Assim, não é mais valorizada uma única linguagem padrão ou culta como elemento de produção oral e escrita. O universo escolar dos alunos começou a ser respeitado, já que seus conhecimentos e expressões são anteriores ao ingresso na escola. A utilização de ferramentas tecnológicas variadas pode se tornar excelentes recursos para facilitar a participação, integração e comunicação dos alunos que, por certo, terão meios para compreender e expressar-se bem, inclusive na língua padrão, após o domínio das diferentes linguagens e instrumentos textuais (MINUSCOLI, 2016).

Compreende-se desta forma, que o jogo é importante e necessário para o desenvolvimento intelectual e social do aluno, estimulando sua criticidade, criatividade e habilidades sociais. Portanto, ao utilizar-se de atividades o professor propicia ao aluno a oportunidade de interagir-se por meio da Língua Portuguesa de forma dinâmica, interpretando texto, expondo ideias e ou mesmo extrapolando seus conhecimentos para outras áreas. (NEVES, 2015)

Nesse sentido, considera-se que determinados objetivos só podem ser conquistados se os conteúdos tiverem um tratamento didático específico, ou seja, se houver uma estreita relação entre o que e como ensinar. Mais do que isso, parte-se do pressuposto de que a própria definição dos conteúdos é uma questão didática que tem direta relação com os objetivos colocados, bem como com as propostas curriculares.

Neste sentido, é salutar dizer que de acordo com o texto da lei 9394/96, as concepções e princípios desta, materializam-se na vida do aluno por meio dos seus princípios, claramente expostos em seu artigo 3º, onde se lê no item IV, que o respeito à liberdade em conjunto ao apreço à tolerância, são fatores cruciais e preposicionados à coexistência entre instituições públicas e privadas de ensino. (SARGIANI, 2016)

Entende-se numa perspectiva secundária que dentro de uma abordagem pedagógica, é vital que o professor compreenda que em uma abordagem educacional, a paixão com que

ele repassa o conteúdo aos seus alunos, pode representar a diferença entre o desprezo e a adesão do aluno a tal repasse (TRICHES; ARANDA, 2016).

Não se trata de fazer malabarismos dentro de uma sala de aula, afinal, a diferença estrutural enfrentada por um professor de escola pública e um professor de escola particular é gritante; o que se quer dizer aqui é que, mesmo sob condições precárias, mesmo com uma situação calamitosa à frente, o professor, que é apaixonado pelo que faz, e que entende a relevância de seu ofício, comprehende que, acima de tudo, é preciso lutar para pôr a oferta de uma educação mais coerente com a realidade de cada um, é preciso ambicionar que o aluno aprenda, e é preciso que ele comprehenda também, que mesmo o aluno mais indisciplinado quer atenção, reconhece a figura de um mestre compartilhando o saber do seu modo e sim, ele está receptivo à aprendizados novos. (VIEIRA, 2015)

Sobre os conteúdos entende-se que a concepção e criação do conteúdo escolar precisam estar de acordo com as necessidades da sociedade, o currículo neste caso pode ser entendido como o elemento capaz de fazer com que a sociedade tenha efeitos positivos advindos da educação. Assim é na concepção do currículo escolar que se tem a oportunidade de fazer com que a educação transforme socialmente os alunos envolvidos no repasse do conteúdo proposto no currículo. (SANTOS, 2017)

O aluno, independentemente de sua condição financeira tem a oportunidade de crescer e evoluir socialmente, desde que esteja sendo apresentado a uma educação que tem como base o entendimento de que a educação é capaz de igualar a todos sem discriminação alguma, não importando a classe social, nem cultura, nem tampouco a cor da pele. O conteúdo nesse caso seria a ferramenta de transformação educacional capaz de moldar e dar vida a essa nova realidade. (NEVES, 2015)

O conteúdo escolar precisa contemplar em seu bojo, as mudanças que estão ocorrendo com frequência na sociedade atual. Trata-se da possibilidade de ser contemplado no currículo escolar, a tecnologia, como forma de facilitar o letramento dos alunos que já nasceram na era digital. Neste ponto, o que se pode dizer é que a criação do currículo escolar precisa estar de acordo com a realidade social vigente, trata-se do fato de dar vida a uma realidade que se ambiciona construir, e o currículo é essa ferramenta capaz de fazer com que estas mudanças sejam alcançadas de forma eficaz.

A palavra de ordem, dentro do universo escolar deve ser “Reconstrução”, a esfera escolar precisa estar sempre em reedição e em constante adaptação. O professor neste caso age de forma constante, na procura por fazer com que a escola consiga de forma eficaz proporcionar a seus alunos uma mudança benéfica e muito eficaz. (MINUSCOLI, 2016)

A reconstrução do espaço escolar tem ligação direta com a valorização dos talentos e especialidades dos alunos. Com a valorização das qualidades de cada pessoa pode ocorrer a consequente valorização e descoberta de dons e habilidades do corpo discente, bem como a identificação de seus pontos fortes e deficitários podendo estes serem trabalhados de forma a tornar tudo isso benéfico para a promoção de um aprendizado melhor e mais eficiente. (VYGOTSKY, 2010)

O posicionamento mostrado acima faz referência à ligação que há entre a democratização da escola e a atuação do professor, nestas duas funções, nota-se a possibilidade de junção de ações em prol de um resultado cada vez mais promissor para o aluno e benéfico à atuação do professor. O professor neste âmbito alcança o status de agente promotor de uma melhoria escolar e de uma ação vantajosa a todos os envolvidos no processo de ensino aprendizagem. (REIS; CUNHA, 2018)

Destarte, a nova maneira como se entende e consolida a democratização do processo de aprendizagem significativa citada por Ausubel (1968), faz com que o repasse de conteúdos úteis ao aluno sejam o ponto inicial de um processo de mudança, ou seja, quando a principal preocupação do professor é a qualidade do ensino, o bom desempenho do aluno e resultados favoráveis a todos dentro do ambiente escolar, a ocorrência de comportamentos disciplinares deixa de ser o foco da atuação do professor e passa a ser somente um fato corriqueiro, com isso, percebe-se que focar no desempenho é sim, mais proveitoso que delegar toda a atenção para a indisciplina escolar.

Saber trabalhar as diversidades dentro do conteúdo escolar é o grande segredo para conseguir que o corpo discente e docente de uma unidade escolar consiga ter influência de um bom plano de desenvolvimento e dessa forma o professor consiga ter a competência elaborar um plano de desenvolvimento que valorize a presença de todos os envolvidos neste processo. (DANTAS, 2016)

O que se ambiciona com isso é a promoção de uma história de progresso e de sucesso tanto para alunos quanto para professores, neste aspecto, vê-se que a escola não pode de forma alguma ser estudada de uma única forma, sob uma única vertente e sob uma perspectiva apenas, é preciso levar em conta todo o processo de aprendizagem significativa e todo envolvimento da escola em relação a vida do aluno. (AUSUBEL, 1968)

Chega-se então ao entendimento de que a democratização da escola pode de forma geral ser entendida como uma parte integrante do processo de construção da mesma e automaticamente como parte importante do processo de aprendizagem significativa. Em síntese, pode-se dizer que no que se refere ao professor, é que este entenda que há que se

trabalhar visando não mais um tipo ideal de homem, mas trabalhar tendo em vista o sentido da vida humana, neste passo, é vital que a sua compreensão no que diz respeito ao universo da escola seja macro e democrática. (HAJE, 2017)

A definição de um currículo é importante na educação e que a transversalidade de temas tende a alcançar de modo mais efetivo, os alunos que estão inseridos nesse processo, sendo favorecidas com essa intervenção voltada ao processo de aprendizagem significativa. A atividade pouco mais interativa torna-se essencial porque desenvolve no aluno a atenção, memorização, imaginação, sendo todos os aspectos básicos para o processo da aprendizagem. (AUSUBEL, 1968)

Essa mudança no currículo pode servir de estímulo para o desenvolvimento do aluno onde as atividades em que elas necessitam de atenção e concentração ao participarem, auxiliam no amadurecimento cognitivo.

Baseando-se na importância dessa mudança curricular este trabalho servirá para esclarecer dúvidas de como é empregado no cotidiano na educação, verificando também se existe alguma dificuldade na assimilação da aprendizagem durante o desenvolvimento de alguma atividade.

Nesse contexto, pode se dizer que interação é a palavra-chave no processo de aprendizagem. O aluno precisa de estímulo para aprender, e o exercício com temas transversais trazidos no currículo pode despertar a motivação e interesse destes. Compreendendo que a interação e a dinamicidade possibilitam o desenvolvimento do aluno integralmente na sua subjetividade e não é apenas um instrumento didático facilitador para o aprendizado de conteúdos curriculares.

Todas essas interações por meio do aprendizado, despertam os interesses de forma que é possível a participação ativa destas durante as aulas, desde o momento da escolha da atividade, até a elaboração das mesmas, sendo estas executadas, de forma educativa e de aprendizado múltiplo.

Desse modo, se comprehende que todas estas atividades são importantes pelo prazer e dinamismo por elas acrescentadas ao processo pedagógico. Entretanto, o principal benefício será a possibilidade de o professor desenvolver não só o domínio do conteúdo em questão, como também sua capacidade de estabelecer relações, elaborar conclusões e aplicá-las em situações diferenciadas.

CAPÍTULO 2

PESQUISA BIBLIOGRAFICA

2.1 - COMPARAÇÃO DE TRABALHOS JÁ PUBLICADOS

Ao procurar por referências que sustentem a temática aqui contemplada, encontrou-se na literatura científica fontes com temas similares, ou com termos referentes sobre a temática que integra a presente dissertação. Assim, procurando tecer um comparativo desses trabalhos com o tema aqui contemplado, lista-se os mesmos no Quadro 1 adiante pontuado o autor, ano de publicação e um breve resumo descritivo sobre essas fontes:

Quadro 1 – Trabalhos publicados.

AUTORES	TÍTULO	RESUMO
CLEMES, G.; FILHO, H. J. G.; COSTA, S. 2012	Vídeo-aula como estratégia de ensino em física.	Clemes et al (2012) mostram a importância de uso das vídeos-aulas como uma saída estratégica para o ensino de física. Conseguindo compreender de forma mais adequada os fatores que colaboram para a promoção do aprendizado.
LERIAS, W. R. 2016	A Física da música e a Pluralidade Didática.	Lerias (2016) contempla em seu estudo o ensino da física de forma didática, discutindo os métodos utilizados para analisar a física da música, observando a sua pluralidade didática. proposto medidas que são coerentes com a necessidade de promoção desse aprendizado e portanto eficientes para que o aluno entenda o ensino de ondas nas aulas de física.

NETO, A. P. S. 2017	Sequência didática para ensino e aprendizagem de Oscilações e Ondas por meio do estudo do telefone celular com enfoque CTSA.	Neto explica que para que haja uma compreensão assertiva a respeito do ensino-aprendizagem sobre oscilação de ondas, defende a adesão a uma sequência didática que se alinhe com os objetivos presentes em cada aula.
SILVA, H. E. 2019.	Uma proposta metodológica para o ensino de ondas: atividades lúdicas e experimentais	Silva (2019) ao trabalhar sobre a metodologia para o ensino de ondas, explica que cabe ao professor fazer uma adequação referente ao cenário em que o aluno atua, evidenciando a necessidade de ter como recurso

2.2 OS IMPACTOS DO ENSINO DE FÍSICA NO AMBIENTE ESCOLAR - UM NOVO PANORAMA EDUCACIONAL

O contexto educacional que se apresenta no cenário nacional tem sofrido fortes influências desde a formação da república. Passando por eventos políticos notáveis como a ditadura militar que se originou no ano de 1964, até a implantação do sistema democrático de governo implantando com a promulgação da Constituição Federal de 1988, o modo como a educação é ofertada se modela sistematicamente.

Sendo em muitos casos considerada como um elemento eficiente de doutrinação, a oferta da educação formal antes da promulgação da CF/88 se orientou como base em um modelo de formação profissional tendo para si uma conjuntura de formação tecnicista priorizando a necessidade do país que passava por um processo de transformação decorrente da revolução industrial.

Nesse contexto, o sentido da oferta educacional respondia eficientemente a uma necessidade implícita na sociedade moderna que era justamente a oferta de mão-de-obra qualificada para trabalhar nas muitas indústrias que surgiam com o processo de modernização

que se fortificava no Brasil de forma mais direta no ambiente urbano.

Tendo como base essa breve introdução que também é trabalhado por Demeterco (2009) ao longo de seu texto, retoma-se que a autora inicia a sua abordagem com a definição conceitual de aprendizagem, explicitando que em síntese esse fenômeno analisa e de seus fenômenos, ao correlacionar a física prática com a educação, a autora conecta e explica o fato de que a educação é o fator máximo que modela e que estrutura toda a conjuntura social, assim, a sociedade oferta a educação que a forma.

Desse modo, há uma correlação cíclica que enfatiza a importância desses dois fatores, retratando uma sinergia entre ambas, uma vez que a educação quando tem adaptado e remodelado o seu currículo escolar, tende a redesenhar todo o formato de sociedade que está vigente. Ao se refletir mais criticamente sobre este fato, é importante ponderar que a educação tem por vezes interferências em sua concepção que claramente desenham um perfil ideológico que busca se fortificar no meio social.

É nesse ponto que se comprehende que o posicionamento de Demeterco (2009) procura dar ênfase à necessidade de se uma educação que se pontue pela praticidade e validação de medidas reforce um pensamento libertador e autônomo que tem como meta promover a autonomia de pensamento, e que se fortifique a partir da sua origem, reconhecendo a necessidade de compreender e enxergar a todos como parte relevante do meio em que vivem.

É nessa mesma linha que a autora continua a ponderar o fato de que ao se reconhecer na educação ofertada em um meio social um elemento formador de condutas e posturas e também validador de preconceitos e entendimentos errôneos que ainda permeiam a sociedade, o que se alcança de modo muito assertivo, é a necessidade de se fazer com que a educação seja um elemento de esclarecimento para todos e não como um modelador e reforçador de posturas que tanto se luta para extinguir.

A autora continua em reflexão quanto ao fato de que, a teoria da educação é por assim dizer, um elemento que analisa os impactos da educação ofertada em uma comunidade ou sociedade, reconhecendo que a forma como essa oferta educacional se consolida, reforça ou refuta uma determinada postura marcante para o coletivo de pessoas que têm contato com ela. Logo, pensar que uma educação não pode ser doutrinadora é um equívoco inocente e arriscado.

Outrossim, imagina-se que a educação, se concebida como um elemento democrático que tende a fazer com que o aluno, sem importar a sua idade, tenha em seu processo de formação, condutas que são coesas o reconhecimento de sua autonomia e relevância para o meio social, que o ensine a ser um questionador e que o faça compreender a sua

responsabilidade cidadã, pode fazer com que a forma com que esse aluno enxerga o mundo no qual ele vive, como um lugar que pode ser mais desenvolvido e beneficiado com ações que reconheçam a essencialidade de todos.

Nota-se então que Demeterco (2009) ao relacionar a educação com o processo de formação social, relaciona esse item inicialmente com a construção familiar, e neste ponto, é relevante que se enfatize o fato de que, ao relacionar a família, o autor exemplifica a sua importância dentro do contexto de formação social, mostrando que educação e sociedade se relacionam e quando bem observados esses fatores, fica clara a compreensão de um pode influenciar o outro.

Isso torna entendível o fato de que a oferta da educação circunda todo o rol social e analisameticulosamente a forma a educação é ofertada no país. E é importante que a oferta educacional seja analisada de forma integral, pois, dizer que o aprendizado ocorre em cenários diversificados é um truismo presente em quase todos os textos educacionais progressistas. Ele de fato ocorre em ambientes díspares, e é válido em todas as vezes em que alcança um indivíduo. No entanto, é preciso considerar que saber que o aprendizado acontece é diferente da compreensão quanto ao modo como ele ocorre. A ideia de que a prática pode ser observada como relevante no processo de aprendizagem, ao passo em que não se distancia de demais interações de aprendizado.

É necessário que a teorização quanto à democratização do ambiente educacional precisa ser observada de modo detalhado, como forma de constatar a viabilização das inúmeras teorias que eclodem com o pressuposto de tornar acessível a educação. No decorrer dessa tipologia analítica, a ação de rastrear como os atores fazem para que esse aprendizado ocorra não é tão óbvia.

Não se trata de um simples apontamento onde se delega a tudo ou todos que estão presentes em um ambiente a função de compartilhar, de forma coerente e válida, o saber. Compreender as mediações do diálogo e a reflexão pressupõe disposição em seguir pistas, sensações, em respeitar o que não se enquadra na concepção que se tem sobre a educação. Esse fato proporciona ao educador a oportunidade de ampliar sua abordagem e de vislumbrar as possibilidades de compartilhamento de saber para todos os que se encontram presentes em um campo ilimitado de atuação.

O senso comum que imagina a escola como um local com função específica, sem falhas e que é responsável por formar médicos, advogados, engenheiros e professores, delega a essa instituição uma responsabilidade no processo de formação das pessoas, e tira dos demais espaços da comunidade a sua coparticipação na construção de uma personalidade social. Este

entendimento defende que a escola, e só ela, repassa o saber e forma pessoas tidas socialmente como capazes, ao passo que menospreza fontes de conhecimento popular com capacidade de compartilhamento de saberes quase infinitos, agregando ao aluno uma carga de conhecimento relevante.

Mas, afinal, o que é o conhecimento? Será correto dizer que o aprendizado se resume no domínio de teorias complexas e na capacidade de compreender textos intrincados e quase impenetráveis? Se assim for, é preciso que se diga que boa parte da população não possui conhecimento algum, no entanto se for adotado um pensamento mais receptivo à percepção sobre o que é o conhecimento, e se for compreendido que todos têm algo a ensinar, então a escola estende as suas fronteiras e alcança o âmbito social e todos em uma comunidade passam a ser aptos a ensinar e a aprender.

A reflexão apresentada acima nos dá a compreensão de que é necessário nesse processo de ensino, que se entenda que há em seu decorrer, uma participação de todo o cenário que envolve um evento-objeto-indivíduo e que se consolida como fator de representação da sociedade dentro do processo de formação de um indivíduo.

Todos esses elementos, são parte de um contexto relevante que produz um compartilhamento que vai e volta alcançando todos e se fortificando à medida que ressoa no ambiente em si. Nesse meio onde a mediação ocorre, não se tem um capitão, alguém que seja o “o orientador”, ou “o facilitador” todos têm sua função, todos integram o espaço do saber e são relevantes para a educação.

Com isso, evidencia-se de que o status de um indivíduo não é um passaporte para que ele consiga absolutamente tudo o que quer. Pelo contrário, os caminhos de formação, especialização, domínio de conhecimento técnico e compromisso com a realização de atividades diversas se traduzem em passos para o enquadramento de um sujeito em um padrão já estipulado. Compreender que não é menos apto aquele que domina um conhecimento e que pratica uma ação sem o aval da certificação, que sabe pensar e agir, tem feito cada vez mais toda a diferença.

Continuamente percebemos que, estando com a responsabilidade de lecionar, é preciso que o professor compreenda que a sua interação com os alunos não ocorrerá sob um viés hierárquico no qual o docente se encontra em um pedestal e é detentor de todo o saber. O professor, enquanto compartilhador do saber, deve-se manter aberto ao que lhe é repassado pelos alunos, compreendendo que a troca que ocorre entre todos propicia aprendizado para todos os envolvidos.

A universalidade deste modo de se comunicar valida e justifica a presença de um

professor com domínio de discussão, justamente pelo fato de que esta ação não pode ser algo utópico e inatingível. É preciso pensar que a educação tende a ocorrer de múltiplas formas e, se observada com cuidado, será possível perceber que, dada a dinamicidade do contexto social em que estamos inseridos, é natural que a oferta educacional se desvincule de sua forma cristalizada, passando a contemplar modelos e posicionamentos mais conectados com o cenário atual.

A possibilidade de reflexão, a capacidade de questionamentos e a ascensão de múltiplos perfis na docência é confirmação de que a sociedade evolui e progride, e, com isso, acaba por tornar válida toda forma de compartilhamento de saber, fazendo entender que não há uma delimitação do que deve e do que não deve ser aprendido. Contudo, ao não tornar horizontal o compartilhamento do saber que se imagina ter acesso, o que se tem é uma grande promoção de desigualdade na qual quem não consegue alcançar as formas pelas quais se aprende nos dias atuais, que passa a ser excluído, tachado de incapaz, inapto e sem formação.

Tendo em vista este entendimento, podemos dizer o que o conhecimento representa, na vida de uma pessoa e também na efetivação da aprendizagem de alunos, uma porta de saber que se abre para uma nova percepção e auxílio na contribuição e construção de seu mundo.

Logo, entendemos que o conhecimento não traz marcas que demarcam a sua origem, que apontam o seu nascedouro e que o desenham como algo sublime, puro e objetivamente voltado para uma percepção purista de um determinado objeto. Pelo contrário, a construção do conhecimento advém do contraste entre experiências, do embate entre formas de execução de um mesmo processo que, por fim, resultam em uma prática executada em diferentes grupos. A natureza do saber não se orienta unicamente pela aplicabilidade do método, mas também pela mediação do sujeito com todos os atores que integram determinado meio e que complementam o sentido do que está em análise.

Assim, o que resta é a vontade de analisar toda a situação de modo mais humano, tornando possível a compreensão de que uma atuação docente depende de preparo, de domínio de conhecimento e de zelo, características que ficam subentendidas na postura de quem se propõe a se preparar e a se dedicar para este ofício.

Pensar dessa forma leva o sujeito a repensar as influências que se tem na vida no mesmo instante em que se questiona adoção do “novo” como uma forma de vida diferenciada, como uma oportunidade de refazer o meio em que se vive, para que assim seja alicerçada uma “nova” forma de se relacionar com o mundo. É com essa autorreflexão que se passa a compreender que o enredo em que se vive possui a marca de muitas coisas e pessoas — o “novo” que se

quer tanto aderir pode ser somente uma releitura do que já está consolidado, fazendo parecer inédito um objeto, situação, pessoa, animal ou lugar; quando, na verdade, são a representação da vivência de cada um, sintetizadas em um elemento ou interação, com que cada um se relaciona o ineditismo que se delega ao outro.

A oferta da educação não aponta o status de indivíduo em uma determinada situação; pelo contrário, nesse processo todos são responsáveis por ações ali ocorridas. Nessa ótica, o meio estrutura o saber, e a forma como as pessoas interagem com todos os atores que completam o cenário da formação intelectual é o que acentua o que é apreendido e recebido por cada um. É de responsabilidade do próprio sujeito o que ele aprende, justamente por ser individual, a abertura que se dá para recepção de um novo conhecimento.

As contribuições desse estudo são múltiplas, a diversidade que se encontra no contexto da educação evidencia a necessidade de abordagens como a aqui realizada, expondo de que forma o conhecimento pode ter uma infinidade de facetas e permanecer com a sua finalidade inicial, fazendo com que a educação tal qual aborda Demeterco (2009), seja compreendida como um processo de formação de uma conduta, que transforma o ser humano em uma pessoa apta a entender e interagir com o ambiente em que vive e não como um mecanismo que compõe uma conjuntura social que possivelmente será utilizado após o cumprimento de um período educacional para cumprir uma determinada função dentro do meio em que vive.

Nesse contexto, é observado também em Street (2014) que os impactos que o trabalho com o ensino de física pode provocar no processo de ensino-aprendizagem, é difícil de ser mensurado uma vez que é por meio desse tipo de ensino que se integra uma visão do aluno como parte relevante dessa aprendizagem.

Valente e Almeida (2014) também pontuam que a eficiência de trabalho de conteúdos dessa disciplina na construção de uma aprendizagem dinâmica e alinhada com os escopos de uma educação libertadora são perfeitamente cumpridos uma vez que ao trabalhar conteúdos como o aqui proposto em sala de aula, o professor tem a oportunidade de romper com um modelo de aprendizagem mecânica e em muitos casos ineficiente.

De acordo com o que se entende no entendimento mostrado por Motta-Roth e Hendges (2010), o ensino de física pode ser entendido com relevância notável dentro do ensino escolar, informativa e formativa, contudo, dentro do cenário da escola, esse, assim como os demais conteúdos, são negligenciados por meio de uma abordagem didática que não prestigia a importância e essencialidade desse conteúdo para o processo de formação escolar.

Oliveira (2010) ao falar sobre esse tema deixa claro que a essa forma de abordagem

mecanicista que é facilmente encontrada em livros didáticos empobrece a grandeza e as múltiplas possibilidades que se tem para viabilizar o ensino de física, isso porque ao segmentar um formato para um tipo de uso específico o que se tem é uma limitação de uso e uma condição de alienação que faz com que o aluno não se perceba como parte relevante e constituinte da formação social na qual está inserido.

Nessa linha de raciocínio, Brugnerotto (2017) explica que há um equívoco notório na contemplação teórica sobre o artigo de opinião dentro da esfera escolar, esse equívoco decorre inicialmente da forma rasa como os professores e o próprio livro didático tratam a constituição de qualquer tipo conteúdo, somado ao desinteresse pelo que o aluno produz em sala de aula.

O problema neste caso está no distanciamento que a abordagem didática promove ao ter que lidar com determinada situação, colocando ao aluno, cenários específicos onde é cabível a usabilidade de tal conteúdo. Nesse contexto, se analisa o entendimento de Bakhtin (2000) que expõe a liberdade de alcance linguístico e comunicativo, capaz de fazer com que em situações díspares o nível de comunicação de modifique de forma rápida, requerendo por parte dos sujeitos envolvidos a adequação e promoção de aprendizagem.

Logo, nenhum contexto é estático e nenhuma situação está sujeita a cristalização de um formato. Por esse motivo, comprehende-se de acordo com Silva (2019), que ao se trabalhar conteúdos como o que integra a temática desse estudo em sala de aula o professor deve se basear pela premissa de que a proposta implícita no conteúdo é justamente a possibilidade de fazer com que ao aluno seja dada a liberdade de discutir sobre aquilo que o cerca. Ao optar por agir dessa forma, o aluno é levado a compreender que as presenças de conteúdos diversos enquadram-se perfeitamente em situações de vivência bem próximas da sua realidade.

Assim, ao pedir que um aluno exponha a sua opinião em um artigo a respeito da forma a sua sala de aula é organizada por exemplo, o que se consegue é fazer com que ele comprehenda que é por meio do entendimento dos mecanismos sociais que o cercam, que a sua voz pode se fazer ouvida, servindo de base para o seu protagonismo social. Em Bakhtin (2006) se percebe uma menção ao fato de que, o sujeito aprimora seu discurso a partir da fala e da constância na enunciação de suas ideias. Desse modo, fica compreendido que para validar a usabilidade de um tema tão relevante dentro da abordagem educacional como o artigo de opinião, é pertinente que a esse aluno seja dada a oportunidade de dissertar – inicialmente – sobre aquilo que o cerca. De acordo com o entendimento de Street (2014), ao tornar mais coerente e próxima da realidade do aluno a forma como esse conteúdo se relaciona e se aplica em seu cotidiano, o professor consegue fazer com que o aluno observe a forma como algo apreendido dentro da sala de aula pode fazer parte da sua vida, ao passo que comprehende

também a relevância da sua expressão/contribuição crítica para a comunidade em que vive.

Oliveira (2018) em sua dissertação de mestrado contribui com o entendimento de que é pertinente ao professor certo dinamismo e quem sabe um distanciamento da abordagem pragmática que é dada ao estudo de temas no livro didático. Esse entendimento é defendido com base na percepção de que não há como apontar um erro de livros didáticos no que diz respeito ao ensino proposto, contudo, dada a dinamicidade e a disparidade entre a sala de aula real e a sala de aula idealizada, se faz necessário que a identidade de ambiente seja considerada, quando se pretende exemplificar o uso e a aplicabilidade de algo tão relevante quanto conteúdos trabalhados.

Valente e Almeida (2014) alinhados com tal ideia, deixam claro que as possibilidades de aprendizado com a análise desse conteúdo dentro da sala de aula, o professor pode fazer com que o aluno comprehenda que tão importante quanto o cumprimento de uma estrutura que adequa o texto produzido ao tema em análise, é a construção e a exposição da ideia proposta e apresentada pelo aluno.

Rojo e Barbosa (2015) explicam que tendo como base o modelo de formação social que se tem na atualidade, é salutar que seja adequado ao ambiente da escola a familiaridade com tais mudanças em que impera a dinamicidade de informação e a possibilidade de contribuição opinativa de cada pessoa.

Em Paiva (2016) se observa quando o autor fala a respeito da linguagem dos emojis, que a comunicação na atualidade e a formação de opiniões se remodela conforme o cenário em que o indivíduo em se encontra. Nesse âmbito, é pertinente que se o modelo de artigo de opinião que se tem na escola é sim coerente e utilizável a uma gama variada de cenários, contudo, o seu formato se adequa ao mesmo tempo que preserva a sua essência e aplicabilidade.

É, portanto, considerável que o aluno seja levado a perceber por parte do professor, que a sua opinião se faz presente em ambientes variados, e por isso é essencial que ele comprehenda que a criticidade ou a reflexão presente em sua comunicação sejam demonstradas com base em fatores de responsabilidade e comprometimento, pontos tão relevantes e marcantes em um artigo de opinião e que costumeiramente são deixados de lado na sala de aula.

A se considerar a dinamicidade dos conteúdos e as muitas situações na qual um único formato pode ser encaixado e adequado, se comprehende que dentro de um livro didático a abordagem apresentada sobre conteúdo do ensino de física tem como premissa a familiarização do aluno com a própria existência do tema em si, bem como a comprehensão

de que há um modelo para uma situação comunicacional específica.

É observado nessa análise do livro didático em questão que a tratar especificamente do conteúdo de física, há uma busca do material didático em inicialmente apresentar a estrutura sobre a qual esse conteúdo se enquadra considerando fatores específicos como a quem se destina esse tipo de tema junto ao formato dele. Conforme se analisa também em Fogaça (2014), ao se trabalhar um tema pertencente à aula de física em um livro didático, é essencial que o professor e organizador do livro tenha a ideia de que o trabalho com esse tema se relaciona com a oportunidade de fazer com que o aluno se familiarize com os modelos e formas de comunicação presentes dentro da aprendizagem de modo geral.

A priorização dos conteúdos diversificados dentro das aulas de física, promovem ao professor a possibilidade de romper com um modelo de ensino cristalizado e que em muitos casos cerceia a possibilidade de promover ao aluno um contato mais efetivo com aquilo que lhe está sendo ensinado. Nesse sentido, de observa em Ramires (2005) que a percepção que se tem a respeito da necessidade de se fazer constante o contato do aluno com variadas tipologias textuais, tem relação com uma didática mais fluida e mais articulada com fatores que priorizam a reflexão do aluno sobre aquilo que lhe está sendo ensinado.

Indo então ao entendimento mostrado por Silva (2019), se observa que conforme o pensamento do autor, a inserção de temas relacionados ao ensino de física dentro do ambiente educacional tem uma conexão direta com a promoção de uma forma educacional que prioriza o olhar do aluno sobre o seu próprio aprendizado uma vez que esses temas facilitam a percepção de eventos e de movimentos que estão naturalmente implícitos dentro da sala de aula, mas que em muitos casos deixam de ser contemplados dada a necessidade de se alinhar a abordagem didática com o modelo de ensino proposto.

Com isso, Rojo e Barbosa (2015) explicam que a aprendizagem promovida com o auxílio de temas diversificados, sem importar quais ferramentas serão utilizadas como meio de apoio para facilitação de tal processo, representam uma ação disruptiva que quebra com uma linha automatizada que basicamente se estrutura como o repasse de conteúdos, a realização de uma atividade de fixação e depois uma prova ou teste com tal conteúdo.

É nesse contexto que Paiva (2016) defende que tais temas devem ser trabalhados no âmbito multidisciplinar justamente pelo fato de que a aprendizagem e a compreensão daquilo que está sendo lido é um fator recorrente em qualquer segmento em que se atue. Logo a capacidade de entender o mundo está relacionada com a habilidade de compreensão, interpretação e assimilação daquilo que é lido, visto e discutido dentro da sala de aula.

Com um pensamento similar, Oliveira (2018) pontua que a diversidade de estudos que endossam o trabalho com conteúdo relativo ao ensino de física na sala de aula deixa claro que a prática educacional que se vale de uma vertente tradicionalista com o repasse conste de conceitos mecanizados e já tidos como ineficientes, evidencia o fato de que a necessidade de se fazer recorrente o estudo de temas relativos ao ensino de física da sala de aula é eminente.

Nesse ínterim, Couto (2014) também aponta que é a análise e discussão teórica quanto a forma como esses temas vêm abordados dentro do livro didático é um fator que motiva ou reduz o interesse dos alunos em relação a eles. O autor defende que a apresentação de um tema específico de forma solta, avulsa ao contexto em que o aluno está inserido é o que gera o desinteresse por parte destes.

Correlato a esse entendimento, Fogaça (2014) defende que anterior à apresentação de um conteúdo seja feita uma contextualização sobre o motivo de tantos formatos e tipologias dentro da construção de conhecimento no processo de aprendizagem. O esclarecimento quanto as formas de comunicação podem ser exemplificadas já no contexto de construção da prática, enfatizando a coloquialidade e a formalidade que são adotadas a depender do nível de comunicação que se quer estabelecer.

Nesta linha Brugnerotto (2017) propõe que dentro do estudo de temas referente ao ensino de física o aluno seja inicialmente convidado a observar a construção comunicativa inerente a cada evento mostrado para a partir daí avaliar as tipologias de modo mais específico.

Logo, os temas relativos ao ensino de física não podem ser tratados como um elemento alheio à realidade do aluno, uma vez que ele, mesmo que sem o aluno saber e mesmo que não contemplado em todas as suas tipologias sempre esteve presente na sua vida.

Nesse sentido, é pertinente que se cite aqui o fato de que a constituição de um formato como os que se apresentou aqui, tem como base o modelo de formação específico que busca atender a um ideal comunicativo.

Com o avanço da tecnologia os smartphones se tornaram uma potente ferramenta para o processo pedagógico, dando subsídios ao aprendizado de maneira virtual destinados ao aprendizado e sem o grande índice de burocracia. Na aplicação dessa nova modelização de conhecimento é necessário e de grande importância o gerenciamento de informações para que assim permitam uma comunicação mais assertiva, eficiente e sem muitos obstáculos, como uso das aplicações disponíveis nos smartphones.

A razão social que motiva a sociedade é a busca integral de informações para variados fins. Essa busca se dá de maneira específica em ambientes de aprendizagem, onde é a uma

das fontes principais de informações. Logo, assim os smartphones têm muito a oferecer e melhorar a interação e contribuir de maneira positiva, podendo facilitar o alcance dos objetivos dispostos. Por estar em constante mudança, a sociedade busca o acesso ao conhecimento de qualquer lugar, a qualquer momento, sem a necessidade de relações físicas ou contato, pois, o aumento do uso do celular é refletido em todos os aspectos da vida humana (BRAGA, 2017). Já é fato que a interação tecnológica, ou seja, o uso dos smartphones, definiram um novo comportamento dos seres humanos. Esse novo comportamento se dá pelo fato dos processos evolutivos da telefonia móvel terem avançado, e isso proporciona a interação com as mais variadas informações sem grandes esforços, e maior velocidade de comunicação, basta apenas possuir um smartphone e estar conectado a uma rede. Esses dispositivos são utilizados como recursos em processos educacionais, pois, como afirma Lopes e Pimenta (2017)

[...] os celulares são verdadeiros computadores portáteis interligados na internet, com inúmeros recursos internos, capazes de filmar, tirar fotos, produzir montagens, gravar o áudio que o usuário desejar, além de oferecer uma grande variedade de áudio que o usuário desejar, além de oferecer uma grande variedade de acesso aos aplicativos, programas criados por pessoas jurídicas para atender necessidades de todo tipo, inclusive, educativas. (LOPES; PIMENTA, 2017).

Utilizando os dispositivos móveis, os smartphones, no âmbito da educação através de metodologias e software adequados e devidamente preparado para esse fim, pode auxiliar e contribuir na inclusão social, desmistificando algumas barreiras no processo de ensino inclusivo (BARBAS; BICA, 2013). Sabendo que existe atualmente uma imensa quantidade de recursos educacionais e de aprendizagem, os smartphones aparecem com um grande número de aplicativos para serem usados em experimentos de física.

Atualmente, cada vez mais jovens levam consigo seus smartphones para a sala de aula. Nisso, ainda existe o debate entre educadores sobre o seu uso no processo de ensino. Porém, essa realidade não precisa ser encarada como um problema. Isso porque o uso de celular em sala de aula oferece muitas vantagens que podem inovar o modelo de ensino tradicional, tornando mais adequado quanto à transformação digital. Mesmo com defesas quanto ao uso didático dos recursos tecnológicos, há docentes que são contrários a essa proposta, levando em consideração que os smartphones desempenham um papel contraditório ao comportamento dos jovens e ao processo de ensino na qual estão inseridos

(LOPES; PIMENTA, 2017).

O médico grego Hipócrates foi o primeiro a dizer que “a diferença entre o remédio e o veneno está na dose”, e isso vale também para o uso dos smartphones. Ou seja, se pais e professores souberem diminuir as “doses diárias” do aparelho, o inimigo pode se tornar um aliado. Porém muitos profissionais da educação básica consideram o smartphone na sala de aula como um artifício para desconcentração. Segundo Lopes e Pimenta (2017, p. 53) "Muitos docentes não acreditam que o celular possa ajudá-los em sua prática pedagógica, pois, o veem como mera distração para os alunos".

Analizando os benefícios que a administração adequada dos smartphones pode oferecer na sala de aula e a gestão do aprendizado. É necessário a integração desse dispositivo nas estratégias de ensino, e ainda mais com o crescente avanço tecnológico esse fato tem deixado a desejar por parte dos educadores no processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Almeida (2003, p.78), “É por meio das tecnologias digitais que aplicamos mais informações temáticas em sala de aula e a cada dia que as exploramos descobriremos muito mais para que possamos transformar as questões em interatividade”. O professor não é mais o único foco do conhecimento transmitido, com isso, a sociedade que se representa obriga que a educação molde o aluno para encarar no dia a dia novas situações e deixar de ser um transmissor de informações e se transformar em um ser novo com novas ideias e interações (Serafim; Sousa, 2011).

A sociedade está constantemente em busca de tecnologias avançadas, e diante disso vê-se a prioridade da inclusão de estratégias pedagógicas derivadas da tecnologia móvel, que permitem a possibilidade do estudante ser protagonista no resultado de sua aprendizagem, levando-se em conta uma atitude pedagógica e didática do uso do dispositivo (ANDRADE, 2008). Garantindo, um ambiente interativo, participativo, dinâmico no processo de ensino- aprendizagem.

Como ressalta Nesse sentido, a Base Nacional Comum Curricular que contempla o desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas ao uso crítico e responsável das tecnologias digitais tanto de forma transversal, quanto de forma direcionada, tendo como fim o desenvolvimento de competências relacionadas ao próprio uso das tecnologias, recursos e linguagens digitais, ou seja, para o desenvolvimento de competências de compreensão, uso e criação de TICs em diversas práticas sociais, como destaca a competência geral 5:

“Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as

escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.” (BNCC, 2018).

Dessa maneira, a tecnologia educacional deve ser utilizada para promover atitudes relacionadas ao compartilhamento e socialização de conhecimento dos diferentes participantes da educação. Participando ativamente do conteúdo, avaliação, transformação de estratégias e recursos de ensino (ROCHA, 2017).

2.3 - EXPERIÊNCIAS DE FÍSICA

Seguindo a linha teórica de (ANDRADE, 2008), tanto na educação superior, quanto na educação do ensino médio, o ensino da física para que alcance maior quantidade de aprendizado por parte do aluno é de grande importância e necessidade que seja executado ou administrado em laboratório nas práticas pedagógicas, ou seja, um dos elementos fundamentais no ensino da física em todos os níveis de ensino é a realização de experiências. O laboratório é bem distinto na educação científica e tem muita e significativa importância no processo de formação como integridade, conhecimentos, habilidades do aluno.

A grande utilização do uso da Internet permitiu um crescimento generalizado e evolução e desenvolvimento de computadores e outros meio que utilizam esses recursos, onde esse crescimento pode em partes complementar as atividades tradicionais na sala de aula e no laboratório, dando um significado e sentido naquilo que é repassado ao aluno.

Com os traços efetivo do avanço tecnológico, percebeu-se que os computadores foram diminuindo e seus sistemas de processamentos e capacidades de armazenamento de dados aumentando, chegando assim nos dispositivos móveis, que são nada mais o que computadores individuais portáteis que executam várias tarefas e cálculos matemáticos, e o que mais satisfazem é a vantagem de carregá-los no bolso, e esses dispositivos estão presente quase que de maneira geral no manuseio dos alunos, ou seja, o aluno de alguma maneira tem mais facilidade ao acesso a esses dispositivos, seja direta ou indiretamente. Assim é fato, a percepção que os smartphones e tablets tornaram-se incríveis laboratórios portáteis, por possuírem em sua interface muitos aplicativos usando variados tipos de sensores que permitem inúmeras possibilidades de aplicação, experimentação e medição, contribuindo para que as atividades se tornem mais atraentes, participativas e lúdicas de forma que o aluno se sinta engajado e responsável pela construção do seu conhecimento.

Na condição apresentada, notamos que a experimentação no ensino de física em sala de aula é essencial para a aprendizagem do aluno, por isso precisa estar sempre conectada a

ele, para que consiga desenvolver seu próprio conhecimento, sua forma de pensar, de agir nas diversas situações e problemas impostos pela disciplina. Assim garantindo um ser questionador que não aceitará o que lhe é passado como verdade indiscutível. E com os recursos tecnológicos ou uso dos smartphones ou tablets, esse mecanismo tende a ganhar força e potencializar o processo de ensino aprendizagem. E partindo dessa premissa pode garantir seu processo de evolução mediante as competências necessárias para se aprender física (ARAÚJO, 2018).

CAPÍTULO 3

TÓPICOS DE ONDULATÓRIA

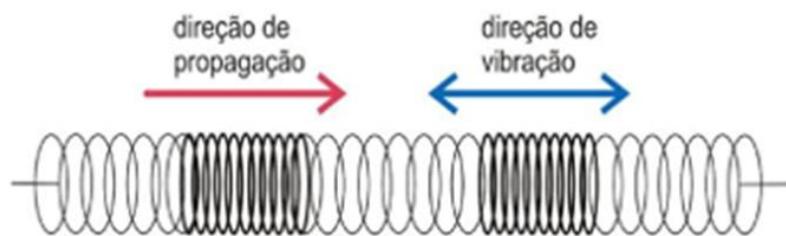
3.1 - ONDAS LONGITUDINAIS

Uma onda é uma perturbação oscilatória que se propaga no espaço e no tempo, transportando energia sem transferir matéria. Ela é caracterizada por dois elementos principais:

1. Oscilação: As partículas do meio vibram em torno de uma posição de equilíbrio. Esta oscilação tem aspectos espaciais (comprimento de onda) e temporais (período e frequência).
2. Perturbação: É o que inicia a onda. Pode ser de natureza mecânica, eletromagnética ou gravitacional. A perturbação se propaga pelo meio, fazendo com que as partículas vizinhas também oscilem.

A velocidade de propagação da onda depende das características do meio. Este conceito de onda é fundamental para entender diversos fenômenos físicos, desde ondas sonoras até ondas eletromagnéticas. Um exemplo importante desse conceito são as ondas longitudinais, que são aquelas em que a vibração ocorre na mesma direção do movimento da onda. Estas ondas ilustram claramente como as propriedades do meio afetam a propagação. Por exemplo, observando o movimento de uma mola na direção horizontal (Fig. 1), podemos visualizar a propagação longitudinal, onde as partículas do meio vibram paralelamente à direção de propagação da onda. Este tipo de onda é particularmente relevante para compreender fenômenos como o som, que se propaga através de compressões e rarefações do ar.

Figura 1: Movimento longitudinal de uma mola



Fonte: brasilescola.uol.com.br

Os exemplos de ondas longitudinais são:

Ondas sonoras, ondas de ultrassom, ondas primárias sísmicas, ondas de rádio e ondas de

radar, em nosso caso vamos estudar as ondas sonoras

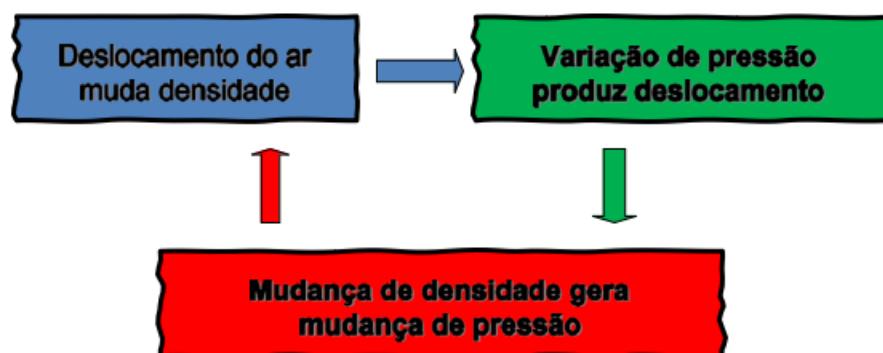
3.2 - ONDAS SONORAS

Inicialmente é importante entender o conceito de onda, em que uma onda surge quando um sistema é deslocado de sua posição de equilíbrio e a perturbação se desloca ou se propaga de uma região para outra do sistema. Quando uma onda se propaga, ela não transporta matéria, apenas energia.

As ondas podem se classificar quanto a sua natureza em ondas mecânicas que precisam de um meio material para se propagar, tendo como exemplo o som que se propaga nos sólidos, líquidos e gases. E em ondas eletromagnéticas que não necessitam de um meio material para se propagar, propagando-se também no vácuo, como por exemplo a luz, ondas de rádio, raios X. Recentes estudos mostram que sob certas condições o som pode se propagar através do vácuo. Em 2023, cientistas da Universidade de Jyväskylä, na Finlândia, Zhuoran Geng e Ilari Maasilta, demonstraram pela primeira vez que o som pode se propagar no vácuo sob condições específicas. Para que o som se propague no vácuo, são necessários dois cristais piezoeletricos de óxido de zinco que devem estar separados por uma lacuna de vácuo. A distância entre estes cristais precisa ser obrigatoriamente menor que o comprimento da onda sonora que será transmitida. O processo ocorre quando o primeiro cristal converte as ondas sonoras em cargas elétricas, que geram campos elétricos capazes de atravessar o vácuo. O segundo cristal então reconverte estes campos elétricos novamente em ondas sonoras. Este método funciona com diferentes frequências sonoras, desde áudio (Hz-kHz) até ultrassom (MHz) e hipersom (GHz), embora na maioria dos casos a eficiência seja baixa, com apenas algumas situações específicas atingindo 100% de eficiência na transmissão. Dessa forma, pesquisadores sugerem que seria possível realizar o tunelamento acústico completo no vácuo. Inicialmente, o tunelamento de ondas acústicas foi descrito na década de 1960, no entanto, os pesquisadores não compreendiam completamente o funcionamento desse efeito. Por meio do novo método desenvolvido pelos cientistas (GENG e MAASITA, 2023), foi possível testar uma forma do som se propagar no vácuo. No vácuo, há uma ausência completa de um meio para o som se propagar e suas vibrações se deslocarem; por isso, como não há nenhum meio para vibrar, não é possível que o som se propague no vácuo. Contudo, os cientistas explicam que existem brechas nesse sistema, por exemplo, é possível utilizar cristais piezoeletricos no vácuo para o som se propagar por meio de campos elétricos. Esse estudo descreve que os materiais piezoeletricos convertem a energia mecânica em energia elétrica e, dessa forma, o som pode se propagar em um campo elétrico em condições especiais.

As ondas mecânicas, especialmente as ondas sonoras, apresentam características particulares em sua propagação no ar. O som se caracteriza como uma onda longitudinal, onde a vibração das partículas ocorre na mesma direção de sua propagação, conforme ilustrado na Figura 2. O mecanismo de propagação sonora ocorre através da alternância entre zonas de compressão (regiões de maior pressão) e zonas de rarefação (regiões de menor pressão). Esta variação periódica de pressão no meio é responsável pela propagação da onda sonora, criando um padrão de compressão e descompressão que se move através do ar.

Figura 2: Síntese da Propagação do Som



Fonte: Pedro Mateus Reis Dos Reis

3.3 - ONDAS SONORAS – RELAÇÃO DENSIDADE E PRESSÃO

Como vimos anteriormente, as ondas mecânicas são ondas que necessitam de um meio material para se propagar. Existem dois tipos de ondas mecânicas: as ondas transversais, nas quais as oscilações são perpendiculares à direção de propagação e as ondas longitudinais, em que as oscilações acontecem na direção de propagação da onda. Agregando conhecimento sobre a velocidade do som, nesta parte, vamos nos concentrar nas ondas sonoras que se propagam no ar e podem ser ouvidas pelas pessoas, tema deste trabalho de dissertação. A velocidade do som no ar pode variar dependendo da temperatura do meio ambiente. Quando medimos a velocidade do som usando aplicativos para celular podemos comprovar essa variação. Na figura 3 observamos um teste experimental de como a velocidade aumenta quando a temperatura do ar aumenta.

A explicação sobre a medida da velocidade do som em relação à temperatura pode ser apresentada da seguinte forma: A velocidade do som no ar pode ser determinada através de um formalismo empírico que relaciona a velocidade de propagação com a temperatura. Ao nível do mar, para uma temperatura de 25°C (298,15 K), a velocidade do som é aproximadamente 337 m/s ou 1216 km/h. Esta velocidade varia conforme a temperatura do ar, seguindo um padrão onde o ar quente permite uma propagação mais rápida que o ar frio.

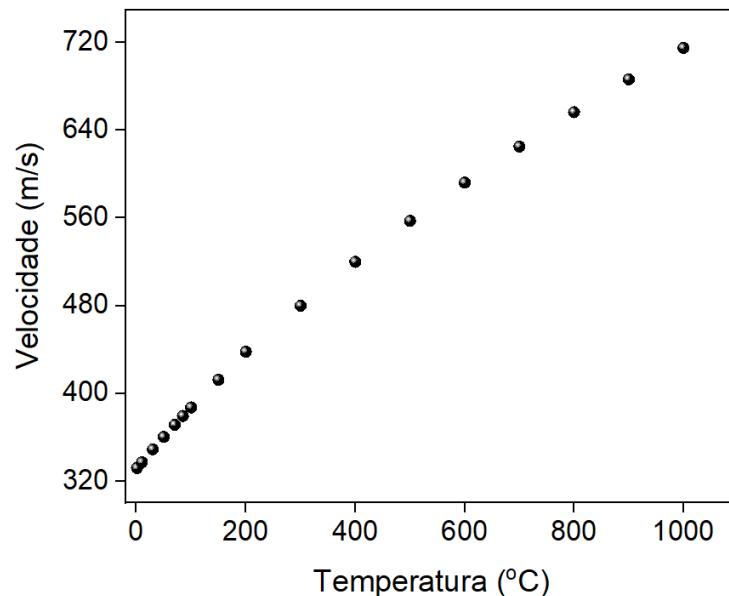
Para demonstrar experimentalmente esta relação, podemos utilizar um telêmetro acústico conectado a um sistema Arduino Uno com datalogger, que permite a observação simultânea da temperatura do ar e da velocidade de propagação do som, aproveitando as variações diárias de temperatura. Este tipo de medição experimental possibilita comprovar que a velocidade do som aumenta com o aumento da temperatura do ar.

Para exemplificar esta variação, podemos observar que:

- A 0°C, a velocidade do som é aproximadamente 332 m/s
- A 20°C, aumenta para 343 m/s
- A 30°C, alcança 350 m/s.

Esta relação entre temperatura e velocidade do som ocorre porque o ar quente é menos denso que o ar frio (mantida a pressão constante), permitindo assim uma propagação mais rápida das ondas sonoras. A relação entre temperatura e velocidade do som é explicada pela forma como a temperatura afeta as moléculas do meio e, consequentemente, a propagação das ondas sonoras. Em temperaturas mais altas resultam em maiores velocidades do som, porque as moléculas do meio têm mais energia cinética e podem transferir a vibração mais rapidamente. Em temperaturas mais baixas resultam em menores velocidades do som, pois as moléculas se movem mais lentamente, retardando assim a propagação das ondas sonoras.

Figura 3: Velocidade do som com a temperatura



Fonte: próprio autor

Outra demanda a ser discutida é que para utilizarmos o aplicativo PHYPHOX, se

faz necessário compreender a característica geral de uma onda, mesmo não usando o conceito mais profundo dessa etapa.

3.4 A Velocidade do Som

Em variados meios destaca-se que a rapidez de qualquer onda mecânica, seja transversal ou longitudinal, é influenciada tanto pelas características inerciais do meio (para reter energia cinética) quanto pelas características elásticas (para acumular energia potencial). Desta forma, é possível fazer uma generalização da equação 1-3 – encontrada no Livro *Fundamentos de Física: Halliday – Resnick – Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica*, que fornece a velocidade de uma onda transversal em uma corda. Partindo desse conceito teremos:

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \sqrt{\frac{\text{tensão da corda}}{\text{densidade linear da corda}}} \quad (1)$$

onde (para ondas transversais) τ é a tensão da corda e μ é a densidade linear da corda. Agora, se o meio de propagação é o ar e a onda é longitudinal, podemos presumir que se trata de uma propriedade inercial, representada por μ , é uma densidade específica ρ do ar.

Neste caso, a propriedade elástica correspondente é o **módulo de elasticidade volumétrica B** . Em uma corda esticada, a energia potencial está relacionada à deformação periódica dos elementos da corda à medida que a onda passa por eles. Quando uma onda sonora se propaga no ar, um potencial de energia está associado às tensões e à expansão de pequenos elementos de volume do ar. O módulo de elasticidade volumétrico B determina o quanto um elemento do meio varia de volume quando sujeito a uma pressão (força por unidade de área) e é definido pela seguinte prescrição:

$$B = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V} \quad (2)$$

Aqui, a relação entre a variação fracional em volume $\Delta V/V$ e a alteração de pressão Δp é explicada. Conforme mencionado anteriormente, a unidade padrão de pressão no Sistema Internacional é o newton por metro quadrado (N / m^2), também conhecido como pascal (Pa). Da equação 2, podemos observar que a unidade de B também é o pascal. Os sinais de Δp e ΔV são sempre contrários: quando aplicamos um aumento na pressão sobre um elemento (Δp positivo), seu volume diminui (ΔV negativo). Dessa forma é a afirmação por que incluímos o sinal negativo na equação 2, ou seja, para garantir que B seja sempre positivo por definição.

Substituindo B por ρ na equação 1, obtemos:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (3)$$

Esta equação permite calcular a velocidade do som para diversos materiais e ainda se consideramos a variação da pressão com a altura podemos observar a variação do som a diferentes altitudes. É conhecido que o som sofre variações com a altitude. Isso ocorre devido a mudanças nas propriedades do ar, como sua densidade e temperatura, que afetam a propagação das ondas sonoras. À medida que a altitude aumenta, a densidade do ar diminui. O ar mais rarefeito dificulta a propagação das ondas sonoras, fazendo com que o som se propague mais lentamente e com menor alcance. Em altitudes mais altas, os sons podem parecer mais abafados ou mais fracos. Por exemplo, os sons agudos (altas frequências) podem se dissipar mais rapidamente em altitudes elevadas, enquanto sons mais graves (baixas frequências) podem ser mais persistentes.

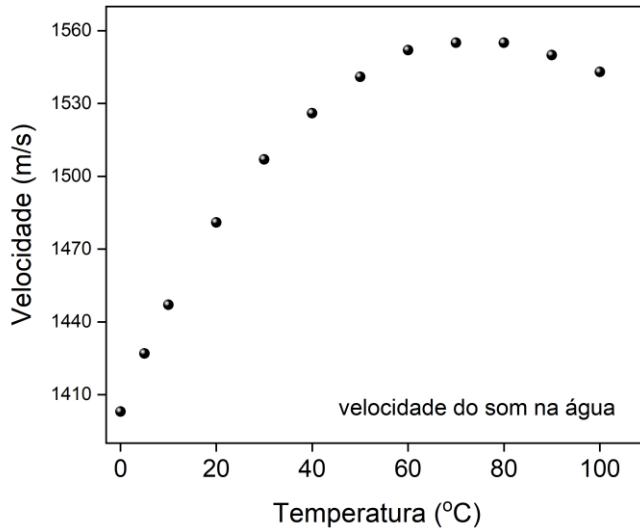
Tabela 1: Valores da velocidade do som em materiais

A VELOCIDADE DO SOM	
MEIO	VELOCIDADE (m/s)
GASES	
AR (0°C)	331
AR (20°C)	343
HÉLIO	965
HIDROGÊNIO	1284
LIQUIDOS	
ÁGUA (0°C)	1402
ÁGUA (20°C)	1482
ÁGUA SALGADA (20°C)	1522
SOLIDOS	
AÇO	5941
ALUMINIO	6420
GRANITO	6000

Fonte: Fundamentos de Física: Halliday – Resnick – Volume 2

A densidade da água é quase mil vezes superior à do ar. Se esse fosse o único fator relevante, esperaria, com base na equação 3, que a velocidade do som na água seria significativamente menor do que no ar (Fig. 4).

Figura 4: Velocidade do som na água



Fonte: próprio autor

No entanto, a Tabela 1 de alguns Materiais indica o contrário. Logo, podemos concluir que o módulo de elasticidade de volume da água deve ser mais de 1.000 vezes maior que o do ar. Isso é correto. A água é muito menos compressível do que o ar, o que é outra forma de afirmar que seu módulo de elasticidade volumétrica é muito maior. A velocidade do som no ar, ao nível do mar, em condições normais de pressão e com temperatura de 20 °C é de 343 m/s, que corresponde a 1234,8 Km/h. Já a velocidade do som na água, a uma temperatura de 20 °C, é de 1450 m/s, o que corresponde a cerca de quatro vezes mais que no ar.

Para finalizarmos esse estudo conceitual sobre a velocidade do som no ar, necessitamos das aplicações matemáticas existente para tal, logo se faz indispensável a demonstração linear da expressão que conjuga a fórmula e o fenômeno descrito, tendo com suporte base o livro de nível superior dos autores Halliday e Resnick.

Faremos agora a dedução da equação 3, aplicando diretamente as leis de Newton. Imaginemos um pulso de compressão se propagando (da direita para a esquerda) com velocidade v , através do ar, dentro de um longo tubo. Vamos nos colocar num sistema de referência que se move junto com o pulso, de maneira que o pulso aparece parado nesse sistema. A figura 5 mostra a situação vista desse sistema de referência. O pulso (denominada “zona de compressão”) está estacionário e o ar se move com velocidade v através dele, da esquerda para a direita.

Seja p a pressão do ar não perturbado e $p + \Delta p$ a pressão dentro do pulso, sendo Δp positivo devido à compressão. Considere uma fatia de ar de espessura Δx e área A movendo-

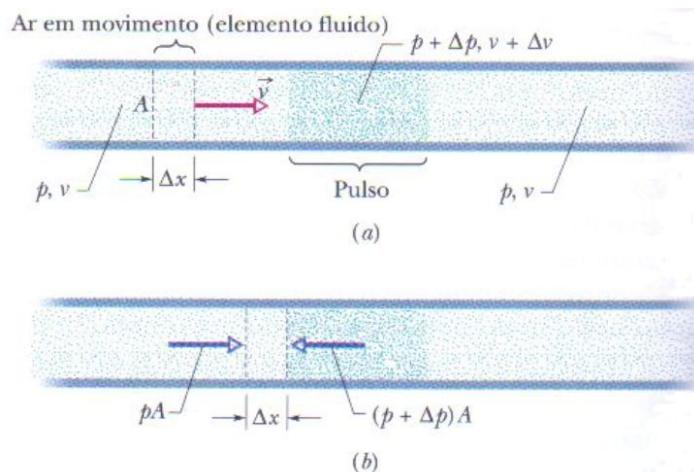
se em direção ao pulso com velocidade v . À medida que este elemento de fluido penetra no pulso, sua parte frontal encontra uma região de pressão mais alta e diminui sua velocidade para $v + \Delta v$, onde Δv é negativo. Esta diminuição de velocidade se completa quando a sua parte posterior alcança o pulso, o que ocorre em um intervalo de tempo dado por:

Seja p a pressão do ar não perturbado $p + \Delta p$ a pressão dentro do pulso, sendo Δp positivo devido a tensões. Tomemos uma camada de ar de espessura Δx e área A deslocando-se em direção ao pulso com velocidade v . Ao adentrar o pulso, sua parte frontal encontra uma região de pressão mais elevada e reduz sua velocidade para $v + \Delta v$, onde Δv é negativo. Essa diminuição de velocidade é concluída quando sua parte posterior atinge o pulso, o que ocorre em um intervalo de tempo dado por:

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} \quad (4)$$

Vamos aplicar a segunda lei de Newton a esse elemento de fluido. Durante o intervalo de tempo Δt , a força média sobre a face posterior do elemento é pA , enquanto sobre a face frontal a força média é $(p + \Delta p)A$, direcionada para a esquerda (ver figura 5). Portanto, a força resultante média sobre o elemento de fluido, durante o intervalo Δt , é:

Figura 5: Pressão no interior de um tubo



Fonte: Fundamentos de Física: Halliday – Resnick – Volume 2

$$F = \rho A - (\rho + \Delta \rho)A$$

$$F = \rho A - \rho A + \Delta \rho A$$

$$F = \rho A - \rho A - \Delta \rho A$$

$$F = -\Delta \rho A \quad (5)$$

O sinal negativo significa que esta força resultante é direcionada para a esquerda na figura 5b. O volume do elemento de fluido é $A\Delta x$, portanto, usando a Eq. $\Delta t = \frac{\Delta x}{v}$, podemos expressar sua massa como:

$$\begin{aligned}\Delta m &= \rho A \Delta x \\ \Delta x &= v \cdot \Delta t \\ \Delta m &= \rho A \cdot v \cdot \Delta t\end{aligned}\tag{6}$$

Por fim, a taxa média de variação (aceleração) do elemento, durante o mesmo intervalo de tempo, será

$$\rho = \frac{\Delta v}{\Delta t}\tag{7}$$

A partir da segunda lei de Newton ($F = m \cdot a$), deduzimos, utilizando as que pode ser escrita como:

$$\begin{aligned}F &= m \cdot a \\ F &= -\Delta \rho A \\ \Delta m &= \rho A \cdot v \cdot \Delta t \\ a &= \frac{\Delta v}{\Delta t} \\ -\Delta \rho A &= (\rho A \cdot v \cdot \Delta t) \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}\end{aligned}$$

Assim podemos obter:

$$\rho v^2 = -\frac{\Delta p}{\Delta v/v}\tag{8}$$

O ar que preenche um volume $V (= A v \Delta t)$ quando está fora do pulso, sofre uma redução de $\Delta V (= A \Delta v \Delta t)$ quando entra no pulso. Portanto:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{A \Delta v \Delta t}{A v \Delta t} = \frac{\Delta v}{v}$$

Substituindo as equações (7) e (2) na equação (8), teremos:

$$\rho v^2 = -\frac{\Delta p}{\Delta v/v} = -\frac{\Delta p}{\Delta V/V} = B\tag{9}$$

Eliminando o valor de "v" nesta compreensão, obtemos a expressão da Eq. (3) que descreve a velocidade do movimento para a direita na figura 3 e, consequentemente, a velocidade do pulso propagando-se no sentido contrário ao do movimento.

3.5 - ONDAS SONORAS – ANÁLISE VOLTADA PARA O ENSINO MÉDIO

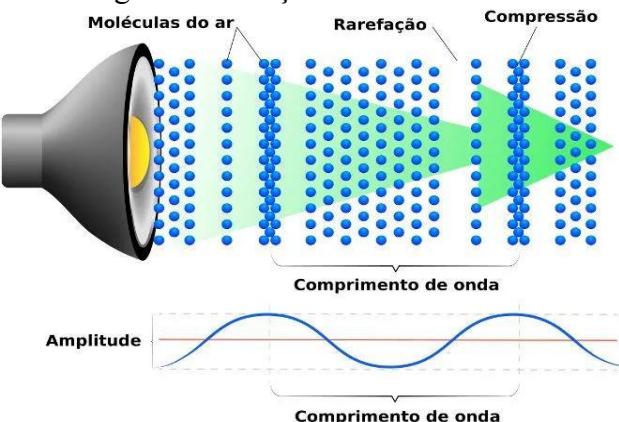
Estudado na sala, as ondas sonoras são classificadas quanto a sua natureza, seja uma onda eletromagnética na qual não é abordada nesse trabalho, apenas apresentada de maneira geral, e as ondas mecânicas que é de fato o tema principal, pois o fenômeno do som ocorre somente em meios onde existe matéria, como sólidos, líquidos e gases, portanto sendo caracterizada como onda mecânica. Neste trabalho, será dado destaque as ondas sonoras com singularidade para propagação de ondas sonoras em meio gasoso.

As ondas sonoras são tipos de ondas mecânicas, longitudinais e tridimensionais que se propagam com maior velocidade em meios sólidos. A velocidade de propagação depende de dois fatores básicos: o estado físico do meio pelo qual se propagam e a temperatura no ambiente. Quanto ao estado físico do meio, quanto maior for a proximidade entre as moléculas, mais veloz será o som, por isso as ondas sonoras são mais rápidas nos sólidos, depois, nos líquidos e, por fim, nos gases.

$$V_{\text{sólidos}} > V_{\text{líquidos}} > V_{\text{gases}} \quad (10)$$

Outra situação que influencia diretamente a velocidade de propagação das ondas sonoras é a temperatura no momento, ou seja, quanto maior a temperatura de um gás, maior será a velocidade de propagação do som. Então, podemos entender o som como uma vibração que se propaga no ar e em outros meios formando regiões de compressão e rarefação, ou seja, regiões de altas e baixas pressões.

Figura 6: vibração das moléculas de ar



Fonte: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-47494271>

A velocidade de propagação do som depende diretamente de fatores como a elasticidade, ou seja, quando ele é capaz de variar grandemente o seu volume quando sujeito a uma pressão do meio. Quanto mais elástico um meio, maior será a velocidade de propagação das ondas sonoras.

Outro exemplo que podemos citar é quando um avião atinge uma velocidade muito alta, surgem ondas de pressão que se deslocam com a velocidade do som (Fig. 7). De que maneira isso ocorre, se por exemplo a velocidade do avião se aproximar da velocidade de Mach 1, ou seja, apresentar a mesma velocidade das ondas de pressão, ele passará a comprimir essas ondas. Nesta situação, o avião se desloca junto com o seu som. Essas ondas vão se acumulando na frente do avião e cria-se uma verdadeira barreira de ar, que se dá o nome de barreira do som.

Ao alcançar uma velocidade supersônica, uma onda de choque é produzida devido ao acúmulo de ar comprimido. Essa onda de choque ao atingir a superfície, produz um forte estrondo. Neste caso o som se propaga através do ar criando ondas de compressão e rarefação no meio. Quando um objeto se move a uma velocidade menor ou igual à do som, as ondas sonoras podem se propagar à frente e atrás dele normalmente. Quando um avião ultrapassa a velocidade do som (ou seja, viaja mais rápido do que as ondas sonoras podem se propagar), ele começa a "quebrar" a barreira do som. Isso cria um acúmulo de ondas sonoras na parte frontal e nas laterais da aeronave, que não conseguem se dissipar.

Figura 7: avião quebrando a barreira do som



Fonte: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-47494271>

Algo bastante importante e curioso a se comentar é o som que se produz no Vácuo, sabendo que o som é uma onda, é uma perturbação que se propaga em um determinado meio e não transporta matéria, apenas energia no caso ondas mecânicas, necessitam especificamente de um meio material para transportar energia. E como o vácuo é, portanto, a condição de um local completamente vazio, sem a presença de quase nenhum tipo de matéria. Líquidos, sólidos, gases e até mesmo o ar, o som não poderá se propagar nesse meio. Ao contrário do som, a luz se propaga no vácuo porque não é uma onda mecânica, mas eletromagnética.

3.5.1 Velocidade do Som em Diferentes Meios

A velocidade de propagação do som depende da densidade e do módulo da elasticidade volumétrica do meio. Nos gases em particular, a velocidade depende do tipo de gás, da temperatura absoluta do gás e de sua massa molar.

Quando uma onda sonora viaja através de um meio, ela deforma temporariamente as partículas do meio (como moléculas de ar, moléculas de água, átomos de metal etc.). A elasticidade do meio é o que determinaria a rapidez com que essas partículas retornam à sua posição original após a deformação. Quanto mais elástico for o meio, mais rápido o som se propaga através dele. Isso ocorre porque, em um material mais elástico, as partículas que foram deslocadas pela onda sonora retornam rapidamente às suas posições originais, permitindo que a onda sonora se propague de maneira mais eficiente.

Na tabela 2 abaixo, apresentamos o valor da velocidade do som para diferentes meios.

Tabela 2: velocidade do som em vários materiais

Sólidos	
Vidro (20 °C)	5130 m/s
Alumínio (20 °C)	5100 m/s
Líquidos	
Glicerina (25 °C)	1904 m/s
Água do mar (25 °C)	1533 m/s
Água (25 °C)	1493 m/s
Mercúrio (25 °C)	1450 m/s
Gases	
Hidrogênio (0 °C)	1286 m/s
Hélio (0 °C)	972 m/s
Ar (20 °C)	343 m/s
Ar (0 °C)	330 m/s

Fonte: <https://www.todamateria.com.br/velocidade-do-som>

3.5.2 Medidas da Velocidade do Som

Um acontecimento histórico registrado é que as primeiras medidas da velocidade do som foram feitas por Pierre Gassendi e Marin Mersenne, no século XVII. No caso de Gassendi, ele mediu a diferença de tempo entre detectar o disparo de uma arma e ouvir o seu estrondo. Contudo, o valor encontrado foi muito alto, cerca de 478,4 m/s. Ainda no século XVII os físicos italianos Borelli e Viviani, usando a mesma técnica, encontraram 350 m/s, um valor bem mais próximo do real. O primeiro valor preciso da velocidade do som foi obtido pela Academia de

Ciências de Paris, em 1738. Nesse experimento, foi encontrado o valor de 332 m/s. A velocidade do som na água foi medida pela primeira vez pelo físico suíço Daniel Colladon, em 1826. Ao estudar a compressibilidade da água, ele encontrou o valor de 1435 m/s.

No ar, à temperatura de 20°C, a velocidade do som é de aproximadamente 340 m/s. Para calcular a velocidade do som, conhecendo a distância percorrida em um intervalo de tempo, usamos a fórmula do movimento uniforme:

Onde,

V_{Som} : Velocidade do som;

Δs : Distância percorrida;

Δt : Intervalo de tempo.

$$V_{Som} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (11)$$

A velocidade do som pode ainda ser encontrada usando-se a equação fundamental das ondas:

$$V = \lambda \cdot f \quad (12)$$

V – Velocidade de propagação (m/s)

λ – Comprimento de onda (m)

f – Frequência (Hz)

Entretanto, a velocidade do som pode ser determinada a partir de outros fatores, como a temperatura do ar. Para tanto, é possível fazer um cálculo no qual essa velocidade é calculada a partir da seguinte fórmula:

$$V = 331,45 \sqrt{\frac{T}{T_0}} \\ V = 273,15^{\circ}C \quad (0^{\circ}C) \quad (13)$$

Para utilizar essa fórmula, que relaciona a velocidade de propagação do som com a temperatura do ar, é necessário que se faça a divisão entre as temperaturas ambiente e a temperatura de 0 °C, ambas medidas em kelvin. Em seguida, é necessário que se extraia a raiz quadrada do resultado obtido e que o multiplique pelo fator 331,45. Fazendo isso, é possível estimar com boa precisão a velocidade do som ao nível do mar, para diferentes temperaturas.

Vamos fazer um exemplo em que se deseja estimar a velocidade de propagação do som ao nível do mar na temperatura de 25 °C (aproximadamente 298,15 K). Observe:

$$V = 331,45 \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

$$V = 331,45 \sqrt{\frac{289,15}{273,15}}$$

$$V=331,45 \cdot 1,04$$

$$V \approx 344 \text{ m/s} \quad (14)$$

A tabela 3 a seguir relaciona a velocidade de propagação do som com algumas temperaturas do ar, todas medidas ao nível do mar.

Tabela 3: velocidade do som em diversas temperaturas

TEMPERATURA (°C)	VELOCIDADE DO SOM (m/s)
-10	330
0	332
10	337
20	343
30	350
100	390

Fonte: <https://www.todamateria.com.br/velocidade-do-som>

A velocidade de propagação do som também varia de acordo com a altura em que o som se propaga em relação ao nível do mar. Nessa altura e na temperatura de 25°C, as ondas sonoras propagam-se com velocidade de aproximadamente 337 m/s ou 1216 km/h. Entretanto, quando aumentamos nossa altitude em relação a esse nível, a densidade do ar diminui, fazendo com que o som se propague com velocidades relativamente menores.

3.5.3 Velocidade do som em diferentes meios

Como dissemos, a velocidade do som varia muito de acordo com o meio em que ele se propaga. Ao passar de um meio para outro, o som mantém sua frequência inalterada, entretanto seu comprimento de onda muda, bem como sua velocidade de propagação. Confira a tabela 4 que relaciona a velocidade do som em diferentes meios físicos.

Tabela 4: velocidade do som em diversos materiais

MEIO	VELOCIDADE DO SOM (m/s)
Alumínio	6420
Ferro	5960
Água Pura	1498
Água do Mar	1531
Oxigênio	316

Fonte: <https://www.todamateria.com.br/velocidade-do-som/>

Analizando a tabela anterior, é possível perceber a dependência direta entre a velocidade do som a e a densidade do meio em que o som se propaga. Observe a diferença entre as velocidades de propagação do som na água pura e na água do mar, que conta com uma grande quantidade de sais diluídos nela, sendo, portanto, mais densa que a água destilada. A densidade do meio em que o som viaja afeta diretamente sua velocidade de propagação. Isso ocorre por conta da proximidade entre as moléculas vizinhas, o que é mais comum em meios físicos mais densos, como nos sólidos em geral. Nesses meios, as vibrações produzidas pelas ondas sonoras são transmitidas mais rapidamente. Outro fator determinante para a velocidade do som é a elasticidade do meio. Essa característica diz respeito à capacidade de se transmitir a vibração por meio das colisões entre moléculas sem que aconteçam perdas significativas de energia.

CAPITULO 4

METODOLOGIA DA APLICAÇÃO DOS APLICATIVOS

4.1 APLICATIVO PHYPHOX

O aplicativo de celular Phyphox (do inglês Physical Phone Experiments) funciona como um laboratório de bolso. O Phyphox consegue fazer medições de alguns fenômenos, utilizando apenas os sensores do aparelho. Os smartphones conseguem boa precisão em suas medições. Inúmeras são as possibilidades de realização de um experimento através desse aplicativo, que funciona sem a necessidade de uma conexão com a internet e que facilita o processamento dos dados coletados. Em sua interface é apresentada as possibilidades de experimentos realizados. Esse "leque" de possibilidades de experimentos depende da quantidade de sensores que o aparelho carrega, ou seja, quanto maior a quantidade de sensores, maior é a possibilidade de experimentos realizados.

Figura 8: Aplicativo para celular phyphox



Fonte: <https://phyphox.org>

O Phyphox é um aplicativo educacional desenvolvido para smartphones que permite aos usuários transformar seus dispositivos móveis em sensores científicos. Ele permite que você realize várias experiências e medições usando os sensores embutidos em seu telefone, como acelerômetro, giroscópio, câmera, microfone, entre outros. O aplicativo exibe seus resultados por meio de gráficos, que possibilitam análises imediatas e a exposição para grupos maiores (estudantes em uma sala de aula). A facilidade da realização do experimento e a maneira pela qual os resultados são mostrados, tornam o Phyphox um dos aplicativos educacionais mais abrangentes e cativantes para a disciplina de física, pois qualquer indivíduo com um smartphone e uma leve curiosidade pode conduzir experimentos e observar os resultados. O acesso aos sensores dos smartphones, de maneira direta ou por meio de

experimentos pré-definidos, avalia e produz dados que possibilitam a exportação para análises externas.

Uma das funcionalidades do Phyphox é o "Cronômetro Acústico", que permite medir a velocidade do som em um determinado ambiente. Sabemos que a velocidade do som é uma constante física que varia dependendo do meio em que se propaga (como ar, água, aço, etc.). e para medir a velocidade do som em um ambiente específico, você precisaria de dois smartphones, onde um deles emitirá um som e outro registrará o tempo que leva para o som viajar entre os dispositivos. Em outras palavras o Phyphox é uma ferramenta interessante para fins educacionais e de experimentação, e é uma ótima maneira de aprender mais sobre física e como as pesquisas podem ser realizadas usando smartphones como dispositivos científicos.

4.2 USO DO APLICATIVO PHYPHOX

O Phyphox, também conhecido como "Physical phone experiments", é um software de processamento de dados para vários experimentos (Fig. 9).

Figura 9: Opções do aplicativo Phyphox



Fonte: aplicativo do próprio autor

Ele é acessível tanto para dispositivos iOS como Android, o qual possibilita que os usuários realizem experimentos utilizando todas as funcionalidades e sensores disponíveis em seus celulares ou computadores.

Nesta figura o aplicativo mostra diversas aplicações em forma clara e independente de fenômenos de acústica. Sem dúvida, podemos observar que sim, é fato que os sensores eletrônicos incorporados nos smartphones modernos têm aberto novas oportunidades para experimentos de física que podem ser controlados em ambientes não labororiais, por exemplo em sala de aula. Usando aplicativos como o Phyphox, os alunos têm a capacidade de medir diversas grandezas físicas, como temperatura, velocidade, pressão e campos magnéticos, utilizando apenas seus dispositivos móveis. Essas ferramentas educacionais são especialmente valiosas em regiões em desenvolvimento ou em comunidades com recursos limitados para investir em equipamentos de laboratório. Além disso, a disponibilidade dessas ferramentas possibilita que os alunos executem experimentos de física fora da sala de aula, em locais do dia a dia, como em suas residências ou em espaços públicos. Isso pode estimular o interesse dos alunos pela matéria de física, visto que os experimentos práticos auxiliam na compreensão de conceitos teóricos e na aplicação das leis da física em situações corriqueiras. Tais tecnologias também têm o potencial de democratizar o acesso à educação de excelência, proporcionando que alunos em regiões remotas ou desfavorecidas tenham acesso a materiais educativos modernos e interativos.

Existem diversos aplicativos para celulares que possibilitam a coleta de dados experimentais, porém, apenas alguns possuem a mesma habilidade e versatilidade que o Phyphox oferece, desenvolvido para professores e estudantes de física, o que o torna uma ferramenta eficaz para o ensino desta matéria. Ele apresenta vantagens em relação a outros aplicativos na coleta de dados experimentais. Ele é gratuito e compatível com várias plataformas, o que significa que pode ser utilizado como por exemplo na geração de tons de diversas frequências (Fig. 10).

O Phyphox conta com uma ampla gama de experimentos pré-definidos e possibilita a criação de experimentos personalizados, permitindo também a análise dos dados diretamente no próprio dispositivo, dispensando o download para outros programas. Outro ponto positivo do Phyphox é sua capacidade de acompanhar um experimento com diversos dispositivos simultaneamente, o que se mostra extremamente útil em experimentos de grupo ou em salas de aula. O aplicativo também viabiliza a exportação dos dados coletados para outros programas.

Figura 10: Gerador de tons no aplicativo Phyphox



Fonte: aplicativo do próprio autor

Com todas essas funcionalidades, o Phyphox torna-se uma ferramenta altamente proveitosa e versátil para o ensino de física, proporcionando uma visualização dinâmica e interativa dos dados experimentais. Isso pode contribuir para tornar o aprendizado da física mais estimulante e envolvente para os alunos, ao mesmo tempo em que lhes oferece a oportunidade de explorar e compreender conhecimentos científicos importantes na prática.

4.3 - METODOLIGIA E A POSSIVEL INTERVENÇÃO

O presente estudo foi desenvolvido no Colégio Estadual Sebastião Pedrosa, localizada no município de Rio Branco, Acre. A instituição atende aproximadamente 525 alunos distribuídos nos turnos matutino e vespertino, por se tratar de uma escola de tempo integral, abrangendo apenas o Ensino Médio. A escola possui uma área total de 800 metros quadrados, com 18 salas de aula climatizadas e uma área de convivência que favorece a interação entre os estudantes.

A intervenção pedagógica foi realizada com 1 turma do 1^asérie do Ensino Médio, totalizando 20 alunos participantes, com faixa etária entre 14 e 17 anos. As turmas foram selecionadas considerando:

- Compatibilidade com o conteúdo programático da disciplina de Física
- Disponibilidade no calendário escolar
- Interesse demonstrado pelos alunos no tema

A escola dispõe de moderna infraestrutura que inclui:

- Laboratório de ciências equipado com bancadas e materiais para experimentos
- Sala de informática com 15 computadores conectados à internet
- Biblioteca com acervo variado de livros
- Equipamentos audiovisuais
- Auditório para 300 pessoas
- Quadra poliesportiva coberta
- Refeitório
- Sala de professores equipada para realizar planejamento

Os estudantes participantes apresentaram um perfil socioeconômico não conhecido, sendo em sua maioria residentes nos bairros adjacentes da escola. A escolha desta instituição considerou:

- Histórico de projetos científicos bem-sucedidos
- Corpo docente qualificado e receptivo a novas práticas pedagógicas
- Índices de aproveitamento escolar
- Localização estratégica que permite acesso a diferentes perfis socioeconômicos
- Parceria prévia com instituições de ensino superior
- E por ser professor na própria instituição

A escola desenvolve projetos interdisciplinares ao longo do ano letivo, com ênfase em:

- Iniciação científica
- Desenvolvimento tecnológico
- Sustentabilidade
- Inclusão digital
- Formação cidadã

Com o objetivo de tornar o aprendizado mais significativo, utilizamos o smartphone como instrumento de medição, especificamente o aplicativo Phyphox, para investigar a velocidade do som em diferentes condições de temperatura e ambientes. Este aplicativo permite realizar medições precisas e demonstrar experimentalmente como a velocidade do som varia conforme a temperatura do ambiente, possibilitando a comparação entre os valores teóricos, apresentados em sala de aula, e os resultados obtidos na prática.

Esta abordagem experimental permite aos estudantes compreenderem de forma concreta o mecanismo de propagação sonora, que envolve o deslocamento do ar e as variações de densidade e pressão, como. A atividade prática proporciona a desmistificação dos conceitos físicos, pois os próprios estudantes manipulam os instrumentos de medição e constroem suas conclusões a partir das observações realizadas.

Esse processo investigativo e de interação permite estabelecer conexões entre a teoria apresentada em sala de aula, as medições realizadas em diferentes condições, a análise dos dados coletados e a compreensão do fenômeno físico estudado. Esta metodologia ativa de aprendizagem (*A aprendizagem significativa é uma teoria desenvolvida por David Ausubel nos anos 1960, sendo uma das teorias de aprendizagem mais influentes e amplamente aceitas na educação*) estimula o desenvolvimento do pensamento científico e da autonomia dos estudantes na construção do conhecimento.

A utilização do smartphone como ferramenta de medição torna o experimento mais acessível e envolvente, permitindo que os alunos observem em tempo real como as ondas sonoras se comportam em diferentes condições ambientais. Esta metodologia também demonstra como a tecnologia pode ser utilizada para verificar conceitos físicos fundamentais, como a propagação de ondas longitudinais, onde a direção de vibração coincide com a direção de propagação da onda. O uso dessas tecnologias móveis contribui significativamente para a melhoria da aprendizagem dos conceitos científicos ensinados, tornando o ensino de física mais atrativo e significativo para os estudantes.

I - MOMENTOS DA METODOLOGIA

Aula diagnóstica: o que o aluno sabe sobre o som e ondas?

Aula conceitual: conceituando ondas e as ondas mecânicas

Aula conhecendo o aplicativo Phyphox e sua funcionalidade

Aula experimental com roteiro e manuseio do aplicativo.

Aula análise dos resultados e conclusões.

II - AVALIAÇÃO PRÉVIA DIAGNOSTICA

A aplicação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos alunos é uma prática pedagógica de grande valor no ensino. Essa estratégia permite ao educador compreender a base de conhecimentos que os alunos já possuem, identificar possíveis conceitos equivocados e adaptar o conteúdo para proporcionar uma aprendizagem mais significativa. Neste texto, discutiremos a importância dessa linguagem como ferramenta para potencializar o processo de ensino-aprendizagem, levando em consideração a individualidade dos alunos e promovendo um ambiente de aprendizagem mais rico e participativo.

Um dos principais benefícios do conhecimento como diagnóstico dos conhecimentos prévios é a possibilidade de individualizar o ensino. Cada aluno traz consigo um conjunto único de experiências e aprendizados anteriores. Ao identificar o nível de compreensão de cada aluno por meio desse instrumento, o professor pode adequar o ritmo e a profundidade

do conteúdo para atender às necessidades específicas de cada indivíduo. Dessa forma, é possível garantir que nenhum aluno fique para trás e que todos tenham a oportunidade de progredir em seus conhecimentos.

Além disso, ao utilizar o diagnóstico como ponto de partida, o educador pode adaptar o conteúdo das aulas de maneira mais precisa. Identificando quais conceitos os alunos já dominam e quais ainda precisam ser trabalhados, o professor pode planejar atividades e abordagens mais direcionadas, tornando o aprendizado mais eficiente e efetivo. Essa abordagem centrada nos conhecimentos prévios dos alunos promove um ensino mais significativo, à medida que os novos conceitos são conectados às suas experiências anteriores, tornando a aprendizagem mais relevante e duradoura.

Outro aspecto fundamental é a possibilidade de identificar concepções errôneas. Muitos estudantes podem trazer ideias pré-concebidas, muitas vezes incorretas ou incompletas. Através do diagnóstico, o professor pode identificar essas concepções equivocadas e trabalhar para desmistificar informações incorretas, oferecendo orientações claras e fundamentadas. Dessa forma, os alunos têm a oportunidade de reestruturar suas compreensões e adquirir um conhecimento mais preciso e fundamentado.

O diagnóstico também permite um planejamento estratégico das aulas. Com base nas respostas coletadas, o docente pode identificar os pontos fracos e fortes dos alunos e desenvolver um plano de ação mais detalhado. Isso inclui a seleção de materiais didáticos adequados, o uso de metodologias mais eficazes e o estabelecimento de metas de aprendizagem claras. O resultado é uma sequência de ensino mais coesa e coerente, que acompanha o ritmo de aprendizado da turma e incentiva o progresso contínuo.

Além disso, ao envolver os alunos em um processo ativo de reflexão sobre seus conhecimentos prévios, o diálogo estimula o desenvolvimento da autoconsciência. Os alunos passam a ser mais conscientes de suas próprias lacunas de conhecimento, o que os incentiva a buscar soluções para supri-las e se tornarem protagonistas de seu aprendizado. Essa consciência metacognitiva é um elemento essencial para o desenvolvimento de habilidades de aprendizagem ao longo da vida.

Em suma, a aplicação de um ensino como diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos é uma ferramenta poderosa para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem. Ao individualizar o ensino, adaptar o conteúdo, identificar conceitos errôneos, planejar estrategicamente e promover a autoconsciência, essa prática educacional favorece a construção de um aprendizado mais significativo e efetivo. Ao levar em conta a bagagem de conhecimentos que cada aluno traz consigo, o professor pode criar um ambiente de

aprendizagem mais rico, inclusivo e participativo, impulsionando os alunos na direção a um maior domínio e compreensão do tema idêntico.

Com o objetivo de alcançar esse propósito, será conduzido uma investigação utilizando um treino, no qual os alunos responderam a algumas questões relacionadas ao tema da velocidade do som. Esse processo permitiu ao professor avaliar o nível de competência dos alunos e aplicar o conteúdo de forma mais relevante, ou seja, dar significado ao assunto para os alunos. Através desses questionamentos, será possível determinar o progresso dos alunos após a exposição ao conteúdo e sua participação na prática.

III - QUESTIONÁRIO

Questão 1: O som é uma forma de energia que percebemos diariamente em nosso ambiente, desde o barulho de carros nas ruas até o canto dos pássaros. Ele se propaga através de vibrações em diferentes meios, como o ar, a água ou sólidos, e é captado pelos nossos ouvidos. Com base nessa descrição, escolha a alternativa que melhor define o que é o som:

- a) Uma forma de energia elétrica.
- b) Uma onda eletromagnética.
- c) Uma onda sonora.
- d) Uma partícula física.

Questão 2: O som, que ouvimos todos os dias, é o resultado de vibrações que viajam através de diferentes meios, como o ar, a água ou materiais sólidos. Essas vibrações criam ondas que se deslocam a partir da fonte do som até os nossos ouvidos, permitindo-nos ouvir. Com isso em mente, escolha a alternativa que descreve corretamente como o som se propaga:

- a) Através das infecções.
- b) Através da luz.
- c) Através de ondas magnéticas.
- d) Através de ondas sonoras.

Questão 3: A velocidade do som varia dependendo do meio pelo qual ele se propaga. No ar, sob condições normais de temperatura e pressão, o som se move a uma velocidade específica que é muito menor do que a velocidade da luz, mas ainda assim, rápida o suficiente para que possamos ouvir quase instantaneamente após a produção do som. Com base nisso, escolha a alternativa que indica corretamente a velocidade do som no ar em condições normais:

- a) 300.000 km/s
- b) 300.000 m/s

- c) 300 km/h
- d) 300 m/h

Questão 4: Quando falamos sobre som, a frequência é uma característica importante que determina como percebemos os diferentes tons. A frequência está relacionada à rapidez com que as ondas sonoras oscilam, e isso influencia como ouvimos sons mais agudos ou mais graves. Com essa informação, escolha a alternativa que melhor define o que é a frequência do som:

- a) A altura do som.
- b) O volume do som.
- c) A velocidade do som.
- d) O comprimento do som.

Questão 5: A frequência do som refere-se ao número de oscilações ou vibrações que ocorrem em um segundo. Essa medida é crucial para determinar como percebemos o tom de um som, seja ele agudo ou grave. A unidade usada para expressar essa frequência é um padrão reconhecido na ciência e em muitas aplicações práticas. Com isso em mente, escolha a alternativa que indica corretamente a unidade de medida da frequência do som:

- a) Hertz (Hz)
- b) Watts (W)
- c) Metro por segundo (m/s)
- d) Newton (N)

Questão 6: Em certas situações, o som pode ser utilizado para medir o tempo de forma precisa. Um cronômetro acústico é um dispositivo especial que aproveita as propriedades das ondas sonoras para essa finalidade. Esses dispositivos são úteis em experimentos e atividades que envolvem a medição de tempo baseada no som. Com base nessa explicação, escolha a alternativa que melhor descreve o que é um cronômetro acústico:

- a) Um dispositivo para medir o tempo usando ondas sonoras.
- b) Um dispositivo para medir a intensidade do som.
- c) Um dispositivo para amplificar o som.
- d) Um dispositivo para reproduzir músicas.

Questão 7: O som pode ser utilizado de diversas maneiras na medição de tempo e na criação de alertas. Um temporizador acústico é um dispositivo que usa sons para indicar intervalos de tempo, funcionando como uma ferramenta prática em diferentes contextos, como

em laboratórios ou na programação de eventos em intervalos regulares. Com isso em mente, escolha a alternativa que descreve corretamente o que é um temporizador acústico:

- a) Um dispositivo para medir a velocidade do som.
- b) Um dispositivo para medir a distância percorrida pelo som.
- c) Um dispositivo para programar sinais em intervalos regulares.
- d) Um dispositivo para reproduzir sons de diferentes frequências.

Questão 8: A velocidade do som é uma propriedade física importante que pode ser determinada através de experimentos específicos. Existem diversas maneiras de medir essa velocidade, muitas vezes envolvendo a captura e análise de ondas sonoras em diferentes condições. Escolha a alternativa que melhor descreve um método que poderia ser utilizado para medir a velocidade do som:

- a) Usando um medidor de temperatura.
- b) Usando um medidor de intensidade sonora.
- c) Usando um microfone.
- d) Usando um experimento com ondas de luz.

Questão 9: A velocidade do som pode variar dependendo das condições do meio em que ele se propaga. Fatores como a temperatura, a densidade e a composição do meio desempenham um papel importante na determinação de quanto rápido o som se move. Essas variáveis afetam diretamente a velocidade com que as ondas sonoras viajam. Com isso em mente, escolha a alternativa que descreve corretamente um fator que pode afetar a velocidade do som no ar:

- a) A cor do objeto.
- b) A temperatura do meio.
- c) O tamanho do objeto.
- d) A quantidade de luz no ambiente.

Questão 10: A ressonância sonora é um fenômeno interessante que ocorre quando um objeto ou sistema é exposto a uma frequência sonora que coincide com sua frequência natural. Isso pode resultar em uma amplificação significativa do som, gerando efeitos poderosos e, às vezes, surpreendentes. Com base nessa explicação, escolha a alternativa que melhor descreve o que é um fenômeno de ressonância sonora:

- a) A reflexão do som em uma superfície.
- b) A absorção do som em um material.
- c) A amplificação do som em um ambiente fechado.
- d) A interferência de duas ondas sonoras.

As questões que foram desenvolvidas estão relacionadas principalmente às seguintes competências e habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC):

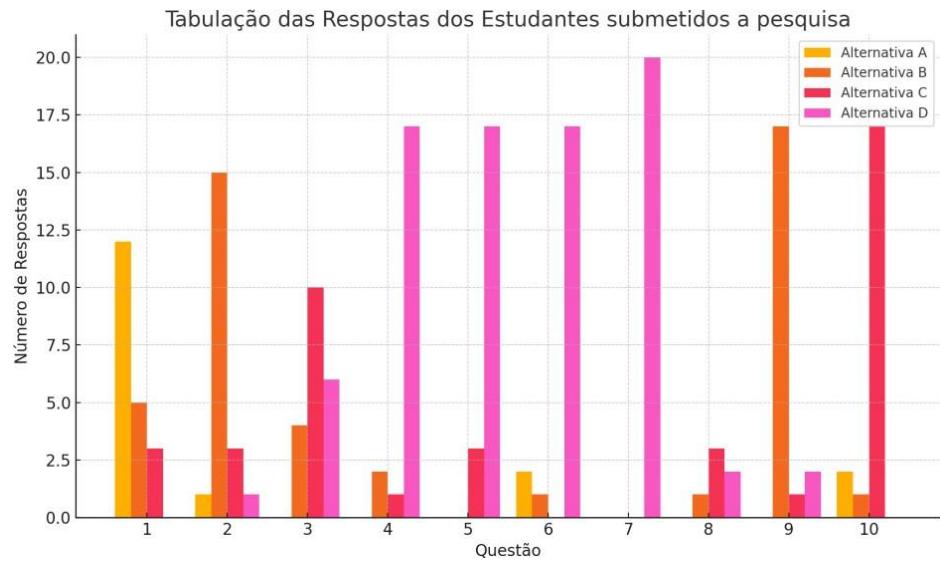
- **Competência Geral 2:** Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética.
- **Competência Geral 4:** Escutar, falar, ler, escrever, interpretar e argumentar com propriedade, considerando a diversidade linguística, o contexto social e a multimodalidade.

Essas habilidades gerais enfatizam a importância da utilização de tecnologias digitais, como o aplicativo Phyphox para experimentação científica e também a habilidade de ouvir, falar, interpretar e compreender informações relacionadas ao som e à medição da velocidade do som. As questões propostas permitem verificar se os alunos já possuem algum conhecimento prévio sobre o tema, preparando-os para o conteúdo a ser efetivamente desenvolvido (Tabela 5). Nessa tabela estão organizadas as respostas dos alunos ao questionário segundo as alternativas marcadas e na figura 11 a distribuição dos acertos na forma de tabulação (barras).

Tabela 5: Tabulação das Respostas dos Estudantes submetidos a pesquisa

Questão	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
1	12	5	3	0
2	1	15	3	1
3	0	4	10	6
4	0	2	1	17
5	0	0	3	17
6	2	1	0	17
7	0	0	0	20
8	0	1	3	2
9	0	17	1	2
10	2	1	17	0

Figura 11: Gráfico da Tabela 5



Fonte: próprio autor

IV - RESULTADOS DO QUESTIONARIO

Aqui está uma interpretação dos resultados apresentados no gráfico:

Questão 1:

Alternativa A foi a mais escolhida (12 votos), sugerindo que a maioria dos estudantes reconhece a opção como correta. As outras alternativas (B, C, D) tiveram menos votos, indicando menor concordância.

Questão 2:

Alternativa B foi fortemente escolhida (15 votos), mostrando que a maioria acredita que essa é a resposta correta. As outras alternativas receberam poucos votos.

Questão 3:

Alternativa C foi a mais votada (10 votos), seguida por Alternativa D (6 votos), sugerindo que os estudantes estavam divididos entre essas opções, mas com uma leve preferência por C. Alternativa A não recebeu votos, indicando que não foi considerada correta.

Questão 4:

Alternativa D foi claramente preferida (17 votos), mostrando forte concordância entre os estudantes sobre essa resposta. As alternativas foram quase ignoradas.

Questão 5:

Alternativa D dominou com 17 votos, mostrando que quase todos os estudantes concordam

que essa é a resposta correta. Alternativas A e B não receberam votos.

Questão 6:

Alternativa D foi amplamente escolhida (17 votos), indicando que a maioria concorda com essa resposta. Poucos votos foram para as outras opções.

Questão 7:

Todos os estudantes (20 votos) escolheram Alternativa D, mostrando unanimidade nesta questão.

Questão 8:

Houve uma distribuição mais equilibrada de votos, mas Alternativa C recebeu o maior número de votos (3), seguida de perto por Alternativa D (2 votos). Isso sugere alguma confusão ou diversidade de opinião sobre a resposta correta.

Questão 9:

Alternativa B foi amplamente escolhida (17 votos), o que indica que a maioria dos estudantes reconhece essa como a resposta correta. As outras opções receberam poucos votos.

Questão 10:

Alternativa C foi a mais votada (17 votos), sugerindo que a maioria dos estudantes concorda com essa resposta. As outras opções tiveram muito poucos votos.

Conclusão Geral

Consenso Forte: Em várias questões (como 4, 5, 6, 7, 9, e 10), houve um claro consenso em torno de uma única alternativa, mostrando que os estudantes estavam bem alinhados em suas respostas.

Diversidade de Opinião: Algumas questões (como 3 e 8) mostraram uma distribuição mais equilibrada de respostas, sugerindo que os estudantes não estavam totalmente certos sobre a resposta correta, ou que havia mais de uma interpretação possível.

Pouca Confusão: Questões como a 1 e a 2 mostraram que a maioria dos estudantes concorda com uma resposta, mas uma minoria considerou outras opções, o que pode indicar uma leve confusão ou diferentes níveis de compreensão do conteúdo.

Esses resultados podem ser usados para identificar áreas onde o conteúdo foi bem compreendido e onde pode haver necessidade de revisão ou esclarecimento adicional.

V-ANALISE DAS RESPOSTAS

Ao analisar as respostas das pessoas que nunca viram o conteúdo sobre a medição da velocidade do som, podemos observar alguns padrões interessantes. A maioria dos participantes demonstra uma compreensão básica sobre o som, porém com alguns equívocos em relação aos conceitos. Notavelmente:

Na Questão 2, a maioria dos participantes associa incorretamente o som à água como o meio em que ele se propaga mais rapidamente. Isso sugere uma confusão entre a velocidade do som e a velocidade das ondas na água.

Na Questão 4, muitos participantes pensam que o som fica mais baixo quando se afastam da fonte sonora. Isso pode indicar uma associação com a diminuição da intensidade do som em distâncias maiores, o que é correto, mas a pergunta poderia estar avaliando a propagação da onda sonora em si.

Na Questão 5, a maioria acredita que um sino produz o som mais alto quando tocado, sugerindo uma associação do tamanho do objeto com a intensidade do som. Isso demonstra um entendimento simplificado das características do som produzido por diferentes objetos.

Em relação às perguntas sobre tecnologia e experimentação (Questões 6 e 7), poucos participantes parecem familiarizados com o conceito de cronômetro e temporizador acústico. Isso pode indicar um desafio na compreensão de como as tecnologias podem ser aplicadas à medição do som.

4.4 - CONCEITUANDO ONDAS E AS ONDAS MECÂNICAS

Esta aula conceitual sobre ondas e ondas mecânicas será estruturada da seguinte forma: A aula começará com uma breve introdução ao tema, destacando a importância das ondas no nosso cotidiano. Em seguida, o professor utilizará uma apresentação visual para ilustrar os conceitos fundamentais de ondas.

Primeiramente, será apresentada a definição geral de onda, enfatizando que ondas são perturbações que se propagam transportando energia, mas não matéria. O professor usará exemplos visuais, como ondas na água ou em uma corda, para tornar o conceito mais tangível. Na sequência, a aula focará nas ondas mecânicas. Serão explicadas suas características principais, como a necessidade de um meio material para se propagar e a impossibilidade de se propagarem no vácuo. O professor poderá usar analogias ou demonstrações simples para ilustrar esses pontos. As propriedades das ondas serão abordadas em detalhes, incluindo: Amplitude; Comprimento de onda; Frequência e Período. Para cada propriedade, serão apresentadas definições claras e exemplos específicos.

A classificação das ondas mecânicas será explicada, diferenciando ondas transversais e

longitudinais. Serão usados exemplos como ondas em uma corda (transversais) e ondas sonoras (longitudinais) para ilustrar essas diferenças. A aula também abordará a equação que relaciona velocidade, comprimento de onda e frequência ($v = \lambda f$), explicando seu significado físico e como aplicá-la em situações práticas.

Para finalizar, apresentar diversos exemplos de ondas mecânicas presentes no cotidiano, como ondas sonoras, ondas sísmicas e ondas na água, discutindo brevemente suas características e importância.

A aula será concluída com um resumo dos principais pontos abordados e um espaço para perguntas e discussões, permitindo que os alunos esclareçam suas dúvidas e consolidem o aprendizado e façam uma comparação do questionário com o discutido nessa aula.

4.5 - CONHECENDO O APLICATIVO PHYPHOX

A aula "Conhecendo o Aplicativo Phyphox" foi estruturada para familiarizar os alunos com o uso do sensor de som (microfone) e o gerador de som do aplicativo. A aula foi conduzida da seguinte forma:

- a) Introdução ao Phyphox
- b) Iniciando a apresentação do Phyphox como uma ferramenta versátil para experimentos de física usando smartphones. Será enfatizada a capacidade do aplicativo de utilizar os sensores do dispositivo para coletar dados científicos.
- c) Instalação e Configuração: Os alunos serão guiados no processo de instalação do Phyphox em seus smartphones. Demonstração de como navegar pela interface do aplicativo e localizar os experimentos relacionados ao som.
- d) Foco no Experimento de Som: O foco principal no experimento "Cronômetro Acústico", explicando como este utiliza o microfone do smartphone para detectar sons e medir intervalos de tempo.
- e) E na sequência utilizando o Sensor de Som, será demonstrado como o aplicativo usa o microfone para detectar palmas ou outros sons altos:
 - i) Como posicionar o smartphone para melhor captação
 - ii) Ajuste da sensibilidade do microfone nas configurações
 - iii) Interpretação dos gráficos de intensidade sonora gerados pelo app
 - iv) Explorando o Gerador de Som
 - v) Mostrar como utilizar a função de geração de som do Phyphox:
 - vi) Localização da opção "Gerar Som" na interface
 - vii) Ajuste de frequência e volume

- viii) Explicação sobre a importância de um som de referência em experimentos acústicos
- d) Os alunos serão incentivados a explorar o aplicativo em seus próprios dispositivos:
 - i) Realizar testes com palmas e sons gerados
 - ii) Observar os gráficos e dados produzidos
 - iii) Experimentar diferentes configurações de sensibilidade e frequência
 - iv) A aula será finalizada com uma discussão sobre como estes recursos do Phyphox serão utilizados em futuros experimentos de acústica e ondas. O professor incentivará os alunos a se familiarizarem com o aplicativo e pensar em possíveis experimentos que poderiam ser realizados com estas ferramentas.

Esta abordagem proporcionará aos alunos uma introdução prática e interativa ao uso do Phyphox para experimentos de som, preparando-os para atividades mais complexas nas próximas aulas.

4.6— APLICAÇÃO EXPERIMENTAL COM ROTEIRO E MANUSEIO DO APLICATIVO

Materiais utilizados

- Tubo cilíndrico semiaberto
- Régua ou fita métrica
- Celular com aplicativo Phyphox
- Água
- Suporte para o tubo

Objetivo Principal: Quantificar as frequências dos modos normais de vibração das ondas sonoras em tubos cilíndricos e calcular a velocidade do som no ar.

Procedimento Experimental

1. Prepare um ambiente silencioso e posicione o tubo verticalmente.
2. Meça o comprimento inicial da coluna de ar (L).
3. Use o Phyphox para gerar um tom sonoro constante (cerca de 440 Hz).
4. Adicione água lentamente ao tubo até encontrar a ressonância.
5. Meça o comprimento final da coluna de ar.
6. Calcule a velocidade do som usando $v = f\lambda$, onde $\lambda = 2L$.

Análise e Discussão

- Discuta a importância da ressonância na determinação da velocidade do som.
- Enfatize as habilidades de experimentação e análise de dados adquiridas.

Preenchimento da Tabela

1. Registre o comprimento inicial da coluna de ar e a frequência inicial.
2. Anote o comprimento final e a frequência de ressonância.
3. Calcule o comprimento de onda: $\lambda = 2.L$.
4. Determine a velocidade do som: $v = f.\lambda$.

Este experimento prático permite aos estudantes compreender a aplicação da ressonância na medição da velocidade do som, promovendo a conexão entre conceitos teóricos e aplicações práticas.

4.6.1 TEORIA DE EXECUÇÃO EXPERIMENTAL

As ondas sonoras, enquanto se movem pelo ar, assumem um caráter longitudinal. Quando restritas a uma região específica do espaço, essas ondas oscilam em frequências bem definidas, gerando padrões conhecidos como ondas estacionárias. As frequências possíveis são aquelas relacionadas às frequências de ressonância dos modos normais de vibração. Neste experimento, investigaremos a propagação de ondas sonoras dentro de tubos fechados em uma extremidade com comprimento L e abertos na outra (tubos semiabertos).

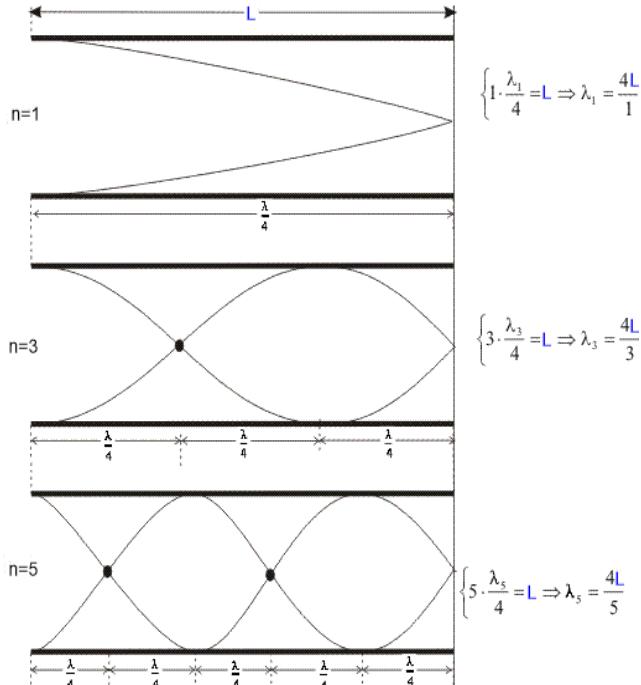
Em um tubo cilíndrico semiaberto (fig.12) de comprimento L , algo realmente interessante acontece com as frequências dos modos normais de vibração. Cada uma dessas frequências, representadas como f_n , é, na verdade, múltiplos ímpares da frequência do primeiro harmônico, f_1 . Isso significa que cada modo normal subsequente tem uma frequência que é um número ímpar multiplicado pela frequência do primeiro harmônico (Fig. 12). Essas expressões são dadas por:

$$f_1 = \frac{v_s}{\lambda_1} = \frac{v_s}{4(L+\Delta L)} \quad (15)$$

$$\text{Em geral} \quad f_n = (2n - 1)f_1 \quad \text{com } n = 1, 3, 5, \dots \text{ e} \quad (16)$$

$$(L + \Delta L) = (2n - 1) \frac{\lambda_n}{4} \quad (17)$$

Figura 12. Ondas estacionárias num tubo



Fonte: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos2.php> - adaptada

Essa relação entre as frequências e os números ímpares está intimamente ligada à forma como os comprimentos de onda se ajustam dentro do tubo semiaberto. Cada modo normal representa um padrão específico de vibração das ondas sonoras dentro do tubo. Essa propriedade é realmente interessante e relevante para entender como as frequências de ressonância funcionam em sistemas acústicos.

O que é ainda mais empolgante é que essa característica tem aplicações em diversos campos, como na música e na acústica de instrumentos de sopro. É fundamental para a produção de notas musicais específicas em instrumentos como flautas e clarinetes, por exemplo. Além disso, essa relação entre frequências pode ser explorada em experimentos educacionais para ilustrar conceitos importantes da física das ondas sonoras. A ligação entre as frequências dos modos normais de vibração e os múltiplos ímpares da frequência do primeiro harmônico é uma descoberta fascinante na física das ondas sonoras que tem aplicações práticas e educacionais surpreendentes.

Na montagem do tubo semiaberto, colocaremos o emissor de frequência perto de uma das extremidades do tubo, e a outra extremidade estará selada. Nesse experimento, manteremos a frequência do sinal senoidal constante, mas o que mudaremos será o comprimento total da

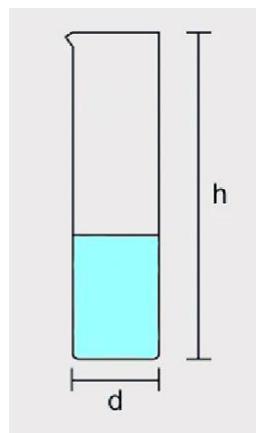
coluna de ar no tubo. Será interessante observar como essa variação no comprimento afetará as ressonâncias e os modos de vibração dentro do tubo.

Na nossa montagem prática para o experimento com o tubo semiaberto, faremos algumas adaptações interessantes. Em vez de usar o gerador de funções e o alto-falante convencionais, optaremos por utilizar um celular com um aplicativo gratuito chamado Phyphox: Gerador de Tons para criar as ondas sonoras de frequência pura. Isso tornará o experimento mais acessível e prático. Além disso, usaremos um tubo de vidro, que nos permitirá variar o comprimento L da coluna de ar de forma bastante simples. Para fazer isso, adicionaremos água ao tubo, o que nos permitirá observar como essa variação afeta as ressonâncias e os modos de vibração dentro do tubo. Essa abordagem trará uma dinâmica interessante ao experimento, tornando-o mais interativo e educativo.

1. O experimento em questão

Orientar os estudantes a aplicar seus conhecimentos sobre a vibração das ondas sonoras em tubos cilíndricos (Fig. 13) e a calcular a velocidade do som no ar é o objetivo deste exercício. Para alcançar esse objetivo, vamos utilizar a tecnologia ao nosso favor, empregando o aplicativo Phyphox para simplificar o processo de aprendizado.

Figura 13: Tubo cilíndrico semiaberto para o experimento



Fonte: próprio autor

O procedimento consistirá em identificar a frequência do primeiro modo normal de vibração, que corresponde à frequência de ressonância mais baixa, em diferentes configurações de comprimento $h=L$ do tubo. Inicialmente, mediremos o comprimento L da coluna de ar com uma régua. Com essa medida em mãos, faremos uma estimativa da frequência de ressonância do primeiro harmônico ($n = 1$) usando a equação 15, onde v

representa a velocidade do som e λ é o comprimento de onda. Essa frequência estimada será inserida no aplicativo. A seguir, posicionar o celular com o alto-falante voltado para a abertura do tubo nos permitirá ajustar finamente a frequência. Isso será feito através da nossa audição, identificando o valor de f no qual a intensidade do som atinge seu pico. Essa abordagem nos proporcionará uma determinação precisa da frequência de ressonância do primeiro modo de vibração, tornando o experimento confiável e informativo, ao mesmo tempo em que promove o aprendizado ativo dos estudantes sobre as características das ondas sonoras em tubos cilíndricos.

Embora o experimento em questão seja considerado simples, sua realização requer uma atenção especial por parte dos estudantes. Para detectar corretamente a ressonância por meio da audição, é fundamental que o experimento seja conduzido em um ambiente com baixo nível de ruído. Isso se deve ao fato de que a percepção da ressonância depende da capacidade de distinguir a intensidade do som em relação à sua frequência.

É importante destacar que a intensidade do som se refere à amplitude das ondas sonoras, ou seja, quão alto ou suave é o som. Por outro lado, a frequência está relacionada à quantidade de ciclos por segundo que uma onda sonora realiza, determinando o tom do som. Portanto, durante o experimento, os estudantes devem estar cientes de que a ressonância não está ligada à intensidade do som, mas sim à frequência na qual ocorre o pico de intensidade sonora.

A compreensão dessa distinção é essencial para que os estudantes possam identificar com precisão o momento em que ocorre uma ressonância. Eles devem estar atentos aos sinais auditivos que indicam um aumento notável na intensidade sonora, ou que correspondem ao ponto de ressonância. Essa habilidade é fundamental para o sucesso do experimento e permite uma exploração mais profunda dos princípios da acústica e das ondas sonoras em tubos cilíndricos.

2. Materiais utilizados

Tubo cilíndrico semiaberto: O tubo é o componente central do experimento e pode ser feito de vidro ou outro material adequado.

Régua ou fita métrica: Utilizada para medir o comprimento da coluna de ar no tubo (Fig. 14)

Figura 14: Materiais usados na experiência de ressonância



Fonte: próprio autor

Celular com o aplicativo Phyphox: O celular é usado como aplicativo de fonte sonora, e o Phyphox permite gerar ondas sonoras de frequência pura e realizar medidas precisas.

Água: Usado para ajustar o comprimento da coluna de ar dentro do tubo.

Suporte para o tubo: Para manter o tubo na posição adequada durante o experimento.

Ferramentas de medição: Como paquímetro ou régua calibrada, para realizar medidas precisa do comprimento do tubo.

Material de anotação: Papel, lápis ou dispositivos de anotação para registrar os resultados e observações durante o experimento.

3. Objetivos

- Medir a velocidade do som no ar utilizando um tubo semiaberto
- Quantificar as frequências dos modos normais de vibração das ondas sonoras (Ressonância) em tubos cilíndricos e calcular a velocidade do som no ar.

4. Procedimento

O ambiente da experimentação seja o máximo possível silencioso para obter resultados precisos, o tubo cilíndrico semiaberto deve estar em um suporte, de modo que fique na vertical.

4.1 Medição do comprimento inicial

Utilize uma régua ou fita métrica para medir o comprimento da coluna de ar no tubo. Isso corresponde ao valor inicial de "L" no experimento.

4.2 Geração de tons

Abra o aplicativo Phyphox na parte geração de tons no celular. Configure o aplicativo para gerar um tom sonoro de frequência constante. Uma frequência razoável pode ser cerca de 440 Hz (a frequência do lá musical).

4.3 Ajuste fino da frequência

Posição do celular com o alto-falante voltado para a abertura do tubo. Comece a reproduzir o tom sonoro. Lentamente, adicione água ao tubo, alterando o comprimento da coluna de ar. O objetivo é encontrar o comprimento da coluna de ar que não ocorre na ressonância. Isso será indicado pelo aumento notável na intensidade do som.

4.4 Medição do comprimento final

Uma vez que a ressonância seja bloqueada (um pico na intensidade sonora), pare de adicionar água (Fig. 15). Meça novamente o comprimento da coluna de ar no tubo. Isso corresponderá ao valor final de "L."

4.5 Cálculo da velocidade do som

Use os valores de comprimento inicial e final da coluna de ar (L) e a frequência do tom sonoro gerada para calcular a velocidade do som no ar. Utilize a equação: $v = f \cdot \lambda$, onde λ é o comprimento de onda e $\lambda = 2 \cdot L$ (Fig. 16).

Figura 15: Executando o experimento e atingindo o primeiro harmônico



Fonte: próprio autor

Ao fazer a experiência de ressonância segundo a figura 16 obtemos valores que são mostrados na figura 17 e na mesma foram feitos os cálculos para a obtenção da velocidade do som a partir da determinação dos pontos de ressonância

Figura 16: Medindo a altura da coluna de água no experimento



Fonte: próprio autor

Figura 17: Resultados encontrados no experimento e seus respetivos erros

Comprimento da Coluna de Ar(L)	Frequência do Tom (f)	Comprimento de Onda (λ)	Velocidade do som (v)
16,8 cm (cm)	440 Hz (Hz)	0,67 m (cm)	295 m/s 13% erro
17,5 cm (cm)	440 Hz (Hz)	0,70 m (cm)	308 m/s 10% erro

λ : comprimento de onda $\lambda = \frac{1}{4}L - 1^{\text{o}} \text{ harmônico}$
 $\lambda = 4 \cdot L$
 $\lambda = 4 \cdot 16,8 \text{ cm}$
 $\lambda = 67,2 \text{ cm} \rightarrow 67,2 \text{ cm} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}$
 $\lambda = 0,67 \text{ m}$
 $v = \lambda \cdot f$
 $v = 0,67 \cdot 440 \text{ m/s}$
 $v = 294,8 \text{ m/s} \cdot \frac{1}{s}$
 $v = 295 \text{ m/s}$

$\lambda = 4 \cdot L - L = 17,5 \text{ cm}$
 $\lambda = 4 \cdot 17,5$
 $\lambda = 70 \text{ cm} \rightarrow 0,70 \text{ m}$
 $v = 0,70 \cdot 440$
 $v = 308 \text{ m/s}$

Fonte: próprio autor

A experiência foi realizada em vários momentos e os resultados mostraram que é possível usar um aplicativo para celular para fazer experimentos que envolvam ondas sonoras em geral.

4.6 Como usar o celular determinar velocidade do som em sala de aula

Usar o celular para ensinar sobre a velocidade do som em diversos meios pode ser uma abordagem interativa e envolvente. Esses aplicativos medem a intensidade do som em decibéis. É possível usar aplicativos para celular para demonstrar como a velocidade do som varia em diferentes ambientes (por exemplo, dentro de uma sala, ao ar livre, em um corredor, etc).

Objetivos

Apresentar o conceito de velocidade do som e sua dependência do meio de propagação.

Medir a velocidade do som no ar usando o Phyphox

Atividade

- Foi explicado o que é a velocidade do som e como ela varia em diferentes meios (ar, água, sólidos).
- É mostrado na aula com exemplos práticos, como o tempo entre ver um relâmpago e ouvir o

trovão.

- Foi realizado uma introdução no uso do Phyphox como uma ferramenta para medir a velocidade do som.
- Foi mostrado aos alunos os sensores disponíveis, como o microfone, o acelerômetro e o sensor de som que possui um smartphone.

Materiais

- Dois celulares com o Phyphox instalado.
- Um emissor de som curto (como bater palmas) ou usar o gerador de tons do aplicativo Phyphox

Procedimento

1. Posicionar dois celulares a uma distância conhecida (por exemplo, 2 ou 3 metros).
2. Emite um som curto próximo ao primeiro celular.
3. O Phyphox no segundo celular medirá o tempo que o som leva para percorrer a distância entre os dois dispositivos.
4. Calcular a velocidade do som usando a fórmula:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad (18)$$

Onde (v) é a velocidade do som, (d) é a distância e (Δt) é o tempo medido.

5. Comparar o valor obtido com o valor teórico da velocidade do som no ar (aproximadamente 343 m/s a 20°C).

A figura 18 mostra os celulares usados com o aplicativo Phyphox e o ambiente no qual é realizada a experiência. Foi discutido as possíveis fontes de erro (como atrasos na emissão do som ou interferências ambientais).

Foi Proposto um desafio de medir a velocidade do som em um corredor longo ou em um ambiente com eco. A figura 19 mostra a realização desse experimento afim de determinar a velocidade do som. Observamos a disposição experimental.

Figura 18: Organização do material e espaço para realização do experimento



Fonte: próprio autor

Figura 19: Realizando o experimento



Fonte: próprio autor

A Figura 20 mostra os resultados das medições usando o aplicativo Phyphox usando dois celulares. Os resultados mostram que a média da velocidade do som foi 343,8 m/s. É conhecido que a velocidade do som em condições ideais no ar a 20°C é 340 m/s. A discrepância entre o valor calculado e o valor real nesse experimento tem haver o aumento da velocidade do som com a temperatura como é mostrado na figura 3. A região de Rio Branco é um muito quente e o experimento foi realizado sem a perturbação de agentes externos como a que poderia produzir o ruído do ar condicionado do ambiente.

Figura 20: Medidas e Resultados do experimento realizado

Turma			Grupo		Rapidez média em (m/s)	
Medidas	Distância (m)	Tempo (segundos)	Intervalo de Tempo			
			Cellular 1	Cellular 2	$\Delta t = t_2 - t_1$	$Rapidez Média = \frac{\text{Distância Total Percorrida (}d_f\text{)}}{\text{Intervalo de tempo (}t_f\text{)}}$
1	6,74	0,538	0,578	0,020	337 m/s	
2	6,74	0,600	0,619	0,019	354 m/s	
3	6,74	0,511	0,531	0,020	337 m/s	
4	6,74	0,586	0,605	0,019	354 m/s	
5	6,74	0,528	0,548	0,020	337 m/s	
Média das Rapidez calculadas					343,8 m/s	

Fonte: próprio autor

Se houver outras discrepâncias, pode-se discutir possíveis causas, como erros de medição, interferências ou condições não ideais do experimento.

5. PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional “SEQUÊNCIA DIDÁTICA: HARMONIA VIBRATÓRIA, RESSONÂNCIA E VELOCIDADE DO SOM EM TUBOS SEMIABERTOS USANDO APLICATIVOS PARA CELULAR” (Apêndice A) foi elaborado com a intenção de auxiliar aos professores que atuam na disciplina de Física e que possam experimentar metodologias alternativas, como o uso de aplicativos para celular para trabalhar o conteúdo de ondas.

A elaboração do produto seguiu a metodologia descrita pelos autores Pasquali *et al.* (2018), que pode ser bastante útil para a elaboração de produtos educacionais, principalmente no contexto de um ensino que valoriza a experimentação, a interação e a construção de conhecimento de forma significativa. Pasquali foca em uma abordagem prática para o desenvolvimento de recursos educacionais, com ênfase na utilização de tecnologias no ensino de ciências e física, o que é muito relevante para a implementação de experiências práticas como a determinação da velocidade do som e o estudo da ressonância em tubos, por exemplo.

O aluno não apenas realiza o experimento, mas também formula hipóteses sobre a velocidade do som em diferentes meios e a relação entre a frequência do som e a ressonância no tubo, para então testar suas hipóteses ao longo da atividade. Desse modo, foi elaborado uma “sequência didática”, como

forma de “produto educacional”, que foi aplicado em sala de aula, visando analisar se contribui para despertar o interesse dos alunos na disciplina da física e se isso, impacta significativamente no processo de aprendizagem do aluno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa sequência didática é voltada para o conteúdo ondas sonoras e suas aplicações trabalhado na disciplina de Física, que busca valorizar este conteúdo usando a experimentação como meio de motivação na aprendizagem da disciplina, que foi de grande importância para os nossos alunos. As aulas foram planejadas utilizando as tecnologias de comunicação usando aplicativo para celular e informação no sistema de ensino que tem sido cada vez mais constante no discurso pedagógico. Segundo nossas conclusões os recursos tecnológicos como os aplicativos para celular junto à metodologia de ensino juntas podem se tornar ferramentas valiosas a fim de facilitar a aprendizagem dos alunos. A sequência didática aplicada usando o aplicativo Phyphox foi motivacional e conseguiu melhorar o ensino de ondas em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary; DIAS, Helio. Física Para Universitários – Óptica e Física Moderna. Porto Alegre: AMGH Editora, 2012

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC) – Etapa do Ensino Médio. Brasília: 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio>.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC) – Etapa do Ensino Médio. Brasília: 2018.

CLEMES, G.; FILHO, H. J. G.; COSTA, S. Vídeo-aula como estratégia de ensino em física. In: 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul. Revista Técnico Científica (IFSC), v. 3, n. 1, 2012.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física: Ondas, Óptica e Termodinâmica.** 3. ed. São Paulo: Ática, 2017.

GENG Z. e MAASITTA I., Complete tunneling of acoustic waves between piezoelectric crystals, *Communications Phys.*, volume 6, 178, 2023.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física: Física térmica, Ondas e Óptica.** 2. ed. São Paulo: Ática, 2017.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física 4 - Óptica e Física Moderna.** 10. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2016.

KAZUHITO, Yamamoto; FUKE, Luiz Felipe. **Física para o ensino médio: Termologia, Óptica e Ondulatória.** 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

LERIAS, W. R. **A Física da música e a Pluralidade Didática.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Campo Mourão, 2016.

MARTINI, Glorinha; SPINELLI, Walter, REIS, Hugo Carneiro; SANT'ANNA, Blaidi. **Conexões com a Física: Estudo do calor, Óptica Geométrica e Fenômenos Ondulatórios.** 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MORAIS, V. D.; POLETTO, B. O.; RIBEIRO, E. T.; GOMES I. F.; BRONDANI, F. M. M. uso de filmes cinematográficos no ensino de física: uma proposta metodológica. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 7, n. 1, p. 189-200, 2016.

MOREIRA, Ana Claudia; SANTOS, Halinna; COELHO, Irene da Silva. **A música na sala de aula - A música como recurso didático.** UNISANTA Humanitas, v. 3, n. 1, 2014, p. 41-64.

MOREIRA, M. L. B. **Experimentos de baixo custo no ensino de mecânica para o ensino médio.** 2015. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Garanhuns, 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. **Uma análise crítica do ensino de Física.** Estudos Avançados, v. 32, n. 94, 2018, p. 73-80.

MUCHENSKI, Fábio; BEILNER, Gregory. **O uso de vídeos como recurso pedagógico para o ensino de física: uma experiência do programa Pibid no Instituto Federal Catarinense – campus Concórdia.** Revista Cadernos Acadêmicos – C. A., v. 7, n. 1, 2015, p. 140-154.

NASCIMENTO, Silvânia Sousa do; VENTURA, Paulo Cesar Santos. **Atividades lúdicas no ensino de Física.** Educação & Tecnologia, Belo Horizonte, n. 1, 2015, p. 17-21.

NETO, A. P. S. **Sequência didática para ensino e aprendizagem de Oscilações e Ondas por meio do estudo do telefone celular com enfoque CTSA.** 2017. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Uberlândia, 2017.

OLIVEIRA, Douglas Freitas de; MOREIRA, Alzira Silva; SOARES, Elane Chaveiro; RINALDI, Carlos. **Experimentação na concepção de professores mestrandos em ensino de ciências naturais.** REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática,

Cuiabá (MT), v. 8, n. 1, 2020, p. 10-28.

PASQUALI, R.; VIEIRA, J. DE A.; CASTAMAN, A. S. Produtos educacionais na formação do mestre em educação profissional e tecnológica. **Educitec**, v. 4, n. 7, p. 106-120, 2018.

POCAY, M. A. H. **Física e música: o uso de canções como ferramenta auxiliar no ensino de física.** 2014. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2014.

REIS, Esterline Felix dos; SOUSA, Mônica Feitosa da Costa; ALVES, Dilce dos Santos; PINHO, Maria Iranete Mineiro; RIZZATTI, Ivanise Maria. **Espaços não formais de educação na prática pedagógica de professores de ciências.**

REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, Cuiabá (MT), v. 7, n. 3, 2019, p. 23-36.

SILVA, H. E. **Uma proposta metodológica para o ensino de ondas: atividades lúdicas e experimentais.** 2019. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Rio Branco, 2019.

VEIGA, L. L. A.; DIAS, A. C. L.; CRUZ, F. A. O. **Criatividade, ambiente lúdico e ensino de física: uma reflexão em busca do estímulo para o aprendizado.** In: II Congresso Nacional de Educação - CONEDU, Campina Grande, 2015.

ZHUORAN G., MAASILTA I. J., **Complete tunneling of acoustic waves between piezoelectric crystals**, Communications Physics, v. 6, 178, 2023.