

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE
Campus Natal - Central



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

GEORGE BERKELEY CHACON DA CUNHA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS EM UMA
PERSPECTIVA INCLUSIVA**

NATAL
2022

GEORGE BERKELEY CHACON DA CUNHA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS EM UMA
PERSPECTIVA INCLUSIVA**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Edemerson Solano Batista de Moraes.

NATAL
2022

Cunha, George Berkeley Chacon da.
C972p Uma proposta para o ensino de ondas mecânicas em uma
perspectiva inclusiva / George Berkeley Chacon da Cunha. – 2022.
108 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Edemerson Solano Batista de Moraes.

1. Ensino de Física. 2. Onda mecânica. 3. Educação inclusiva. 4.
Aprendizagem significativa. I. Título.

CDU: 53:376-056.262

GEORGE BERKELEY CHACON DA CUNHA

**UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS EM UMA
PERSPECTIVA INCLUSIVA**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Dissertação aprovada em: 04 de novembro de 2022 pela seguinte Banca Examinadora:



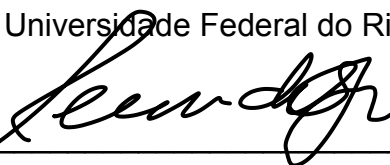
Prof. Edemerson Solano Batista de Moraes, Dr. – Orientador.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Prof. Milton Thiago Schivani Alves – Examinador Externo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte



Prof. José Ferreira da Silva Júnior – Examinador Externo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico a professores e professoras de Física, em especial,
os(as) que lecionam para deficientes visuais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço a Deus por nunca largar a minha mão e sempre me mostrar o caminho do recomeço. Além de, apresentar-me pessoas que, nos momentos difíceis da minha vida, emprestaram-me seus ombros como apoio para uma nova caminhada.

Ao amigo, Fabiano, pela insistência incansável ao me incentivar a participar do exame de seleção do MNPEF/IFRN

Aos amigos, Wendel e Evandro, pelas motivações e opiniões na escrita do meu projeto.

Ao amigo, José Pedro da Silva Júnior, pelas suas grandes contribuições.

À minha família (mãe e irmãos) pelo ambiente acolhedor para que eu pudesse desenvolver meus estudos e pesquisas com muita paz e tranquilidade.

À minha amiga Ivanice, pelas preocupações do que me oferecer e pelo preparo dos lanches para que eu pudesse superar as horas de estudos.

Aos pais do amigo Valdécio, Dona Francisca Félix da Silva e seu Valdete Martins (*In memoriam*) que, gentilmente, preparavam lanches ao nos receber em sua casa, durante nossos estudos.

À minha namorada, Liliane, por sempre me apoiar e me motivar para a conclusão deste mestrado e para o meu crescimento pessoal.

Aos professores do MNPEF/IFRN, por todo conhecimento compartilhado.

À turma 2019 do MNPEF/IFRN, em especial aos amigos: Thobias, Manaces, Valdécio e Ítalo, sempre na cumplicidade e companheirismo.

Aos membros do Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual do Rio Grande do Norte; à direção, professores e alunos da escola que participaram desta pesquisa.

Ao meu orientador, prof. Dr. Edemerson Solano Batista de Moraes, pela sua orientação e aos professores Ferreira e Milton Schivani pela leitura atenta e contribuições enquanto membros da banca examinadora.

Por fim, ao técnico do laboratório, Joílson, por ter me acolhido ao laboratório do IFRN como se estivesse em minha própria casa e pelas suas contribuições de eletrônica.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo elaborar uma sequência de aulas inclusiva sobre ondas mecânicas, abordando o aspecto formal da teoria junto à utilização de experiências e demonstrações experimentais. Entendemos assim contribuir para a prática docente, bem como para o processo de aprendizagem dos discentes com ou sem deficiência visual, segundo a didática multissensorial. Esse contexto nos apontou um caminho pedagógico inclusivo, mas desafiador para a elaboração de uma sequência de aulas (produto educacional) voltada à educação básica (ensino médio), na disciplina de Física. Diante desse desafio, optamos pela Aprendizagem Significativa como a teoria de aprendizagem capaz de estruturar as atividades e orientar as ações didáticas. A aplicação do produto educacional aconteceu em uma Escola pública, no mês de maio de 2022, distribuída em quatro encontros de aulas. Analisamos os dados referentes ao desempenho dos alunos participantes do processo de aprendizagem, a partir de uma avaliação diagnóstica e das observações que fizemos durante a aplicação do produto. A análise mostrou a relevância do produto educacional para a aprendizagem de aluno com ou sem deficiência visual no ensino de ondas mecânicas.

Palavras-chave: ensino de física; aprendizagem significativa; proposta pedagógica tátil-visual; educação inclusiva.

ABSTRACT

The present work aims to develop an inclusive sequence of classes on mechanical waves, approaching the formal aspect of the theory along with the use of experiments and experimental demonstrations. We thus understand to contribute to the teaching practice, as well as to the learning process of students with or without visual impairment, according to multisensory didactics. This context showed us an inclusive but challenging pedagogical path for the elaboration of a sequence of classes (educational product) focused on basic education (high school), in the discipline of Physics. Faced with this challenge, we opted for Meaningful Learning as a learning theory capable of structuring activities and guiding didactic actions. The application of the educational product took place in a public school, in May 2022, distributed in four class meetings. We analyzed the data regarding the performance of the students participating in the learning process, based on a diagnostic evaluation and the observations we made during the application of the product. The analysis showed the relevance of the educational product for the learning of students with or without visual impairment in the teaching of mechanical waves.

Keywords: teaching physics; meaningful learning; tactile-visual pedagogical proposal; inclusive education.

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAP - RN	Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual do Rio Grande do Norte
D0	Saída Digital
EEIPM	Escola Estadual Instituto Padre Miguelinho
EEPJMB	Escola Estadual Padre João Maria Biezinger
GND	Filtro Graduado de Densidade Neutra
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFESP	Instituto Federal de São Paulo
IFRN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
KEB	Kit Experimental Biofísico
LED	Light Emitting Diode (diodo emissor de luz)
LDB	Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PSD - PB	Partido Social Democrático da Paraíba
PVC	Policloreto de vinila
RN	Rio Grande do Norte
SW	Chave de contato elétrico (em inglês, Switch)
UNESCO	Organização das Nações Unidas
USB	Universal Serial Bus (Porta Serial Universal)
V	Velocidade
VCC	Tensão em corrente contínua

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tipos de propagação de ondas: longitudinal e transversal..	39
Figura 2	Relações entre o comprimento de onda e amplitude.....	40
Figura 3	Quando a frequência aumenta, percebe-se que a onda possui mais ciclos e seu comprimento de onda diminui.....	40
Figura 4	Objeto que produz ondas sonoras.....	42
Figura 5	Outro objeto que produz ondas sonoras.....	42
Figura 6	Faixa de frequência de som audível.....	42
Figura 7	Ilustração da produção de detecção de ondas sonoras.....	43
Figura 8	Ilustração do ouvido humano.....	43
Figura 9	Anatomia da orelha humana.....	44
Figura 10	Ilustração computadorizada do KEB.....	47
Figura 11	Primeiro protótipo do KEB.....	48
Figura 12	Dispositivos mecânicos para propagação da vibração de uma onda sonora.....	49
Figura 13	Dispositivo Piezo (Sensor de pressão/impacto)	50
Figura 14	Teste entre o sensor de vibração e o Piezo.....	51
Figura 15	Bobina.....	51
Figura 16	Bobina com haste metálica.....	52
Figura 17	Montagem da placa amplificadora de sinal.....	54
Figura 18	Teste da placa amplificadora de sinal.....	54
Figura 19	Placa amplificadora de sinal conectada ao sensor de vibração.....	55
Figura 20	Dissipação da vibração em uma superfície rígida.....	55
Figura 21	Dissipação da vibração em uma superfície plástica.....	56
Figura 22	Placa amplificadora.....	56
Figura 23	KEB definitivo.....	57
Figura 24	Representação de uma onda em uma corda.....	63
Figura 25	Aluno realizando a primeira atividade do produto educacional.....	64
Figura 26	Aluno deficiente visual realizando a primeira atividade do produto educacional.....	64
Figura 27	Alunos realizando comparativo entre a primeira atividade e a segunda.....	66
Figura 28	Alunos apresentando os trabalhos resultantes.....	66
Figura 29	Alunos com os olhos fechados.....	67

Figura 30	Anatomia do ouvido humano associado as partes e componentes do KEB.....	68
Figura 31	Momento da pergunta.....	68
Figura 32	Deficiente visual em contato com as partes do KEB.....	69
Figura 33	Aluno deficiente visual montando o KEB.....	70
Figura 34	Aluno deficiente visual sentindo as vibrações das ondas sonoras.....	71
Figura 35	Procedimento realizado com os demais grupos	72
Figura 36	Aluna colocando a sua mão sobre a de outro aluno.....	73
Figura 37	Testemunho em Braille do deficiente visual sobre a Sequência de aulas.....	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Questão 1 da avaliação diagnóstica.....	78
Gráfico 2	Questão 2 da avaliação diagnóstica.....	78
Gráfico 3	Questão 3 da avaliação diagnóstica.....	79
Gráfico 4	Questão 4 da avaliação diagnóstica.....	80
Gráfico 5	Questão 5 da avaliação diagnóstica.....	80
Gráfico 6	Questão 6 da avaliação diagnóstica.....	81
Gráfico 7	Questão 7 da avaliação diagnóstica.....	81
Gráfico 8	Questão 8 da avaliação diagnóstica.....	82
Gráfico 9	Questão 9 da avaliação diagnóstica.....	82
Gráfico 10	Questão 10 da avaliação diagnóstica.....	83
Gráfico 11	Opiniões sobre a metodologia utilizada na sequência de aulas.....	84
Gráfico 12	Opiniões sobre a facilidade proporcionada pelos experimentos.....	84
Gráfico 13	Opiniões sobre a relação entre o ensino da Física e o cotidiano.....	85
Gráfico 14	Opiniões sobre a aprendizagem a partir de atividades experimentais.....	85
Gráfico 15	Opiniões sobre os experimentos proporcionarem aulas interativas e dinâmicas.....	86
Gráfico 16	Opiniões sobre a importância da sequência de aulas para o aprendizado.....	86
Gráfico 17	Opiniões sobre a compreensão do que é onda mecânica...	87
Gráfico 18	Opiniões sobre as contribuições das atividades experimentais.....	87
Gráfico 19	Opiniões sobre a compreensão acerca da variação no comprimento de onda.....	88

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
1.2	SOBRE A ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1	DIFICULDADES NO APRENDIZADO DA DISCIPLINA DE FÍSICA ...	21
3.2	A FÍSICA APLICADA EM CONTEXTO EDUCACIONAL	26
3.2.1	A prática em laboratório como aprendizagem significativa	30
3.3	DESAFIOS DA EDUCAÇÃO DE PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL	33
4	ESTUDO INTRODUTÓRIO EM ONDAS MECÂNICAS E ACÚSTICA	39
4.1	ONDAS MECÂNICAS	41
4.1.1	Ondas sonoras	41
4.2	OUVIDO HUMANO	43
5	PRODUTO EDUCACIONAL	45
5.1	RELATO DETALHADO DA CONSTRUÇÃO DO KEB DURANTE A PESQUISA	45
5.2	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	57
5.2.1	Perfil da escola	58
5.2.2	Perfil do professor de Física e dos estudantes da turma	59
5.2.3	Quadro resumo	59
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	61
6.1	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	61
6.1.1	Fases da aplicação do produto educacional	62
6.1.1.1	Primeiro encontro	62
6.1.1.2	Segundo encontro	65
6.1.1.3	Terceiro encontro	67
6.1.1.4	Quarto encontro	69
6.2	ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS NA AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	73
6.2.1	Dados quantitativos da avaliação diagnóstica	77
6.2.2	Análise quantitativa da opinião dos alunos a respeito da sequência de aulas sobre o estudo de ondas mecânicas	83
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
	REFERÊNCIAS	91
	APÊNDICE A – Avaliação diagnóstica	97
	APÊNDICE B – Opinião dos alunos	102
	APÊNDICE C – Apresentação em <i>power point</i> utilizada durante aplicação do Produto Educacional	106
	APÊNDICE D – Produto Educacional	108

1 INTRODUÇÃO

Minha experiência como professor de Física me faz questionar e refletir, constantemente, sobre ferramentas metodológicas adequadas a serem implementadas em ambientes de ensino teórico/prático para estudantes do Ensino Médio, inclusive para estudantes com necessidades educacionais específicas, em especial, com deficiência visual e/ou baixa visão¹.

Pensar em uma aprendizagem de Física também para estudantes deficiente visuais e/ou com baixa visão me motiva a realizar este estudo, uma vez que compreendo que a experimentação no processo de aprendizagem no ensino de Física é indispensável, pois “o fazer, o manusear, o operar, o agir, em diferentes formas e níveis” fazem parte do entendimento do conteúdo (DOS SANTOS, 2017, p. 23).

Assim, neste estudo vi no ensino de ondas mecânicas uma possibilidade de um fazer metodológico diferenciado para sala de aula, a partir da criação de um Kit Experimental Biofísico (KEB), convidando o professor a não enfatizar no estudante a resolução de exercícios de livros didáticos, a decoreba de fórmulas para realização de avaliações internas ou externas, sem ele ter o entendimento daquilo que se faz e o porquê se faz.

Além disso, como nos diz Ferreira (2018, p. 128), estudar ondas é:

de grande relevância para se trabalhar com os alunos deficientes visuais, pois entende-se que como conhecimento intrínseco à natureza humana, como uma onda em que os corpos mesmo no útero já vibram com o som da música. Assim os alunos precisam desenvolver principalmente o sentido da audição e o som favorece a interação e estimula o cérebro com sensações agradáveis como o pulsar do coração, que certamente atua como estímulo para a aprendizagem.

Posto isto, nossa questão de pesquisa foi: como construir uma Sequência de Aulas inclusiva que auxilie o professor de Física durante as aulas que tratam de ondas mecânicas?

¹ Baixa visão ou visão subnormal é uma perda de visão que não pode ser corrigida por óculos convencionais, lentes de contato, medicação ou cirurgia. Vale dizer ainda que deficiência visual se divide em cegueira – acuidade visual menor que 0,05 com correção óptica; baixa visão – acuidade visual entre 0,03 e 0,05 com correção óptica. (CAMARGO, 2016).

Os objetivos da pesquisa são apresentados a seguir.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar uma sequência de aulas sobre ondas mecânicas em uma perspectiva inclusiva, desenvolvendo a teoria da aprendizagem significativa.

1.1.2 Objetivos específicos

Investigar como elaborar um Kit Experimental Biofísico para uso em aulas que envolva ondas mecânicas.

Desenvolver um Kit Experimental Biofísico para o processo de aprendizagem de ondas mecânicas.

Divulgar a sequência de aulas elaborada.

1.2 SOBRE A ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Com a finalidade de situar o leitor na compreensão deste estudo, apresenta-se, de forma sintética, a sua organização. Além dessa parte introdutória, em que traço uma breve visão do estudo, a dissertação está estruturada em mais seis capítulos, acrescido das referências e dos apêndices.

No segundo capítulo é apresentada uma revisão de literatura que nos motivaram a efetivar este estudo, uma vez que nos fez refletir acerca das abordagens conceituais e experimentais no ensino, em especial, na educação inclusiva.

No terceiro capítulo, apresenta-se a opção pela aprendizagem significativa, além de abordamos sobre dificuldades na aprendizagem da disciplina de Física, apontando desafios na educação de estudantes com deficiência visual.

No capítulo quatro, para o efetivo uso do KEB, apresentamos conceitos básicos sobre ondas mecânicas, uma vez que é o conteúdo base para a efetivação da sequência de aulas propostas no produto educacional.

No quinto capítulo, apresenta-se o produto educacional, que consiste em uma sequência de aulas realizada em 4 encontros, convidando o professor do ensino médio a utilizá-la em suas aulas de Física. Apresenta-se ainda como se deu a aplicação e validação da sequência de aulas.

Apresentamos as análises da aplicação do produto educacional no sexto capítulo, a partir de uma análise qualitativa dos resultados, na expectativa do uso do Kit Experimental Biofísico nas aulas de Física.

As considerações finais formam o capítulo 7 e nelas aponta-se que a aplicação de sequência de aulas comumente a experimentações nas aulas da Física proporciona aos alunos um processo de aprendizagem significativa, pois os discentes passam a assimilar o conteúdo do estudo da Física a sua realidade empírica. Além disso, esse recurso metodológico propicia a turma aulas mais interativas e dinâmicas, assim o professor ministra suas aulas de forma mais atrativa e contributiva para o processo de ensino-aprendizagem dos estudantes.

O texto finaliza com as referências e os apêndices.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Tornar o ensino da Física mais significativo e relevante tornou-se imperiosa necessidade educacional, atualmente. Superar o modelo “quadro e giz” é um caminho para incorporar o estudante e fazê-lo protagonista na construção do saber. Neste sentido faz-se necessário, a partir de práticas pedagógicas, a construção teórica de conceitos e procedimentos, característicos da nossa ciência de referência.

A articulação dos conhecimentos do ensino da Física deve ultrapassar os limites de uma aula de Física e se relacionar com outras áreas do conhecimento, aprendidos na escola e fora dela. Nossa proposta de produto educacional, apresentada no decorrer deste estudo, leva em consideração nossa trajetória profissional e algumas demandas, consideradas urgentes ao ensino da Física.

Partindo da necessidade de concretização de habilidades e competências, presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), necessárias para o processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Física, escolhemos o estudo de ondas mecânicas, junto a um Kit Experimental Biofísico, associando teoria e empiria no estudo de ondas ao funcionamento do ouvido humano.

Ademais, é relevante ressaltar que nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (BRASIL, 2000), encontra-se uma definição de currículo assentada no desenvolvimento de procedimentos que levem em consideração o triplice domínio da vida humana: 1) a vida em sociedade, 2) a atividade produtiva e 3) a experiência subjetiva. Partindo das quatro premissas da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) - aprender a conhecer, a fazer, a viver e a ser - os PCN levam em consideração as três áreas de aprendizagem presentes no ensino médio. Entre elas, destacamos as Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias, que têm, como base, a reunião de conhecimentos que compartilham objetos de estudo e se aproximam numa perspectiva interdisciplinar (BRASIL, 2000).

Segundo os PCN, na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias, incluem-se as competências relacionadas à apropriação de conhecimentos de Física, Química, Biologia e Matemática. Das doze habilidades e competências, objetivo das Ciências da Natureza, destacamos duas,

consideradas significativas para o desenvolvimento da nossa proposta de produto educacional para o ensino de Física:

[...] entender e aplicar métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais; identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para produção, análise e interpretação de resultados de processos ou experimentos científicos e tecnológicos [...]. (BRASIL, 2000, p. 95).

Concomitantemente à BNCC que traz como direitos e objetivos no processo de aprendizagem ações, como desenvolver, participar, cuidar, relacionar, debater, produzir e apropriar-se das unidades curriculares de ensino, as quais, em relação à disciplina de Física, aplicam-se, como: movimentos de objetos e sistemas, energias e suas transformações, processos de comunicação e informação, eletromagnetismo, materiais e equipamentos, matéria e radiação – constituição e interações, terra e universo - formação e evolução.

E diante das competências e suas habilidades fundamentais nas temáticas que compõem a unidade curricular da disciplina de Física conforme a BNCC, entende-se que o professor precisa levar em consideração novas formas de pensar, ensinar, aprender e como comunicar o ensino de Física. Considerando que, no Ensino Médio, a área de Ciências Naturais e Suas Tecnologias deve se comprometer

com a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade, na direção da educação integral e da formação cidadã. Os estudantes, com maior vivência e maturidade, têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema (BRASIL, 2018, p.537).

Foi, portanto, a partir do exposto acima que alinhamos o desenvolvimento do Kit Experimental Biofísico para o processo de aprendizagem de ondas mecânicas, o qual obtém caráter instrumental para que o ensino de Física se torne mais significativo para os alunos da 2ª e 3ª série do ensino médio e, também, aos que possuam alguma deficiência visual, tornando-se um facilitador no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos tradicionalmente destinados à essa faixa educacional.

Destarte, acerca da necessidade de um processo de ensino e aprendizagem voltado para uma educação significativa para alunos não videntes, faz-se necessário frisar que, segundo a Fundação Dorina² (2018), utilizando dados do IBGE, no último censo³, realizado em 2010, 6.585.278 brasileiros possuíam alguma deficiência visual, sendo incapazes de enxergar ou possuindo baixa visão ou visão subnormal. A Região Nordeste, concentra 2.192.455 deste total, ou o correspondente a 4,1% da população local – maior quantitativo proporcional e segundo maior valor, em números absolutos. Outras 29 milhões declararam possuir alguma dificuldade permanente de enxergar, mesmo com o auxílio de óculos ou lentes.

No estado do Rio Grande do Norte, quase 700 mil pessoas possuem alguma deficiência visual. Segundo o Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às pessoas com Deficiência Visual (CAP-RN), desses, quase 700 são alunos em idade escolar e estão matriculados na rede pública de ensino do Rio Grande do Norte.

Em 6 de julho de 2015, entrou em vigor no Brasil, o Estatuto da pessoa com deficiência (Lei nº 13.146) que determina regras e dá orientações para a promoção dos direitos e liberdades das pessoas com deficiência, tendo como objetivo garantir a inclusão social e a cidadania de pessoas com deficiência, entre elas, a visual.

Visando ao cumprimento desta demanda e legislação vigente, urge que o ensino de Física se posicione diante deste quadro, produzindo soluções educacionais inovadoras que atendam o que está expresso na Constituição Federal (1988): a educação como direito social, que visa o desenvolvimento integral do cidadão e garantindo a igualdade de acesso e permanência na escola.

Este estudo está inserido culturalmente na área de Ensino de Ciências e remete-se a inclusão de estudantes com deficiência visual ao processo de ensino

² A Fundação Dorina Nowill para Deficiente visuals é uma organização sem fins lucrativos que há mais de seis décadas se dedica a facilitar a inclusão social de crianças, jovens e adultos deficiente visuals e com baixa visão por meio de atendimento direto à pessoa com deficiência e sua família e produtos e serviços que propiciam sua inclusão efetiva na sociedade.

³ No ano de 2020 o Censo Demográfico não foi realizado pelo IBGE devido o estado pandêmico do Covid-19 presente no país. Em 2021 também não foi possível a sua realização por falta de recursos públicos, sendo esse previsto para ocorrer no ano de 2022.

e aprendizagem da Física experimental, visando à aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1982), que abordaremos no próximo capítulo.

Compreende-se, também, que o problema da pesquisa está inserido em uma problemática relevante e suscetível de despertar um interesse suficiente a justificar os esforços do estudo, pois a inserção de alunos com deficiência visual, sendo incapazes de enxergar ou possuindo baixa visão ou visão subnormal, no processo de aprendizagem é uma realidade que aguça os esforços de educadores para implementar uma didática inclusiva e significativa para a aprendizagem desses alunos. Assim, garantindo o direito desses à educação inclusiva, equitativa e qualitativa.

Ademais, este estudo partiu do desenvolvimento de um Kit experimental para o ensino de ondas mecânicas numa perspectiva inclusiva com o intuito de contribuir com o processo de aprendizagem de alunos com deficiência visual, considerando que muitos desses alunos se encontram com dificuldades de aprendizagem, haja vista que falta preparo da escola e dos professores para atenderem as necessidades especiais de aprendizagem desse público.

O ensino a estudantes com alguma deficiência vem sendo colocado em debate há muitos anos, emergindo projetos de leis que garantem ao cidadão com necessidade educacional especial o seu direito à educação. No entanto, ainda é possível constatar as dificuldades de cumprimento dessas leis, perante a sociedade, em relação à inserção de alunos na escola, pois, ainda há vários centros educacionais em nosso país que são agentes de construções de barreiras entre o aluno com deficiência e o processo de ensino e aprendizagem.

Apesar das políticas públicas concernentes à educação inclusiva, percebe-se as dificuldades de acesso à inclusão de alunos com necessidades especiais educacionais no sistema do ensino público. Para Barros, Silva e Costa (2015), esses entraves, de certa forma, devem-se a diversos fatores, entre eles, pode-se considerar “o quantitativo elevado de alunos nas classes comuns, impossibilitando ao professor e aos alunos uma relação mais próxima, que viabilize o ato pedagógico e a prática da educação inclusiva” (BARROS; SILVA; COSTA, 2015, p. 151).

Assim, entende-se que se faz necessário reconhecer a responsabilidade de criar condições favoráveis à inclusão de alunos com deficiência visual no processo de ensino, principalmente, no contexto do ensino de Física. Diante

disto, deve-se ressaltar que a formação continuada de professores proporcionará a eles um novo olhar para os alunos com deficiência visual ou de baixa visão, por meio de novas abordagens na apresentação do conteúdo, atenção à seleção e métodos a serem executados em sala de aula, assim possibilitando aos estudantes maiores benefícios de aprendizagem.

Outro ponto relevante a considerar é que, quando se refere à educação especial, principalmente para os portadores de cegueira e surdez, a Física experimental é uma das práticas a ser adotada no processo de ensino de estudantes com dificuldades educacionais, como também para os que não estão inseridos nessas condições, uma vez que

é compreensível que os estudantes com deficiência visual tenham grandes dificuldades com a sistemática do Ensino de Física atual visto que o mesmo invariavelmente fundamenta-se em referenciais funcionais visuais (CAMARGO; SILVA, 2003, p.1218).

Partindo do pensamento dos autores, podemos considerar como um dos motivos para essa dificuldade de aprendizagem dos alunos com deficiência visual, a falta de preparo da escola e dos professores para atenderem as necessidades especiais de aprendizagem deles. Ademais, devemos também considerar que

A aprendizagem de Física por estudantes deficientes visuais também é pouco estudada, devido talvez a uma ausência de fundamentação teórica suficiente que provoque uma reflexão mais profunda a respeito de como o estudante deficiente visual compreende certos conteúdos. Ao mesmo tempo, a maneira como certos conteúdos são apresentados pelos educadores (DICKMAN; FERREIRA, 2008, p. 4).

Foi pensando nessas dificuldades presentes no processo de aprendizagem de estudantes com deficiência visual que este estudo foi embasado. Busca-se, por meio de uma sequência de aulas que utilize o Kit Experimental Biofísico proporcionar aos alunos não videntes e videntes um procedimento metodológico de aprendizagem do ensino de ondas mecânicas numa perspectiva interdisciplinar e inclusiva, dessa forma, saindo do campo das aulas meramente expositivas com apoio em uma estrutura experimental para uma mais prática, privilegiando o sentido do tato como meio de compreender o que está sendo explicado pelo professor.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 DIFICULDADES NO APRENDIZADO DA DISCIPLINA DE FÍSICA

Apoiando-se no estudo de Ricardo e Freire (2007), pode-se evidenciar que o ensino da Física não possui uma grande aceitação por parte dos estudantes da rede básica, ou seja, suas concepções sobre a disciplina já são formadas antes mesmo do seu contato direto, que ocorre somente ao chegar no 9º ano do Ensino Fundamental na disciplina de Ciências, quando é desmembrada em Física, Química e Biologia.

Os autores afirmam que turmas regulares de ensino apresentam um público com idades entre 13 e 15 anos com alguns conceitos estabelecidos devido suas vivências dentro e fora desse espaço de aprendizagem. Tais vivências contribuem para solidificar conceitos sobre a própria disciplina, normalmente atribuída como uma extensão da Matemática, que por sua vez, apresenta grande rejeição desde os anos iniciais do Ensino Fundamental. Por outro lado,

Ao mesmo tempo em que a disciplina de Física parece não ter boa aceitação entre os alunos, paradoxalmente, a ciência Física desfruta de significativo prestígio na sociedade. Todavia, é preciso considerar que isso não é efeito singular da escola, pois esta não é a única instituição promotora da 'cultura científica' (RICARDO; FREIRE, 2007, s/n).

Na visão dos professores sobre o ensino de Física na Educação Básica brasileira, conforme pesquisa elaborada por Pugliese (2017), a forma e o conteúdo curricular precisam passar por mudanças significativas para que possam atender as necessidades educacionais atuais dos discentes, a *práxis* docente e os objetivos da aprendizagem em Física. Essas mudanças são pertinentes porque

os professores desejam inserir mais tópicos de Física moderna, desejam fazer mais experimentações, desejam visitar centros de ciências e museus, além de desejarem que seus alunos leiam mais (textos didáticos e históricos). Em sua prática, afirmam escolher qual material didático será adotado, mas mostram que seus alunos não leem. Afirmam que estudam em cursos de pós-

graduação e conhecem os temas da PEF⁴, mas demonstram que ensinam os tradicionais tópicos da Física Clássica em aulas quase que exclusivamente expositivas. É preciso que trabalhem mais coletivamente e estudem mais individualmente, o que só será possível com mais tempo disponível para tal na referida unidade escolar (PUGLIESE, 2017, s/n).

Quando o assunto é a *práxis* docente, sabe-se que a carência de aulas com uso de novas metodologias no ensino também propicia a construção da ideia de que a Física seria apenas uma disciplina a se utilizar da linguagem matemática. Este fato se ancora pela herança de aulas estritamente expositivas, negando a natureza experimental da Ciência. Acerca desta realidade, faz-se necessário ressaltar que:

Aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física nas escolas e os que existem são obrigados a treinar os alunos para as provas, para as respostas corretas, ao invés de ensinar Física. A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade são confundidas com não disciplinaridade e tiram a identidade da Física. Os conteúdos curriculares não vão além da Mecânica Clássica e são abordados da maneira mais tradicional possível, totalmente centrada no professor, baseada no modelo de narrativa criticado por Finkel (1999), na educação bancária de Freire (2007), no comportamentalismo de Skinner (1972). O resultado desse ensino é que os alunos, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender Física, como seria esperado para uma aprendizagem significativa, geram uma indisposição tão forte que chegam a dizer, metaforicamente, que “odeiam” a Física (MOREIRA, 2018, s/n).

Moreira (2012, p. 02), que conceitua Aprendizagem Significativa como “aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe”, afirma que ao propor-se o estudo dessas representações, concomitante aos significados atribuídos às novas informações, faz-se necessário considerar o conhecimento prévio, a variável isolada, mais importante para uma aprendizagem significativa. Afinal, sobre isto, sabe-se que “é a existência de uma estrutura cognitiva prévia adequada (subsunçores especificamente relevantes) que permitirão a aprendizagem significativa (relacionamento não arbitrário e substantivo ao

⁴ Pesquisa em Ensino de Física.

conhecimento prévio)” (MOREIRA, 2011a, p. 32), conforme teoria de David Ausubel (1982).

Silveira (2019) em seu produto educacional, buscou alinhar a teoria de Aprendizagem Significativa com contribuições desenvolvidas por Moreira (2011) e, no nosso caso, não diferente, pois assim como ele, entendemos que “o conteúdo novo aprendido pelo aluno irá se integrar ao conhecimento que ele já possui e, a partir deste momento, será possível construir novos conhecimentos” (SILVEIRA, 2019, p. 5).

Assim, também seguimos os passos propostos por Moreira (2011) no uso da nossa sequência de aulas “potencialmente significativa”, afinal definimos o tópico; criamos situações para o aluno expressar seus conhecimentos prévios; propomos situações problemas; apresentamos o conteúdo introdutório de ondas mecânicas e fizemos com que o aluno investigasse de forma prática o que foi apresentado a ele na teoria, inclusive utilizando o KEB. Por fim, a avaliação do estudante foi sendo observada por nós, durante o progresso do aluno, diante experimentos que ele ia realizando.

Para Moreira (1997, p.1) a aprendizagem significativa é “o processo através do qual uma nova informação (um novo conceito) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz”. Acerca desse processo, o autor compreende que “é no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito”

Assim, a aprendizagem significativa está centralizada na relação de conhecimento prévio que o aluno traz para o ambiente escolar e a relação com a aquisição de novos conceitos, os quais serão ministrados nas aulas pelo professor. Portanto, de acordo com o pensamento de Ausubel (1982), o conhecimento que o aluno já tem é a variável influenciadora na aprendizagem significativa e “se ocupa mais da aquisição significativa de um corpo organizado de conhecimentos em situação formal de ensino e aprendizagem” (MOREIRA, 2012, p. 26).

Em relação à aquisição substantiva (não-literal), compreende-se que esta é a essência da informação a ser adquirida, considerando a sua diversidade de significantes equivalentes. Afinal, ao adquirir novos conceitos, o subsunçor, isto

é, conhecimento específico, o que é considerado o processo de “diferenciação progressiva”, transforma o conhecimento prévio em um saber mais elaborado.

Contudo, conforme Moreira (2011), o significado dos conceitos abordados durante as aulas, por exemplo, depende daquele que aprende, o que se compreende é que o significado está no indivíduo e não nos materiais. Desta forma, o aprendiz é o detentor do conhecimento prévio adequado à construção do significado do conhecimento (novo) ensinado a partir dos materiais pertinentes inseridos no processo de aprendizagem.

Posto isto, vale lembrar que, com início no século XVII, após a realização do experimento, Galileu Galilei introduziu a experimentação à Física, ficando conhecido como pai do método científico. A partir deste momento, os fenômenos explicados pela ciência deixaram de ser estritamente teóricos e passaram a ser, também, experimentais. Desde então, a teoria e a experiência devem caminhar juntas e isto está tão fortemente conectado que foi um dos fatores a retardar o prêmio Nobel a Einstein⁵ (efeito fotoelétrico), por não haver provas experimentais, acontecendo anos mais tarde, em virtude da comprovação através da experiência desenvolvida por Millikan⁶.

Tendo em vista este caráter experimental da Física, sejam nos ensinamentos fundamental ou médio, apoiando-se nos estudos de Cachapuz *et al.* (2001), pode-se compreender que a teorização dos conteúdos do estudo de Física é essencial no processo de ensino e aprendizagem e o ensino prático é um aliado fundamental para que a aprendizagem desse estudo seja significativa para os alunos. Considerando, portanto, a importância da diversidade metodológica, no tocante da *práxis* docente.

Assim, entende-se que o ensino da Física pode estar vinculado a aplicações experimentais, ou ainda fazer uso de recursos tecnológicos tais como simuladores, aplicativos, entre outros. Aulas estritamente teóricas seriam o mesmo que negar a ciência como caráter experimental e como consequências

⁵ Ao escolher o Prêmio Nobel de 1921, o Comitê Nobel para Física da Academia Real de Ciências da Suécia deu mais importância ao trabalho sobre o efeito fotoelétrico. Literalmente, o prêmio foi concedido a Albert Einstein com a seguinte justificativa: "*for his services to Theoretical Physics, and especially for his discovery of the law of the photoelectric effect*". Isto é, pelas suas contribuições à Física Teórica, mas especialmente pela sua descoberta da lei do efeito fotoelétrico (DOS SANTOS, 2004, s/n.).

⁶ Robert Andrews Millikan (1868 - 1953) foi um físico experimental estadunidense. Primeiro cientista a determinar o valor da carga do elétron através da Experiência de Milikan.

deste fato teriam alunos incapazes de associar os assuntos da BNCC a situações práticas em sua vida cotidiana, ou seja, a Física perderia sua identidade e seria cada vez mais associada como uma extensão da matemática.

Compreende-se que a Física, atualmente, tem sua inserção no ensino a partir do ensino fundamental. Este fato proporciona o contato com alunos com certo grau de vivências e experiências, estabelecendo, assim, alguns conceitos (sejam corretos ou não). Portanto, para firmar um conhecimento sólido devemos fazer uso de tais concepções, assim como proposta por teóricos da educação, como Ausubel (1982), ao falar sobre a aprendizagem significativa. Desta forma, os planejamentos de aula devem ser feitos prevendo uma condução dos conhecimentos prévios, encontrando possíveis falhas e contradições, em busca de formar novas ligações que os façam enraizar os conceitos ditos científicos.

Quanto aos conceitos de Astronomia, por exemplo, notamos cada vez mais evidente sua presença no nosso cotidiano, pois quase que diariamente a mídia veicula novas informações fornecidas por sondas espaciais que exploram nosso Sistema Solar (MEES, 2004), dentre outras notícias.

Entende-se, portanto, que o aluno do século XXI tem sente-se estimulado mídia, por documentários, por séries, entre outros fatores. Isto acaba despertando o interesse por assuntos que fogem do engessamento da abordagem feita em gravitação no ensino médio, por exemplo. Logo, perguntas como: “Qual a sensação de viver sem peso no espaço?”, “Buracos negros, supernovas outros objetos do espaço?”, “Como meteoritos, cometas e asteroides podem causar catástrofes na Terra?” e “Há possibilidade de existir vida fora da Terra?” apresentaram um grande interesse, conforme pesquisa realizada por pesquisadores ingleses associados ao projeto Rose (*Relevance of Science Education*).

Quando confrontados com o problema de estimular estudantes a escolherem carreiras relacionadas às ciências e à engenharia, pesquisadores noruegueses decidiram estudar a relevância de diversos temas sob o ponto de vista dos jovens, pois chegaram à conclusão de que não seria possível motivá-los sem conhecer profundamente seus interesses (FRÓES, 2014, p.1-2).

Desta forma, o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) tem uma proposta de auxiliar no desenvolvimento de novas

ferramentas, por meio da criação de produtos educacionais, para melhoria na mediação dos conteúdos em sala de aula. Tendo em vista que:

O uso de novas tecnologias, em particular, da computação, é algo a ser considerado na elaboração das novas ferramentas para o Ensino de Astronomia. Simulações, vídeos, e materiais didáticos virtuais são ótimas ferramentas para a difusão e o ensino da Astronomia, pois aproximam o conteúdo do cotidiano dos estudantes. Além disto, é notável o estímulo dos estudantes quando utilizam estas novas tecnologias, como é o caso da informática. (PESSANHA *et al.*, 2007 apud MENEZES, 2011, p. 49).

Por conseguinte, Miléo Filho (2011) explica que as razões dos docentes não conseguirem atingir os discentes, no que tange ao ensino, está conectado às estratégias de comunicação usadas em sala de aula. Para o autor, os professores vêm dando pouca atenção às interferências tecnológicas com que os alunos vêm tendo contato, desde estilo de vida, linguagens, entre outros aspectos, gerando indivíduos indiferentes ao cotidiano escolar.

Destarte, com base em Becker e Strieder (2011), pode-se evidenciar que um problema no ensino de ciências, especialmente o de Física, ocorre de maneira cíclica, em que o aluno da rede básica, considerando que este tem uma má formação em matemática, pode ser o mesmo aluno a realizar um curso de licenciatura e irá lecionar as mesmas disciplinas que não acompanhava.

Por fim, ressalta-se que o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física é um programa que trabalha para elaboração de produtos educacionais para melhoria no desenvolvimento de novos instrumentos e práticas em sala de aula. Desta forma, tornando-se um aliado na reconstrução do quadro aqui evidenciado.

3.2 A FÍSICA APLICADA EM CONTEXTO EDUCACIONAL

Ensinar ciências, para Sasseron (2015, p.52), vai ao encontro de dar atenção a produtos e processos, dando oportunidades de se olhar um corpo de conhecimentos que integra “uma maneira de construir entendimento sobre o mundo, os fenômenos naturais e os impactos destes em nossas vidas”. E na disciplina de Física não seria diferente, pois deve-se ressaltar que:

O processo ensino-aprendizagem de Física vincula-se diretamente ao campo das estruturas cognitivas dos indivíduos, a aprendizagem cognitiva. Neste sentido, discutir o processo escolarizado do ensino de Física requer uma identificação com as teorias cognitivas de aprendizagem, como forma de discutir os mecanismos que favorecem a compreensão dos conceitos e fenômenos físicos (ROSA; ROSA, 2005, p. 09).

Pesquisas sobre o ensino de Física no Ensino Médio, no Brasil, apontam que professores buscam uma metodologia que visa induzir, verificar, testar ou falsear as hipóteses ou teorias levantadas pelos estudantes, por meio da utilização da experimentação. Mas, Arruda, Silva e Laburú (2001, p. 104) suspeitam que há algo errado nessa busca, pois, afirmam que

é muito improvável que os estudantes, principalmente do ensino médio, consigam elaborar hipóteses explicativas interessantes para uma dada situação experimental, [...]. Quase sempre, caberá ao professor apontar as soluções e oferecer as saídas que tornarão a atividade experimental dotada de sentido e interessante aos estudantes.

Logo, corroboramos que há obstáculos em relação aos métodos postos em prática pelo professor com seus estudantes, uma vez que não se percebe o desenvolvimento da construção do conhecimento de Física por meio de uma práxis prazerosa, contextualizada e funcional.

Diante disso, frisa-se que renovar os métodos de ensino é entender que o processo de aprendizagem não é construído exclusivamente de teorização; afinal, a prática docente precisa apresentar e envolver os estudantes. Como nos dizem Arruda, Silva e Laburú (2001, p. 106), o que deve ocorrer “é o aprendizado de novos termos, que devem ser empregados de uma certa maneira, a qual é indicada ao aluno pelo professor, pelos livros, etc.”

Compreende-se que a utilização de método exclusivamente centrado na teorização, livros didáticos e aulas expositivas conduzirá o estudante ao desinteresse em aprender e pode resultar em atos de indisciplina escolar, devido à ausência de estratégia pedagógica motivacional que o insira em um processo de aprendizagem significativa. Considerando esses fatores e, principalmente, apoiando-se na linha de pensamento de Rosa (2011, p. 84) quando afirmar que “a aprendizagem ocorre à medida que os estudantes tomam consciência da

inadequação de suas concepções, renunciando a elas em favor dos conceitos científicos”.

A respeito da implementação da aprendizagem significativa como solução para a didática do ensino de Física, Krummenauer *et al.* (2010, p. 72) compreendem que:

A aprendizagem significativa contrasta, fundamentalmente, com a aprendizagem mecânica, na medida em que, na primeira, a nova informação interage com algum 'subsunçor', enquanto na segunda, não há nenhuma interação entre a nova informação e os conceitos ou proposições preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Uma das causas é a própria inexistência de subsunçores. Um exemplo de aprendizagem mecânica é a memorização de um conteúdo sem qualquer fundamentação que lhe dê significado.

Essa inserção de aprendizagem contribui para a motivação da aquisição de novos aprendizados no campo da Física em contexto educacional, até porque “uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é a predisposição em aprender” (KRUMMENAUER *et al.*, 2010, p. 73), o que é impossível proporcionar aos estudantes quando se opta por um processo de aprendizagem meramente mecânica, centrado na memorização de conteúdos transmitidos pelos professores em aulas exclusivamente expositivas, isto é, centralizada apenas no professor como o detentor do saber.

Além disso, é preciso atentar-se para a importância de incentivar e se propor a aceitar as experiências pessoais trazidas pelos alunos. Ao inserir essas experiências pessoais dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, o professor passa a valorizar o conhecimento vivenciado pelos estudantes e os permitem a fazer parte da aprendizagem, aliando-a de forma relevante e significativa à prática pedagógica a teoria-prática-vivência, ou seja, unindo os dois universos no qual o aluno está presente: o ambiente interno (escola) e o ambiente externo (vida pessoal).

Pensando nessas experiências dos alunos postas em discussão em sala de aula, a partir da própria iniciativa deles, o professor pode desenvolver os seus planos de aulas que as contemplem, pensando em explicar também os métodos de conhecimento ou método experimental, como é denominado, os quais são: observação dos fenômenos; medida de suas grandezas; introdução ou

conclusão de leis ou princípios que regem os fenômenos, de forma contributiva para a aprendizagem prática-teórica dos discentes, tornando as aulas de Física uma aprendizagem significativa.

Diante disso, reforça-se que é importante a implementação de novos métodos de ensino de Física, visando à aprendizagem significativa, a partir do conhecimento prévio dos alunos, assim ao pôr em prática uma nova didática que proporcione a eles a construção de um conhecimento mais próximo de sua realidade. No intuito de possibilitar aos estudantes um processo de aprendizagem mais significativa e consistente, faz-se necessário pensar na experimentação como foco investigativo como meio de aprender Física.

Imaginemos que um dos estudantes apresente ao professor a curiosidade sobre a propagação de ondas marítimas ou sobre o terremoto ou sobre o escorpião, o qual “localiza suas presas por meio de perturbações mecânicas transversais e longitudinais detectadas por sensores localizados em suas patas” (PIUBELLI *et al.*, 2010, p. 02), ou a propagação de ondas em uma corda. A partir destas, o professor pode introduzir o estudo de onda mecânica com a turma, iniciando pela conceituação de onda, explicado que esta é “um sinal transmitido, entre dois pontos, com uma dada velocidade, transportando energia e momento sem que haja movimento direto de matéria” (PIUBELLI *et al.*, 2010, p. 2).

Como também, explanando que as ondas mecânicas são “as sonoras, as ondas sísmicas ou ondas se propagando em uma corda”. Ademais, esclarecer que “outra característica principal é que a dinâmica dessas propagações é governada pelas Leis de Newton” (PIUBELLI *et al.*, 2010, p. 2). E que “uma onda se propaga através de um meio como água, aço ou uma corda esticada” (HALLIDAY *et al.*, 1996, s/n).

Após essa introdução teórica sobre o assunto, o professor pode escolher um ou alguns dos itens de curiosidade do aluno expostos para fazer um experimento, proporcionando a eles pôr em prática o que fora abordado na conceituação.

Portanto, prioriza-se uma aprendizagem significativa, por meio da descoberta que é inteiramente espontânea e está relacionada com o conhecimento anterior, o qual se transformará em novos conhecimentos, sendo, então, significados tanto assimilados a relações não-arbitrárias como também por meio das relações substantivas, mesmo sabendo que, as salas de aula

escolares não representam espaço físico “com preocupação voltada ao desenvolvimento de práticas próprias, mas sim ao desenvolvimento de práticas didáticas e pedagógicas que podem não corresponder, de modo adequado, ao que se espera do ensino de um campo de conhecimento” (SASSERON, 2015, p. 53).

Dessarte, Moura e Vianna (2019, p.03) entendem que “o processo de ensino-aprendizagem precisa superar os desafios que aparecem nas escolas e um desses desafios é fornecer ao aluno uma explicação aos fenômenos da natureza de forma simples com abordagens” capazes de proporcionar ao estudante uma aprendizagem significativa acerca dos fenômenos do ensino de Física.

Em suma, é relevante frisar que a prática e o contexto da realidade vivida pelo estudante são os espaços da educação escolar a serem considerados agora no âmbito educacional, para isso não se faz necessário renunciar os ambientes institucionais, pois ambos podem e devem caminhar juntamente. Ou seja, é de suma importância implementar uma prática docente que vise à aprendizagem significativa para os estudantes participantes do processo de aprendizagem do ensino de Física.

3.2.1 A prática em laboratório como aprendizagem significativa

Quando pensamos em processo de aprendizagem não é generalizar e transferir conceitos ou princípios explicativos referentes a situações ou a contextos de aprendizagem, porque a aprendizagem significativa deve ser implementada no espaço escolar a partir da disposição do aluno em aprender, além da memorização mecânica de conteúdo, e considerar os conteúdos escolares potencialmente significativos, os quais devem ser lógicos e psicológicos, conforme a experiência de cada indivíduo. Afinal, o estudante é capaz de filtrar conteúdos significativos daqueles que não o são para a sua aprendizagem.

Considerando as proposições de Ausubel (1982) e ao saber que a Física é considerada uma ciência experimental, faz-se necessário aos professores compreenderem que as atividades práticas em laboratório, quando bem mediadas, podem proporcionar aos alunos aprendizagem significativa, além de

visar que mediante os cinco sentidos o sujeito constrói “conhecimentos sensíveis, cujas principais formas são a sensação e a percepção, proporcionando a relação com nosso interior e exterior” (MORRONE; ARAÚJO; AMARAL, 2009, s/n). Logo, essa prática os conduz a interpretar e a criticar resultados provindos de experimentos e demonstrações.

Assim, entende-se que a didática experimental é um caminho essencial para o processo de ensino e aprendizagem de alunos portadores de necessidade educacional especial, como os com dificuldades visuais parcial ou total. Desta forma, o sistema educacional garante a esses estudantes o direito à sua inclusão em sala de aula comum, o que está previsto na Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB).

Considera-se, ainda, que é preciso implementar um ensino de Física “que condicione a aproximação de apropriação de um conjunto de saberes de real importância” (BAPTISTA; SIQUEIRA, 2018, p. 552), visando uma consonância entre o homem e suas necessidades diante da sociedade contemporânea. Para isso, é de suma relevância adotar uma nova prática pedagógica capaz de incentivar “o espírito questionador e investigador dos alunos, ampliando sua visão de mundo [...]” (ROSA; ROSA, 2012, p. 19). Ou seja, um ensino contributivo para a compreensão do indivíduo de sua realidade, pondo em prática conhecimento que o leve a identificar e solucionar os problemas do cotidiano. Logo, Baptista e Siqueira (2018) ressaltam que o ensino de Física deve ser pautado em uma didática de ensino contextualizado (teoria e práticas experimentais caminhando juntamente no processo de aprendizagem).

Pode-se afirmar, ainda, que o uso da tecnologia é um recurso essencial para a implementação de um novo ensino de Física em sala de aula, principalmente no que tange o acesso à Tecnologia Assistiva como forma de inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais. Sabe-se, portanto, que as Tecnologias Assistivas têm como objetivo principal “dar a possibilidade para que a pessoa possa construir sua independência motora, auditiva, mental ou de qualquer outro tipo de deficiência” (VIVAS; TEIXEIRA; CRUZ, 2017, p. 199). Assim, é preciso construir “novas possibilidades e caminhos para que o docente seja capaz de apropriar-se dos recursos de acessibilidade e, conseqüentemente, aprimorar sua formação para que possa adequar sua prática com as necessidades” (p.199) de alunos com dificuldades

especiais de aprendizagem. E um dos recursos que pode ser utilizado em sala de aula é a implementação de experimento durante as aulas de Física.

Quando se refere à educação especial, principalmente para os portadores de cegueira e surdez, o ensino de ondas mecânicas possibilita estudar a Física da própria voz e da importância de elas transmitirem energia, também porque elas “servem como princípio físico de comunicação e orientação entre indivíduos de uma mesma espécie incluindo os seres humanos” (VIVAS; TEIXEIRA; CRUZ, 2017, p. 202).

Enfim, o professor precisa se aventurar na busca constante de novas práticas pedagógicas que sejam significativas ao processo de aprendizagem dos estudantes, seja com ou sem necessidades educacionais especiais. Como também, considerar “a realidade do aluno e contextualizar o assunto abordado para que o mesmo encontre correspondência com o modo como percebe o mundo” (VIVAS; TEIXEIRA; CRUZ, 2017, p. 213).

Com relação à prática docente no ensino de Física, é notório ressaltar que a falta de atividades experimentais em sala de aula no ensino médio, por exemplo, é o reflexo de um ambiente educacional que não oferece condições palpáveis para os educadores exercerem seu ofício em prol de uma educação de qualidade, significativa ao processo de aprendizagem dos alunos. Essa impossibilidade é ocasionada pelos seguintes fatores: “indisponibilidade ou qualidade de material, excessivo número de alunos em sala de aula, formação precária dos professores, pouca biografia para orientá-los, restrições institucionais” (LABURÚ; BARROS; KANBACK, 2007, p. 306). Pode-se elencar também a falta de tempo para as aulas, indisponibilidade de sala de laboratório, assim como ausências de horário específico, laboratorista, programação e articulação entre as atividades e processo de ensino, de atividades preparadas, tempo para planejamento pedagógico, de recursos para a compra, substituições de equipamentos e de materiais de reposição, entre outros.

Fatores como esses nos levam a refletir sobre a relação pessoal mantida entre professor e o seu saber profissional, pois “o fator determinante para o emprego ou não de atividades empíricas, pode estar conduzindo a sua prática docente conforme determina as condições do sistema de ensino público brasileiro.

Evidencia-se, portanto, que o objetivo a ser ponderado pela instituição de ensino e os seus agentes é proporcionar ao estudante situações favoráveis à autonomia na aprendizagem, ou seja, ao desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico-reflexivo, visando-se romper com o tradicionalismo para se pautar em um ensino significativo. Desta forma, o processo de ensino-aprendizagem torna-se contributivo e com visão na “capacidade de aprender e de continuar aprendendo ao longo da vida” (DA ROSA; GHIGGI, 2018, p. 32).

O exposto leva-nos a refletir sobre a necessidade de “possibilidades didáticas para o Ensino de Física que favoreçam a autonomia e o aprender a aprender” (DA ROSA; GHIGGI, 2018, p. 32).

Compreende-se que a experiência é uma atividade histórica da humanidade, um atributo inerente ao ser humano e responde mediante a interação do indivíduo com o meio ambiente, além de ser construída a partir de investigações de pesquisadores para uso exclusivo no processo de desenvolvimento de um conhecimento científico. Mas, conforme nos apontam Arruda, Silva e Laburú (2001, p. 110)

o professor terá a clareza de que o que está em jogo é a aprendizagem da linguagem científica e, em especial, o ajuste entre um discurso teórico e um experimental, os quais, apesar de problemáticos, cada um deles a seu modo, irão compor, ao final um todo, a linguagem única e coerente do paradigma que está sendo ensinado.

Por conseguinte, cabe ao professor proporcionar aos educandos um processo teórico e prático do ensino de Física, minimizando o caráter problemático do aprendizado científico com experiências.

3.3 DESAFIOS DA EDUCAÇÃO DE PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL

A educação de pessoa com alguma deficiência vem sendo colocada em debate há muitos anos, diante desses debates surgem projetos de leis que garantem ao cidadão com necessidade educacional específica o seu direito à educação. No entanto, ainda é possível constatar as dificuldades de

cumprimento da lei perante a sociedade no que tange à inserção de alunos na educação especial, pois muitos centros educacionais do país ainda são agentes de construções de barreiras entre o aluno com deficiência e o processo de ensino e aprendizagem. Essas barreiras quando não são de caráter estrutural da instituição de ensino, são referentes à capacitação profissional dos sujeitos que vão lidar diretamente com a educação da criança, adolescente ou adulto com necessidade educacional especial, apesar da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000, “Lei da Acessibilidade”, a qual foi alterada em 2017 pelo Projeto de Lei nº 6860, de autoria do Deputado Federal Rômulo Gouveia (PSD-PB), estabelecia “normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências” (BRASIL, 2000), ainda é possível presenciar a dificuldades dos portadores de deficiência no que tange aos aspectos urbanísticos e arquitetônico quanto às dimensões de comunicação, transporte, assim como, o acesso à informação.

De acordo com Nuernberg (2008) essa discussão acerca da educação de pessoas com deficiência pode ser encontrada nas obras do psicólogo bielo-russo Vygotsky (1896-1934). Ele procurava através dos seus estudos acerca da “análise da linguagem do desenvolvimento de surdos e deficientes visuais”, a compreensão dos “aspectos da gênese social do funcionamento psicológico superior” (NUERNBERG, 2008, p. 308). Outro motivo que aguçou o seu interesse nesse estudo, deu-se por causa da “situação de milhares de crianças em condição de vulnerabilidade, muitas dessas com deficiência” (NUERNBERG, 2008, p. 308), durante o período de pós-revolução de 1917.

Conforme os estudos de Vygotsky, a deficiência pode ser secundária ou primária, esta relativa a problemas de ordem orgânica e aquela “engloba as consequências psicossociais da deficiência” (NUERNBERG, 2008, p. 309). Dessa forma, afirma-se que:

Essas limitações secundárias, portanto, são medidas socialmente, remetendo ao fato de o universo cultural estar construído em função de um padrão de normalidade que, por sua vez, cria barreiras Físicas, educacionais e atitudinais para a participação social e cultural da pessoa com deficiência (NUERNBERG, 2008, p. 309).

Estudantes com necessidades educacionais especiais costumam ter sua capacidade intelectual contestada perante a sociedade. Contudo, sabe-se que elas, principalmente as surdas e cegas, são capazes de aprender, assim como as demais que não apresentam nenhuma deficiência. É preciso compreender que os métodos de aprendizagem não são os mesmos, que se deve priorizar adaptações de currículo, estratégias pedagógicas, materiais didáticos, entre outros.

Deve-se, portanto, considerar, conforme ressalta Mosquera (2014, p. 74), que “a deficiência visual, que abrange tanto a cegueira como a baixa visão ou visão subnormal, atinge um grande número de pessoas, apesar dos avanços nos últimos anos em relação a diagnósticos e tratamentos das doenças oculares”. Logo, essas pessoas precisam ter o seu direito à educação garantido, não só por lei, mas pelas instituições, as quais precisam ofertar aos cidadãos com deficiência visual um espaço acessível acerca da mobilidade e uma metodologia que lhe garanta o direito a aprender de forma qualitativa e equitativa.

Outrossim, Silva e Silva (2019) afirmam que quando o professor se assume inclusivo passa a construir práticas pedagógicas juntamente “aos seus pares, de forma dialógica e participativa, afinal, uma escola base na Educação Inclusiva não se trata da [...] ação de apenas um profissional da educação” (p. 87). Complementam ressaltando que:

É preciso construir uma cultura, em que todos e todas sejam parte do processo, sendo sujeitos atuantes, cooperativos e solidários. Assumindo a luta pelo direito à educação desse público em todas as suas especificidades, enquanto compromisso pedagógico, político e social (SILVA; SILVA, 2019, p.87).

É importante também pensar em uma prática pedagógica que esteja embasada nos Direitos Humanos para que possa proporcionar “conhecimento, promover autonomia e emancipação, refletir a existência e as relações entre os diferentes grupos” compostos perante a sociedade, “articular diferentes saberes, sendo base transversal para eles, além do empoderamento, reconhecimento, cidadania e combate à violação de direitos” (SILVA; SILVA, 2019, p. 88-89).

No que tange as questões dos métodos mais adequados para desenvolver o processo de ensino e aprendizagem de alunos não vidente,

Camargo (2016, p. 23) afirma ser de suma importância o enfoque na formação dos professores para que assim seja possível obter um “trabalho pedagógico adequado”, passando, portanto, “pelo entendimento do papel da diferença nos contextos educacionais, bem como da diversidade em suas mais variadas nuances” (CAMARGO, 2016, p. 23). Ainda de acordo com o autor:

Docentes em formação precisam se envolver na esfera teórico-prática com os temas da inclusão e das necessidades educacionais especiais tendo como pano de fundo o paradigma da heterogeneidade e o trato com a identidade e a diferença, não somente de forma apartada em um curso, mas transversalmente em todas as disciplinas (CAMARGO, 2016, p. 25).

Os métodos a serem implementados no processo de aprendizagem dos alunos não videntes e videntes podem ser considerados como relevante à construção e à adaptação pelos licenciados de maquetes tri e bidimensionais que representem fenômenos e conceitos do assunto abordado em sala de aula. Sobre esse tópico o autor chama a atenção para o estudo da Física, pois,

Segundo a didática multissensorial, o tato, a audição, a visão, o paladar e o olfato podem atuar como canais de entrada de informações importantes. Nessa perspectiva, a observação deixa de ser um número estritamente visual. Observar requer a captação do maior número de informações por meio de todos os sentidos que um indivíduo possa pôr em funcionamento (CAMARGO, 2016, p. 31).

Sobre a multissensoriedade, ressalta que essa é útil e benéfica tanto para os estudantes com ou sem problemas visuais. Afinal, ela reforça e intensifica da mesma forma o significado do aprendizado científico de ambos os educandos inseridos nesse processo. Até porque,

A didática multissensorial é um método pedagógico de interesse geral para o ensino e a aprendizagem das Ciências Naturais e experimentais, que utilizam todos os sentidos humanos possíveis relacionando-os de modo a formar conhecimentos multissensoriais completos e significativos (CAMARGO, 2016, p. 33).

Sabe-se que alguns conceitos da Física se caracterizam pela diversidade sensorial, portanto, pensar em um processo de ensino e aprendizagem dessa disciplina “com fundamentação em múltiplas percepções não é condição apenas

para incluir alunos com deficiência visual” (CAMARGO, 2016, p. 38), mas também construir significados físicos para os discentes videntes que fazem parte desse universo onde são indivíduos em formação.

Na continuidade da discussão sobre as metodologias a serem aplicadas no processo de aprendizagem para alunos não videntes, Camargo (2016) faz menção ao uso de Tecnologia Assistida no que compete ao ensino de Física em um contexto de Educação Inclusiva. Enfatizando a tecnologia de interface cérebro-computador com um meio de contribuir para a autonomia de indivíduos com alguma deficiência “enquanto pessoa participante de um meio social” (CAMARGO, 2016, p. 130).

Ainda sobre o ensino de Física, Nunes (2011) enfatiza que a dificuldade dos alunos não videntes durante o ensino de Física no âmbito escolar se dá mais por questão metodológica do que por uma limitação intelectual do estudante com necessidade educacional especial. Pode-se considerar também que:

A dificuldade torna-se ainda maior à medida em que o grau de escolarização aumenta, impossibilitando o estudante com deficiência visual de concluir, até mesmo, as etapas de escolarização anteriores ao ingresso na universidade: os ensinos Fundamental e Médio (COSTA *et al.*, 2006, p. 151).

É sabido, portanto, que muitos docentes têm dificuldades de “planejar, elaborar e ministrar, em situações reais de sala de aula, tópicos de ensino de óptica a uma turma de estudantes” (NUNES, 2011, p. 50) com dificuldade de visão, principalmente nos casos de alunos com cegueira total. O que acarreta o problema de dificuldade de aprendizagem nessa parcela da sociedade estudantil na educação formal de ensino ou uma falsa inclusão, na qual o aluno com cegueira, principalmente a de característica total, ocupa um espaço na sala de aula, mas não está inserido de fato no contexto educacional. Neste ele não consegue aprender e tem sua aprovação no ano escolar mediante apenas a sua condição especial e não sua capacidade intelectual de aprendizagem. Prática que o leva a “concluir” todo o círculo de estudos, mas não adquire o conhecimento necessário condizente a sua formação escolar, ou seja, com muitas lacunas de aprendizagem.

Por isso que se faz presente a importância de pensar a inclusão não como algo que,

Se restringe em promover a tolerância às diferenças, mas vai além, quando aponta para sua aceitação princípio pelo qual se buscará construir na sociedade um lugar comum, onde as pessoas convivam e interajam independentemente do fato de possuírem ou não deficiência (CALDAS, 2017, p. 32).

E o primeiro passo para isso é um processo de ensino e aprendizagem que seja composto com metodologia inclusiva tanto para os alunos com ou sem deficiência visual. Outro ponto de suma importância a se considerar é a exclusão dessa segregação “sem” e “com”, assim como, “deficiente” e “normal”. E passar a prevalecer a igualdade social entre os indivíduos inclusos no mesmo espaço e situação de aprendizagem, sem nomenclaturas ou qualquer outra distinção entre eles.

O que fica perceptível após os expostos é que os professores atuantes nas salas de aulas não estão preparados didaticamente para ofertar um processo de ensino e aprendizagem adequado aos alunos não videntes, assim, apesar do acesso à educação formal garantido por lei de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (Lei nº 9394/96) e o fato de se prezar pela inclusão nos ambientes escolares, o que já é um grande avanço para as escolas deste país, estes espaços ainda não garantem uma inclusão de fato.

Isto só poderá ocorrer quando a metodologia desempenhada pelo educador em suas aulas abranger os alunos com e sem dificuldades de visão parcial e/ou total. Enquanto isso não acontecer, o que se pode evidenciar são fatos esporádicos mediante o comprometimento de educadores com visão e engajamento por uma educação de qualidade e inclusiva nos centros de ensino públicos do país, o que já é um avanço significativo para a educação brasileira, por mais que o poder público não reconheça o valor desses profissionais que lutam por uma educação realmente para todos.

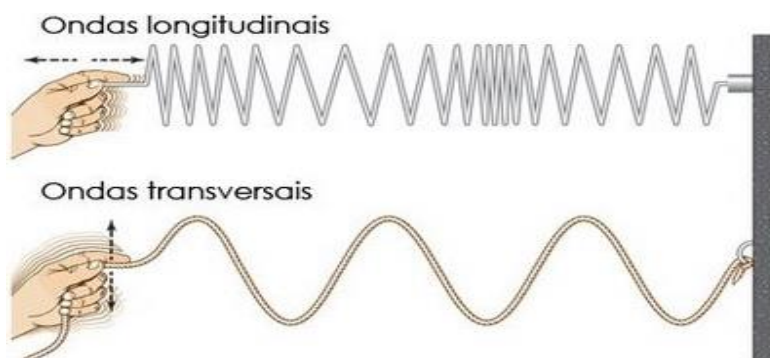
É importante esclarecer que frisamos a escola pública diante do que foi discutido, porque é notória a discrepância entre a realidade do sistema particular e público de ensino no Brasil. Claro que muitos avanços já ocorreram no ensino público brasileiro, no entanto, muito ainda deve ser feito para que possamos ter uma nova realidade educacional acessiva/inclusiva a todos os discentes brasileiros que necessitam ser assistidos nesse aspecto.

4 ESTUDO INTRODUTÓRIO EM ONDAS MECÂNICAS E ACÚSTICA

Entende-se que uma onda é uma perturbação que se propaga, transportando energia, de um ponto para outro, sem que haja deslocamento de matéria. Elas podem ser classificadas de acordo com a direção de propagação, como transversais e longitudinais.

As ondas transversais são aquelas cuja direção de propagação é perpendicular à direção em que o meio vibra. Já as ondas longitudinais, são aquelas na qual a direção de propagação é paralela à direção de perturbação do meio, como é verificado na Figura 1, a seguir.

Figura 1 – Tipos de propagação de ondas: longitudinal e transversal.



Fonte: <http://www.explicatorium.com/cfq-8/caracteristicas-das-ondas.html>

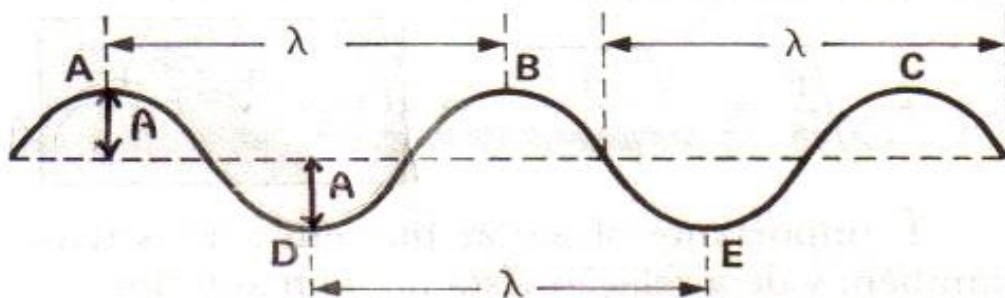
Outras propriedades importantes para descrever as ondas são:

- Comprimento de onda
- Frequência
- Amplitude
- Período

O comprimento de onda (λ) é a distância entre dois pontos sucessivos em que a configuração se repete, podendo ser, por exemplo, máximos (cristas) ou dois mínimos (vales). A amplitude (A) é a distância entre um máximo (ou um

mínimo), e a posição de equilíbrio. A Figura 2 mostra a relação entre essas propriedades em uma onda transversal.

Figura 2 – Relações entre o comprimento de onda e amplitude.



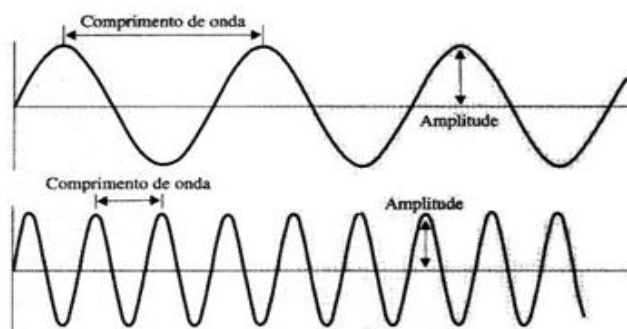
Fonte: http://fap.if.usp.br/~lumini/j_exposit/axpo_onda_chris01.htm

A frequência (f) é a quantidade de vibrações (ciclos) que a onda faz por intervalo de tempo. O período (T) é o tempo gasto para que se complete uma oscilação. A relação entre período e frequência é verificada na equação (1).

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

Uma importante relação entre o comprimento de onda e a frequência é que essas grandezas são inversamente proporcionais, para uma onda que se propaga com velocidade constante, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Quando a frequência aumenta, percebe-se que a onda possui mais ciclos e seu comprimento de onda diminui.



Fonte: http://www.fonologia.org/acustica_osom_2.php

A equação 2 mostra matematicamente esta relação:

$$v = \lambda \cdot f \quad (2)$$

Onde v é a velocidade da onda no meio.

Quanto à sua natureza, uma onda pode ser classificada como mecânica ou eletromagnética. Ondas eletromagnéticas são aquelas que não necessitam de um meio material para se propagar, ou seja, podem se propagar no vácuo, como, por exemplo, a luz. Já as ondas mecânicas são aquelas que necessitam de um meio material (sólido, líquido ou gasoso) para se propagar, como, por exemplo, ondas em uma corda, ondas do mar e ondas sonoras.

4.1 ONDAS MECÂNICAS

O estudo das ondas mecânicas é feito em várias áreas do conhecimento, como Sismologia, Fonoaudiologia, Oceanografia, Meteorologia, Música, entre outras áreas.

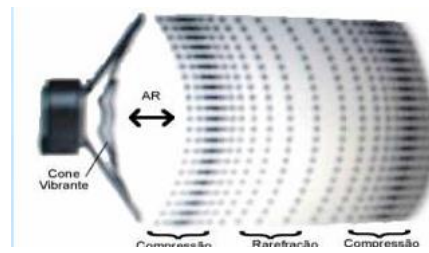
Por exemplo, os sismólogos estudam ondas sísmicas que são causadas por vibrações provenientes de terremotos. Na Oceanografia, estudam-se ondas no mar, ondas de maré. Na Meteorologia, existem perturbações cíclicas atmosféricas como, ondas de gravidade, ondas planetárias, ondas de Kelvin, entre outras. Na Música e na Fonoaudiologia o tipo de onda estudada é a sonora, que é o principal tema deste trabalho.

4.1.1 Ondas sonoras

Ondas sonoras são longitudinais e resultam da compressão e rarefação alternada das partículas que compõem o meio onde a onda se propaga. Quando falamos, causamos uma perturbação no ar. Uma diferença de pressão no ar é o que possibilita sua propagação.

Ondas sonoras podem ser produzidas por objetos vibrando, como o diafragma de um alto-falante ou um diapasão, como pode ser verificado nas Figuras 4 e 5.

Figura 4 – Objeto que produz ondas sonoras.



Fonte: <http://www.projetos.unijui.edu.br/>

Figura 5 – Outro objeto que produz ondas sonoras.

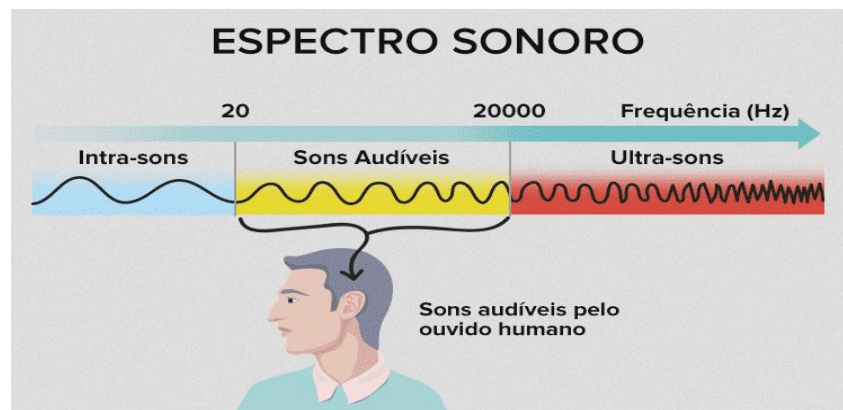


Fonte: <https://pt.slideshare.net/susyfig/onda-sonora-site>

O sistema auditivo de uma pessoa sem problemas de audição é sensibilizado por ondas sonoras de frequência entre, aproximadamente, 20 Hz e 20 000 Hz. As ondas sonoras nesta faixa audível são denominadas sons.

Na Figura 6, pode-se observar como ocorre a onda sonora de frequência de som audível pelo ouvido humano, tendo seu início no *intra-sons* até chegar ao *ultra-sons*.

Figura 6 – Faixa de frequência de som audível



Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/fisica/ondas-sonoras>

A velocidade de propagação do som nos sólidos é maior do que nos líquidos, que por sua vez é maior do que nos gases. Velocidade do som no ar a 20 °C é 340 m/s ou 1 224 km/h; na água a 15 °C é 1 450 m/s; ferro é 4 480 m/s, logo, quanto mais denso o material, maior a velocidade do som.

Os ser humano produz ondas sonoras por meio das pregas vocais, que funcionam como uma fonte sonora, e os ouvidos (parte inferior da orelha) como um receptor, como ilustrado na Figura 7.

Figura 7 – Ilustração da produção de detecção de ondas sonoras.



Fonte: <https://www.wikiwand.com/pt/Som>

Logo, o ouvido humano é um detector natural de ondas sonoras, sendo assim, é importante compreender melhor o funcionamento deste órgão.

4.2 OUVIDO HUMANO

A captação do som até sua percepção e interpretação ocorre por meio de uma sequência de transformações de energia, inicia-se pela sonora, passa pela mecânica, e finaliza com a energia elétrica dos impulsos nervosos que chegam ao cérebro. A Figura 8 ilustra a captação da onda sonora pelo ouvido humano.

Figura 8 – Ilustração do ouvido humano.

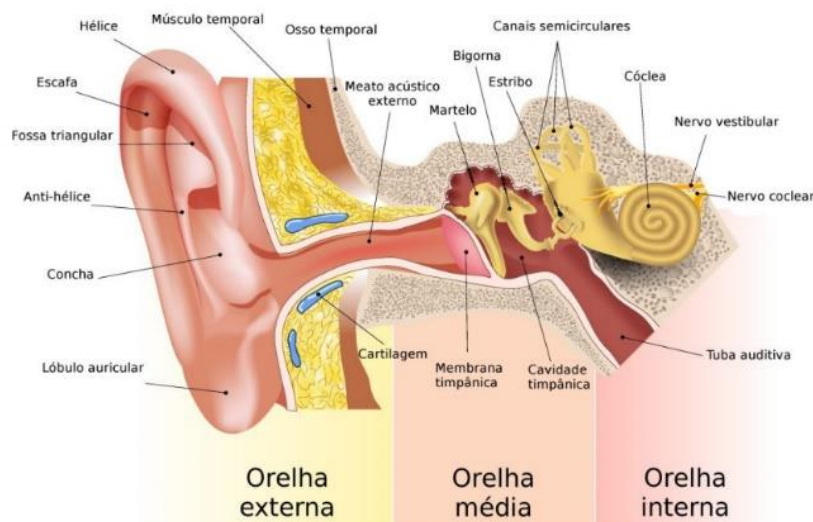


Fonte: <http://xsom2.blogspot.com/2010/03/ouvido-humano.html>

A saber, de acordo Silva (2013), a estrutura vestíbulo-coclear do ser humano, a qual se localiza no osso temporal na caixa craniana, e antes denominada de ouvido, divide-se em três partes: orelha externa, orelha média e orelha interna. A orelha externa é responsável por captar e conduzir a onda sonora. A orelha média apresenta importante papel na transmissão da energia sonora. Na orelha interna é onde a onda mecânica é transformada em impulso elétrico.

A Figura 9, apresenta a anatomia dessa estrutura vestíbulo-coclear humana.

Figura 9 – Anatomia da orelha humana.



Fonte: Shutterstock.com / Ilustração: SVETLANA VERBINSKAYA apud
<https://www.infoescola.com/audicao/ouvido/>

Na orelha média as vibrações das ondas sonoras fazem vibrar o tímpano. Ele, por sua vez, repassa as vibrações para três ossinhos: o martelo, a bigorna e o estribo, que as amplificam até 22 vezes e sendo captadas pela cóclea localizada na orelha interna, que por meio das células ciliadas, que quando estimuladas, emitem pulsos elétricos para o cérebro em forma de sinal neural.

5 PRODUTO EDUCACIONAL

A nossa proposta de intervenção desenvolvida para esta dissertação, ou seja, o nosso produto educacional (APÊNDICE D) é uma sequência de aulas com características inclusivas para alunos não videntes ou baixa visão junto a utilização de um Kit Experimental Biofísico (KEB). O objetivo é potencializar a aquisição e a construção dos conhecimentos sobre os conceitos, as características, a propagação e a transmissão das ondas mecânicas por estudantes da 2ª ou 3ª Série do Ensino Médio de acordo com o projeto pedagógico da escola.

O produto tem como título *Sequência de aulas para o ensino de ondas mecânicas em uma perspectiva inclusiva com a utilização de um kit experimental biofísico (KEB)*. Foi construído à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1982), de modo que incentivasse o professor de Física a buscar conhecimentos sobre a utilização de componentes eletrônicos para o desenvolvimento de kits experimentais, o desafiando a planejar aulas diferenciadas e inclusivas. Quanto ao KEB, construído com dispositivos de baixo custo, foi construído na perspectiva de tornar o conteúdo de ondas mecânicas significativo e relevante também para o estudante com deficiência visual.

Nele, o professor de Física encontrará 4 partes. Além da apresentação, que traz o objetivo, o significado de sequências de aulas e do kit experimental; apresenta-se como construir o KEB, ou seja, o manual de instruções, devidamente ilustrado e explicativo. Na terceira parte mostram-se que a sequência é composta por quatro encontros, com cem minutos cada um, que equivale a duas aulas de cinquenta minutos. O Objetivo geral dos encontros é construir junto com os estudantes o conceito de ondas, identificar os processos de propagação de uma onda, transmissão e suas características. Por último, apresentamos as nossas considerações acerca do produto.

5.1 RELATO DETALHADO DA CONSTRUÇÃO DO KEB DURANTE A PESQUISA

O percurso metodológico da pesquisa perpassou por diversos estudos, dada a escolha pela pesquisa bibliográfica, até para subsidiar o referencial

teórico. Um dos principais teóricos estudados foi Ausubel (1982) para entender sobre aprendizagem significativa, uma vez que ela é um dos pilares deste estudo. Posteriormente, foi elaborado um levantamento teórico sobre questões voltadas ao ensino inclusivo, à luz das experiências de Camargo (2005), pois um dos objetivos deste trabalho é ter um olhar aos estudantes com necessidades específicas, entre outros autores que se dialoga no referencial teórico.

O desejo de elaborar uma sequência de aulas com atividades voltadas ao uso dos demais sentidos do corpo humano, além da visão, em especial, o sentido do tato não foi novo. Iniciou-se a partir da participação em um curso de formação continuada, no ano de 2006, destinado para professores de Física em que se discutiu e se estudou, entre outras temáticas, um ensino de Física inclusivo. Desde então, na condição de professor de Física, elaborar um recurso para pessoas com baixa visão ou mesmo cegas sempre foi uma instigação.

Na busca dessa elaboração, agora, na oportunidade de propor um produto educacional, ao olhar para o currículo da disciplina de Física, de acordo com as propostas apresentadas na BNCC, uma questão afluía-se: Como fazer com que um estudante com baixa visão ou mesmo deficiente visual perceba a propagação e transmissão de uma onda mecânica? Como ele, sem ver a representação de uma onda por meio de uma figura (imagem), identificaria, por exemplo, os elementos dela?

Nessa perspectiva, o produto educacional foi pensando. Definiu-se, portanto, que deveria ser uma sequência de aulas com atividades associadas ao KEB. Mas, que experimento seria realizado ao mesmo tempo por alunos com baixa ou sem visão e alunos videntes?

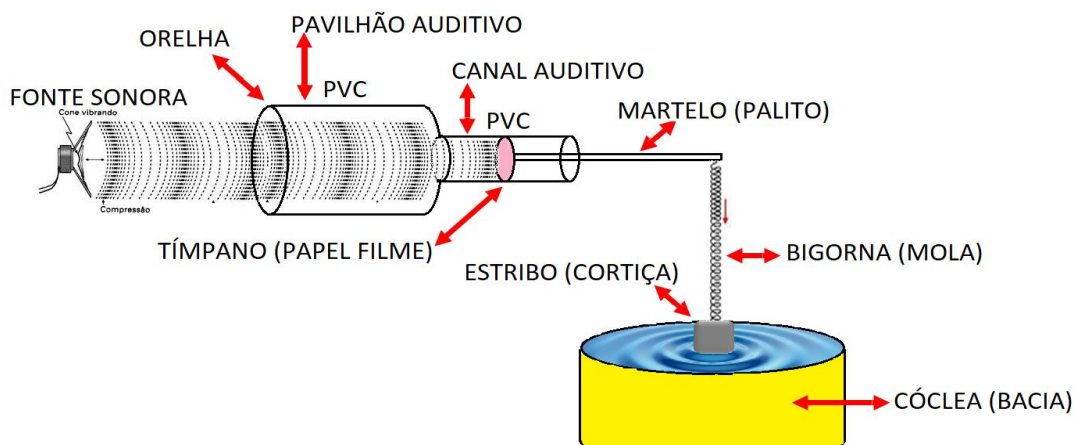
Assim, a opção foi construir com sucata ou com material de baixo valor comercial um objeto que representasse um ouvido humano, de modo que qualquer professor de Física pudesse construí-lo e usá-lo em suas aulas em turmas de 2ª e 3ª série do Ensino Médio.

Iniciou-se, portanto, a construção do tal Kit. Assim, a primeira ação foi um desenho desse ouvido no papel, uma representação de como seria aquilo que fora imaginado; passando, desde então, a chamar de Kit Experimental Biofísico (KEB) por representar um ouvido humano.

A Figura 10 mostra a representação do ouvido humano, a partir de materiais de baixo custo. Uma fonte emite um sinal sonoro, que é captado por

um cano de PVC (150 milímetros) que representa a orelha (pavilhão auditivo). Em seguida, o som passa pelo canal auditivo, constituído por um cano de PVC (100 milímetros). Um pequeno pedaço de papel filme representa o tímpano que vibra ao receber o sinal sonoro, essa vibração é repassada para um palito (posteriormente, para teste, foi substituído por um canudo de plástico, como pode ser verificado na Figura 25) que representa o martelo, que por sua vez, possibilita a oscilação de uma mola que está reproduzindo a bigorna. Por fim, em uma bacia com água será provocadas pequenas ondas devido a perturbação causada pela mola, representando a captação do sinal sonoro pela cóclea.

Figura 10 – Ilustração computadorizada do KEB.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

A partir do modelo inicial do KEB, iniciou-se uma pesquisa sobre quais materiais deveriam ser utilizados para o desenvolvimento do protótipo e assim materializar a ideia inicial do equipamento.

O primeiro protótipo (Figura 25) foi desenvolvido fora do laboratório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), logo, os resultados da construção do KEB não atendeu o objetivo pretendido para o processo de aprendizagem de onda mecânica para alunos com deficiência visual ou com baixa visão, pois não permitia ao aluno sentir a vibração transmitida para a água quando colocava a mão no recipiente com água. No entanto, o experimento pôde ser aplicado no processo de ensino de Física para alunos videntes e para os com deficiência auditiva. Entendendo que

os alunos surdos irão ter o estímulo visual para entender como funciona a captação da onda sonora e até compreender o porquê de ele não escutar.

Figura 11 – Primeiro protótipo do KEB



Fonte: Arquivo pessoal do autor

No primeiro protótipo, todos os procedimentos experimentais eram muito grosseiros e pouco eficientes. Nesse processo anterior ao laboratório, foram utilizados cano de PVC, papel filme, canudo, mola, cortiça e vasilha com água.

Desta forma a vibração da onda sonora seria absorvida pela película de papel filme transmitida para o canudo em seguida para a mola, chegando até a água, assim o aluno sentiria a vibração ao colocar a mão no líquido presente no recipiente.

Esse procedimento experimental objetivava proporcionar ao aluno com alguma deficiência visual perceber a propagação e a transmissão de uma onda mecânica (sonora) ao chegar na água. Contudo, constatou-se que o resultado ainda não atendia o objetivo pretendido, mesmo utilizado uma caixa de som de alta potência que produzia ondas sonoras de altas frequências, mesmo assim, surtiu um resultado discreto; haja vista que só era possível observá-las visualmente. Logo, não atingindo o objetivo esperado.

Partindo do princípio de que o experimento tem pretensões pedagógicas, isto é, deve ser possível de aplicação em uma sala de aula e contribuir didaticamente para o processo de ensino de Física para alunos não videntes ou com baixa visão, constatou-se que o experimento não atingiria o seu objetivo pré-definido, pois a sua aplicação no espaço educacional poderia ocasionar incômodos; entendendo que utilizar de uma caixa sonora de alta potência traria

desconforto tanto para os estudantes envolvidos no teste experimental como também para os demais alunos e profissionais presentes nesse espaço escolar. Haja vista que o som amplificado em sua máxima potência alcançaria outros cômodos da instituição, prejudicando, portanto, o processo de aprendizagem de outros discentes, assim como do público-alvo da aula experimental.

Essa constatação resultou no primeiro desafio: Como fazer para transmitir as ondas mecânicas (sonoras) de baixa frequência que era absorvida pela película, já que o canudo não proporcionava um bom resultado?

Diante deste questionamento, foi realizada uma pesquisa sobre como ensinar ondas mecânicas a deficientes visuais. Foi usado como fonte principal, um trabalho intitulado: “Ouvido mecânico: um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora” (ERROBIDART *et al.*, 2014). Trata-se de um artigo acerca de um dispositivo experimental sobre a propagação de ondas sonoras no ouvido externo e médio; além de apresentar orientações de utilização desse dispositivo como proposta de estudo qualitativo sobre o assunto supracitado de Física.

A partir deste estudo, foi possível iniciar uma nova versão para o KEB. Tendo, assim, o conhecimento de que o experimento a ser desenvolvido era a representação de um ouvido humano. Far-se-ia necessário capitar a vibração que a onda sonora causaria na película representativa do tímpano. A saber, no primeiro momento, utilizou-se o papel filme e, em seguida, uma bexiga de aniversário, conforme Figura 12.

Figura 12 – Dispositivos mecânicos para propagação da vibração de uma onda sonora



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Percebeu-se, que o experimento deveria ser produzido a partir de dispositivos eletrônicos, ao invés de tecnologia mecânica. No laboratório do IFRN, foi possível aprimorar o KEB, pois, foi disponibilizado todo equipamento essencial para o desenvolvimento do projeto. Desta forma foi possível amplificar a vibração conforme ocorre no ouvido humano, quando essa vibração chega aos ossículos, denominados martelo, estribo e a bicórnea, antes de chegar a cocria. Para tal, seria necessário utilizar um dispositivo afixado à película capaz de absorver e retransmitir a vibração da onda sonora. A partir dessa necessidade surgiu a ideia de utilizar um sensor de pressão/impacto – piezo (Figura 27), capaz de medir intensidade de toques e batidas. Esse seria o mesmo sensor utilizado para criar bateria eletrônica (instrumento musical).

Figura 13 – Dispositivo Piezo (Sensor de pressão/impacto)



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Foram realizados novos testes com esse novo dispositivo. Com ele os resultados melhoraram, mas ainda não eram satisfatórios. Neste momento, foi realizado como opção um sensor de vibração (Figura 14), utilizado em projetos desenvolvidos com Arduino⁷. Assim o piezo foi substituído pelo sensor de vibração. Na sequência, foram realizados novos testes, os quais apresentaram ser mais eficientes, devido a sua sensibilidade.

Após longos testes, ficou definido que os melhores resultados foram obtidos quando se utilizou o papel filme e o sensor de vibração.

⁷ Placa de prototipagem eletrônica de código aberto. Nessa plataforma constrói-se outros equipamentos.

Figura 14 – Teste entre o sensor de vibração e o Piezo



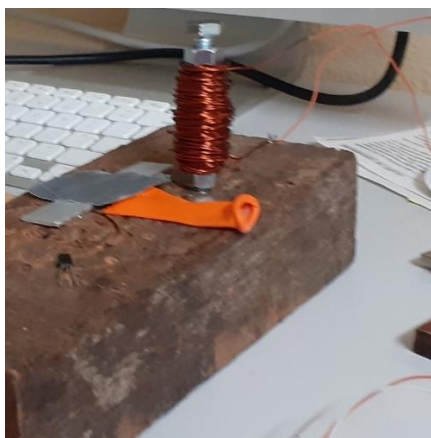
Fonte: Arquivo pessoal do autor

Mesmo diante dos resultados satisfatórios obtidos nos testes em laboratório, ainda persistia o problema: Como o aluno não vidente iria perceber essa vibração na água? Vibração que visualmente era perceptível, mas ainda havia uma dificuldade de percepção dessa vibração através do tato.

Destarte, o pensamento era como aumentar essa vibração transmitida na água, para que o aluno com deficiência visual pudesse sentir através do tato, no instante que colocasse a mão sobre ela.

Em um segundo momento, percebeu-se a necessidade de desenvolver um dispositivo que amplificasse essa vibração. Criou-se, portanto, uma bobina que se conecta ao sensor de vibração (Figura 15). Assim, quando o sensor for acionado pela vibração captada pela película representativa do tímpano, emitiria uma corrente elétrica até a bobina, criando um campo magnético.

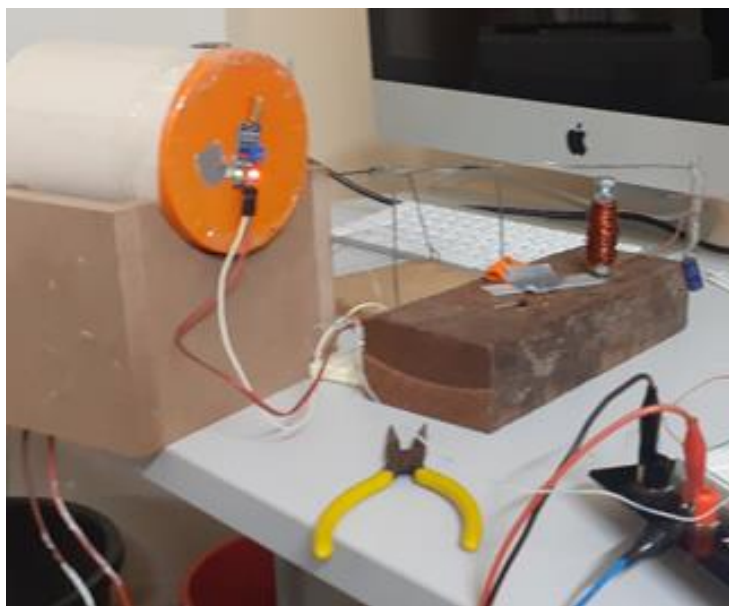
Figura 15 - Bobina



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Também seria preciso adicionar o suporte que sustentasse uma haste metálica flexível, a qual passa sobre a bobina (Figura 16). Para que o campo magnético fizesse a haste vibrar, consequentemente a mola vibraria, e o anteparo preso na ponta da mola entraria em contato com a água proporcionando ao aluno perceber a vibração na água com maior intensidade.

Figura 16 - Bobina com haste metálica



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Acerca dessa etapa da experimentação, no final, constatou-se mais uma vez o resultado insatisfatório.

Na expectativa de aumentar a vibração na haste metálica, ocorreu a necessidade de amplificar o sinal emitido pelo sensor de vibração. Com auxílio do técnico do laboratório, desenvolveu-se uma placa amplificadora de sinal em uma de *Protoboard*⁸ que realmente surtiu um bom resultado na amplificação do sinal. Por outro lado, gerou um novo problema, o campo magnético criado pela bobina não fazia mais a haste vibrar, contudo, era atraída. Diante dessa problemática, descartou-se o mecanismo suporte, haste e bobina.

Surgiu, então, um novo pensamento para completar o experimento, utilizar um motor *vibracall* reutilizado de celular. Nos primeiros testes, o resultado foi satisfatório, porque uma onda de baixa frequência era capitada pela película

⁸ Placa de ensaio que possui furos e conexões internas para montagem de circuitos, utilizada para testes de componentes eletrônicos, sem necessidade de solda.

(o tímpano), acionando o sensor de vibração (o martelo) e enviava à placa amplificadora (a bigorna), além de acionar o motor *vibracall* (o estribo), gerando uma grande vibração.

Por conseguinte, era preciso pensar no que representaria a cocria; onde deve-se dissipar a vibração apresentada pelo *vibracall*, haja vista que não se podia utilizar um recipiente com água.

Tendo essas representações definidas e testadas, bem como atingindo o nosso objetivo com o desenvolvimento do KEB, o sucesso do experimento foi alcançado, por conseguinte foi iniciada a escrita da sequência de aulas.

Nessa etapa, o Kit estava no laboratório, onde ficaria até ser finalizado. Contudo, em 17 de março de 2020, o IFRN divulgou um comunicado acerca da inviabilidade de acesso à instituição durante o período de pandemia da Covid-19, estando todas as atividades acadêmicas suspensas. Sem esse acesso, ficou inviável continuar com o desenvolvimento do KEB no laboratório, bem como removê-lo para o ambiente residencial, ocasionando afastando do experimento por período indeterminado.

As atividades no IFRN, mesmo que remotas, demoraram a iniciar. Mas, na primeira oportunidade, uma solicitação de acesso ao KEB foi encaminhada ao coordenador do Programa para que esse acesso fosse permitido. O que viabilizava a continuidade da criação e da escrita do produto educacional.

Algumas datas foram agendadas para o acesso ao laboratório, mas desencontros aconteceram. Posteriormente, em 25 de agosto de 2020, obteve-se o acesso ao KEB; contudo, foi negado o empréstimo de uma placa do laboratório chamada *Protoboard*. A saber, esta placa era essencial para a continuidade do produto, pois ela monta um circuito provisório e era decisiva para o funcionamento da amplificação do sinal, fazendo o KEB funcionar melhor, até realizar todos os testes para o sucesso da representação do ouvido humano. Diante disto, a frustração foi imediata nesse momento, porque visa o retrocesso da produção do kit.

O uso do laboratório, junto com o apoio técnico, foi de fundamental importância para o desenvolvimento do KEB, uma vez que era utilizado os equipamentos do laboratório como a placa *protoboard*, na qual foram realizadas as ligações do aparato experimental com o auxílio do profissional em eletrônica da instituição. Sem o uso do ambiente laboratorial, devido a pandemia, e sem o

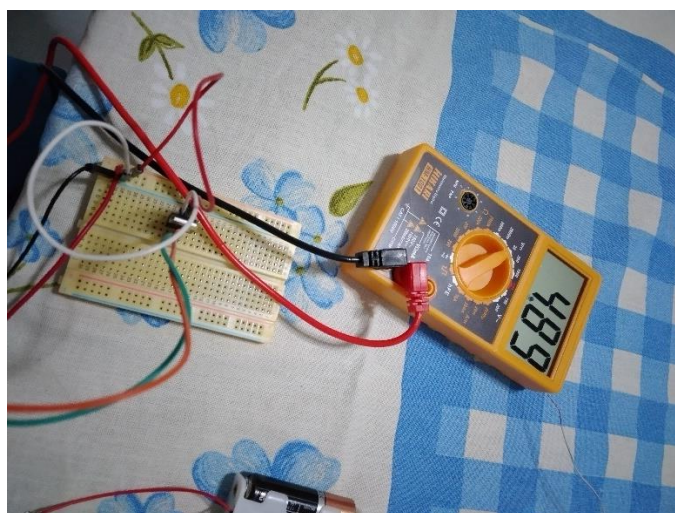
apoio do corpo técnico da instituição, a montagem do experimento foi reiniciada em ambiente residencial, sem o uso de materiais adequados, tendo como maior desafio reconstruir a placa amplificadora de sinal, o qual foi sanado por meio de muitas pesquisas, pois a partir delas foi possível montar a referida placa e retomar os testes. Das Figuras 17 a 19, mostram-se os processos de montagem da placa amplificadora de sinal em uma sequência de imagens.

Figura 17 – Montagem da placa amplificadora de sinal



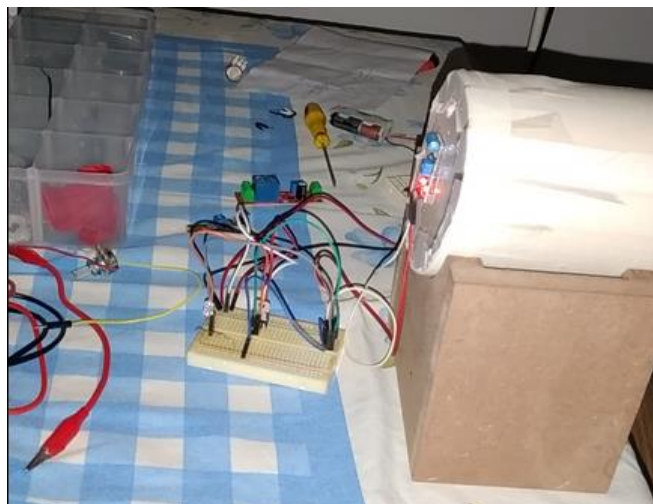
Fonte: Arquivo pessoal do autor

Figura 18 – Teste da placa amplificadora de sinal



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Figura 19 – Placa amplificadora de sinal conectada ao sensor de vibração



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Com o experimento em funcionamento, surgiu um novo questionamento: Como dissipar a vibração apresentada pelo *vicracall*?

Para obter a resposta dessa pergunta, foram iniciados alguns estudos experimentais. Primeiro foi usado uma placa de alumínio (Figura 20), tendo um excelente resultado, mas não correspondia adequadamente as necessidades pedagógicas para o ensino de Física sobre onda mecânica para ser aplicado o experimento no processo de aprendizagem de alunos com deficiência visual ou com baixa visão.

Figura 20 – Dissipação da vibração em uma superfície rígida



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Após uma nova pesquisa, foi utilizado uma superfície flexível que ficasse bastante tensionada. Para isso, foi preciso utilizar um par de bastidor, utilizado para fazer bordado. Nesse bastidor foi afixada uma película plástica e no centro

dela foi colado um motor *vibracall* (Figura 21). Tendo esses passos realizados, o teste foi efetuado, obtendo o resultado satisfatório.

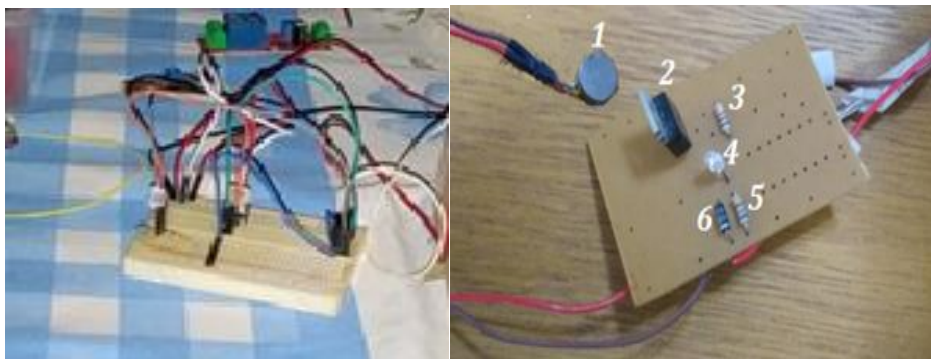
Figura 21 – Dissipação da vibração em uma superfície plástica



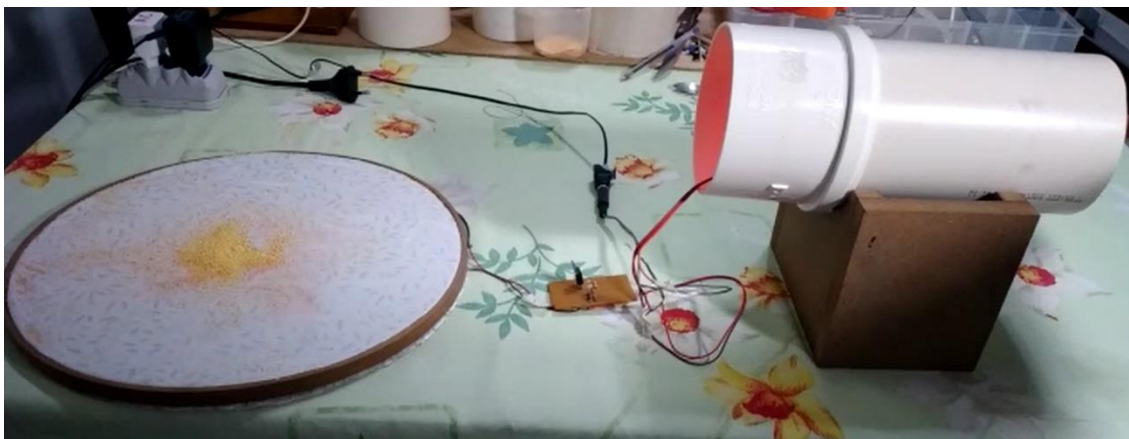
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Com o experimento finalizado e funcionando, foi confeccionada a placa amplificadora de sinal como pode ser verificado na Figura 36. Resultando no produto, KEB, em seu estado definitivo (Figura 23).

Figura 22 – Placa amplificadora



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 23 – KEB definitivo

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

5.2 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Pensando no próximo passo a ser dado após o desenvolvimento do produto educacional, vimos diante do momento de definir estratégias e métodos de aplicação dele, e diante da nossa realidade, era preciso considerar o período atual de pandemia do Covid-19, além do movimento grevista dos professores, o que nos conduziu a adiar os nossos procedimentos de apresentação e aplicação do KEB para estudantes e professores de Física atuantes no sistema público de ensino do Estado do Rio Grande do Norte - RN, público-alvo do nosso trabalho.

Vale dizer, contudo, que no momento da qualificação do trabalho, chegou-se a suscitar a possibilidade de validá-lo virtualmente e somente com professores, agendando com eles – os quais seriam convidados a participarem - um encontro via *Google Meet*, e na ocasião, seria explanado todo o procedimento metodológico, montagem e funcionamento do KEB e da sequência de aulas, a fim de que fosse avaliado por eles. Posterior a tal qualificação, teve-se a orientação de aplicá-lo em sala de aula com os estudantes, considerando que as escolas estaduais voltariam a ter aulas presenciais.

Posto isto, aceitou-se tal orientação de modo que detalharemos a seguir.

5.2.1 Perfil da escola

Cientes da necessidade da validação do produto educacional, escolheu-se apresentá-lo aos professores de Física da Escola Estadual Instituto Padre Miguelinho (EEIPM), localizada no bairro do Alecrim na cidade do Natal/RN, pois é do nosso conhecimento que esta escola tem em seu corpo estudantil alunos egressos do Instituto de Educação e Reabilitação de Deficiente visuais do Rio Grande do Norte, localizado ao lado da EEIPM. Contudo, a aplicação do produto não foi possível de ser realizada nessa instituição de ensino.

Diante dessa impossibilidade, deu-se início a busca por uma nova escola que tivessem matriculados alunos com deficiência visual. Então, resolvi ir ao CAP-RN (Centro de Apoio Pedagógico do Rio Grande do Norte), onde encontrei todo acolhimento necessário para prosseguir com a etapa de aplicação do produto educacional.

Em uma reunião com a coordenação e os docentes, surgiu o assunto sobre um aluno recém-chegado de São Paulo e matriculado na Escola Estadual Padre José Maria Biezinger (EEPJMB), localizada no município São Gonçalo do Amarante, e iria cursar a 3ª série do Ensino Médio. Essa escola tinha solicitado apoio pedagógico àquele órgão recentemente, por nunca ter trabalhado com deficiente visual.

Assim sugeriram que a aplicação do produto educacional fosse desenvolvida nessa escola. Tive todo apoio da coordenação, professores e equipe técnica na adaptação do material didático para inclusão de pessoas com deficiência visual, como as adaptações de materiais didáticos confeccionados para o aluno com deficiência visual, elaboração textos, transcrição do português para o braile, impressão e revisão de todo material.

Pontualmente, a EEPJMB está localizada na Rua da Aurora, sn. Existe há 44 anos e funciona com 11 salas de aula, sendo 05 turmas de Ensino Médio, as quais atendem 158 alunos, distribuídos no turno matutino e noturno.

Ademais, ela possui 05 classes de ensino médio, sendo 02 de primeira série (37 e 42 alunos), 02 de segunda série (38 e 35 alunos) e 01 de terceira série (36 alunos). Há 02 professores de Física que trabalham nos turnos matutino e noturno. Desses, identificamos o professor de Física da 3ª série, tendo em vista que tínhamos a informação de que nessa turma havia um aluno deficiente visual,

socializou-se com ele, portanto, o desejo de aplicar o produto educacional em sua classe e ele prontamente aceitou ao nosso convite.

5.2.2 Perfil do professor de Física e dos estudantes da turma

O professor que aceitou participar possui licenciatura e mestrado em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) desde 2015, ano de graduação, instituição localizada na cidade do Natal/RN.

Na turma, cujo produto educacional foi aplicado era uma 3ª série, contendo 36 alunos, sendo 01 deles deficiente visual.

A idade do estudante deficiente visual não difere da média dos demais estudantes, que equivale a 18 anos de idade.

5.2.3 Quadro resumo

Entendemos ser oportuno apresentar um quadro resumo que retrata de forma simples e direta as ações, objetivos, atividades, encontros e seu tempo de duração. Vale dizer que a descrição detalhada de cada encontro encontra-se no próximo capítulo.

Quadro 1: Resumo da Sequência de Aulas sobre ondas mecânicas com uso do KEB.

Ação	Formulação dos objetivos de aprendizagem da sequência de aulas	Relação das atividades desenvolvidas para alcançar os objetivos de aprendizagem	Encontro Duração
Identificar Refletir	Identificar as características de ondas mecânicas.	Atividade 1: Após apresentação dos conceitos e características de uma onda mecânica, os alunos com cordão, cola, palito representaram uma onda em uma cartolina.	1º
			100 minutos
Recordar Reconhecer Compreender	Identificar as características de ondas mecânicas e suas variações.	Atividade 2: Após revisão dos conceitos e características de uma onda mecânica, os alunos com cordão, cola, palito representaram uma onda em uma cartolina, mas agora com novas características	2º
			100 minutos
Observar			3º

Relacionar Reconhecer Explicar Refletir	Perceber a propagação e a transmissão de uma onda mecânica.	Atividade 3: Por meio de uma caixa de som, os alunos com os olhos vendados, refletiram e explicaram como o som chega ao ouvido humano.	100 minutos
Observar Reconhecer Analisar Explicar	Perceber a propagação e a transmissão de uma onda mecânica.	Atividade 4: Por meio do uso do KEB, os alunos refletiram, explicaram e analisaram como o som chega ao ouvido humano.	4º 100 minutos

Fonte: o autor

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

6.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Em 12 de abril de 2022, reuniram-se na EEPJMB o pesquisador e o professor de Física para a apresentação do produto educacional, a fim de esclarecimentos e organização da aplicação da sequência de aulas. Foi combinado entre coordenação pedagógica e o professor que no dia 19 de abril de 2022 o pesquisador visitaria a classe para esclarecer a presença posterior nela, além de criar-se um ambiente de confiança com os estudantes antes da aplicação do produto educacional propriamente dito. A aplicação ocorreu em 4 momentos, conforme proposta apresentada no produto educacional, a saber: 03; 10; 17 e 24 de maio 2022.

Esses encontros foram fotografados, com a autorização dos envolvidos sendo essas imagens de uso exclusivo do pesquisador e deixando-se claro que as fotografias publicadas na dissertação, rostos não apareceriam.

Ademais, visando definir qual seria a melhor metodologia a ser abordada para realizar uma avaliação diagnóstica sobre o conteúdo a ser trabalhado com toda a turma, inclusive com o aluno portador de deficiência visual⁹, fomos orientados pelo professor de informática do CAP e de toda equipe pedagógica que o melhor método seria avaliar toda a turma através de um formulário do *Google forms*. Afinal, tínhamos conhecimento de que o aluno com cegueira obtinha conhecimentos de recursos tecnológicos, ou seja, realizaria com tranquilidade o preenchimento do formulário, pois usava do sistema de leitura digital.

Diante dessa realidade, elaboramos a avaliação diagnóstica, sempre pensando em entender quais seriam os conhecimentos prévios dos alunos. Após essa elaboração, a aplicação da avaliação diagnóstica foi realizada na terça-feira, 26 de abril de 2022. Neste dia estavam presentes 22 alunos de 36 matriculados nessa turma.

⁹ Na sala de aula, tinha um aluno cego.

6.1.1 Fases da aplicação do produto educacional

6.1.1.1 Primeiro encontro

Atividade 1: introdução e prática sobre características de uma onda

No primeiro encontro que aconteceu no dia 03 de maio, das 09:50 horas até as 11:30 horas, com a sequência de aulas em mãos, iniciou-se a aula. Neste dia havia 30 estudantes presentes.

Lembramos que os objetivos da aula são apresentar conceitos introdutórios no estudo de ondas mecânicas e identificar as características básicas de uma onda mecânica. Os materiais necessários foram devidamente providenciados, a saber: palito de churrasco e de dente, barbantes, cartolina (substituindo a folha de papel madeira 96x66), cola, nomes e expressões escritos em papéis em português e transcritos em braile (crista, vale, amplitude, comprimento de onda e eixo de equilíbrio).

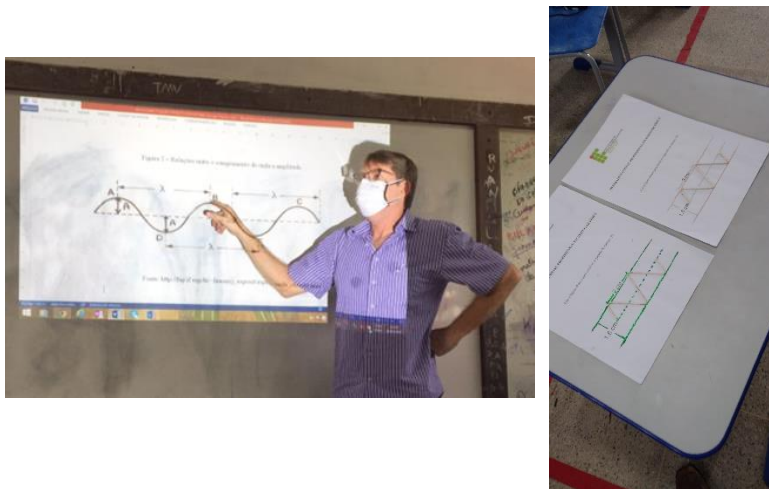
Explicou-se aos estudantes que as aulas seriam sobre ondas mecânicas e que eles deverão entregar um relatório ao final da aula, listando todas as atividades realizadas e os conceitos aprendidos.

A metodologia desenvolvida nesse momento foi dividir a turma em 6 (seis) grupos, contendo 5 (cinco) alunos cada grupo. Neste momento a quantidade de alunos – 30 - foi superior a quantidade de alunos que responderam a avaliação diagnóstica - 22. Na sequência, foi desenvolvido um debate, primeiro entre os componentes de cada grupo, sobre o que eles entendem acerca do assunto ondas, e com a nossa mediação um debate maior entre os grupos.

Ao término dessa atividade foi realizada uma apresentação em *Powerpoint* (APÊNDICE C) para todos os alunos, com o objetivo de apresentar conceitos introdutórios sobre o estudo de ondas mecânicas, e apresentação das características básicas de uma onda mecânica.

Para o aluno com deficiência visual foram apresentadas uma mola e uma figura em alto-relevo de uma onda reproduzida por uma corda. Observe a sequência de imagens a seguir:

Figura 24 – Representação de uma onda em uma corda



Fonte: arquivo pessoal do autor

Ao término da apresentação do *Powerpoint*, os materiais supracitados foram distribuídos para os grupos. No caso do grupo cujo um dos componentes era portador de deficiência visual, foi entregue os símbolos e as palavras crista, vale, amplitude, comprimento de onda e o eixo de equilíbrio transcritas em braile.

Estando todos os grupos com os materiais necessários para a realização da atividade 1, a primeira etapa foi iniciada. Solicitamos que um dos componentes de cada grupo, utilizasse a cola derramando-a sobre a cartolina para representar uma onda como a já apresentada pelo professor. Na sequência, oscila-se a mão para frente e para trás lentamente e deslocasse da esquerda para a direita, de tal modo a representar uma ondulação igual a imagem apresentada.

No grupo do aluno com deficiência visual, quem realizou esse movimento foi o próprio aluno, auxiliado por uma imagem em alto-relevo e orientado pelos demais componentes do grupo; mas, ainda assim, ele precisou da nossa ajuda para executar toda a tarefa, como se pode ver na sequência de imagens a seguir:

Figura 25 – Aluno realizando a primeira atividade do produto educacional



Fonte: arquivo pessoal do autor

Concluído essa etapa partimos para fase seguinte: passar o barbante sobre a cola derramada. Eis tal situação nas imagens a seguir:

Figura 26 – Aluno deficiente visual realizando a primeira atividade do produto educacional



Fonte: arquivo pessoal do autor

Observou-se que com a ajuda do professor os estudantes, inclusive o que tem deficiência visual, conseguiu identificar as características das ondas (crista, vale, amplitude, comprimento de onda e o eixo de equilíbrio), definindo-as. Por outro lado, tinham 2 alunos que estavam conversando de modo que não participaram ativamente da aula. De forma discreta e sem tentar interferir, eles foram convidados a participar da aula; diante do convite, optaram por realizar a atividade proposta pelo professor.

Como pôde ser observado na Figura 12, o aluno com deficiência visual realizou a atividade, após as orientações do professor, com o auxílio dos demais membros do seu grupo.

6.1.1.2 Segundo encontro

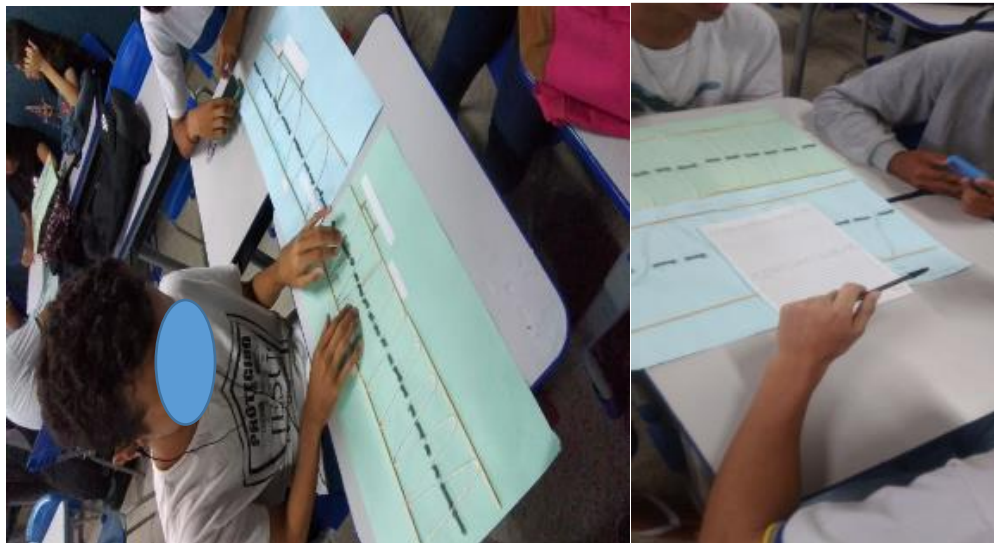
Atividade 2: Verificação das características de uma onda

No segundo encontro havia 29 estudantes presentes. Esse encontro realizou-se no dia 10 de maio, das 9:50 horas até as 11:30 horas. Nesse dia foi iniciado a segunda atividade, que tinha o mesmo objetivo do primeiro encontro, mas, agora, com características diferentes das ondas da atividade anterior. Então, iniciou-se a aula com os mesmos materiais do encontro anterior, conforme previsto na sequência de aulas e ciente de que os objetivos a serem atingidos no encontro eram: identificar as características básicas de uma onda mecânica e suas variações, além de avaliar a aprendizagem dos alunos.

Assim, houve a distribuição dos materiais aos grupos e a informação passada a eles foi a repetição da atividade do primeiro dia. Distintamente, a única observação a ser informada a eles era que, nesse novo momento, deveriam realizar movimentos mais rápidos de tal forma a aumentar o número de cristas e vales sem mudar a velocidade de deslocamento da mão horizontalmente (crista, vale, horizontal, termos discutidos no primeiro encontro).

Ficamos acompanhando cada momento desenvolvido. Diante a realização da atividade pelos grupos, ficou notório que eles tiveram mais facilidade na execução dessa segunda atividade. Com a atividade concluída, orientou-se que os participantes de cada grupo realizassem um comparativo entre a primeira atividade e a segunda, bem como desenvolvessem um texto com suas anotações relevantes e pertinentes às suas percepções acerca da realização da atividade executada, conforme imagem a seguir.

Figura 27 – Alunos realizando comparativo entre a primeira atividade e a segunda

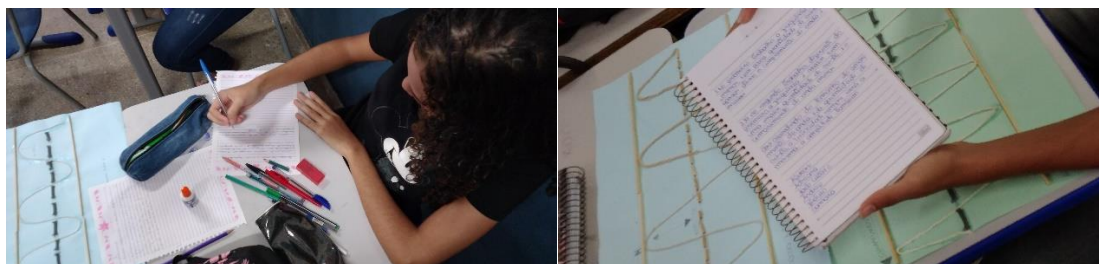


Fonte: arquivo pessoal do autor

Desta forma conseguimos trabalhar os elementos de uma onda e suas variações.

Observou-se, portanto, que os alunos já diziam o que acontecia e, para avaliá-los, pedimos que os alunos escrevessem um pequeno texto com observações referentes as duas atividades realizadas até o momento. Logo, cada grupo apresentou os trabalhos com os resultados da experiência realizada, com suas conclusões entre a primeira e a segunda atividade. Ao lermos os relatórios verificamos que os alunos conseguiram entender os conceitos introdutórios no estudo de ondas mecânicas, além de identificarem as características básicas de uma onda mecânica e suas variações.

Figura 28 – Alunos apresentando os trabalhos resultantes



Fonte: arquivo pessoal do autor

6.1.1.3 Terceiro encontro

Atividade 3: Propagação e transição de fase

No Terceiro encontro que aconteceu no dia 17 de maio, das 9:50 horas até as 11:30 horas, teve como objetivo a aquisição dos conhecimentos pelos alunos sobre propagação e transição de uma onda mecânica.

Sobre esse encontro, podemos ressaltar que a dinâmica foi bastante interessante. Porque primeiro explicamos detalhadamente como seria o encontro deste dia, conforme detalharei a seguir.

No início do encontro, os alunos foram convidados a fechar os olhos; pois, nesse momento inicial, iríamos tentar entender como funciona o ouvido humano, utilizando-se simplesmente do sentido auditivo através de um estímulo sonoro vindo de uma caixa de som portátil, desta forma desenvolvendo a imaginação de tal fenômeno.

Figura 29 – Alunos com os olhos fechados



Fonte: arquivo pessoal do autor

Em seguida foi aberto um momento para eles explanarem suas observações. Nessa etapa da atividade, observamos que existiam muitas dúvidas; então, para saná-las, partimos para uma apresentação de um *PowerPoint* sobre o ouvido humano. Com as imagens podíamos explorar a anatomia e suas funções, com intuito de associar a imagem apresentada ao estímulo recebido e aproveitando para apresentar as partes e os componentes da próxima atividade: a montagem do KEB.

Figura 30 – Anatomia do ouvido humano associado as partes e componentes do KEB



Fonte: arquivo pessoal do autor

Diante de todas as etapas realizadas nesse terceiro encontro, o aluno deficiente visual participou ativamente fazendo o reconhecimento tátil de cada parte e componente do KEB, gerando muitas perguntas tais como: “- e se essa película romper, o que acontece?”. A partir do questionamento do aluno, fiz outra pergunta sobre a dele, para todos da turma pensarem, e ele imediatamente respondeu à questão verbalizada à turma.

Em seguida, perguntei se essa película rompesse a vibração que recebe, iria ser transmitida totalmente aos ossículos ligados ao tímpano (martelo, bigorna e estribo) e conseqüentemente à cóclea?

Figura 31 – Momento da pergunta



Fonte: arquivo pessoal do autor

Também tivemos do aluno com deficiência visual uma resposta assertiva, a qual foi “não”. Chegamos, portanto, à conclusão de que poderia gerar uma perda de audição.

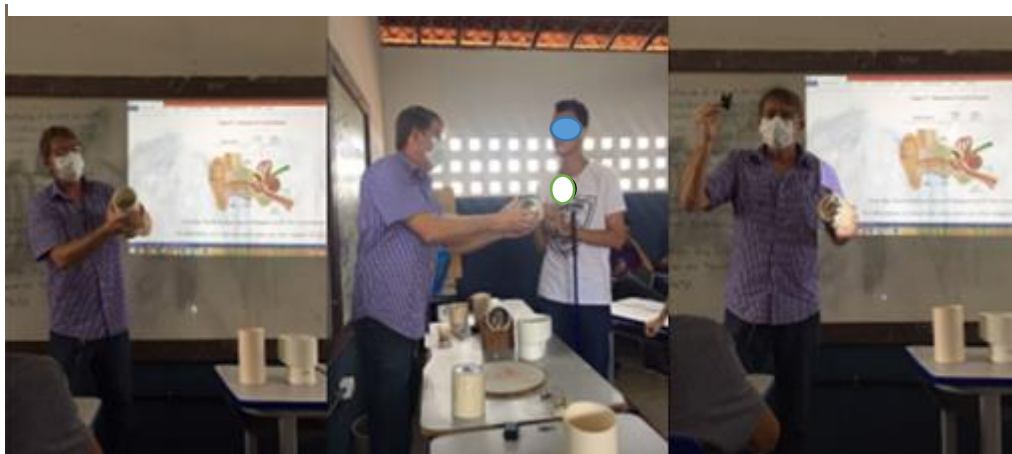
6.1.1.4 Quarto encontro

Atividade 4: Propagação e transmissão de uma onda observadas por meio do KEB

No quarto encontro que aconteceu no dia 24 de maio, das 9:50 horas até as 11:30 horas, foi o momento de pôr em prática como ocorre a propagação e transição de uma onda mecânica utilizando um experimento que representa um ouvido humano (KEB).

No início desse encontro, com 29 alunos presentes, retomamos com a apresentação de uma imagem de um ouvido humano apresentada no encontro anterior. Na medida em que íamos a analisando, era apresentada a parte do KEB relacionada. O deficiente visual e do demais alunos tiveram contato com as partes do KEB, proporcionando a eles a possibilidade de realizar uma associação com o que estava sendo descrito da figura que estava sendo apresentada por meio do projetor. Observemos este momento na figura 18 a seguir.

Figura 32 - Deficiente visual em contato com as partes do KEB



Fonte: arquivo pessoal do autor

Ao término desse momento, iniciou-se a montagem do KEB. Comunicamos à turma que o procedimento de montagem desse produto educacional seria realizado em um grupo e um por vez. O primeiro grupo a realizar a atividade foi o que tinha, entre um dos seus componentes, o aluno com deficiência visual.

Em cima da bancada tínhamos o KEB já montado e partes extras que compunham esse kit, de tal forma que daria para o grupo manusear as peças, bem como realizar a montagem do experimento. Nesse momento dúvidas dos alunos surgiram. Assim, tivemos de explicar uma explicação de forma mais rápida relacionada à figura com experimento, antes de ser iniciada a montagem do equipamento.

Após essa explanação, os alunos puderam analisar cada parte do experimento, fazendo relação à dinâmica aplicada no terceiro encontro. O que foi bem relevante e pertinente para que a realização da montagem do experimento fosse efetivada positivamente, atingindo dessa forma o objetivo dos nossos encontros com a turma, como também no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Física para o discente com deficiência visual.

Figura 33 – Aluno deficiente visual montando o KEB



Fonte: arquivo pessoal do autor

Com o KEB montado, iniciamos o momento de trabalhar a propagação e a transmissão de uma onda. Assim, o experimento foi ligado a uma tomada; em

seguida, ligou-se uma caixa de som portátil que emitiu ondas sonoras, gerando uma vibração que atingia uma das partes do experimento, a qual representava a orelha externa, que direcionava a vibração até a película, que, por sua vez, representa o tímpano, pressionando-a, transmitindo a vibração para o sensor de vibração, que representa o ossículo martelo do ouvido

Depois, a onda sonora é transmitida para a placa amplificadora de sinal, que representa o ossículo estribo. Essa oscilação propaga-se em direção ao vibrador de celular que representa a bigorna, chegando até a película plástica circular presa no bastidor, que representa a cóclea, onde os alunos verificavam a vibração ao colocar a mão ou a oscilação dos grãos colocado sobre a película. Dessa forma, o aluno com deficiência visual pôde sentir a vibração saindo da caixa de som que chegava até a película plástica.

Figura 34 – Aluno deficiente visual sentindo as vibrações das ondas sonoras



Fonte: arquivo pessoal do autor

Esse procedimento foi realizado com cada grupo conforme figura a seguir:

Figura 35 – Procedimento realizado com os demais grupos



Fonte: arquivo pessoal do autor

Nessa interação dos alunos com o KEB muitas curiosidades foram geradas, como, por exemplo, uma das alunas perguntou se fosse colocada a sua mão sobre a de outro aluno da turma que já se encontrava com a mão dele sobre a película, o que aconteceria... o que ela sentiria.

Diante dos questionamentos da aluna, sugeri que realizasse passo a passo o que tinha acabado de questionar. Após ela realizar o processo, perguntei-lhe se estava sentindo vibrações. A resposta à minha pergunta foi positiva.

Obtendo sua resposta, sugeri-lhe explicar para os demais membros do grupo porque se sentia a vibração. Logo, respondeu-me que a vibração passava pela película plástica para a mão a qual estava em contato com a sua, por isso passava a sentir as vibrações emitidas.

Perante dessas experiências, explicamos a todos a diferença entre uma onda mecânica e uma eletromagnética, momento registrado na figura a seguir:

Figura 36 – Aluna colocando a sua mão sobre a de outro aluno



Fonte: arquivo pessoal do autor

Assim nossa sequência de aulas foi encerrada, de modo que agradecemos a participação dos alunos, apontando que eles ainda responderam a um questionário após realização da Sequência de Aulas.

6.2 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS NA AVALIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação da avaliação diagnóstica fez-se necessária para que fosse possível obtermos informações relevantes, pertinentes e essenciais sobre os organizadores prévios (MOREIRA, 2011) da turma acerca do assunto a ser abordado nas aulas, relacionado ao produto educacional, isto é, a sequência de aulas sobre onda mecânica, bem como observamos o progresso do aluno, diante experimentos que ele ia realizando (MOREIRA, 2011), pois vimos a progressão nesse processo de aprendizagem dos alunos após essa sequência, visando à compreensão dos conteúdos ministrados comumente à montagem do KEB, no fim e durante processo, ou seja, dos encontros entre o professor-pesquisador e a turma, público-alvo desta pesquisa.

Como já dito nesse estudo a Sequência de Aulas proposta é dinâmica e deve ser concebida levando-se em consideração o aluno, uma vez que lançamos mão da aprendizagem significativa. Por isso, entendemos que quando o aluno assim escreveu sobre as aulas, quando realizamos um questionário após a

aplicação das atividades, elas (as atividades) foram potencialmente significativas, pois o aluno atribui significado: “Gostei muito do método das aulas experimentais. A teoria também foi explicada de uma forma bem simples”. Outro aluno: “Foi uma experiência bastante enriquecedora para o aprendizado de todos e bastante divertido de ter feito”.

Mais dois alunos assim se expressaram: (1) “Essas aulas, que tivemos, foram necessárias para a nossa aprendizagem, pois senão fossem essas aulas metodológicas, não saberíamos como se propaga ou como é a transição de uma onda. Portanto, essas aulas foram fundamentais para nós”; (2) “Aprendemos muito na questão dos experimentos e as aulas foram muito dinâmicas.”

Com essas duas afirmações anteriores, podemos dizer que foi perceptível pela avaliação diagnóstica que os alunos não conseguiam definir e nem caracterizar uma onda mecânica, sendo esse conteúdo algo completamente novo para ele e sem nenhuma ligação com a realidade que o cerca, quando nunca associou em sua vivência cotidiana os motivos pelos quais ele conseguia ouvir sons. E, agora, após o uso do KEB, durante as atividades propostas, eles conseguiram compreender que a onda sonora advinda de uma fonte é uma onda mecânica e necessita de um meio material para se propagar.

Entendemos que nossa escolha pela aprendizagem significativa de Ausubel se evidencia exatamente nesses momentos em que o conteúdo novo apre(e)ndido pelo aluno vai se integrando ao conhecimento que ele já possui e, assim, ele constrói novos conhecimentos.

Não poderíamos deixar também de dizer que os alunos, na última questão de caráter discursivo, que tinha no questionário, se expressaram sobre a metodologia aplicada pelo professor-pesquisador na sequência de aulas. Oito alunos deixaram seus breves testemunhos¹⁰, sendo os quatro que apresentamos acima e os quatro que podem ser conferidos a seguir:

“As 4 aulas de física sobre ondas foram bastante eficientes, pois o professor fez uma boa explicação, tanto teórica, como prática. Ele apresentou um trabalho, com o objetivo de simular um desenho de uma onda de frequência baixa e de uma onda com mais frequências. Essa aula foi muito boa para ter uma noção de como que funciona a propagação de uma onda.”

¹⁰ Optou-se em fazer a correção de pequenos erros gramaticais e ortográficos para melhor entendimento do leitor.

“As aulas nos mostraram algo que não sabíamos. Agradeço muito.”

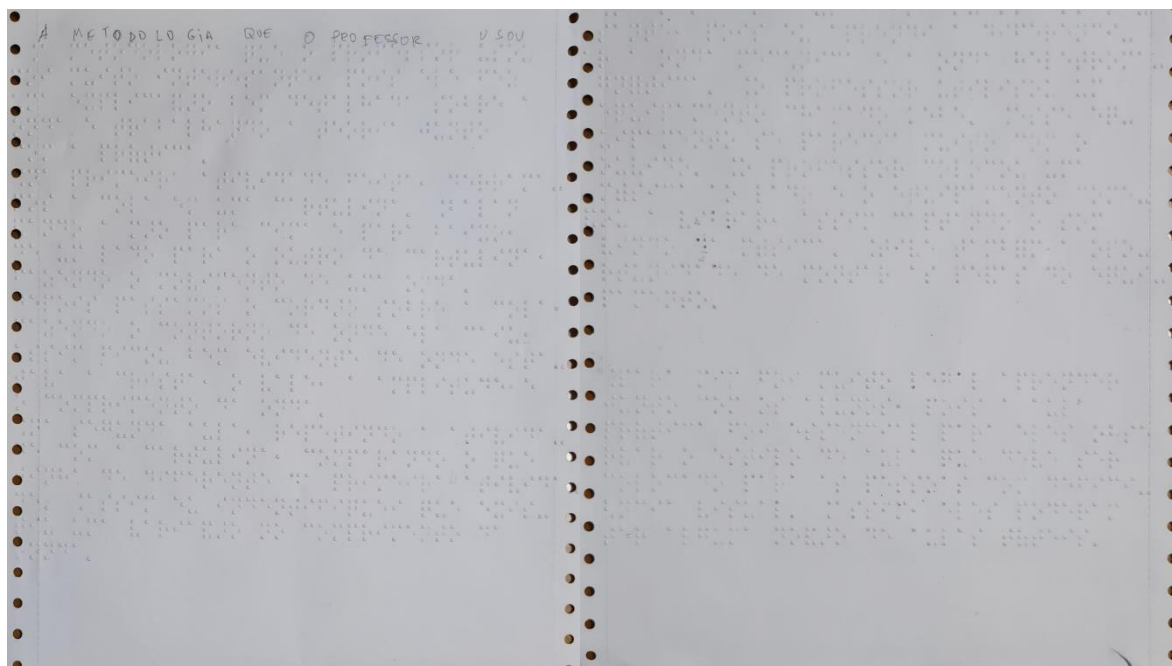
“Achei bastante interessante aprender de uma forma mais divertida e prática”.

“Professor bastante atencioso, explicações bem colocadas e o uso dos experimentos nas aulas”.

Ao analisarmos os quatro depoimentos acima, nos remetemos a Sasseron (2015), quando ela nos diz que a sala de aula de ciências em muito pouco difere de uma sala de aula de outra disciplina qualquer, mas independente disso, entendemos que à medida que o aluno, em seu depoimento, nos agradece, nos diz que a aula é interessante, que aprende se divertindo, que percebe como “funciona” a propagação de uma onda, afirmamos que a sequência de aulas apresentada pode possuir potencial de ser significativa, afinal o aluno atribuiu significado; e como nos diz Moreira (2011) a aprendizagem significativa é progressiva, de modo que a ênfase deve ser em evidências dadas pelo aluno e, não em comportamentos finais.

Dos testemunhos apresentados, não há como saber, diante identificação não obrigatória na avaliação que realizamos após aplicação da Sequência de aulas, se algum desses testemunhos foi do estudante com deficiência visual, afinal, já informamos que ele usava de leitura digital e preencheu o *Google forms*. Como era um desejo muito forte nosso, que ele expressasse sobre a sua aprendizagem durante a sequência de aulas, perguntou-se a ele se poderia escrever sobre. Prontamente, ele atendeu a nossa solicitação e em sua máquina de Braille escreveu o que segue nas imagens a seguir.

Figura 37 – Testemunho em Braille do deficiente visual sobre a Sequência de aulas.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Após agradecer ao estudante o seu registro feito, levamos a escrita em Braille ao CAP para a realização da devida transcrição. O professor do CAP assim transcreveu:

“A metodologia que o professor usou foi muito interessante, pois ele fez uma explicação bem detalhada sobre ondas e trabalhou a teoria junto com a prática. Na primeira atividade feita, derramamos a cola em uma cartolina balançando a mão para cima e para baixo, de um lado para o outro da cartolina, fazendo o movimento de uma onda. Depois passamos o cordão sobre a cola, fazendo o contorno de onde ela caiu, assim ficou bem evidente onde estava a crista, o vale, a amplitude e o comprimento da onda. Na segunda aula repetimos a atividade com a cartolina, comparando o que tinha de diferente da primeira atividade. Assim, eu identifiquei que existia uma variação no comprimento da onda. Na terceira aula, foi muito interessante pois eu aprendi a diferenciar a onda mecânica e a onda eletromagnética. O professor utilizou um equipamento chamado KEB. Esse equipamento se parecia muito com o ouvido. O professor colocou uma música ao lado e o equipamento começou a vibrar, assim captando o som vindo da música. Tive também a oportunidade de montar as peças do equipamento. Para mim foi muito legal aprender junto com os alunos, pois a aula

prática foi essencial para eles observarem o estilo da aula que deve ser colocada para as pessoas com deficiência visual. Assim, eles poderão ter alguma noção de aula tátil.”

O depoimento do aluno cego nos remete ao artigo de Arruda, Silva e Luburu (2001, p. 101) quando eles nos dizem que: “para poder reconhecer uma novidade, o cientista deve estar dotado de novos óculos teóricos”. Entendemos que há diversas críticas ao experimento em sala de aula, até por que nas escolas não há, em boa parte dela, um laboratório de Física, e mesmo que houvesse, fazer com que o estudante elabore e refute hipóteses é algo difícil, precisando maturidade. Mas, no nosso caso, durante aplicação da Sequência de Aulas, tratamos de fazer com que os termos usados para caracterizar uma onda mecânica e suas relações com o seu conceito, ou mesmo de propagação, fizessem sentido para os alunos e para este aluno cego, o que nos remete mais uma vez aos autores Arruda, Siva e Luburu (2001, p. 104), que afirmam que as aulas:

seriam melhores compreendidas como um intenso processo dialógico entre professor e alunos, em que, através do debate e do levantamento das idéias desses últimos, o professor vai, a cada momento da aula, explicando as dúvidas dos alunos, preenchendo suas lacunas e desenvolvendo suas idéias em relação ao conteúdo. [...]. Trata-se portanto, mais de ‘adaptar’ um corpo teórico a resultados experimentais, do que induzir, verificar ou falsear teorias.

Portanto, reafirmamos que o produto educacional proposto pode ser recomendado a professores de Física, de modo que eles o usem como um roteiro, podendo ser, obviamente, adaptado a realidade sua e de seus alunos.

6.2.1 Dados quantitativos da avaliação diagnóstica

A avaliação diagnóstica teve a participação de 22 alunos, dentre eles, um aluno com deficiência visual, que responderam a dez questões (APÊNDICE A) sobre o assunto a ser trabalhado durante a sequência de aulas.

A ferramenta metodológica utilizada para a aplicação dos testes com a turma foi o *Google Forms*, a fim de obter resultados instantaneamente. Assim, tomando ciência da real situação do diagnóstico do conhecimento prévio dos

alunos, bem como do resultado do processo de aprendizagem após a ministração das aulas.

Apresentam-se e se discutem, a seguir, os resultados obtidos em cada questão dos dois testes, dando enfoque ao avanço no processo de aprendizagem dos alunos, após a aplicação da sequência de aulas. Em sequência, os resultados de desempenho da turma.

Na primeira questão, a respeito da definição do que é uma onda, foi dito que essa “é uma perturbação que se propaga em um meio elástico. Transportando energia de um ponto para outro, sem transportar matéria”, obteve-se as seguintes respostas: 63,6% assinalaram como estando correta, 4,5%, errada e 31,8% não souberam responder (Gráfico 1).

1) A respeito da definição do que é uma onda, foi dito que "é uma perturbação que se propaga em um meio elástico, transportando energia de um pon..., sem transportar matéria". Esta afirmação está:
0 / 22 respostas corretas

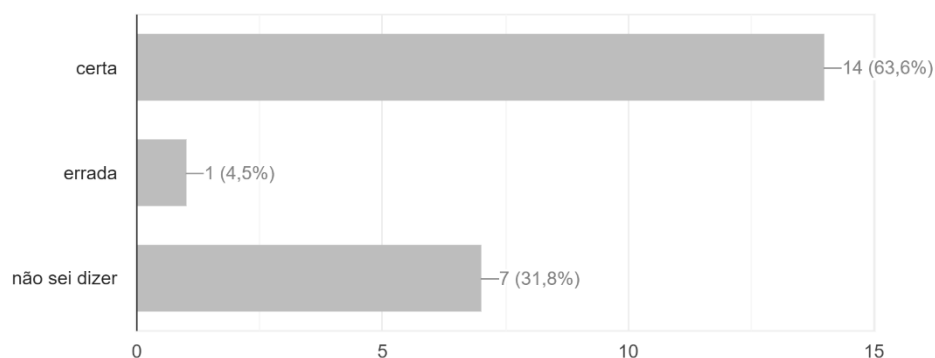


Gráfico 1: Questão 1 da avaliação diagnóstica.

2) Um professor de física define que a velocidade de uma onda muda dependendo do meio onde a onda se propaga. Esta afirmação está:
0 / 22 respostas corretas

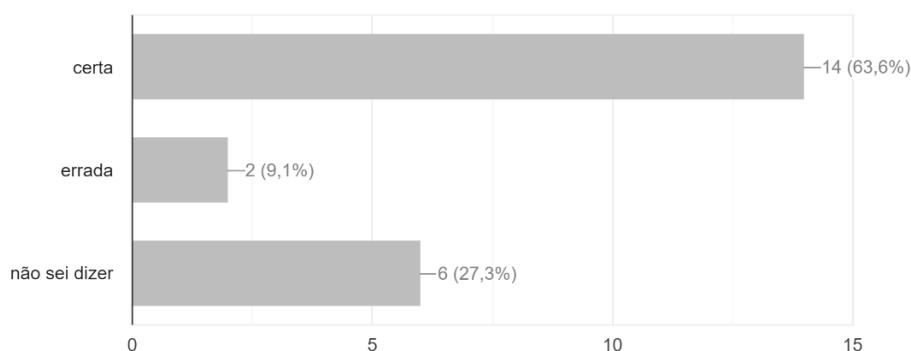


Gráfico 2: Questão 2 da avaliação diagnóstica.

A afirmativa 2 obteve 63,6% de assertivas para certa, 9,1%, para errada e 27,3% para a alternativa “não sei dizer” (Gráfico 2).

A terceira questão tratava-se do seguinte enunciado: Em uma aula de Física é realizada uma dinâmica em grupo. Durante essa atividade, o grupo a explica que a amplitude de uma onda é a distância entre o eixo central e o ponto mais alto da onda (crista) ou mais baixo da onda (vale). Sobre essa afirmativa, 40,9% apontaram como correta, 9,1%, como errada e 50% não souberam responder (Gráfico 3).

3) Em uma aula de física é realizada uma dinâmica em grupo. Durante essa atividade, o grupo A explica que a amplitude de uma onda é a distância ...ou mais baixo da onda (vale). Esta afirmação está:
0 / 22 respostas corretas

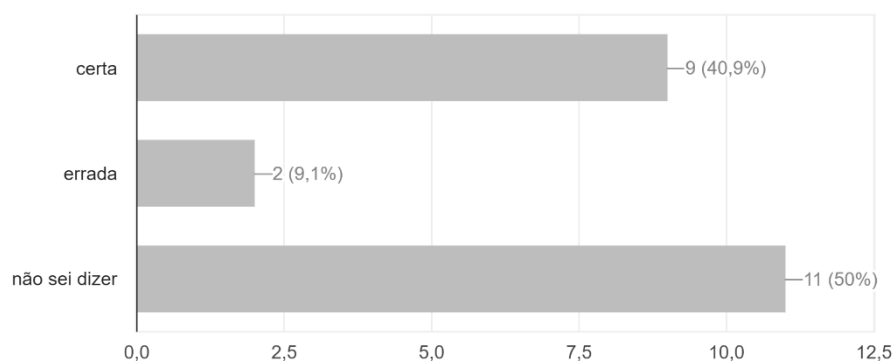


Gráfico 3: Questão 3 da avaliação diagnóstica.

O enunciado da quarta questão afirmava: Em um debate entre alunos na aula de Física, um deles explica que a frequência de uma onda é a quantidade de ciclos em um determinado intervalo de tempo. Sobre essa afirmação, 54,5% acreditaram ser verdadeira, 9,1%, como falsa e 36,4% não souberam opinar a respeito (Gráfico 4).

4) Em um debate entre alunos na aula de física, um deles explica que a frequência de uma onda é a quantidade de ciclos em um determinado intervalo de tempo. Esta afirmação está:

0 / 22 respostas corretas

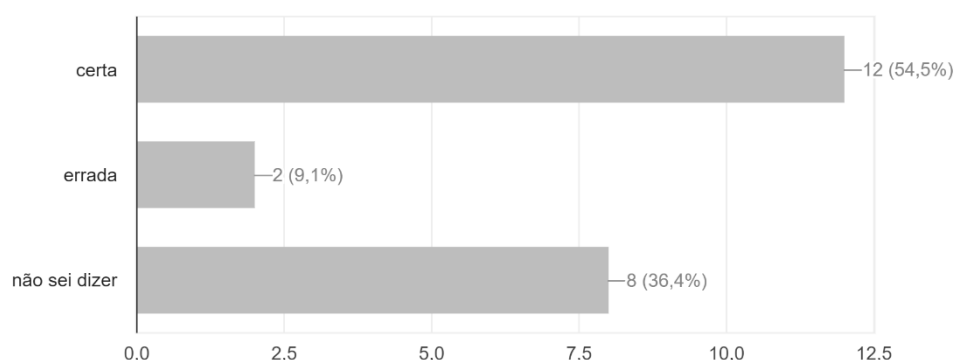


Gráfico 4: Questão 4 da avaliação diagnóstica.

A quinta questão abordou: Em uma avaliação, um aluno afirma que está errada a definição “comprimento de onda é a medida de um ciclo completo da onda, que pode ser medido entre duas cristas ou dois vales”. Acerca dessa afirmação, 31,8% da turma acredita estar correta, 27,3%, errada e 40,9% não souberam responder (Gráfico 5).

5) Em uma avaliação, um aluno afirma que está errada a definição: “comprimento de onda é a medida de um ciclo completo da onda, que pode se...obre essa definição, o aluno fez uma afirmação:

0 / 22 respostas corretas

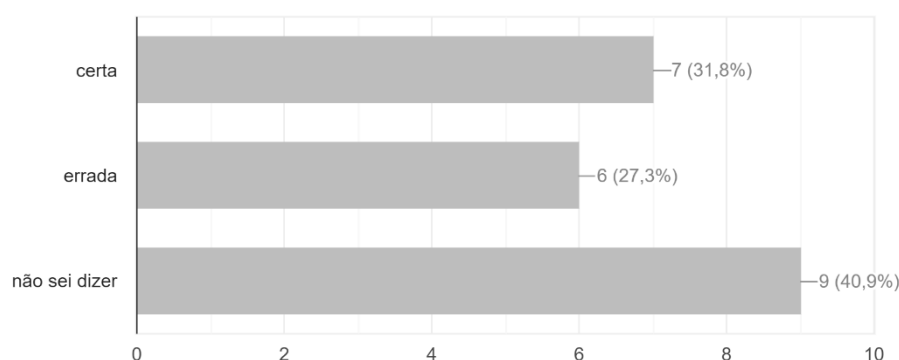


Gráfico 5: Questão 5 da avaliação diagnóstica.

Quando perguntado na sexta questão: George estudou que “quanto maior for o comprimento de uma onda que se propaga em certo meio, menor será a

sua frequência”. Para turma, 36,4% acreditam que a afirmativa é verdadeira, 31,8% que é falsa e 31,8% não souberam responder (Gráfico 6).

6) George estudou que “quanto maior for o comprimento de uma onda que se propaga em certo meio, menor será a sua frequência”. Essa afirmação é:

0 / 22 respostas corretas

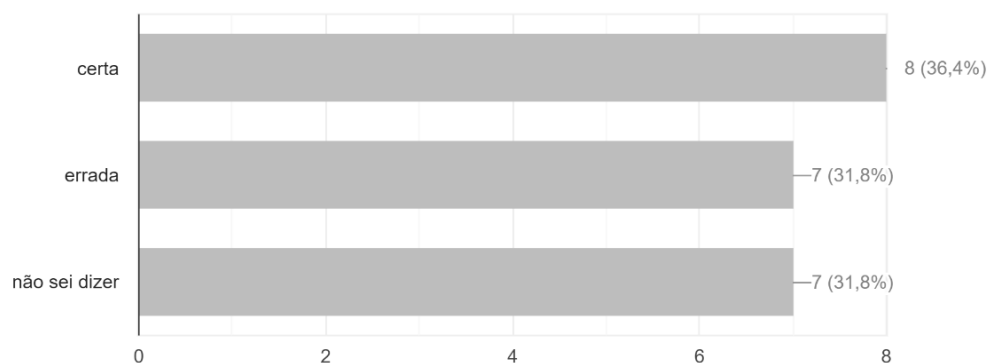


Gráfico 6: Questão 6 da avaliação diagnóstica.

Em relação a sétima questão que tinha o seguinte enunciado: A propagação de ondas envolve, necessariamente, o transporte de energia. Constatamos que 54,5% assinalaram como sendo certa a afirmativa, 4,5% como errada e 40,9% não souberam responder com exatidão (Gráfico 7).

7) A propagação de ondas envolve, necessariamente, o transporte de energia. Essa afirmação é:

0 / 22 respostas corretas

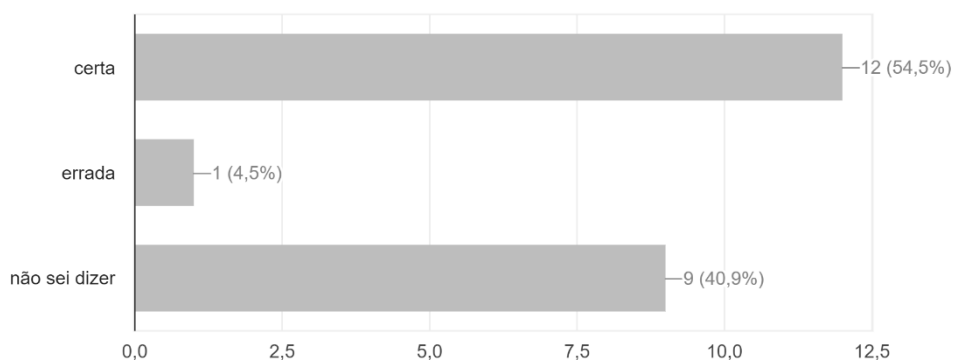


Gráfico 7: Questão 7 da avaliação diagnóstica.

Para a oitava questão, foi apresentado o enunciado: A principal diferença entre as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas é que as ondas mecânicas se propagam em meio material, e as ondas eletromagnéticas não

necessitam de um meio material para propagar-se; podendo, portanto, propagar-se no vácuo. Diante dessa afirmativa, 27,3% acreditam ser uma afirmativa correta, 22,7%, errada e 50% não souberam responder (Gráfico 8).

8) A principal diferença entre as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas é que as ondas mecânicas propagam-se em meio material, e as ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo. Esta afirmação está:
0 / 22 respostas corretas

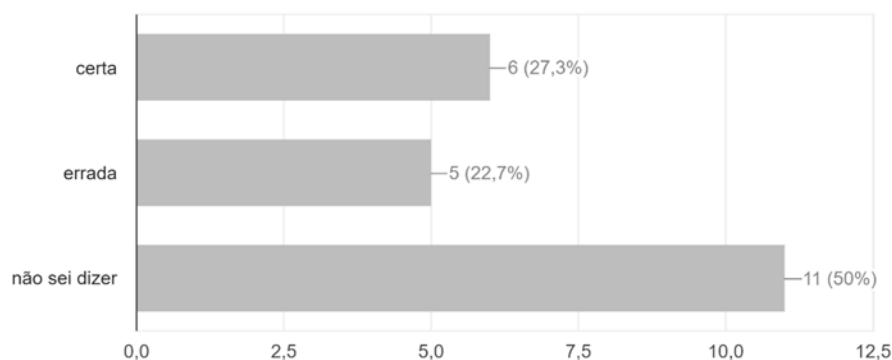


Gráfico 8: Questão 8 da avaliação diagnóstica.

A nona questão buscou saber dos alunos se, na Física, o período é o intervalo de tempo para se completar um ciclo de onda. Sobre, pode-se constatar no gráfico 17 que a afirmação foi considerada como correta para 31,8% dos alunos, por outro lado, 18,2% afirmaram estar errada. Enquanto 50% não souberam responder à questão.

9) Na física, o período é o intervalo de tempo para se completar um ciclo de onda. Esta afirmação está:

0 / 22 respostas corretas

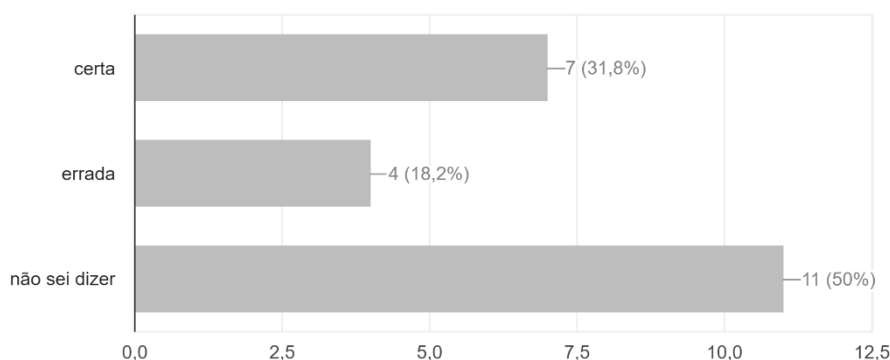
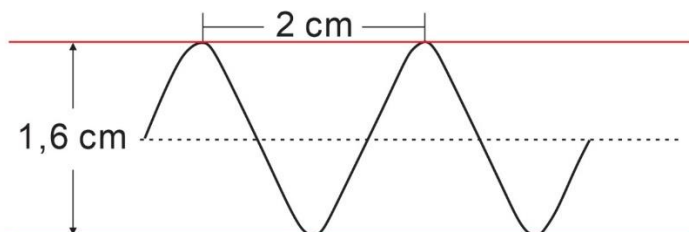


Gráfico 9: Questão 9 da avaliação diagnóstica.

Na décima questão, tínhamos como enunciado: A imagem a seguir representa o trecho de uma onda. A amplitude e o comprimento da onda são 0,8 cm e 2cm, respectivamente.



Diante dessa afirmativa, 31,8% dos alunos assinalaram que está correta, 27,3%, errada e 40,9% não souberam responder (Gráfico 10).

10) A imagem a seguir representa o trecho de uma onda.

A amplitude e o comprim...da são 0,8 cm e 2cm, respectivamente. Essa afirmação é:

0 / 22 respostas corretas

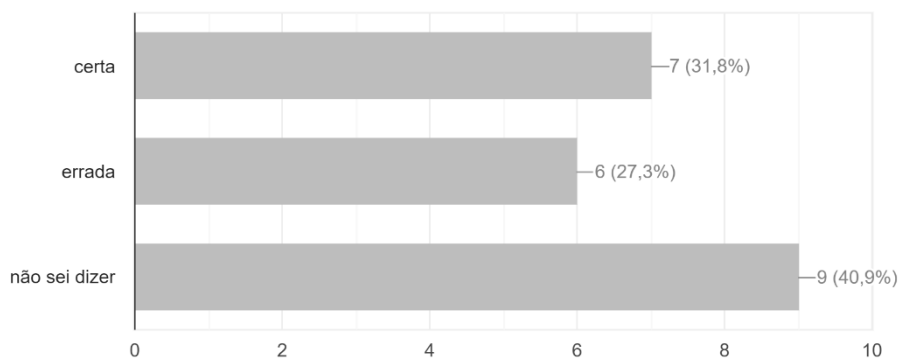


Gráfico 10: Questão 10 da avaliação diagnóstica.

6.2.2 Análise quantitativa da opinião dos alunos a respeito da sequência de aulas sobre o estudo de ondas mecânicas

Buscou-se saber se a metodologia utilizada pelo professor-pesquisador na sequência de aulas facilitou seu entendimento sobre o conteúdo estudado

(APÊNDICE C). 77,8% dos alunos responderam que sim, 11,1% que não facilitou e 11,1% acharam que facilitou em parte a aprendizagem do assunto (Gráfico 11).

1) A metodologia utilizada pelo pesquisador na sequência de aulas facilitou seu entendimento sobre o conteúdo estudado?

0 / 18 respostas corretas

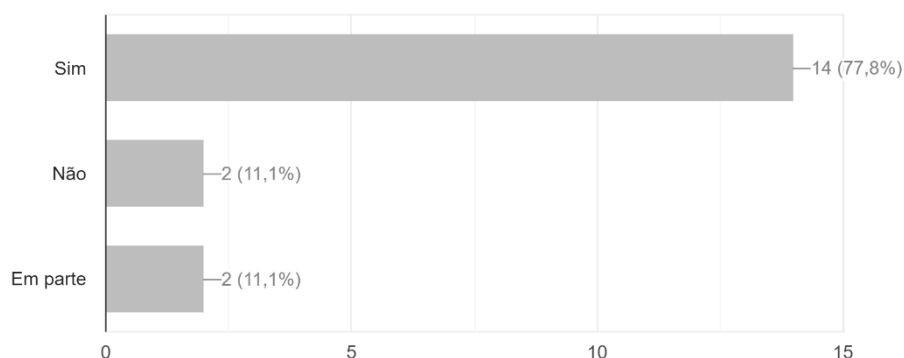


Gráfico 11: Opiniões sobre a metodologia utilizada na sequência de aulas.

Questionou-lhes se acharam as aulas de Física mais fáceis com a utilização de experimentos. Diante do questionamento, obteve-se 100% de respostas sinalizando que essa abordagem lhes proporcionou facilidade no estudo da disciplina de Física (Gráfico 12).

2) Você achou as aulas mais fáceis com a utilização de experimentos?

0 / 18 respostas corretas

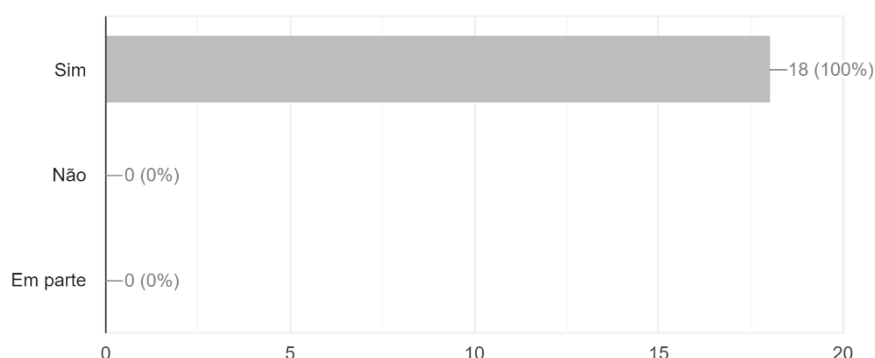


Gráfico 12: Opiniões sobre a facilidade proporcionada pelos experimentos.

A próxima questão tinha-se a intensão de saber se eles conseguiram fazer uma relação entre o que aprendeu na aula de Física e o seu dia a dia. Para

61,1% foi possível fazer essa relação, para 22,2%, não e 16,7% sinalizaram que em parte foi possível relacionar o seu dia a dia com o ensinamento do estudo da Física em sala de aula (Gráfico 13).

3) Você conseguiu fazer uma relação entre o que aprendeu na aula de Física e o seu dia a dia?

0 / 18 respostas corretas

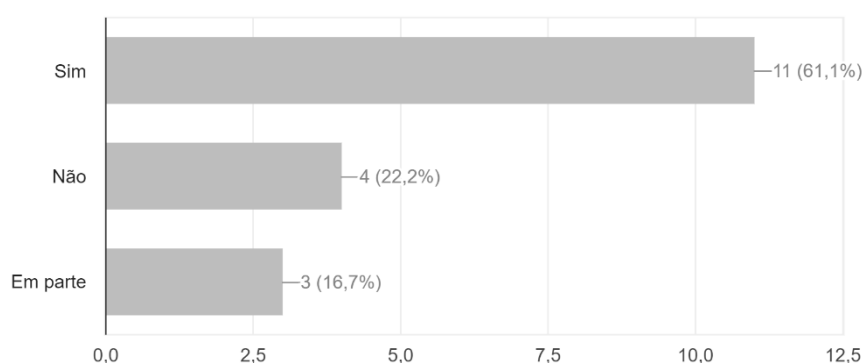


Gráfico 13: Opiniões sobre a relação entre o ensino da Física e o cotidiano.

Procurou-se entender se os alunos compreenderam melhor o conteúdo trabalhado por causa das atividades experimentais. Sobre essa questão, 83,3% responderam que sim, 11,1% que não e 5,6% acharam que em parte houve melhora (Gráfico 14).

4) Você compreendeu melhor o conteúdo trabalhado por causa das atividades experimentais?

0 / 18 respostas corretas

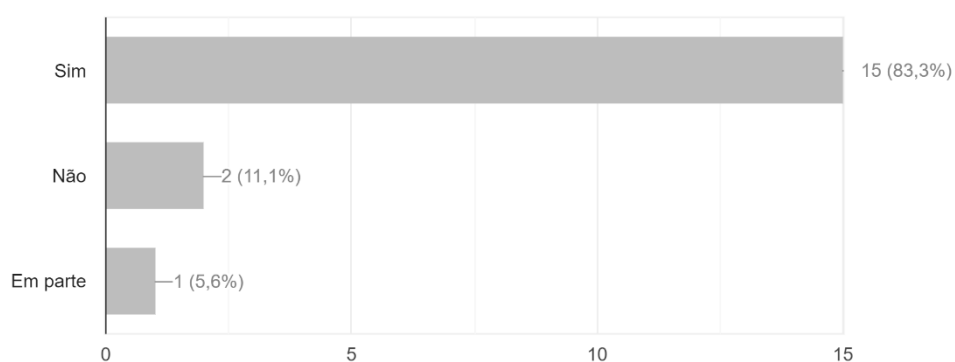


Gráfico 14: Opiniões sobre a aprendizagem a partir de atividades experimentais.

Outro questionamento foi se as atividades experimentais fizeram com que as aulas ficarem mais interativas e dinâmicas. 94,4% dos alunos sinalizaram que sim, enquanto 5,6% acham que ficaram em parte (Gráfico 15).

5) As atividades experimentais fizeram com que as aulas ficassem mais interativa e dinâmica?

0 / 18 respostas corretas

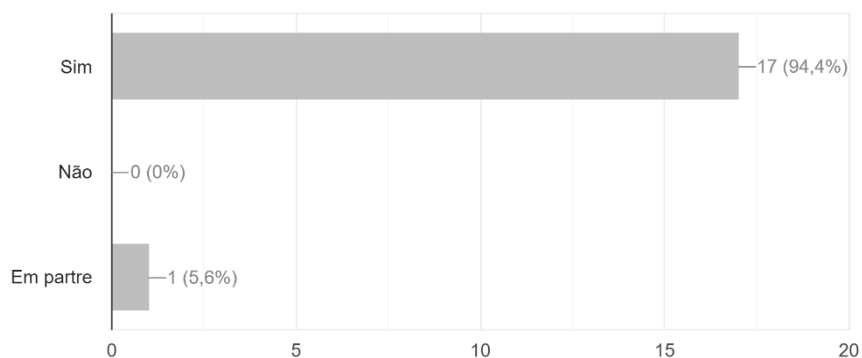


Gráfico 15: Opiniões sobre os experimentos proporcionarem aulas interativas e dinâmicas.

Sobre se a sequência de aulas aplicadas foi importante para o aprendizado deles. 83,3% assinalaram que sim, mas 16,7% optaram por afirmar que a sequência de aulas foi em parte importante para o processo de aprendizagem deles na disciplina de Física (Gráfico 16).

6) A sequência de aulas aplicada foi importante para o seu aprendizado?

0 / 18 respostas corretas

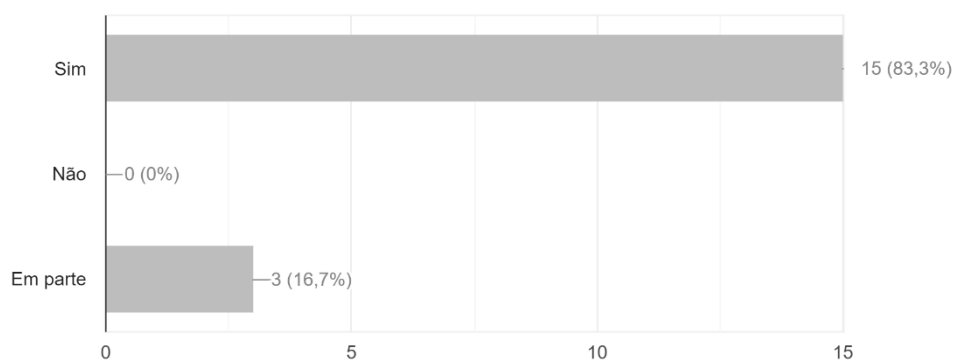


Gráfico 16: Opiniões sobre a importância da sequência de aulas para o aprendizado.

Também questionamos se a turma entendeu o que é uma onda mecânica com o uso das atividades experimentais. 72,2% afirmaram que aprenderam, sim, 5,6% que não e 22,2% aprenderam em parte (Gráfico 17).

7) Você entendeu o que é uma onda mecânica com o uso das atividades experimentais?

0 / 18 respostas corretas

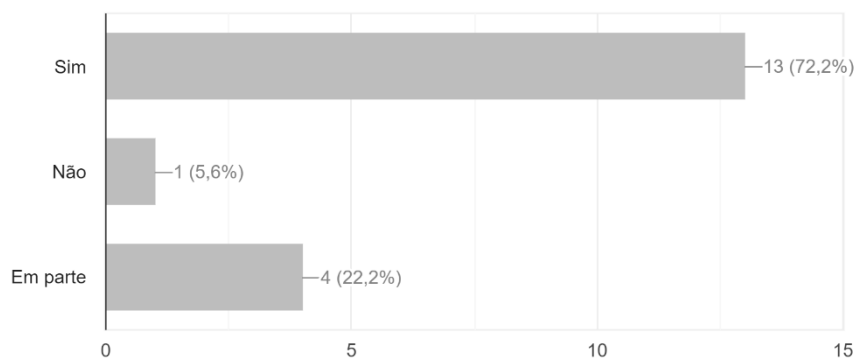


Gráfico 17: Opiniões sobre a compreensão do que é onda mecânica.

Foi importante saber deles se, sem o uso das atividades experimentais, entenderiam como acontece a propagação e a transição de uma onda mecânica. O índice obtido nessa questão foi: 27,8% para a alternativa sim, 38,9% para não e 33,3% para em parte (Gráfico 18).

8) Sem o uso das atividades experimentais, você entenderia como acontece a propagação e a transição de uma onda mecânica?

0 / 18 respostas corretas

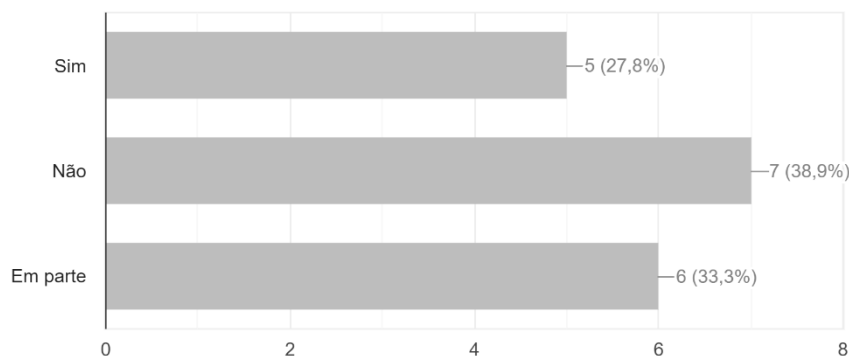


Gráfico 18: Opiniões sobre as contribuições das atividades experimentais.

Na penúltima questão, buscamos saber se ao desenvolver as atividades 1 e 2 da sequência de aulas, entenderam o porquê ocorreu variação no comprimento de onda. 77,8% optaram em assinalar a alternativa sim, 5,6% optaram por não e 16,7% entenderam em parte (Gráfico 19).

9) Ao desenvolver as atividades 1 e 2 da sequência de aulas, você entendeu o porquê ocorreu variação no comprimento de onda?

0 / 18 respostas corretas

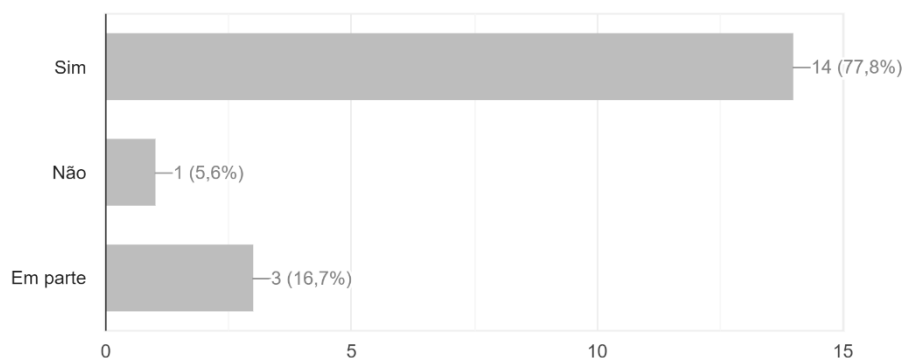


Gráfico 19: Opiniões sobre a compreensão acerca da variação no comprimento de onda.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados apresentados, chegamos à constatação de que as aulas experimentais a partir de uma sequência de aulas são um mecanismo metodológico relevante e pertinente para o processo de aprendizagem dos alunos perante o ensino de Física. Ora considerado difícil e sem nenhuma relação com a vivência dos discentes em seu dia a dia. Dai mais um motivo para o professor dialogar com os alunos, observando seu o nível de conhecimento, antes, durante e depois de cada atividade.

Como pôde ser observado nos dados adquiridos na avaliação diagnóstica e em nossa análise após aplicação do produto, podemos afirmar que a sequência de aulas de forma bem planejada, no nosso caso, seguindo as orientações na construção de sequência de aulas “potencialmente significativa”, dadas por Moreira (2011), encaradas como uma sugestão para aulas de Física, podem proporcionar momentos dinâmicos e interessantes na abordagem dos conteúdos de ondas mecânicas. É bom dizer que entende-se os termos “potencialmente significativa” a sequência de aulas que possui potencial de ser significativa, já que cada encontro foi planejado com esse objetivo, mas quem atribui significado às atividades propostas em cada encontro será o aluno.

De acordo com Ugalde e Roweder (2020), a sequência didática bem estruturada pode proporcionar aos alunos facilidade no entendimento dos conteúdos disciplinares abordados em sala de aula. Considerando que o processo de aprendizagem segue uma sequência progressiva das atividades em sua totalidade. Assim, contribuindo para uma maior compreensão dos temas trabalhados nas aulas.

Por isso, entendemos que o planejamento bem-estruturado e uma aplicação de aulas em sequência, objetivando a progressão das atividades em prol da aquisição do conhecimento de forma qualitativa e significativa, é uma opção metodológica relevante para o ensino da Física. Dessa forma, afastando o olhar crítico de que o estudo da Física não tem relação com o cotidiano dos alunos, como também, que é praticamente impossível aprender os conceitos dessa disciplina, bem como a sua aplicabilidade em experimentos em contexto escolar.

Embora os resultados da aplicação do produto educacional tenham sido satisfatórios para este estudo, não se pode garantir que a sequência de aulas enfatizando a experimentação é a única estratégia metodológica a ser adotada pelo professor de Física para promover uma aprendizagem significativa aos seus alunos. Porém, trata-se de um recurso metodológico produtivo, significativo e pertinente para pôr em prática na rotina docente. Afinal, sendo aplicada da forma adequada pode contribuir produtivamente para a aprendizagem significativa dos alunos diante do ensino de Física.

Como afirma Ausubel (1982), ao conceituar a aprendizagem significativa como sendo um processo de assimilação substantiva e não arbitrária do que se aprende em relação a um componente relevante da estrutura cognitiva. Isto é, o indivíduo passa a compreender os conceitos abordados no processo, enxergando-os pela ótica da significação. Dessa forma, esses conceitos não são associados a objetivos sem nenhum significado, mas atribui a eles compreensão de relevância de aprendizagem.

Pode-se, portanto, afirmar que os alunos começam a assimilar a relevância do componente a suas experiências, por exemplo. Ou seja, traçam significação do conteúdo do ensino da Física aos acontecimentos da sua realidade empírica. Logo, o distanciamento dos conceitos da Física passa a ficar menor, comumente à aquisição do conhecimento mais pertinente, relevante e produtivo em relação ao não saber. O que nos faz frisar que a barreira entre a dificuldade e a facilidade, enfim, vem a ser rompida, resultando em um processo de aprendizagem significativa para os alunos.

Destarte, por se tratar de um objetivo de aprendizagem em prol da qualidade da aprendizagem da disciplina de Física, espera-se que este produto educacional seja visto como potencial pedagógico. Assim, sendo inserido na prática dos docentes de Física como alternativa cabível ao seu ensino em contexto escolar de forma mais efetivo e prazeroso para os discentes, que ainda enxergam esse ensino distante da sua realidade e da sua capacidade de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, S. de M.; SILVA, M. R. da; LABURU, C. E. Laboratório didático de Física a partir de uma perspectiva Kuniana. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 6. pp. 97-106, 2001.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 2, junho, 2003.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes; 1982.

BAPTISTA, A. C.; SIQUEIRA, M. R. P. Implementação da mecatrônica no ensino de Física: construção de ações investigativas através dos dispositivos mecatrônicos educacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n 2, p. 550-572, ago. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n2p550/37449>. Acesso em: 08 out. 2019.

BARROS, A. B.; SILVA, S. M. M.; COSTA, M. da P. R. **Dificuldades no processo de inclusão escolar: percepções de professores e de alunos com deficiência visual em escolas públicas**. Boletim Academia Paulista de Psicologia, vol. 35, núm. 88, jan./jun., 2015, pp. 145-163. Academia Paulista de Psicologia. São Paulo, Brasil.

BECKER, W. R., STRIEDER, D. M. (2011). O uso de simuladores no ensino de astronomia. **Anais Encontro Nacional De Informática E Educação**, v. 2, p. 398.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília, 2000.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Etapa do Ensino Médio. Brasília: 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio>. Acesso em: 03 dez.2020.

CACHAPUZ, A. *et al.* **A emergência da didática das ciências como campo específico de conhecimento**. Revista Portuguesa de educação, 14(1), 155-195, 2001. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26464941_A_emergencia_da_didactica_da_das_ciencias_como_campo_especifico_de_conhecimento. Acesso em: 29 mar. 2020.

CALDAS, G. G. **Atividades experimentais de acústica para o ensino de Física**: uma proposta na inclusão de surdos. Dissertação de mestrado em Ensino de Física. Belém: Universidade Federal do Pará, 2017.

CAMARGO, E. P. **Inclusão e necessidade especial**: compreendendo identidade e diferença por meio de ensino de Física e da deficiência visual. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

_____. **O ensino de Física no contexto da deficiência visual**: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para aluno deficiente visual e com baixa visão. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Campinas, SP, 2005.

CAMARGO, E. P.; SILVA, D. Trabalhando o conceito de aceleração com alunos com deficiência visual: um estudo de caso. In.: **Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1218-1223. Curitiba, mar. 2003.

COSTA, L. G. *et al.* **O ensino de Física para deficientes visuais a partir de uma perspectiva fenomenológica**. Ciência & Educação (Bauru), vol 12, n. 2. São Paulo: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, agosto 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2510/251019511003.pdf>. Acesso em: 30 ago 2019.

DA ROSA, C. T. W.; GHIGGI, C. M. **Resolução de problemas em Física envolvendo estratégias metacognitivas: análise de propostas didáticas**. Investigações em Ensino de Física, v.23(3), p. 30-59, 2018. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1084/pdf>. Acesso em: 09 out. 2019.

DICKMAN, A. G.; FERREIRA, A. C. **Ensino e aprendizagem de Física a estudantes com deficiência visual**: desafios e perspectivas. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 8, n. 2, 2008.

DOS SANTOS, C. A. **O Prêmio Nobel de Einstein**. UFRGS, 2004. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/einstein/efeitofotoeletricopremionobel.html>>. Acesso em: 20 set. 2020.

DOS SANTOS, N. S. **Proposta de unidade didática para o ensino de indução eletromagnética com ênfase no funcionamento de geradores elétricos**. Dissertação (Mestrado profissional em ensino de Física). Instituto Educacional, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

ERROBIDART, H. A. *et al.* **Ouvido mecânico**: um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 1, 1507, 2014. Disponível em: www.sbfisica.org.br. Acesso em: 05 dez. 2021.

FERREIRA, L. E. Influência da música no ensino aprendizagem de alunos deficientes visuais. Revista **Ensaio Pedagógico**, v.8, n.1, Jul 2018. p. 127 - 146.

FRÓES, A. L. D. (2014). **Astronomia, astroFísica e cosmologia para o Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 36(3), 3504

FUNDAÇÃO Dorina. **Estatísticas da deficiência visual**. Disponível em: <https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/estatisticas-da-deficiencia-visual/>. Acesso em: 30 nov. 2018.

HALLIDAY, D. *et al.* **Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. LTC – Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro: Editora AS, 1996.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. de. **A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos**. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 44, p. 75-92, abr./jun. 2012. Editora UFPR.

KRUMMENAUER, W. L. *et al.* **Uma experiência de ensino de Física contextualizada para a educação de jovens e adultos**. Artigo, Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) 12 (2), Ago 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120205>. Acesso em: 1 nov. 2021.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. **A relação com o saber profissional do professor de Física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no ensino médio**. Investigação em Ensino de Ciências, v. 12(3), p. 305-320, 2007. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/462/266>. Acesso em: 09 out. 2019.

LEITÃO, V. A unidade didática. **Curriculum**, Rio de Janeiro, 15 (4) 19-26, out-dez. 1976.

MATOS, D.C.V.S. Formação intercultural de professores de espanhol e materiais didáticos. **Abekhache**, ano 4, n.6, 2014, p. 165-185.

MEES, A. A. **Astronomia: motivação para o ensino de Física na 8ª série**, 2004.

MENEZES, L. D. D. D. **Tecnologia no ensino de Astronomia na educação básica: análise do uso de recursos computacionais na ação docente**, 2011.

MILÉO FILHO, P. R. Interatividades e Audiovisuais no Ensino de Física. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2011** – Manaus, AM. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0301-1.pdf>. Acesso em 13 nov. 2021.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em revista**, 2011, v. 1, n. 2, p. 4-63.

_____. **Aprendizagem significativa: um conceito subjacente**. Aprendizagem Significativa em Revista / Meaningful Learning Review – V1(3), pp. 25-46, 2011a. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf. Acesso em: 1 nov. 2021.

_____. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In. MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M. C.; RODRÍGUEZ, M. L. (Orgs.). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España: 1997.

_____. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro Editora, 2010.

_____. **O que é aprendizagem significativa?** Porto Alegre: UFRGS, 2012.

_____. **Uma análise crítica do ensino de Física**. Estudos Avançados. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Sul, vol. 32, n. 94, sept./dec., 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-4014201800030007. Acesso em: 20 mar. 2020.

MORRONE, W.; ARAÚJO, M. S. T. de; AMARAL, L. H. **Analogias e experimentação em eletrodinâmica baseadas no conhecimento sensível: um experimento para aprendizagem significativa de alunos deficientes visuais**. VII Enpec, Florianópolis, 8 nov. 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viipec/pdfs/115.pdf>. Acesso em: 07 out. 2019.

MOSQUERA, C. (org). **Deficiência visual: do currículo aos processos de reabilitação**. Curitiba: Editora do Chain, 2014.

MOURA, F. A.; VIANNA, P. O. **O Ensino de Física Moderna baseado no filme Interestelar: Abordagem didática para a aprendizagem significativa**. Research, Society and Development, vol. 8, núm. 3, 2019. Universidade Federal de Itajubá, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560662194015>. Acesso em: 07 nov. 2021.

NUERNBERG, A. H. **Contribuições de Vygotsky para a educação de pessoas com deficiência visual**. Psicologia em estudo, v. 13, n. 2, Maringá, abr./jun. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pe/v13n2/a13v13n2>. Acesso em: 03 jun. 2019.

NUNES, R. S. **Ensino de Física para alunos com deficiência visual**. v. 11, nº 13, Varginha: Interação, 2011.

PAIS, A. A unidade didática como instrumento e elemento integrador de desenvolvimento da competência leitora: crítica da razão didática. In AZEVEDO, Fernando, Coord. - **Didática e práticas: a língua e a educação literária**. ISBN: 978-989-8309-47-1. Guimarães: Ópera Omnia. p. 66-86, 2013.

PIUBELLI, S. L. *et al.* **Simulador de propagação de ondas mecânicas em meios sólidos para o ensino da Física**. Revista Brasileira de Ensino de

Física, v. 32, n.1, 1501, 2010. Disponível em:
<https://repositorio.ufms.br:8443/jspui/bitstream/123456789/637/1/Simulador%20de%20propagacao.pdf>. Acesso em: 11 set. 2019.

PUGLIESE, R. M. **O trabalho do professor de Física no ensino médio**: Um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico. Ciência & Educação. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo (IFSP), vol. 23, n. 4, oct./dec. 2017. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132017000400963. Acesso em: 20 mar. 2020.

ROSA, C. T. W. **A metacognição e as atividades experimentais no ensino de Física**. Tese de doutorado em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação, Florianópolis, SC, 2011.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. **O ensino de ciências (Física) no Brasil**: da história às novas orientações educacionais. Revista Iberoamericana de Educación, v. 58, n 2, 2012.

_____. **Ensino de Física**: objetivos e imposições no ensino médio. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 4, n. 1, 2005. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf. Acesso em: 1 nov. 2021.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. v.17 n. especial. p. 49-67. nov., 2015.

SILVA, L. C. S.; SILVA, L. G. S. **Educação em direitos humanos e educação inclusiva**: concepções e práticas pedagógicas. 1 ed. Curitiba: Appris, 2019.

SILVA, M. A. da. **Ouvindo**. Biologia – Corpo Humano: Audição. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/audicao/ouvido/>>. Acesso em: 02 nov. 2021.

SILVEIRA, J. A. **Ondas mecânicas e eletromagnéticas: propostas de atividades para uma aprendizagem significativa**. 2019. 66 f.: 30 cm. Produto Educacional (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2019.

UGALDE, M. C. P.; ROWEDER, C. **Sequência didática**: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico, v. 6, Edição Especial, e099220, 2020. Disponível em: <https://sistemascmc.ifam.edu.br/educitec/index.php/educitec/article/view/992/506>. Acesso em: 29 jun. 2022.

VIVAS, D. B. P.; TEIXEIRA, E. S.; CRUZ, J. A. L. **Ensino de Física para surdos**: um experimento mecânico e um eletrônico para o ensino de ondas

sonoras. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 197-215, abr. 2017. Disponível em:
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p197/33970>. Acesso em: 08 out. 2019.

APÊNDICE A – Avaliação diagnóstica



Avaliação diagnóstica

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Olá,

Meu nome é George Berkeley Chacon da Cunha. Essa atividade é uma das etapas para o meu mestrado em ensino de Física e sua ajuda é muito importante para mim!

Responda as questões e não se preocupe com erros ou acertos e sim em responder. Só aquilo que você se lembra do que aprendeu na componente curricular de física na escola ou mesmo fora dela. Não precisa nem colocar o seu nome! Mas, se desejar, fique à vontade!

Desde já, agradeço sua ajuda!

1) A respeito da definição do que é uma onda, foi dito que "é uma perturbação ^{*} que se propaga em um meio elástico, transportando energia de um ponto para outro, sem transportar matéria". Esta afirmação está:

- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

2) Um professor de física define que a velocidade de uma onda muda dependendo do meio onde a onda se propaga. Esta afirmação está: *

- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

3) Em uma aula de física é realizada uma dinâmica em grupo. Durante essa atividade, o grupo A explica que a amplitude de uma onda é a distância entre o eixo central e o ponto mais alto da onda (crista) ou mais baixo da onda (vale). Esta afirmação está: *

- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

4) Em um debate entre alunos na aula de física, um deles explica que a frequência de uma onda é a quantidade de ciclos em um determinado intervalo de tempo. Esta afirmação está: *

- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

5) Em uma avaliação, um aluno afirma que está errada a definição: "comprimento de onda é a medida de um ciclo completo da onda, que pode ser medido entre duas cristas ou dois vales". Sobre essa definição, o aluno fez uma afirmação:

- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

6) George estudou que "quanto maior for o comprimento de uma onda que se propaga em certo meio, menor será a sua frequência". Essa afirmação é:

- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

7) A propagação de ondas envolve, necessariamente, o transporte de energia. *
Essa afirmação é:

- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

8) A principal diferença entre as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas *
é que as ondas mecânicas propagam-se em meio material, e as ondas
eletromagnéticas não necessitam de um meio material para propagar-se;
podendo, portanto, propagar-se no vácuo. Esta afirmação está:

- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

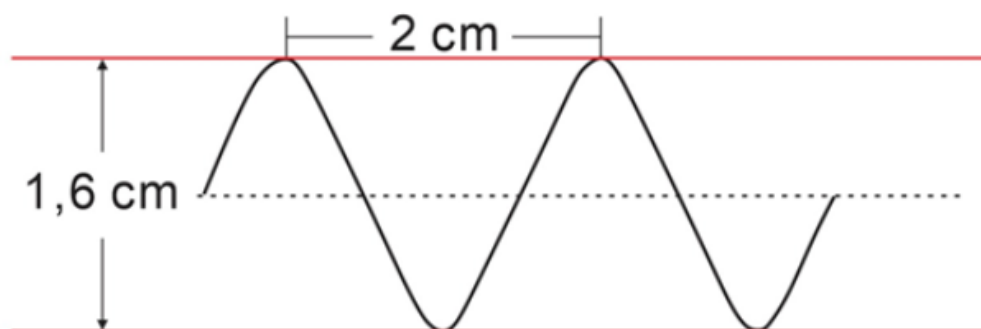
9) Na física, o período é o intervalo de tempo para se completar um ciclo de
onda. Esta afirmação está: *

- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

10) A imagem a seguir representa o trecho de uma onda.

*

A amplitude e o comprimento da onda são 0,8 cm e 2cm, respectivamente. Essa afirmação é:



- ☐ certa
- ☐ errada
- ☐ não sei dizer

APÊNDICE B – Opinião dos alunos



MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Opinião dos alunos a respeito
da sequência de aulas sobre o estudo
de ondas mecânicas.

Agora, estudante, conto com sua ajuda para me dizer o que achou da sequência de aulas aplicada pelo pesquisador sobre o estudo de ondas mecânicas.

Sua resposta _____

Leia as questões e marque com um X a sua opinião.

1) A metodologia utilizada pelo pesquisador na sequência de aulas facilitou seu ^{*} entendimento sobre o conteúdo estudado?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

2) Você achou as aulas mais fáceis com a utilização de experimentos? ^{*}

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

3) Você conseguiu fazer uma relação entre o que aprendeu na aula de Física e o ^{*} seu dia a dia?

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

4) Você compreendeu melhor o conteúdo trabalhado por causa das atividades experimentais? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

5) As atividades experimentais fizeram com que as aulas fossem mais interativa e dinâmica? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

6) A sequência de aulas aplicada foi importante para o seu aprendizado? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

7) Você entendeu o que é uma onda mecânica com o uso das atividades experimentais? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

8) Sem o uso das atividades experimentais, você entenderia como acontece a propagação e a transição de uma onda mecânica? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

9) Ao desenvolver as atividades 1 e 2 da sequência de aulas, você entendeu o porquê ocorreu variação no comprimento de onda? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em parte

10) Você gostaria de escrever algo sobre a metodologia aplicada pelo professor nesta sequência de aulas? Se sim, fique à vontade.

Sua resposta

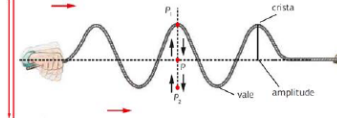
APÊNDICE C – Apresentação em *power point* utilizada durante aplicação do Produto Educacional

ONDULATÓRIA

Os conceitos, as características, a propagação e a transmissão das ondas mecânicas

O QUE É UMA ONDA

Imaginemos você, ao segurar uma corda, deslocasse sua mão continuamente para cima e para baixo. Assim, formaria uma série de pulsos, produzidos alternadamente para cima e para baixo, propagando-se ao longo da corda.

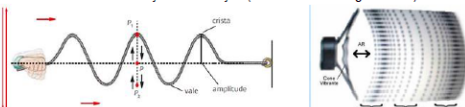


Então, onda é uma perturbação que se propaga em um meio elástico, transportando energia, de um ponto para outro, sem que haja deslocamento.

CLASSIFICAÇÃO DE UMA ONDA

As ondas podem ser classificadas:

- De acordo com as direções de vibração (transversais e longitudinais).

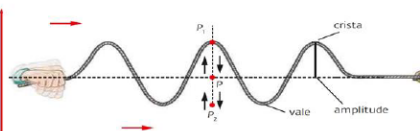


- De acordo com as direções de propagação (unidimensional, bidimensional e tridimensional).

- De acordo com sua natureza (mecânica, eletromagnética).

AMPLITUDE, PERÍODO E FREQUÊNCIA

A distância entre a posição de equilíbrio e a posição extrema (crista/vale) ocupada por um objeto que oscila é denominada **amplitude**, A , do movimento. O tempo que o objeto demora para efetuar uma oscilação completa é denominado **período**, T , do movimento. O número de oscilações completas que o objeto efetua por unidade de tempo é denominado **frequência**, f , do movimento.

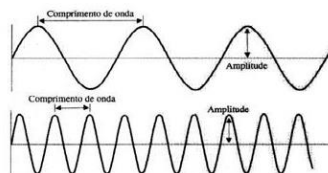


EQUAÇÃO DA FREQUÊNCIA E O PERÍODO

$$f = \frac{1}{T}$$

Onde f é a frequência dada em Hertz (Hz) e T é o período dado em segundo (s).

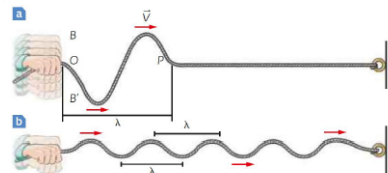
Quando a frequência aumenta, percebe-se que a onda possui mais ciclos e seu comprimento de onda diminui.



Fonte: http://www.fonologia.org/acadestica_osom_2.php

COMPRIMENTO DE ONDA

O **comprimento de onda** λ é a distância que a onda percorre durante um período T .



EQUAÇÃO DA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DA ONDA

$$v = \lambda \cdot f$$

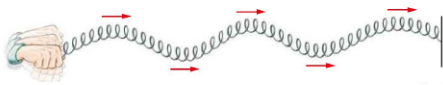
$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Onde:

- v é a velocidade de propagação da onda em metros por segundo (m/s),
- λ é o comprimento de onda em metros (m)
- f é a frequência dada em Hertz (Hz)
- T é o período dado em segundo (s).

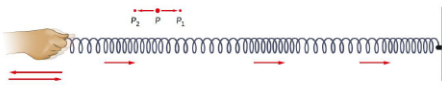
ONDA TRANSVERSAL

Em uma onda transversal, os pontos do meio no qual ela se propaga oscilam perpendicularmente à direção de propagação da onda.



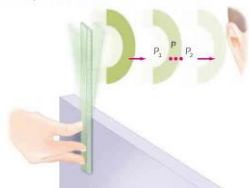
ONDA LONGITUDINAL

Em uma onda longitudinal, os pontos do meio no qual ela se propaga oscilam paralelamente à direção de propagação da onda.

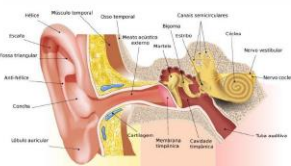


O SOM

O som é uma onda longitudinal que se propaga em um meio material (sólido, líquido ou gasoso), cuja frequência está compreendida, aproximadamente, entre 20 hertz e 20 000 hertz.

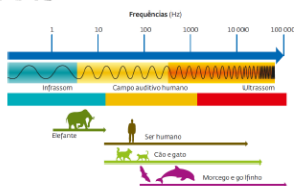


ORELHA HUMANA



Orelha externa Orelha média Orelha interna
Fonte: Shutterstock.com / Ilustração: SVETLANA VERBINSKAYA apud
<https://www.infoescola.com/audicao/ouvido/>

INTERVALO DE FREQUÊNCIAS SONORAS



VELOCIDADE DO SOM

VELOCIDADE DO SOM	
Meio	v (m/s)
Borracha	54
O ₂ (0 °C)	317
Ar (20 °C)	340
H ₂ (0 °C)	1 300
Água	1 450
Ferro	5 100
Granito	6 000

REFERENCIAS

Física : contexto & aplicações : ensino médio / Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Alvares, Carla da Costa Guimarães. -- 2. ed. -- São Paulo : Scipione, 2016.

Link de acesso aos slides:

<https://docs.google.com/presentation/d/17PRXvxRJEzVhAtlnA41rqU4P3aVOHarw/edit?usp=sharing&ouid=111741002445852670893&rtpof=true&sd=true>

APÊNDICE D – Produto Educacional

PRODUTO EDUCACIONAL

SEQUÊNCIA DE AULAS PARA O ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS EM UMA PERSPECTIVA INCLUSIVA COM A UTILIZAÇÃO DE UM KIT EXPERIMENTAL BIOFÍSICO (KEB)

GEORGE BERKELEY CHACON DA CUNHA

Produto Educacional apresentado em Dissertação de mestrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Edemerson Solano
Batista de Moraes

Natal/RN

2022

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a sua fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção própria e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

George Berkeley Chacon da Cunha
Edemerson Solano Batista de Moraes, Dsc

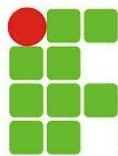
**SEQUÊNCIA DE AULAS PARA O ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS EM UMA
PERSPECTIVA INCLUSIVA COM A UTILIZAÇÃO DE UM KIT EXPERIMENTAL
BIOFÍSICO (KEB)**

Natal/RN

2022

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE
Campus Natal - Central



CADERNO DO PROFESSOR DE FÍSICA

SEQUÊNCIA DE AULAS PARA O ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS EM UMA PERSPECTIVA INCLUSIVA COM A UTILIZAÇÃO DE UM KIT EXPERIMENTAL BIOFÍSICO (KEB)

Produto Educacional



SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO.....	5
1.1	Objetivo do produto educacional.....	6
1.2	Sobre sequência de aulas.....	6
1.3	Sobre o KEB.....	7
2	MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO KEB.....	9
2.1	Materiais necessários.....	9
2.2	Ferramentas necessárias.....	11
2.3	Montagem do KEB.....	12
3	SEQUÊNCIA DE AULAS DE ONDAS MECÂNICAS COM O USO DO KEB.....	20
3.1	Encontro 1.....	20
3.1.1	Objetivos.....	20
3.1.2	Materiais necessários.....	20
3.1.3	Procedimento.....	21
3.2	Encontro 2.....	22
3.2.1	Objetivos.....	23
3.2.2	Material necessário.....	23
3.2.3	Procedimento.....	23
3.3	Encontro 3.....	24
3.3.1	Objetivos.....	24
3.3.2	Material necessário.....	24
3.3.3	Procedimento.....	24
3.4	Encontro 4.....	24
3.4.1	Objetivos.....	25
3.4.2	Procedimento.....	25
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
	REFERÊNCIAS.....	27

1 APRESENTAÇÃO

O produto educacional deste estudo é uma sequência de aulas com características inclusivas para alunos não videntes ou baixa visão junto a utilização de um Kit Experimental Biofísico (KEB).

Propor uma estratégia de ensino de ondas mecânicas em uma perspectiva inclusiva, a partir do desenvolvimento de um produto educacional, não foi uma tarefa fácil, mas, por outro lado, a emoção de ter em mãos este produto e poder socializá-lo com professores de Física, nos motiva cada vez mais a buscar uma aprendizagem de Física com significado (AUSUBEL, 1982) e, sobretudo, inclusiva, pois compreende-se que a experimentação no processo de aprendizagem nesta disciplina é indispensável, conforme nos aponta Dos Santos (2017, p.23) “o fazer, o manusear, o operar, o agir, em diferentes formas e níveis” fazem parte do entendimento do conteúdo.

Assim, com este Produto Educacional, convidamos o professor de Física a fazer uma aula que não enfatize no estudante a resolução de exercícios de livros didáticos ou mesmo a decoreba de fórmulas. Que estudantes com ou sem necessidades educacionais especiais possam estudar ondas mecânicas de forma interativa, potencializando seus sentidos sensoriais.

Entendemos ser oportuno apresentar um quadro resumo que retrata de forma simples e direta as ações, objetivos, atividades, encontros e seu tempo de duração. Vale dizer que a descrição detalhada de cada encontro se encontra no capítulo 3 deste caderno.

Quadro: Resumo da Sequência de Aulas sobre ondas mecânicas com uso do KEB.

Ação	Formulação dos objetivos de aprendizagem da sequência de aulas	Relação das atividades desenvolvidas para alcançar os objetivos de aprendizagem	Encontro Duração
Identificar Refletir	Identificar as características de ondas mecânicas.	Atividade 1: Após apresentação dos conceitos e características de uma onda mecânica, os alunos com cordão, cola, palito representaram uma onda em uma cartolina.	1º
			100 minutos
Recordar Reconhecer Compreender	Identificar as características de ondas mecânicas e suas variações.	Atividade 2: Após revisão dos conceitos e características de uma onda mecânica, os alunos com cordão, cola, palito representaram uma onda em	2º
			100 minutos

		uma cartolina, mas agora com novas características	
Observar Relacionar Reconhecer Explicar Refletir	Perceber a propagação e a transmissão de uma onda mecânica.	Atividade 3: Por meio de uma caixa de som, os alunos com os olhos vendados, refletiram e explicaram como o som chega ao ouvido humano.	3º 100 minutos
Observar Reconhecer Analisar Explicar	Perceber a propagação e a transmissão de uma onda mecânica.	Atividade 4: Por meio do uso do KEB, os alunos refletiram, explicaram e analisaram como o som chega ao ouvido humano.	4º 100 minutos

Fonte: o autor

1.1 Objetivo do Produto Educacional

Potencializar a aquisição e a construção dos conhecimentos sobre os conceitos, as características, a propagação e a transmissão das ondas mecânicas por estudantes da 2ª ou 3ª Série do Ensino Médio de acordo com o projeto pedagógico da escola.

1.2 Sobre sequência de aulas

Sánchez e Valcárcel (1993), assim como Leitão (1976), são favoráveis ao desenvolvimento de unidade e/ou sequência didática diante das *práxis* docentes na elaboração de materiais didáticos. Com eles, Pais (2013) ressalta que a unidade didática deve ser pensada como sendo unidades básicas de programação; assim, estas são entendidas como “uma entidade global e globalizada na qual os diferentes elementos e fatores entrecruzam para formar um todo metodologicamente coerente designado por percurso de ensino e aprendizagem” (PAIS, 2013, p.68). Complementa seu pensamento afirmando que “as unidades didáticas devem contemplar princípios e estratégias interventivas que desenvolvam nos alunos a autoconfiança e a autodisciplina...” (PAIS, 2013, p.77).

Para Matos (2014, p. 176), “a sequência didática é um conjunto de atividades progressivas, iniciada pela apresentação da situação, na qual se detalha o cenário de interlocução”, o que será realizado a partir do conteúdo selecionado previamente pelo professor e, em seguida, a execução prática dessa aprendizagem pelo aluno. Este

momento de prática servirá de referência para conduzir a pretensão de caminhada metodológica do educador na elaboração de materiais, procedimentos e atividades. Por fim, “a sequência didática termina com uma produção final, na qual o aluno poderá utilizar os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores” (MATOS, 2014, p. 176).

Diante o exposto, optou-se por nomear sequência de aulas, de modo que entende-se que esse produto educacional também poderá incentivar o professor de Física a buscar conhecimentos sobre a utilização de componentes eletrônicos para o desenvolvimento de kits experimentais, pois o desafia a planejar aulas diferenciadas, tendo um olhar na compreensão do conceito e significado das expressões Físicas, inclusive indo ao encontro do que está posto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) quando esta propõe, ao professor de Física, uma reflexão no sentido de dar ao aluno ferramentas a mais para pensar e agir, se comprometendo com a formação cidadã dos jovens nos desafios da contemporaneidade (BRASIL, 2018).

Vale dizer que, de acordo com Sánchez e Valcárcel (1993) pretende-se, na sequência de aulas, com o uso do KEB, fomentar a utilização de materiais didáticos que valorizem as habilidades, os conhecimentos empíricos, as formas de compreensão dos alunos, na expectativa de “motivar o aluno para a unidade. Fazê-lo tomar contato [...] com tudo o que vai estudar na unidade (matéria, talvez, de várias aulas)” (LEITÃO, 1976, p.21), a fim de, posteriormente, atingir objetivos das aulas, tais como conceituar a categoria onda mecânica na Física; identificar as características das ondas: amplitude, comprimento de onda, velocidade, frequência, período, a propagação e a transmissão das ondas mecânicas.

1.3 Sobre o KEB

O KEB foi construído com dispositivos de baixo custo, pois a maioria dos seus componentes são materiais reutilizáveis, que apresentaremos posteriormente. Essa opção se deu pelo fato de entendermos que todo e qualquer professor de Física do Ensino Médio poderá construí-lo e usá-lo em suas aulas de ondas mecânicas.

Este kit foi construído na perspectiva de tornar o conteúdo de ondas mecânicas significativo e relevante para o estudante com deficiência visual, podendo ser usado também com os alunos videntes. É uma possibilidade de ele ser um protagonista na construção do conhecimento, independente de uma possível necessidade educacional específica, afinal “o uso de atividades experimentais como estratégia de

ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente” (ARAÚJO; ABIB, 2003, p.176).

Além disso, o KEB apresentado, utilizado na perspectiva sugerida, permitirá uma abordagem multissensorial, quando um professor apresentar conceitos como propagação e transmissão de uma onda mecânica. Sobre essa abordagem, Camargo (2016) nos diz que os cinco sentidos (audição, tato, olfato, visão e paladar) são canais importantes de entrada de informações, porém, destaca que o ato de observar pode ser feito além do uso da visão, utilizando-se de outros sentidos, pois além de observar visualmente um ambiente, por exemplo, o aluno poderá descrever o cheiro dele, sentir sua temperatura e textura, ouvi-lo.

Posto isto, é do nosso entendimento que por meio do tato, o estudante com deficiência visual, conseguirá fazer observações do que estudará, em especial, no estudo de ondas mecânicas, utilizando o KEB, em uma aula mediada pelo professor.

Camargo (2016) afirma ainda que materiais multissensoriais e metodologia de ensino inclusiva devem ser apresentadas a professores da educação básica, uma vez que alunos com deficiência visual são realidade nas escolas brasileiras e o professor se pergunta o que fazer diante de tal realidade.

Ademais, entendendo que o ensino de Física deve ser pautado na teoria e em atividades experimentais, pois

A experimentação é a base para a introdução do estudante nos processos da ciência, tem como objetivo desenvolver no aluno a habilidade do ‘fazer ciência’. Aulas teóricas são destinadas a transmitir os conteúdos, enquanto as atividades práticas são destinadas a introduzir os alunos nos ‘métodos da ciência’. Supõe-se a existência de um ‘método científico’, baseado num conjunto de etapas ou regras de procedimentos, um algoritmo do qual é possível se abstrair o conteúdo conceitual (HIGA; OLIVEIRA, 2012, p. 77).

Por fim, reitera-se que foi considerando esses conceitos e pensamentos sobre a necessidade de implementar a experimentação como procedimento essencial para a aquisição do conhecimento de Física no ambiente escolar, fomentando a importância do processo de aprendizagem que promova o ensino da Física aplicada como meio de proporcionar aos educandos, sejam eles deficientes visuais ou não,

uma aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1982), que nos conduziram a desenvolver este produto educacional.

2 MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO KEB

Este manual objetiva instruir os professores na montagem do KEB, que por sua vez servirá como subsídio para demonstração prática do som como uma onda mecânica, durante a realização da sequência de aulas. Desta maneira, tornará o assunto de ondas menos abstrato, devido a percepção através dos sentidos humanos.

Para tanto, inicia-se com a apresentação da lista de materiais e ferramentas necessários, pois: “os materiais didáticos que utilizamos devem mostrar com clareza a estratégia didática do professor, pois serão os instrumentos pelos quais ele comunica tanto o conteúdo de seu ensino quanto sua concepção”. (SÁNCHEZ; VALCÁRCEL, 1993, p.41, tradução nossa).

2.1 Materiais necessários

- Luva de Policloreto de Vinila (PVC) de 100 milímetros.



- Redução de PVC de 150 milímetros para 100 milímetros



- Bastidor (utilizado para bordar).



- Cano de PVC de 100 milímetros (15 cm).



- Fio (0,50 mm).



- Fonte de tensão elétrica - 5V. (carregador de celular).



- Mine vibrador de celular.



- Napa ou plástico.



- Placa amplificadora de sinal.



- Sensor de vibração sw420 do Arduino.



- Jumper macho Fêmea 20cm



2.2 Ferramentas necessárias

- Alicate de corte.



- Chave de

fenda fina.



- Ferro de solda.



- Madeira com 1cm de espessura.



- Martelo.



- Pistola de cola quente.



- Cola quente.



- Prego (1,5 cm).



- Serrote (serra).



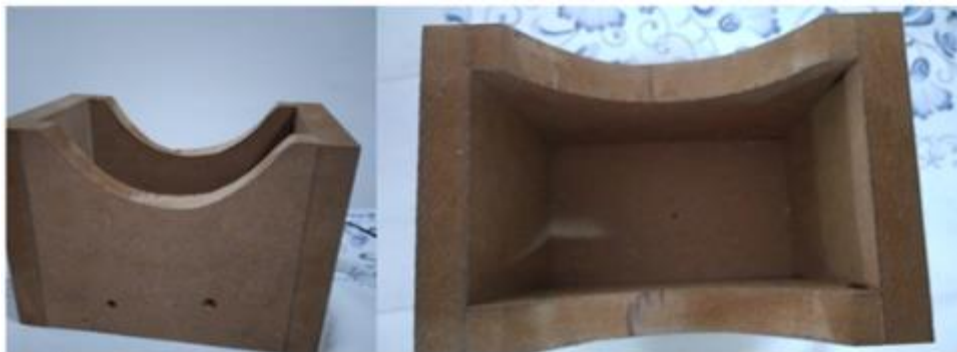
- Tesoura.



2.3 Montagem do KEB

1º) Confeccione um suporte de madeira ou de plástico, conforme figura 1¹¹, com 10 cm de largura, 12 cm de altura e 15 cm de comprimento. Observe que no suporte há uma cava com 5 cm de raio, que equivale à metade do diâmetro do cano.

Figura 1 - Suporte



Fonte: arquivo pessoal do autor

¹¹ O suporte de madeira poderá ser substituído por um vasilhame de água sanitária com formato retangular.

2º) Agora pegue uma redução de PVC de 150 milímetros para 100 milímetros e conecte a uma das extremidades do cano de PVC de 100 milímetros com 15cm de comprimento que juntos iram representar a orelha externa do ouvido humano, tendo como função de captar a vibração de uma onda sonora e conduzi-la até o tímpano. Em seguida os encaixe na cava do suporte de madeira.

Figura 2 – Cano e redução PVC no suporte



Fonte: arquivo pessoal do autor

3º) Apoie a napa (ou o plástico)¹², que representa o tímpano, na outra extremidade do cano de PVC.

Figura 3 - Napa (ou o plástico)



Fonte: arquivo pessoal do autor

¹² Pode ser substituído por uma chapa de raio x.

4º) Acople a luva de PVC de 100 milímetros no cano para fixar a napa (ou o plástico), deixando-a bem tensionada (esticada).

Figura 4 - Luva de PVC



Fonte: arquivo pessoal do autor

5º) Fixe o sensor de vibração na película plástica ou na napa com cola quente.

O módulo sensor de vibração SW-18015 é composto por uma placa, um sensor SW-18015P, um *trimpot*, no qual o professor pode ajustar a sensibilidade de acionamento do sensor, tornando-o mais eficaz possível, e um chip LM393. Assim, esse módulo é um pequeno componente elétrico capaz de realizar uma leitura digital, no qual possui 3 pinos, sendo dois para alimentação - um positivo (VCC) e um negativo (terra $\frac{1}{\infty}$), além de um pino D0 que tem a função de emitir a comunicação (o sinal). Sabe-se que a função desse módulo, como o próprio nome sugere, é detectar a vibração do local onde estiver instalado, quando detecta a vibração, fecha o circuito para enviar as informações. As especificações do sensor são: Tensão de Operação: 3,3-5v; Saída Digital; Comparador LM393; Led indicador para tensão; Led indicador para saída digital. A Pinagem é VCC: 3,3-5v; GND: (terra/negativo); D0: Saída Digital.

Figura 5 - Sensor de vibração



Fonte: arquivo pessoal do autor

6º) Utilize uma fonte de potência máxima de 9v com amperagem de 350ma para o funcionamento do sensor de vibração (carregador de celular) e retire o plug que encaixa no celular. Pegue três jumper macho-fêmea conecte a extremidade fêmea no sensor de vibração e corte a extremidade macho. Assim, deve-se ligar a fase positiva da fonte ao terminal positivo (VCC) do sensor de vibração e a fase negativa no pino indicativo do aterramento (negativa) (GND), conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Fonte de tensão elétrica



Fonte: arquivo pessoal do autor

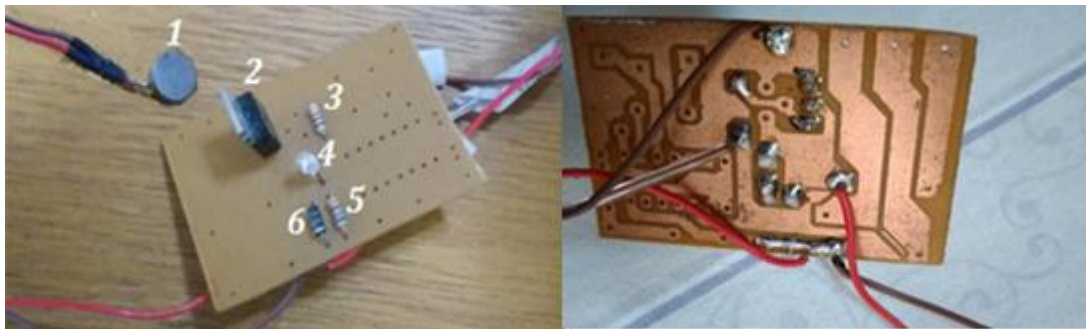
Ademais, os fios do cabo da fonte USB, relacionados ao recebimento de dados (D+ e D-), devem ser isolados, pois não serão utilizados. Enquanto o terceiro pino, de comunicação/ saída (D0), será conectado na placa amplificadora.

7º) Ligue a entrada do sinal da placa amplificadora ao pino emissor de sinal do sensor de vibração, em seguida alimente-a puxando um fio da fase positiva e outro da fase negativa da fonte de tensão que alimenta o sensor vibração e conecte respectivamente ao polo positivo e negativo, conforme esquema a seguir.

Na Figura 7 observa-se a placa amplificadora que possui como componentes:

- 1) Motor vibracall.
- 2) Transistor.
- 3) Resistor de 5 k Ω .
- 4) LED.
- 5) Resistor de 820 Ω .
- 6) Diodo.

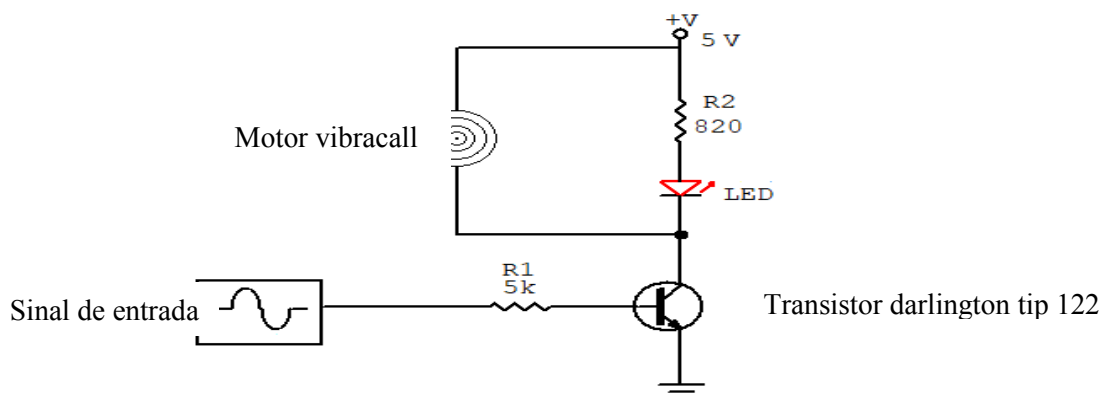
Figura 7 - Placa amplificadora de sinal



Fonte: arquivo pessoal do autor

A configuração de instalação da placa amplificadora é apresentada na Figura 8, na qual pode-se observar o sinal de entrada alternada, que é a saída D0 do sensor de vibração.

Figura 8 – Configuração do circuito amplificador



Fonte: arquivo pessoal do autor

8º) Conecte o mine vibrador de celular (motor vibracall) na Placa amplificadora de sinal em paralelo com o led, conforme a Figura 8.

9º) Corte a película plástica ou a napa um pouco maior que o diâmetro do bastidor e prenda-a no bastidor, deixando-a bastante tensionada, finalizando com a cortagem dos seus excessos. Vide Figura 9.

Figura 9 - Suporte vibrante



Fonte: arquivo pessoal do autor

10º) Fixe com cola quente o mine vibrador de celular no centro da película plástica ou na napa do suporte vibrante, com ilustra a Figura 10.

Figura 10 - suporte vibrante com o motor de vibração



Fonte: arquivo pessoal do autor

11º) Observe o resultado, conforme Figura 11.

Figura 11 - KEB



Fonte: arquivo pessoal do autor

Na Figura 11, é possível verificar o cano PVC sobre o suporte, tendo a película afixada no cano, no centro há o sensor de vibração, a placa amplificadora de sinal e o vibracall que está afixado no centro do bastidor.

3 SEQUÊNCIA DE AULAS DE ONDAS MECÂNICAS COM O USO DO KEB

Essa sequência de aulas é composta por quatro encontros, com cem minutos cada um, que equivale a duas aulas de cinquenta minutos. O Objetivo geral dos encontros 1, 2, 3 e 4 é construir junto com os estudantes o conceito de ondas, identificar os processos de propagação de uma onda, transmissão e suas características.

3.1 Encontro 1

Atividade 1: introdução e prática sobre características de uma onda

3.1.1 Objetivos

Apresentar conceitos introdutórios no estudo de ondas mecânicas.
Identificar as características básicas de uma onda mecânica.

3.1.2 Materiais necessários

- Palito de churrasco



- Palito de dente



- Barbantes



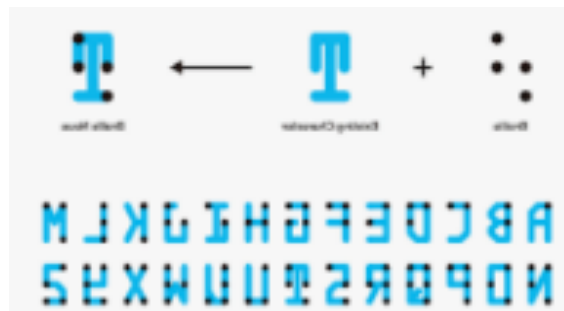
- Folha de papel madeira 96x66



- Cola



- Nomes e expressões escritos em papéis em português e transcritos em braile (crista, vale, amplitude, comprimento de onda e eixo de equilíbrio).



3.1.3 Procedimento

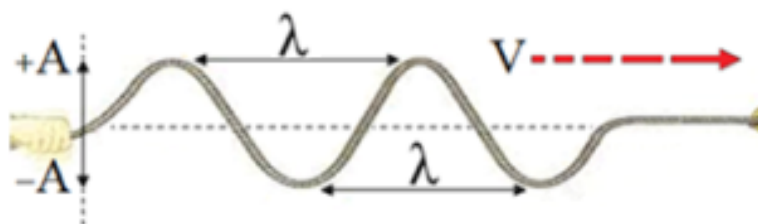
Na primeira aula, o professor deverá explicar aos estudantes que as aulas sobre ondas mecânicas iniciarão a partir da construção do conhecimento das características das ondas e, como avaliação, ao término das aulas, informará que eles deverão entregar um relatório, listando todas as atividades realizadas e os conceitos aprendidos. É importante destacar que em algum momento, o professor, junto com seus alunos, montará o KEB.

Sugere-se que a turma seja dividida em grupos com quantidades iguais de estudantes. Caso tenha mais de um estudante com deficiência visual na turma, é bom evitar que fiquem no mesmo grupo. A seguir, pede-se aos alunos que conversem entre si e entre os grupos, com a mediação do professor, provocar questionamentos acerca do que entendem sobre ondas (conhecimento

prévio) e se já estudaram esse conteúdo na escola. Para iniciar a formação dos conceitos sobre ondas mecânicas, o professor convidará os alunos a conceituar ondas na perspectiva da Física e deverá distribuir o seguinte material: palito de churrasco, palito de dente, barbantes, papel madeira, cola e as palavras crista, vale, amplitude, comprimento de onda e eixo de equilíbrio escritas em papéis, na Língua Portuguesa e transcritas em braile.

Caso o grupo tenha algum componente deficiente visual, ele deve derramar a cola sobre o papel ofício, oscilando a mão para frente e para trás lentamente e deslocando-a da esquerda para a direita, sendo orientado pelos demais componentes do grupo. Em seguida, o professor apresentará aos alunos uma imagem semelhante a que é mostrada na Figura 12.

Figura 12 - Relações entre o comprimento de onda e amplitude.



Fonte: arquivo pessoal do autor

Assim os demais alunos levam o barbante sobre a cola e com a ajuda do professor, identificando as características das ondas (crista, vale, amplitude, comprimento de onda e o eixo de equilíbrio), definindo-as. Neste momento, o palito de dente ajudará o estudante a identificar a amplitude e o comprimento de onda e o palito de churrasco será usado para identificar o eixo de equilíbrio. Em caso de aluno com deficiência visual – cegueira - as palavras crista, vale, amplitude e comprimento de onda e o eixo de equilíbrio devem estar transcritas em braile.

3.2 Encontro 2

Atividade 2: Verificação das características de uma onda

3.2.1 Objetivos

Identificar as características básicas de uma onda mecânica e suas variações.

Avaliar a aprendizagem dos alunos.

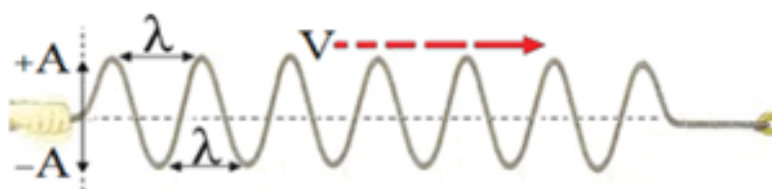
3.2.2 Material necessário

O mesmo material utilizado na aula anterior.

3.2.3 Procedimento

No segundo encontro, a atividade da aula anterior deverá ser repetida, porém a oscilação da mão para frente e para trás deverá ter mais rapidez e o deslocamento da esquerda para a direita com a mesma velocidade, de modo que aumente a quantidade de cristas e de vales, sendo contraído o comprimento de onda. Desta forma, o professor trabalhará com variação da amplitude, variação do comprimento de onda, noções de frequência e período (Figura 13).

Figura 13 - Aumento da frequência



Fonte: arquivo pessoal do autor

Ao término da segunda atividade, cada grupo deverá apresentar ao professor os trabalhos resultantes da experiência realizada com suas conclusões entre a primeira e a segunda atividade. A avaliação será feita por meio do trabalho em equipe e da associação correta das palavras às características da onda.

3.3 Encontro 3

Atividade 3: Propagação e transição de fase

3.3.1 Objetivos

Perceber a propagação e a transmissão de uma onda mecânica através do ouvido humano.

Adquirir conhecimentos sobre propagação e transmissão de onda mecânica.

3.3.2 Material necessário

Caixa de som portátil.



3.3.3 Procedimento

Nesse encontro, o professor proporcionará aos alunos estímulos sonoros para que eles associem o estudo de ondas sonoras ao funcionamento do ouvido humano. Logo após, iniciará uma apresentação sobre o ouvido humano, levando em consideração suas partes (anatomia) e funções, em seguida, dar-se-á início a montagem do KEB com seus alunos.

Os alunos que tenham alguma deficiência visual desenvolvem a imaginação, a partir da montagem do KEB, levando em consideração a estrutura parcial de um ouvido humano apresentada.

3.4 Encontro 4

Atividade 4: Propagação e transmissão de uma onda observadas por meio do KEB.

3.4.1 Objetivos

Adquirir conhecimentos sobre propagação e transmissão de onda mecânica.

Avaliar a aprendizagem dos alunos a partir do uso do KEB.

3.4.2 Procedimento

Nesse momento, o professor explicará os conceitos de uma onda mecânica, e como ocorre a propagação e transmissão de uma onda mecânica a partir do KEB, pois os alunos vão manipular e interagir com o kit (Figura 14), compreendendo o conteúdo de modo que aconteça a simulação do ouvido humano, proporcionando a eles a interação e manipulação do equipamento.

Figura 14 - KEB na aplicação



Fonte: arquivo pessoal do autor

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação e a avaliação deste produto educacional nos fizeram constatar que aulas experimentais a partir de uma sequência de aulas como essas propostas são um mecanismo metodológico relevante, pertinente e significativo para o processo de aprendizagem dos alunos perante o ensino de Física. Entendemos que o planejamento bem-estruturado e uma aplicação de aulas em sequência é uma opção metodológica relevante. Cabe agora perguntar ao colega professor de Física: vamos montar o KEB? Vamos realizar a sequência de aulas proposta? Estamos certos que será um sucesso!

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 2, junho, 2003.

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa**: A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes; 1982.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília, 2000.

_____. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Etapa do Ensino Médio. Brasília: 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/bncc-ensino-medio>. Acesso em: 03 dez.2020.

CAMARGO, E. P. **Inclusão e necessidade especial**: compreendendo identidade e diferença por meio de ensino de Física e da deficiência visual. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.

_____. **O ensino de Física no contexto da deficiência visual**: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para aluno deficiente visual e com baixa visão. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação. Campinas, SP, 2005.

CAMARGO, E. P.; SILVA, D. Trabalhando o conceito de aceleração com alunos com deficiência visual: um estudo de caso. In.: **Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1218-1223. Curitiba, mar. 2003.

DOS SANTOS, C. A. **O Prêmio Nobel de Einstein**. UFRGS, 2004. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/einstein/efeitofotoeletricopremionobel.html>>. Acesso em: 20 set. 2020.

DOS SANTOS, N. S. **Proposta de unidade didática para o ensino de indução eletromagnética com ênfase no funcionamento de geradores elétricos**. Dissertação (Mestrado profissional em ensino de Física). Instituto Educacional, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

HIGA, I.; OLIVEIRA, O. B. de. **A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física**: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 44, p. 75-92, abr./jun. 2012. Editora UFPR.

LEITÃO, V. A unidade didática. **Curriculum**, Rio de Janeiro, 15 (4) 19-26, out-dez. 1976.

MATOS, D.C.V.S. Formação intercultural de professores de espanhol e materiais didáticos. **Abchache**, ano 4, n.6, 2014, p. 165-185.

PAIS, A. A unidade didática como instrumento e elemento integrador de desenvolvimento da competência leitora: crítica da razão didática. In AZEVEDO, Fernando, Coord. - **Didática e práticas**: a língua e a educação literária. ISBN: 978-989-8309-47-1. Guimarães: Ópera Omnia. p. 66-86, 2013.