

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SANTA CATARINA - CAMPUS JARAGUÁ DO SUL
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA COM HABILITAÇÃO EM
FÍSICA**

ALINY NAYARA PEREIRA SOUZA

**ELABORAÇÃO DE OITAVAS MUSICAIS PARA O ENSINO DE ACÚSTICA
NO ENSINO MÉDIO**

**JARAGUÁ DO SUL
2016**

ALINY NAYARA PEREIRA SOUZA

**ELABORAÇÃO DE OITAVAS MUSICAIS PARA O ENSINO DE ACÚSTICA
NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Jaraguá do Sul, como parte dos requisitos de obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Macedo Morescki Junior
Coorientadora: Prof. Ms. Catia Regina Barp Machado

**JARAGUÁ DO SUL
2016**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Ezir e Reginaldo pelo apoio emocional e financeiro, pelo carinho, incentivo aos meus estudos e por serem responsáveis por tudo que alcancei.

Ao meu namorado Andrey, pelo incentivo, pela compreensão, paciência e apoio.

Ao meu orientador Dr. Luiz Fernando e a coorientadora Ms. Catia pela paciência, orientação, esforço e dedicação.

A todos os professores que tive durante o curso, por colaborarem com o meu desenvolvimento acadêmico, profissional e pessoal.

Aos meus colegas de curso, em especial a Luana e a Sandra, pelo apoio e amizade.

Obrigada a todos!

*O maior inimigo do conhecimento não é a
ignorância, é a ilusão do conhecimento.*
Stephen Hawking

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma pesquisa exploratória sobre uma abordagem de ensino da Acústica contextualizada pela elaboração de duas oitavas musicais por alunos do Ensino Médio. A teoria musical de Pitágoras foi reescrita a partir de fundamentos experimentais, nascendo então a acústica musical como uma ciência experimental, sucedida pelo desenvolvimento de uma série de relações entre a Física e a Música. Muitos autores afirmam que relacionar Física e Música no Ensino de Acústica torna a aprendizagem mais significativa, uma vez que grande parte dos alunos tem gosto pela Música. Desta forma, apresenta-se uma proposta metodológica baseada em aulas expositivas dialogadas e em dois roteiros para a elaboração de um monocórdio e um xilofone com garrafas utilizando materiais de baixo custo. Para a maioria dos alunos, fica claro que o ar sofre alguma perturbação devido à utilização dos instrumentos. Por outro lado, muitos tiveram dificuldades em associar a altura da coluna de ar com a frequência do som emitido pelo xilofone.

Palavras-chave: Ensino de Acústica. Elaboração de oitavas musicais. Intervenção pedagógica. Pesquisa exploratória.

ABSTRACT

The present work has for objective present a exploratory reserch about a approach to teaching the contextualized acoustics by the elaboration of two 8th musicals by students of high school. The musical theory of Pitágoras has been rewrite by fundamental experiences, borning then the musical acoustic as a experimental Science, succeed by the developement of a series of relations between Physics and Music. Many authors claim that relate Physic and music in education of Acoustic makes the learning process more significant, once that the big part of the students has a taste for music. Like this, a proposal presents a methodology based on expository dialogued classes, in two routings for the elaboration of a monochord and one xylophone with bottles, using materials of low cost. For the majority of students, is clear that the air suffer some perturbation due the use of the instruments, by the other side, many had difficult in connect the height from the column of air with the frequency of sound issued by the xylophone.

Key-Words: Teaching of acoustics. Elaboration of 8th musical. Pedagogical intervention. Exploratory research.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O monocórdio	4
Figura 2: Representação de um monocórdio	18
Figura 3: Monocórdio elaborado.....	18
Figura 4: 1° Harmônico em uma corda vibrante.....	19
Figura 5: Esquema de um xilofone com garrafas.....	22
Figura 6: 1° Harmônico em um tubo fechado.....	23

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1: As três etapas da intervenção pedagógica.	16
Quadro 2: Freqüências utilizadas nos cálculos do $L_{cavalete}$	21
Quadro 3: Relação natural entre comprimento de uma corda e a freqüência da nota emitida. ...	21
Quadro 4: Freqüências utilizadas nos cálculos do l	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Mapeamento das respostas da questão 1.	28
Tabela 2: Mapeamento das respostas da questão 2.	29
Tabela 3: Mapeamento das respostas da questão 3.	30
Tabela 4: Mapeamento das respostas da questão 4.	31
Tabela 5: Mapeamento das respostas da questão 5.	31
Tabela 6: Mapeamento das respostas da questão 6.	32
Tabela 7: Mapeamento das respostas da questão 7.	33
Tabela 8: Mapeamento das respostas da questão 8.	33
Tabela 9: Mapeamento das respostas da questão 9.	34
Tabela 10: Mapeamento das respostas da questão 10.	34
Tabela 11: Mapeamento das respostas da questão 1.	35
Tabela 12: Mapeamento das respostas da questão 2.	36
Tabela 13: Mapeamento das respostas da questão 3.	36
Tabela 14: Mapeamento das respostas da questão 4.	37
Tabela 15: Mapeamento das respostas da questão 5.	38
Tabela 16: Mapeamento das respostas da questão 6.	38
Tabela 17: Mapeamento das respostas da questão 7.	39
Tabela 18: Mapeamento das respostas da questão 8.	40
Tabela 19: Mapeamento das respostas da questão 9.	41
Tabela 20: Mapeamento das respostas da questão 10.	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO GERAL	3
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1	HISTÓRIA DA MÚSICA ATÉ O EXPERIMENTO	4
2.2	EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	5
2.2.1	A IMPORTÂNCIA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA	6
2.2.2	DIFICULDADE DE SE TRABALHAR COM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA	7
2.2.3	O EXPERIMENTO VINCULADO A UMA POSTURA CONSTRUTIVISTA	10
2.3	RELAÇÃO FÍSICA E MÚSICA	11
2.4	ENSINO DE ACÚSTICA	12
2.5	CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS	13
3	METODOLOGIA	15
3.1	SUJEITOS PESQUISADOS	15
3.2	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	16
3.2.1	INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA	16
3.3	QUESTIONÁRIOS	17
4	ELABORAÇÃO DAS DUAS OITAVAS MUSICAIS	18
4.1	ELABORAÇÃO DO MONOCÓRDIO	18
4.2	ELABORAÇÃO DO XILOFONE, UTILIZANDO OITO GARRAFAS DE VIDRO	22
4.3	ANÁLISE DAS OITAVAS MUSICAIS	25
5	ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS	27
5.1	QUESTIONÁRIO 1	27
5.2	QUESTIONÁRIO 2	35
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
7	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICES	49
	ANEXOS	69

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar uma abordagem de ensino da Acústica contextualizada pela elaboração de duas oitavas musicais, por meio de uma intervenção pedagógica com alunos da primeira fase do Curso Técnico Integrado em Química do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Campus Jaraguá do Sul.

A experiência da graduanda com a música foi fonte de inspiração para a escolha do tema. No mesmo ano em que foi iniciada a graduação, iniciaram-se os estudos da música. A partir daí, procurou-se sempre relacionar Física e Música. Percebeu-se, então, que os aspectos que abrangem conhecimentos relacionados às ondas sonoras (comprimento de onda, frequência, propagação do som, timbre e intensidade do som) são quase sempre abordados de forma a não serem associados à música ou sem utilizar instrumentos construídos com materiais de baixo custo.

O experimento no ensino de Física é de extrema importância no processo de ensino-aprendizagem. Ele é visto como o meio que proporcionará ao aluno o desenvolvimento científico sobre os fenômenos abordados, pois, através da experimentação, ele tem a oportunidade de interagir e interpretar o fenômeno. De acordo com Alves Filho (2000), o experimento possibilita estabelecer “verdades científicas”, estando ligado ao homem investigador que busca organizar os seus pensamentos para construir elementos que lhe forneçam respostas sobre as coisas que o rodeiam e sobre si mesmo. O papel do experimento no contexto escolar é oferecer a oportunidade ao estudante de conscientizar-se de que seus conhecimentos anteriores são fontes que ele dispõe para construir expectativas teóricas sobre um evento científico.

Araújo e Abib (2003) analisaram produções de investigações sobre a utilização da experimentação como estratégia de ensino de Física. Grande parte das propostas analisadas baseava-se na utilização de equipamentos e materiais de baixo custo e fácil aquisição, tornando acessível o seu emprego e adaptação, mesmo em escolas que não dispunham de laboratórios e recursos materiais significativos. Todos os autores dos artigos analisados defendem o uso de atividades experimentais destacando dois aspectos fundamentais pelo quais eles acreditam na eficiência desta estratégia: capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem; tendência em propiciar a construção de um ambiente motivador, agradável, estimulante e rico em situações novas

e desafiadoras que, quando bem empregadas, aumentam a probabilidade de que sejam elaborados conhecimentos e sejam desenvolvidas habilidades, atitudes e competências relacionadas ao fazer e entender a Ciência.

Os PCN+ (BRASIL, 2002) propõem estratégias para ação, que são formas de ação ou encaminhamento das atividades. Na estratégia de ação que diz respeito ao sentido da experimentação, aponta-se que o experimento é indispensável no Ensino da Física, pois ele possibilita a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. Os PCN+ ainda propõe a divisão da Física em seis temas estruturadores, que visam organizar o ensino da disciplina. O Tema 3 – Som, imagem e informação, reconhece quanto ao som suas especificidades, isso inclui reconhecer suas características Físicas, relacionando-as as fontes, “volume”, timbre ou escalas musicais, os meios que aprimoram sua transmissão, etc. O Tema ainda sugere que as fontes sonoras sejam abordadas a fim de: identificar objetos, sistemas e fenômenos que produzem sons para reconhecer as características que os diferenciam; associar diferentes características de sons a grandezas Físicas (como frequência, intensidade etc.) para explicar, reproduzir, avaliar ou controlar a emissão de sons por instrumentos musicais ou outros sistemas semelhantes.

Visando a eficiência de uma atividade experimental e a importância de se relacionar Física com a Música, surgiram dois problemas: como elaborar e utilizar oitavas musicais para o ensino de Acústica no Ensino Médio? E como uma sequência didática contextualizada pela utilização de oitavas musicais pode auxiliar o aluno na aprendizagem de conceitos físicos relacionados às ondas sonoras?

Para dar respostas a estas questões propõe-se a elaboração de oitavas musicais para o Ensino de Acústica aos alunos da primeira fase do Curso Técnico Integrado em Química.

A participação na elaboração de oitavas musicais envolve habilidade e capacidade de abstração em relação ao conhecimento pretendido. Assim, acredita-se que a proposta elaborada é uma alternativa diferenciada de ensino desses conteúdos, que estimula o aluno a querer aprender Física, incentivado pela Música.

1.1 OBJETIVO GERAL

Investigar como uma sequência didática contextualizada pela elaboração de oitavas musicais auxilia o aluno na aprendizagem de conceitos físicos relacionados à Acústica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elabora a oitava musical num monocórdio e num xilofone.
- Preparar dois roteiros para a elaboração das oitavas musicais, por alunos de ensino médio.
- Apresentar uma sequência didática com base nos roteiros para a elaboração das oitavas musicais.
- Analisar a viabilidade da utilização desses roteiros no Ensino de Acústica.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRIA DA MÚSICA ATÉ O EXPERIMENTO

Entre 571 a.C. e 495 a.C. viveu um grande filósofo e matemático Pitágoras. Embora saibamos pouco sobre seus trabalhos, ele foi extremamente importante no desenvolvimento da matemática, mas além disto, fez grandes descobertas na música.

Diz uma lenda que certo dia Pitágoras passou por uma oficina na qual estavam sendo batidos martelos em uma bigorna. Surpreendido pela agradável mistura de alguns sons, o filósofo se aproximou, onde esperava, primeiramente, que a base da variedade dos sons se desse pela força com que os trabalhadores batiam os martelos, então ele trocou os martelos entre eles. Feito isto, percebeu que cada martelo conservava o seu próprio som. Então retirou o martelo que não soava bem e pesou os outros, percebendo certa razão entre seus pesos.

A partir daí acredita-se que Pitágoras tenha começado o estudo da música. Ele testou diversas maneiras de reprodução sonora, uma maneira em especial o estudo do som em cordas vibrantes com o monocórdio, possivelmente inventado por ele.

O monocórdio é um instrumento de uma única corda esticada entre duas extremidades fixas sobre uma base de apoio possuindo, ainda, um cavalete móvel entre as extremidades, onde Pitágoras construiu a escala musical por meio do estabelecimento de relações com as razões perfeitas entre números naturais. O experimento é o primeiro registro histórico da relação entre música e a Física/Matemática. De acordo com Abdounur (apud Prado, 2010), o monocórdio foi provavelmente a primeira lei descoberta empiricamente e a primeira experiência registrada na história da ciência, no sentido de isolar algum dispositivo para observar fenômenos de forma artificial.

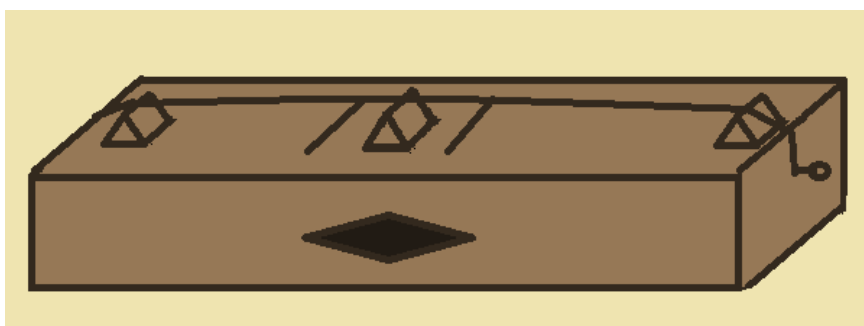


Figura 1: O monocórdio

A teoria musical Pitagórica tinha suas limitações pois, ao usar o monocórdio Pitágoras a deduziu, sem base experimental, baseada nas relações de intervalos musicais através de razões de números naturais, ou seja, números inteiros. Estas relações prevaleceram até que Vincenzo Galilei (1520-1591) comprovou experimentalmente que tais relações variavam não somente segundo o parâmetro medido na corda (tensão, densidade linear, etc), mas segundo o parâmetro medido em qualquer fonte sonora. Ele reescreveu então a teoria musical a partir de fundamentos experimentais.

A crítica de Vincenzo Galilei representa uma quebra de paradigma científico, no qual a doutrina aritmética presente na tradição pitagórica é substituída por uma prática científica vinculada à análise experimental. Uma nova maneira de fazer ciência, sobretudo no que se refere ao papel do experimento no procedimento científico. Desta forma, a acústica musical nasce como uma ciência experimental. No séc. XVII o desenvolvimento da acústica deu um salto qualitativo na medida que a visão da ciência mudou sua perspectiva, deixando mais de lado os dogmas aritméticos e dando mais enfoque às evidências experimentais (Pereira, 2010, pg.28). Desenvolve-se a partir daí uma série de relações entre a física e a música.

A versatilidade de Vincenzo Galilei e seu comportamento, que aliava teoria e prática musical com uma certa experimentação científica, podem ter sido uma das motivações para que seu filho Galileu Galilei desenvolvesse interesse pelo estudo da música e que achasse natural a adoção de um enfoque experimental nos seus futuros estudos científicos (Prado, 2010 pg.13).

2.2 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Ao realizar trabalhos sobre movimento, Galileu adotou um novo papel para a experimentação na ciência. Ele já tinha a consciência de que poderia ter problemas ao relacionar uma situação ideal com uma situação real, por isso não se surpreenderia em falhar, pois nem sempre as experiências vão atingir as expectativas do experimentador.

A Física experimentada de Galileu continha uma solução qualitativa. Ele encerrou a tese de que todos os corpos tem propensão a se mover para baixo com aceleração uniforme. Galileu sabia que, em geral, essas afirmações não eram provenientes da experiência, pois existe uma série de obstáculos de atrito ao movimento. Devido a problemas desse tipo, suas teorias só poderiam ser testadas em situações artificiais e

planejadas, então introduziu uma série de técnicas para reduzir os obstáculos. Desde então elas tornaram padrão da atividade experimental (apud CHALMERS, 1990, p.40).

Fazendo uma invenção experimental, podemos tentar isolar, investigar as tendências individuais e discernir as leis que a regem.

2.2.1 A IMPORTÂNCIA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO DE FÍSICA

Araújo e Abib em 2003 fizeram uma pesquisa na qual analisaram produções de investigações sobre a utilização da experimentação como uma estratégia no ensino de Física. De acordo com eles o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física era 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. O uso de atividades experimentais pode ainda possibilitar a formação de um ambiente propício ao aprendizado de diversos conceitos científicos sem que sejam desvalorizados ou desprezados os conceitos prévios dos estudantes.

A atividade experimental no Ensino de Física tem um papel motivacional, onde estimula o prazer da investigação, as curiosidades e os interesses dos alunos, proporcionando uma aula mais produtiva. Ela é de extrema importância, pois ao comprovar a teoria facilita a compreensão de conteúdos, pois dá sentido a linguagem abstrata e formal, onde o aluno pode levantar e testar suas ideias e suposições, tendo um olhar crítico sobre os resultados para tirar suas próprias conclusões.

A experimentação é bastante enriquecedora para o aluno, pois permite uma interação direta entre o professor e o aluno, aluno e aluno, possibilitando o trabalho em equipe e interação da disciplina de Física com o cotidiano do aluno. O professor proporcionando uma melhor relação da teoria e a prática, o conhecimento científico e o senso comum, proporciona uma melhor relação ensino aprendizagem.

Seré, et al (2003) afirmam que é graças às atividades experimentais que o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das linguagens, mas a relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Para eles, as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens, permitem o controle do meio ambiente, permitem ensinar técnicas de investigação e possibilitam um olhar crítico sobre os resultados. Na Física, é um recurso utilizado para materializar um conceito, tornando-se um facilitador da abstração.

Uma das principais características apontada por vários autores sobre o uso de atividades experimentais em salas de aula está relacionada com a construção social, ou seja, os alunos são levados a trabalharem em conjunto, a questionarem o seu conhecimento e o conhecimento de seus colegas e, com isso, pode haver um verdadeiro aprendizado. Essa sociabilidade ocasionada por um experimento é fundamental, pois os alunos são levados a pensar em conjunto, a manipular ferramentas em conjunto, favorecendo a aprendizagem como um todo, caracterizando a prática científica.

Assim mesmo as atividades experimentais de caráter demonstrativo podem contribuir para o aprendizado dos conceitos físicos abordados, na medida em que essa modalidade pode ser empregada através de procedimentos que vão desde uma mera observação de fenômenos até a criação de situações que permitam uma participação mais ativa dos estudantes, incluindo a exploração dos seus conceitos alternativos de modo a haver maiores possibilidades de que venham a refletir e reestruturar esses conceitos (Araujo e Abib, 2003).

2.2.2 DIFICULDADE DE SE TRABALHAR COM ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

Independentemente das dificuldades de se trabalhar com atividades experimentais no Ensino de Física existem as dificuldades de se aprender e ensinar Física. A falta de interesse dos alunos pela Física, por exemplo, é um dos fatores que mais dificulta a aprendizagem na disciplina. Criou-se uma imagem de que a Física é a disciplina mais difícil no Ensino.

Muitas pessoas, de maneira geral, veem a Física como uma disciplina complicada, difícil, rígida. Outras a rejeitam e não conseguem enxergar sua importância nem sua aplicação no dia-a-dia. Visões deste tipo são reflexos de abordagens tradicionais da nossa ciência em sala de aula, mostrando uma Física que se enfoca na resolução de exercícios. Nesta abordagem tradicionalista, é suficiente aprender de memória um conjunto de expressões matemáticas para chegar à resposta que aparece ao final do livro, ou àquela que espera o professor. Em outros casos, motivados pelos resultados do vestibular, professores reduzem arbitrariamente os conteúdos, enfatizando aqueles que possivelmente estarão presentes neste tipo de exame (Jaime, 2010).

Pena e Ribeiro Filho (2009) investigaram, a partir da análise de relatos de experiências pedagógicas publicados em periódicos nacionais da área de Ensino de

Física, as dificuldades apontadas por professores e/ou pesquisadores para o uso da experimentação no Ensino de Física. Os resultados obtidos indicam que os principais obstáculos são: falta ou carência de pesquisa sobre o que os alunos realmente aprendem por meio de experimentos, despreparo do professor para trabalhar com atividades experimentais e condições de trabalho.

Apesar de ter professores desinteressados e despreparados para a atividade experimental, podendo estar associado à falta de motivação e de condições de trabalho, o que resulta na acomodação ao ensino estritamente teórico-expositivo. A falta de laboratórios e equipamentos não se constitui em fator principal para a falta de atividades experimentais no ensino de Física, não basta dizer ao professor que deva realizar atividades experimentais com seus alunos, mas sim como fazê-las nas condições das escolas. O experimento com um material de baixo custo e de fácil aquisição ou elaboração é essencial neste momento. Os professores que contam com um espaço físico próprio para o laboratório didático de Física se queixam da falta de condições técnicas para usá-los e das dificuldades de incorporá-los às suas aulas, dado o grande número de alunos por turma.

Apesar dos alunos mostrarem maior interesse em atividades experimentais, muitos professores, por insegurança com relação à montagem e principalmente à discussão do experimento, estruturam a atividade com roteiros bem detalhados (como receita) impedindo que a atividade contribua de forma significativa. Muitos ainda disponibilizam pouco tempo para elas, além desse escasso tempo, a maior parte dele é consumido na montagem e coleta de dados, restando pouco tempo para a análise, discussão dos resultados e ao próprio entendimento da atividade realizada.

Várias escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, por várias razões, nunca são utilizados, dentre as quais cabe mencionar o fato de não existirem atividades já preparadas para o uso do professor; falta de recursos para compra de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção (Borges 2002, p.294).

As limitações na formação acadêmica do professor em relação ao saber experimental são fatores que contribuem para a ausência ou realização não sistemática de experimentação na realidade escolar do ensino de Física nos níveis Fundamental e Médio. Para estes autores a formação continuada tem, assim, um importante papel por

possibilitar aos professores o conhecimento de novas metodologias aplicáveis ao ensino experimental de Física (Coelho e Nunes, 2008).

De acordo com Saraiva-Neves, et al (2006), os fatores que acarretam no mau uso ou não uso de atividades experimentais são: quantidade de material indisponível; pouco tempo disponível para discussão dos vários aspectos do trabalho experimental ou para a planificação pelos alunos; excessivo número de alunos em sala de aula; formação precária dos professores; restrições institucionais; pouca bibliografia para orientação; ausência de horários específicos para à prática; desarticulação entre atividades experimentais e o curso; ausência de um trabalho coletivo que envolva todos os educadores; falta de preparo dos professores durante os cursos de formação inicial e continuada para o desenvolvimento de atividades experimentais; estímulo dentro das escolas para a manutenção de uma postura tradicionalista de ensino.

Outro fator que dificulta a introdução de atividades experimentais nas aulas de Física é o tempo destinado ao preparo de tais atividades. Muitos professores trabalham em mais de uma escola e, conseqüentemente, o tempo destinado ao planejamento de aulas fica limitado. Mesmo que o professor trabalhe em somente uma escola, são tantas turmas e séries distintas que o planejamento fica comprometido.

Muitos professores acabam separando teoria e ação, fazendo com que muitos alunos sequer consigam perceber de que conteúdo trata a atividade experimental desenvolvida. O que acaba os aproximando, consideravelmente, do antigo modelo tradicionalista de ensino.

Raramente a experimentação é explorada em toda sua potencialidade. As características que se apresentam na prática docente, permitem agrupar a experimentação da seguinte maneira: frequentemente os experimentos são ministrados de forma aleatória e desvinculados do conteúdo programático. Pouca atenção é dada à potencialidade da experimentação como condução do aprimoramento conceitual. Quando integrada ao conteúdo, o papel reservado para a experimentação é o de verificar aquilo que é informado na aula. Com menos frequência, a experimentação é utilizada para introduzir o conceito, comprovar relações, determinar constantes, propor problemas experimentais. Com muito pouca frequência, a experimentação é utilizada como instrumento para a aquisição de conceito e, quando é o caso para a reformulação conceitual (Axt e Moreira, 1991).

2.2.3 O EXPERIMENTO VINCULADO A UMA POSTURA CONSTRUTIVISTA

Na pedagogia diretiva o professor considera o aluno uma tábula rasa não somente quando ele nasce, mas frente a um novo conteúdo. Nesta perspectiva o professor jamais aprenderá e o aluno jamais ensinará. O professor acreditava que ele tinha que ensinar tudo, sem considerar que os alunos tinham alguns conhecimentos prévios. Nas aulas de física, por exemplo, o professor tratava o aluno como alguém sem nenhum saber sobre o espaço, tempo, relação casual. O aluno aprende se e somente se o professor ensinar, o professor acreditava na transferência de conhecimento.

Já na pedagogia não diretiva o aluno aprende por si mesmo, o professor no máximo auxilia a aprendizagem, despertando o conhecimento que já existe. Já, na pedagogia relacional, que se trata do modelo construtivista, o aluno construirá o conhecimento novo, se ele agir e problematizar a sua ação, agir sobre o material que o professor presume que seja significativo, respondendo para si mesmo suas perturbações provocadas pela assimilação do material.

O professor construtivista não acredita no ensino no sentido convencional e tradicional, não acredita que um conhecimento e uma condição prévia de conhecimento possam transitar da cabeça do professor para a cabeça do aluno. Considera o conhecimento prévio do aluno, pois tudo o que o aluno construiu até hoje serve de patamar para continuar a construir e que alguma porta se abrirá para o novo conhecimento, é só questão de descobri-la, ele descobre isso por construção. A aprendizagem é construção, ação e tomada de consciência da coordenação das ações. Professor e aluno determinam mutuamente. O sujeito age sobre o objeto, assimilando-o: essa ação assimiladora transforma o objeto (Moretto, 2003).

A atividade experimental deve estar vinculada a uma postura construtivista, usando os conteúdos prévios dos alunos. Segundo Saraiva-Neves, et al (2006), as aulas devem ser motivadoras, podendo assumir a forma de problemas abertos, promovendo a discussão e desafiando o pensamento crítico dos alunos e permitindo-lhe estimular à sua criatividade; as atividades em sala de aula devem ser pensadas e elaboradas tendo em conta os conhecimentos que os alunos já possuem e as aprendizagens que se pretendem promover, fazendo-os refletir sobre os conceitos e suas relações.

2.3 RELAÇÃO FÍSICA E MÚSICA

A música é uma das artes mais ligada à Física, pois a noção de altura, timbre, intervalos, escala, afinação e projeção sonora estão muito ligadas aos conceitos de acústica. Ela é uma arte escorada de medidas precisas, o que garante nova aproximação com a ciência e tem uma base física importante (Moreira e Massarani, 2007).

Desde a Grécia antiga a música estava próxima da educação e da filosofia (Granja, 2008). Vale a pena lembrar que naquela época não existia a área de ação humana que hoje chamamos de ciência, mas era denominada inclusive por estudiosos da física, como filosofia natural (Jaime, 2010). O conhecimento grego era basicamente dividido em duas grandes áreas, o *quadrivium*, do qual faziam parte a aritmética, a geometria, a música e a astronomia; e o *trivium*, formado por gramática, lógica e retórica. Para os pitagóricos o *quadrivium* era a base necessária para o desenvolvimento de estudos e busca por novos conhecimentos (Barnabé, 2011, pg. 20).

A música para o século III a. C tinha um papel fundamental na cultura grega o que fez com que ela ganhasse relevância no campo artístico e na área educacional, formando parte do currículo escolar básico, o que a colocou entre as discussões filosóficas e científicas da época (Jaime, 2010).

Entende-se a música como uma atividade prazerosa e ao mesmo tempo como investigativa, de caráter experimental, então há de reconhecer que ela sempre esteve ligada à matemática e à Física. Música e Ciências fundamentam-se em bases muito mais profundas que as simples analogias. Trata-se muito mais de elos do que meros paralelos (Menezes apud Pereira, 2013, pg. 8).

A relação da Ciência com a Música não é algo aleatório, nem recente, ambas são ramos de um mesmo tronco, e apesar de já ter estado próxima a educação, hoje a Música fica distante da escola. As causas desta desvalorização são várias. Por exemplo: a formação crescente das pessoas para o mercado de trabalho e a dinâmica do mundo em nossos dias têm imposto novos padrões de valores e consumo, onde o conhecimento técnico-científico tem superado o conhecimento artístico quando, realmente, tanto ciência como arte estão indissolúvelmente unidas (Jaime, 2010).

A Música já ocupou um lugar tão importante quanto a Filosofia e a Matemática na cultura grega, hoje ela praticamente desapareceu da escola e apesar de todas as transformações que vêm ocorrendo no mundo do conhecimento e da educação, a Música ainda é pouco valorizada na escola (Granja, 2008).

2.4 ENSINO DE ACÚSTICA

O Ensino de Acústica, que aborda as ondas sonoras e as suas propriedades, muitas vezes fica confinado ao mundo físico e suas tecnologias, desconsiderando as ligações com a música. O contexto do conceito fundamental de onda esteve atrelado não só aos problemas naturais das vibrações dos corpos sonoros, confinado ao universo da física, mas também a problemas diretamente ligados à música, mais precisamente, aos princípios da harmonia musical (Moreira Junior e Carvalho, 2011).

Em 1998 Moreira Junior e Carvalho analisaram a apresentação das “qualidades fisiológicas do som” por textos didáticos do 9º ano do Ensino Fundamental e 2º ano do Ensino Médio, concluíram que tais conceitos são veiculados quase sempre de forma reducionista e distorcida, onde há uma forte abstração na apresentação dos conceitos, não havendo preocupação em contextualizar tais conteúdos com situações próximas da vivência dos estudantes. Verificaram aí a necessidade de entrar-se no enorme universo das experiências musicais, que todos possuem em maior ou menor quantidade. Toda a história do caminho conjuntamente trilhado pela ciência e pela música, que poderia servir de base na construção de uma abordagem mais interdisciplinar, é substituída por uma abordagem árida. Tais textos didáticos quando fazem uso de ligações com a música, o fazem de forma bastante superficial, limitando-se, quase sempre, a falar das cordas e tubos sonoros, das notas musicais e, quando muito, das escalas maior e menor natural. Contudo, discussões centrais como, por exemplo, a relação entre o padrão de intervalos de frequência da escala cromática e as progressões geométricas sequer é citada. A partir desta discussão entre Matemática/Física e Música, poder-se-ia adentrar na construção das citadas escalas, seus padrões de intervalos e toda a lógica que subjaz à construção dos acordes, em direção às bases do estudo da harmonia musical e de uma conceituação do timbre calcada nos conhecimentos físicos e musicais.

Apesar de serem edições anteriores a 1998 pouco se mudou, pois em 2011 Moreira Junior e Carvalho fizeram uma análise dos conteúdos de acústica presentes nos livros didáticos de Física recomendados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLEM. Nos manuais de ensino de física analisados por eles não havia sequer menção ao universo das experiências de tais campos do conhecimento humano que levaram ao desenvolvimento da ciência. Quanto à precisão conceitual, observaram que todos os livros analisados apresentaram “deslizes” conceituais, principalmente quando se lançam nas ligações entre acústica física e acústica musical.

2.5 CONSTRUÇÃO DE INSTRUMENTOS MUSICAIS

Relacionar Física e Música pode ser de suma importância, tanto na motivação, por lidar com um assunto que os alunos usam em seu cotidiano e seus conhecimentos prévios, tanto na complementação do ensino de acústica. Krummenauer, et al (2009), usaram os conhecimentos musicais dos alunos como ponto de partida para o ensino de acústica. Comprovaram então que partir de conhecimentos prévios dos aprendizes além de servir como motivação para o ensino da acústica, tornou a aprendizagem significativa, pois os alunos perceberam a proposta como significativa e relevante, onde os alunos demonstraram predisposição à aprendizagem bem como interesse e participação nas atividades.

A Física acústica ensinada no Ensino Médio é apresentada como parte da ondulatória, onde a música aparece como consequência da emissão da onda sonora. A montagem de instrumento pode ser uma ferramenta útil para a aprendizagem da física do som no Ensino Médio, pois a construção de instrumentos musicais tem ligação direta com o conhecimento físico e tecnológico da matéria e da acústica (Moura e Neto, 2011).

As escolas das redes públicas do Brasil em sua maioria têm sérios problemas com infraestrutura, a utilização de materiais de baixo custo para a construção de instrumentos musicais no aprendizado de acústica, não priva o aluno de uma experiência de suma importância em seu desenvolvimento humano, na qual pode contribuir para o entendimento de questões referentes à produção do som e às suas qualidades, estimulando a pesquisa, a imaginação, o planejamento, a organização e a criatividade.

A manipulação de instrumentos musicais pode exercer um importante papel na motivação dos alunos. É possível trabalhar o lúdico através da utilização de materiais de baixo custo para a elaboração de instrumentos musicais, podendo realizar análises qualitativas e quantitativas dos conceitos físicos relacionados ao som (Pereira, 2013, pg.9).

A construção de um instrumento com materiais de baixo custo além de motivar o aluno, possibilita que ele construa o seu próprio conhecimento e interaja com seus colegas. Em 2013, Pereira fez uma abordagem de ensino sobre o conteúdo de Acústica contextualizado por conhecimentos de música, a partir da elaboração e construção de artefatos sonoros, com materiais de baixo custo, por alunos do Ensino Médio. Os

resultados apontaram que além de motivar o aluno a atividade colocou o aluno numa perspectiva que dependia completamente de sua ação como sujeito da aprendizagem, ou seja, não permitia uma postura passiva e a construção só acontecia por meio da interação com os outros e com os objetos culturais.

Hoje em dia os alunos lidam com música constantemente. Ela é de fácil acesso devido à enorme variedade de meios de reprodução com os que contamos. Sendo assim, a construção e utilização experimental de instrumentos para o ensino de acústica pode possibilitar uma melhor compreensão do mundo, de maneira que se potencialize um conhecimento mais contextualizado onde o ensino de Física tome novas dimensões e passe ao aluno uma visão de ciência na qual supere o pragmatismo de verdade absoluta.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho utilizou como modalidade de pesquisa, a pesquisa exploratória. De acordo com THEODORSON e THEODORSON (1970) (apud Ferreira, 2011) a pesquisa exploratória é um estudo preliminar. O principal objetivo desse estudo é se tornar familiar ao fenômeno que se pretende investigar, de modo que um estudo maior possa ser conduzido com uma maior compreensão e precisão. O estudo exploratório permite ao investigador definir o seu problema de pesquisa e formular a sua hipótese com mais precisão para uma futura pesquisa. A pesquisa exploratória, também, permite ao pesquisador escolher as técnicas mais adequadas para suas pesquisas posteriores e decidir sobre as questões que mais necessitam de atenção e investigação detalhada, e pode alertar o pesquisador para potenciais dificuldades e as áreas de resistência.

Foram aplicados dois questionários com os sujeitos pesquisados, conforme Anexo 5.

3.1 SUJEITOS PESQUISADOS

A proposta de pesquisa foi desenvolvida com 33 alunos da 1º fase do Curso Técnico Integrado em Química com Ensino Médio do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Câmpus Jaraguá do Sul. O Curso tem como principal eixo condutor a pesquisa, a sua duração é de 4 anos divididos em 8 fases.

O IFSC é uma Instituição pública federal vinculada ao Ministério da Educação (MEC) por meio da Secretaria de Educação Profissional de Tecnologia (SETEC). A finalidade do IFSC é formar e qualificar profissionais no âmbito da educação profissional e tecnológica. Para isso, a Instituição atua em diferentes níveis e modalidades de ensino, oferecendo cursos voltados à educação de jovens e adultos, de formação inicial e continuada, técnicos, de graduação e de pós-graduação. Desta forma, o Instituto Federal busca cumprir sua missão de desenvolver e difundir conhecimento científico e tecnológico, formando indivíduos capacitados para o exercício da cidadania e da profissão.

3.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados ocorreu por meio de uma intervenção pedagógica contextualizada pela elaboração de dois instrumentos musicais e pela aplicação de dois questionários.

3.2.1 INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

Para aplicação da intervenção foram necessários três encontros, sendo um encontro em uma semana e dois na semana seguinte, de 1 hora e 50 minutos cada. Foram utilizadas as aulas de Física para a intervenção que ocorreu no período vespertino.

A intervenção pedagógica contextualizada foi elaborada de modo a contemplar aulas expositivas dialogadas com práticas demonstrativas sucedidas de experimentação auxiliada por roteiros. Sendo dividida em 3 etapas, conforme estão apresentadas no Quadro 1.

	Temas	Desenvolvimento
1º Etapa	Ondas	- Conceito de onda; - Classificação das ondas; - Características das ondas.
2º Etapa	Ondas Sonoras	- Propagação da onda sonora; - Velocidade do Som; - Qualidades fisiológicas do som; - Ondas estacionárias em tubos sonoros e cordas vibrantes.
3º Etapa	Elaboração de oitavas musicais	- Elaboração de com o monocórdio; - Elaboração de um Xilofone.

Quadro 1: As três etapas da intervenção pedagógica.

O plano de aula das três etapas é apresentado no Apêndice 1.

3.2.1.1 1º E 2º ETAPAS DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

A primeira e a segunda etapa da intervenção pedagógica contemplaram aulas expositivas dialogadas em que foram utilizadas práticas demonstrativas, vídeos e simuladores.

Para as práticas demonstrativas foram utilizados vários materiais, um retroprojeter com um recipiente transparente com água, para demonstrar uma onda se propagando na água, a fim de auxiliar na explicação do conceito da onda e de ondas mecânicas, bidimensionais e transversais. Foi utilizada uma mola, para demonstrar uma onda se propagando na mola, uma onda sendo refletida, duas ondas sofrendo interferência construtiva e destrutiva e para demonstrar ondas estacionárias; para auxiliar na explicação do conceito da onda, de ondas mecânicas, unidimensionais, transversais e longitudinais, de reflexão de ondas, de interferência de ondas e de ondas estacionárias em cordas vibrantes. Foram utilizados dois polarizadores para auxiliar na explicação de ondas eletromagnéticas. Por fim, foram utilizados dois instrumentos musicais, um ukulele e um violoncelo, para auxiliar na explicação das qualidades fisiológicas do som.

Na intervenção, também, foram mostrados nove vídeos e dois simuladores, conforme são apresentados no Anexo 2.

3.2.1.2 3º ETAPA DA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA

Na elaboração da oitava musical no monocórdio os alunos acompanharam a leitura do roteiro junto à graduanda e realizaram os cálculos para a obtenção das medidas necessárias. A elaboração do xilofone com garrafas foi feita somente pelos alunos, eles foram divididos em quatro grupos, cada grupo responsável por determinar as medidas necessárias para a elaboração de duas notas musicais.

Mais detalhes da intervenção pedagógica encontra-se no Apêndice 1.

3.3 QUESTIONÁRIO

Como já citado anteriormente, foram elaborados dois questionários (Anexo 5), um para verificar se a intervenção pedagógica junto à elaboração de duas oitavas musicais auxiliaram os alunos a entenderem certos conceitos básicos relacionados às ondas sonoras e o outro para analisar o interesse dos alunos pela disciplina de Física e quais foram suas dificuldades na elaboração das oitavas musicais.

4 ELABORAÇÃO DAS DUAS OITAVAS MUSICAIS

4.1 ELABORAÇÃO DO MONOCÓRDIO

O monocórdio é um instrumento de uma única corda esticada entre duas extremidades de fixação sobre uma base de apoio, em uma das extremidades há um parafuso que serve para o ajuste da tração na corda, e entre os pontos fixos há um dispositivo móvel (cavelete) que serve para alterar o comprimento da corda, variando a frequência da onda sonora emitida, conforme a Figura 2.



Figura 2: Representação de um monocórdio

Fonte: <http://musica-matematica.blogspot.com.br/2011/01/o-experimento-do-monocordio-e-musica-na.html>

Para a base de apoio, extremidades de fixação e o cavelete foram utilizadas ripas de madeira retiradas de um estrado de cama. A corda utilizada foi uma corda Mi aguda de violão. Para prender a corda foi utilizado um prego e um parafuso gancho, para tornar possível a alteração da tração na corda. A Figura 3 apresenta o monocórdio elaborado.

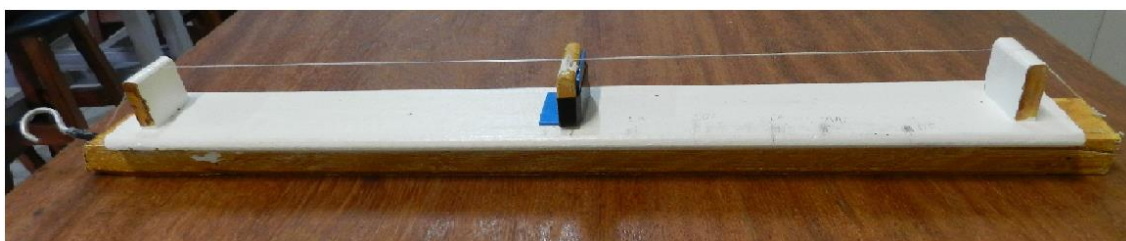


Figura 3: Monocórdio elaborado.

Para a elaboração da oitava musical foi utilizado o conceito de cordas vibrantes. Ao vibrar uma corda, tensa e fixa nas duas extremidades, originam-se ondas transversais que se propagam ao longo do seu comprimento, refletem-se nas extremidades e, por interferência, ocasionam a formação de ondas estacionárias. A corda, vibrando

estacionariamente, transfere energia ao ar em sua volta, dando origem às ondas sonoras que se propagam com frequência igual à frequência de vibração da corda.

O primeiro padrão de ondas estacionárias numa corda, 1º harmônico ou fundamental, presa nas duas extremidades será o menor comprimento de onda possível para que as extremidades da corda não vibrem, Figura 4.

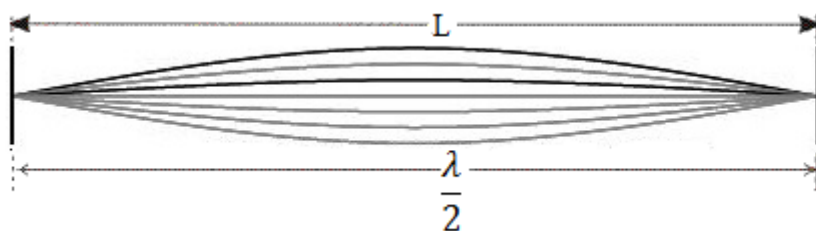


Figura 4: 1º Harmônico em uma corda vibrante.

A Figura 4 mostra o padrão de meio comprimento de onda estabelecido entre as extremidades de fixação. Portanto, o comprimento da corda pode ser escrito como:

$$L = \frac{1}{2} \lambda, \quad (1)$$

onde λ é o comprimento da onda em metros. Cada nota musical emitida pela corda tem um comprimento de onda diferente, que pode ser calculado por:

$$\lambda = \frac{v_c}{f} \quad (2)$$

onde v_c é a velocidade da onda na corda em metros por segundos (m/s) e f é a frequência de vibração da corda em Hertz (Hz).

Para a elaboração da oitava musical no monocórdio, a corda foi tracionada até atingir a frequência de 261Hz, referente a nota Dó musical. Para verificação da frequência foi utilizado o aplicativo *Afinador Cifra Clube*¹, esta frequência, portanto, funcionou como frequência fundamental da corda, pois é uma frequência que possibilita

¹ O Afinador Cifra Clube é um aplicativo para celulares com o sistema Android, ele serve para afinar qualquer instrumento musical, pois indica qual frequência o instrumento esta emitindo. O aplicativo é oferecido pelo Studio Sol e pode ser baixado facilmente pelo Play Store.

que a corda não fique muito tracionada, facilitando seu rompimento. Conforme se altera a posição do cavalete é possível variar a frequência do som emitido.

Como a velocidade da onda na corda não será alterada durante a emissão das diversas notas musicais, pois a tração e a propriedade inercial da corda será a mesma, a posição do cavalete pode ser determinada substituindo a equação 2 na equação 1, obtendo a seguinte equação:

$$L_{cavalete} = \frac{v_c}{2 \cdot f} \quad (3)$$

Assim, v_c é dada por:

$$v_c = 2 \cdot f \cdot L_{cavalete} \quad (4)$$

Sabendo que nem a tração (τ) e nem a densidade linear da corda (μ) serão alteradas durante a mudança da posição do cavalete, a velocidade da onda na corda é determinada por:

$$v_c = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}, \quad (5)$$

onde τ é a tração da corda e μ é a densidade linear da corda, razão entre a massa e o comprimento da corda.

Portanto, a velocidade da onda na corda para 261Hz, será a mesma para as frequências posteriores, referentes as notas musicais Re, Mi, Fá, Sol, Lá Si, Dó.

Para o cálculo do comprimento do $L_{cavalete}$ foram utilizadas as frequências apresentadas no Quadro 2.

Nota	Frequência (Hz)
Dó	261
Ré	293
Mi	329
Fá	349
Sol	392
Lá	440
Si	494
Dó	523

Quadro 2: Frequências utilizadas nos cálculos do $L_{cavalete}$.

Fonte: <http://www2.eca.usp.br/prof/iazetta/tutor/acustica/introducao/tabela1.html>

Uma vez que a velocidade da onda na corda para a nota Dó é a mesma que para qualquer outra frequência, então:

$$v_{cF} = v_{cDó}$$

$$2 \cdot f_F \cdot L_F = 2 \cdot f_{Dó} \cdot L_{Dó}$$

$$L_F = \frac{2 \cdot f_{Dó} \cdot L_{Dó}}{2 \cdot f_F},$$

(6)

sendo F a nota musical que se deseja encontrar o comprimento da corda.

Substituindo a frequência de Dó de 261 Hz, nota fundamental da corda, e a frequência da nota desejada na equação 6, os $L_{cavalete}$ da corda das notas musicais terão aproximadamente as relações apresentadas no Quadro 3.

Nota	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó
Comprimentos da corda em relação à Dó	1L	$\frac{8}{9}L$	$\frac{4}{5}L$	$\frac{3}{4}L$	$\frac{2}{3}L$	$\frac{3}{5}L$	$\frac{8}{15}L$	$\frac{1}{2}L$

Quadro 3: Relação natural entre comprimento de uma corda e a frequência da nota emitida.

Essa é a mesma relação que Gioseffo Zarlino sistematizou no século XVI. Zarlino relata que duas notas podem ser consideradas mais consonantes quanto mais

harmônicos em comum elas possuem. Zarlino sistematizou a escala buscando os intervalos através da soma de médias harmônicas e aritméticas a partir de uma nota fundamental.

Por fim, para a elaboração do monocórdio foi medido o comprimento da corda de uma extremidade fixação à outra, com uma fita métrica. Depois foi calculado o comprimento de corda das notas musicais, apresentadas no Quadro 2, utilizando a relação do Quadro 3. Feito isto, foi medido, com a fita métrica, na madeira do monocórdio, os comprimentos de corda calculados. Então foi verificado, com o aplicativo *Afinador Cifra Clube*, se os comprimentos medidos estavam atingindo as frequências desejadas (Quadro 2). Algumas notas variaram bem pouco da afinação, mas ajustando o cavalete elas se afinavam.

4.2 ELABORAÇÃO DO XILOFONE, UTILIZANDO OITO GARRAFAS DE VIDRO

O xilofone é um instrumento de percussão de frequência definida, constituído de lâminas de madeira ou metal, de comprimentos diferentes, para corresponder às notas da escala musical, e formando um teclado que deve ser tocado com baquetas. O xilofone foi elaborado com oito garrafas de vidro, as notas musicais desejadas foram atingidas variando o volume de água na garrafa, no intuito de variar as alturas das colunas de ar dentro da garrafa; e como baqueta foi utilizado um lápis. A Figura 5 representa um xilofone com garrafas.

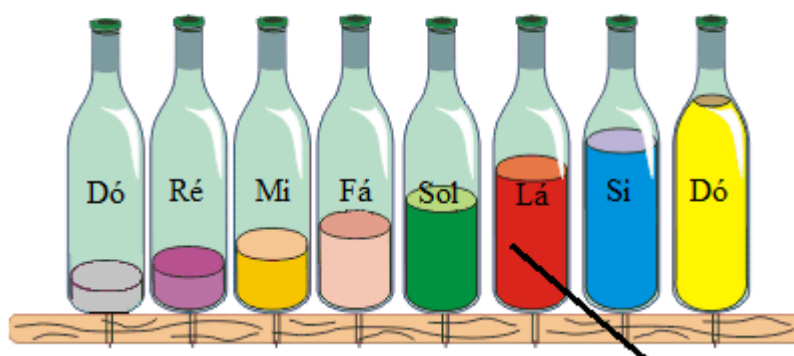


Figura 5: Esquema de um xilofone com garrafas.

Adaptada da fonte: http://janainahelenmusicalizacaoainfantil.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html

A garrafa é um tubo sonoro fechado, caracterizado por possuir uma extremidade aberta e uma extremidade fechada. Quando se provoca uma perturbação na garrafa, seja

batendo no vidro ou soprando dentro, as moléculas de ar dentro da garrafa vão começar a vibrar. Porém, algumas moléculas vão se deslocar mais que as outras durante a vibração, as moléculas da extremidade aberta vão se deslocar abundantemente, já as moléculas do fundo do recipiente vão se deslocar pouco ou não vão deslocar, devido à resistência que terão com o fundo.

Esse processo faz com que em certas frequências obtenham ondas estacionárias dentro do recipiente. Ao obter ondas estacionárias a coluna de ar no tubo entra em ressonância com a frequência emitida pela fonte.

O primeiro padrão de ondas estacionárias dentro de um tubo fechado será o menor comprimento de onda possível para que no fundo do recipiente as moléculas não vibrem e as moléculas localizadas na extremidade aberta vibrem o máximo possível. O primeiro padrão de ondas estacionárias num tubo sonoro fechado, 1º Harmônico ou fundamental, esta apresentado na Figura 6.

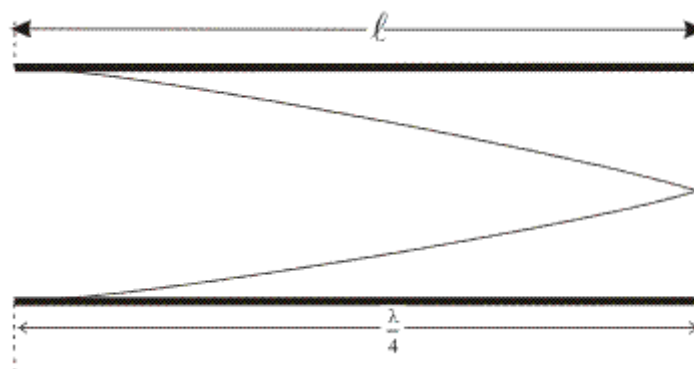


Figura 6: 1º Harmônico em um tubo fechado.

Vale lembrar que as moléculas de ar vibram longitudinalmente, porém, para melhor visualização dos harmônicos foi representada as vibrações de forma transversal.

A Figura 6 mostra que dentro do tubo tem um quarto do comprimento de onda. Portanto, o comprimento do tubo pode ser escrito como:

$$l = \frac{1}{4}\lambda \quad (7)$$

Cada nota musical emitida (frequência emitida) pelo tubo tem um comprimento de onda diferente, e este pode ser calculado a partir da equação:

$$\lambda = \frac{v_{\text{som}}}{f}, \quad (8)$$

na qual v_{som} é a velocidade do som no ar em (m/s) e f é a frequência do som em (Hz) . A velocidade do som varia com a temperatura e pressão, na temperatura de 20° C e pressão de 1atm a velocidade do som é igual a 343 m/s.

Para calcular o comprimento do tubo (no caso da garrafa) necessário para cada nota musical foi substituído a equação 7 na equação 8. Portanto, o comprimento do tubo pode ser escrito como:

$$l = \frac{v_{\text{som}}}{4 \cdot f} \quad (9)$$

Para o cálculo do comprimento do tubo, garrafa, para que ela emita a nota musical desejada foram utilizadas as frequências apresentadas no Quadro 4, pois são frequências que correspondem com a altura das garrafas utilizadas na elaboração:

Nota	Frequência (Hz)
Dó	523
Ré	587
Mi	659
Fá	698
Sol	784
La	880
Si	987
Dó	1046

Quadro 4: Frequências utilizadas nos cálculos do l .

Fonte: <http://www2.eca.usp.br/prof/iazzetta/tutor/acustica/introducao/tabela1.html>

Portanto o cálculo da altura da coluna de ar, tubo, necessária para que a garrafa emita da nota Dó musical, é apresentada da seguinte maneira:

$$l_{(Dó)} = \frac{v_{\text{som}}}{4 \cdot f_{(Dó)}}$$

Após calcular a altura da coluna de ar, comprimento do tubo, para todas as notas musicais, apresentadas no Quadro 3, foi necessário medir, com a fita métrica, a altura da garrafa e depois calcular a altura das colunas de água das garrafas utilizando a equação 10:

$$h_{\text{água}} = h_{\text{garrafa}} - l \quad (10)$$

onde h_{garrafa} é a altura da garrafa.

Após a determinação de todas as alturas de água necessárias para que as garrafas emitissem as nota musicais do Quadro 3, foi medido, com a fita métrica, as alturas de água determinadas nas garrafas, feito uma marcação com um canetão e despejado a quantidade de água necessária em cada garrafa, com a ajuda de um funil.

Verificando a afinação das garrafas, com o *Afinador Cifra Clube*, notou-se que algumas garrafas estavam levemente desafinadas, acertou-se a afinação acrescentando ou retirando o volume da água.

4.3 ANÁLISE DAS OITAVAS MUSICAIS

Apesar de simples, os instrumentos elaborados surgem como mais uma opção para a compreensão de conceitos relacionados à Ondulatória e à Acústica e podem ser explorados de forma mais aprofundada conforme o nível desejado e o público que se pretende atingir. Na elaboração dos instrumentos o aluno pode aprender alguns conceitos de cordas vibrantes e tubos sonoros, como ondas estacionárias, reflexão e interferência de ondas; o aluno percebe uma relação inversa do comprimento da corda ou da coluna de ar com a frequência, quanto maior a frequência, menor o comprimento da corda e a coluna de ar, obedecendo uma razão matemática; ele percebe que a velocidade da onda na corda não se altera sem a alteração da tração. Na utilização dos instrumentos podem ser abordados assuntos como propagação do som, qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade e timbre) e escala musical.

O monocórdio e o xilofone sendo elaborados com materiais de baixo custo faz com que suas utilizações amparem a proposta de trabalho com a elaboração de instrumentos musicais e, da mesma forma, no aprendizado de acústica, já que, por

possuírem alto grau de acessibilidade, não priva o aluno de uma experiência essencial em seu desenvolvimento humano. De acordo com Britto (apud Moura e Neto, 2011):

Além de contribuir para o entendimento de questões elementares referentes à produção do som e às suas qualidades, à acústica, ao mecanismo e ao funcionamento de instrumentos musicais, a construção de instrumentos estimula a pesquisa, a imaginação, o planejamento, a organização, a criatividade, sendo, por isso, ótimo meio para desenvolver a capacidade de elaborar e executar projetos.

Desta forma, o monocórdio e o xilofone podem ser utilizados como materiais introdutórios ou complementares no Ensino de Acústica.

5 ANÁLISE DOS QUESTIONÁRIOS

Os questionários foram entregues aos alunos logo após a elaboração dos instrumentos. Um questionário para medir o nível de conhecimento adquirido dos alunos durante as três etapas da intervenção e outro para conhecer a opinião dos pesquisados. Ao todo foram respondidos 33 questionários. Dos 33 questionários respondidos 20 são de meninas e 13 são de meninos.

Ao analisar os questionários, percebeu-se que as respostas dos alunos indicavam representações bem semelhantes entre elas o que possibilitou realizar a análise e a construção de categorias para mapear o tipo de resposta e os exemplos por questões.

As categorias escolhidas, em geral, estão relacionadas à quantidade (frequência) de respostas semelhantes identificadas nos questionários. Em algumas questões teve respostas que não se enquadravam nas categorias já identificadas ou que não apresentavam relação com a questão; foi criada para essas respostas a categoria denominada “outros”.

Para cada questão é apresentada a síntese das respostas dos alunos. Os alunos são identificados pela letra “A” e por um índice, número, que foi aleatoriamente colocado nos questionários durante a análise, representando a quantidade de alunos (A_1, A_2, \dots, A_{33}).

A seguir são apresentadas as análises das perguntas dos questionários respondido pelos alunos.

5.1 QUESTIONÁRIO 1

Questão 1: Que tipos de ondas você conhece ou ouviu falar? Como essas ondas se propagam?

Através de uma análise da primeira questão do questionário 1 foi possível perceber que alguns alunos tiveram algumas confusões conceituais, ao citarem alguns tipos de onda que eles conheciam. Todos os alunos citaram exemplos dados na intervenção, a maioria mencionou ondas mecânicas (23 alunos) e eletromagnéticas (22 alunos) alguns ainda confundiram as ondas eletromagnéticas chamando-as de ondas magnéticas (7 alunos). Quanto à propagação das ondas a maioria dos alunos que citaram ondas mecânicas e eletromagnéticas disseram que as ondas mecânicas precisam de um meio material para se propagar e as eletromagnéticas não precisam, já outros falaram

que essas ondas se propagam em uma, duas ou três dimensões. Um pouco mais da metade dos alunos, 17 alunos, deram o exemplo de ondas sonoras, a maioria não deu resposta para como essas ondas se propagavam, mas alguns disseram que se propagam por vibração e outros em três dimensões. Dez alunos citaram as ondas do mar, alguns dizendo que se propagam em duas dimensões e outros pelo vento. A Tabela 1 apresenta uma síntese das respostas dos alunos.

Tabela 1: Mapeamento das respostas da questão 1.

Questão 1 - Que tipos de ondas você conhece ou ouviu falar? Como essas ondas se propagam?			
Alunos	Tipos de ondas	Alunos	Como se propagam
23	Ondas mecânicas	13	Precisa de um meio material para se propagar.
		4	Se propagam em 1D, 2D ou 3D
		2	Outros
		4	Sem resposta
22	Ondas eletromagnéticas	9	Não precisam de meio material para se propagar/se propagam no vácuo
		2	Se propagam em 1D, 2D ou 3D
		4	Outros
		7	Sem resposta
17	Ondas sonoras	5	Se propagam em 3D
		2	Por meio de uma vibração
		10	Sem resposta
10	Ondas do mar	3	Se propagam em 2D
		2	Pelo vento
		5	Sem resposta
7	Ondas magnéticas	1	Se propagam em 1D, 2D ou 3D
		1	Campos elétricos e magnéticos
		5	Sem resposta
3	Onda na mola	3	Sem resposta
3	Outros	3	Sem resposta

A letra "D" refere-se à dimensão ou dimensões.
A maioria dos alunos citaram mais de um tipo de onda.

Os exemplos dados pelos alunos sugerem que as representações sobre os tipos de ondas e como elas se propagam estão relacionadas à experiência vivenciada na intervenção pedagógica, principalmente quando se desenvolveu a classificação das ondas tanto pela sua natureza quanto pela sua direção de propagação, como podemos perceber nos exemplos que se seguem.

A₁₄: “Ondas mecânicas e eletromagnéticas. Eletromagnética não precisa de matéria para se propagar ex: luz, mecânica precisa de matéria para se propagar ex: som.”

A₁₇: “Ondas sonoras → se propagam em 3D. Ondas do mar → se propagam em 2D.”.

A₁₀: “Ondas mecânicas se propagam onde tem matéria e ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo.”.

Questão 2: *As oitavas musicais que você elaborou se relacionam com que tipos de ondas?*

No mapeamento da segunda questão, apresentado na Tabela 02, é apresentado que 25 alunos responderam que os instrumentos musicais elaborados se relacionam com as ondas sonoras, destes, alguns ainda disseram que as ondas sonoras são ondas mecânicas. Com exceção de um aluno todos mencionaram tipos de ondas que se relacionam com instrumentos musicais, seis alunos citaram somente as ondas mecânicas e 5 alunos citaram ondas estacionárias.

Tabela 2: Mapeamento das respostas da questão 2.

Questão 2 - As oitavas musicais que você elaborou se relacionam com que tipos de ondas?		
Alunos	Tipos de ondas	Complemento
25	Ondas sonoras	6 alunos disseram que as ondas sonoras são ondas mecânicas.
6	Ondas mecânicas	-
5	Ondas estacionárias	-
1	Outro	Este aluno citou instrumentos ao invés de tipos de ondas.
Alguns alunos citaram dois tipos de ondas.		

A resposta do aluno A₁₈: “Ondas sonoras, que são ondas mecânicas”, que representa a resposta de 6 alunos, é um pouco mais elaborada, pois já classifica as ondas sonoras como ondas mecânicas, que são ondas que necessitam de matéria para se propagar. Outros alunos citaram mais de um tipo de onda, como o A₂₈: “Sonoras e estacionárias”.

Questão 3: *Para produzir um som agradável na garrafa é fundamental que se bata no vidro acima da coluna de água. Para produzir o som é necessário que algo vibre. O que está vibrando para produzir o som emitido pela garrafa?*

Na Tabela 03 é apresentado o mapeamento das respostas da terceira questão, onde apenas 8 alunos mencionaram que são as moléculas de ar que vibram para produzir o som, como o A₂: “A garrafa vibra e também as moléculas de ar contidas lá dentro.”. O

restante disse o vidro ou/e a água, como o A₁₃: *“Batendo na garrafa, vibra a garrafa e a água.”*

Tabela 3: Mapeamento das respostas da questão 3.

Questão 3 - Para produzir um som agradável na garrafa é fundamental que se bata no vidro acima da coluna de água. Para produzir o som é necessário que algo vibre. O que está vibrando para produzir o som emitido pela garrafa?	
Alunos	Respostas
12	O vidro
7	A água
6	O vidro e a água
6	O vidro e as moléculas de ar
2	As moléculas de ar

Questão 4: *O que acontece com o ar dentro da garrafa quando o vidro começa a vibrar? E com o ar em torno da corda do monocórdio quando ela está vibrando?*

Apesar da maioria dos alunos não terem respondido que são as moléculas de ar que estão vibrando para produzir o som emitido pela garrafa, podemos observar no mapeamento das respostas da questão 4, na Tabela 4, que 15 alunos disseram que o ar vibra ou se agita com a vibração da corda ou do vidro dos instrumentos. Já 11 alunos disseram que o ar movimenta-se ou que contrai e *reprime*, referindo-se a compressão e rarefação das moléculas de ar, percebendo que o ar sofre algum tipo de perturbação com a vibração do vidro da garrafa e da corda do monocórdio. Respostas como a do aluno A₂₄: *“Ele (o ar) sai da garrafa”* e A₁₇: *“Ele (o ar) propaga a vibração da água”*, foram classificadas em “outros”. O aluno A₂₄ associa a propagação de uma onda com o transporte de matéria.

Vinte e um por cento dos alunos, que estão entre os que falaram que o ar vibra ou agita, apresentaram respostas bem elaboradas como o A₉: *“Com o vidro há uma perturbação nas moléculas e elas se agitam, o ar em torno da corda do monocórdio se agita, passando a vibração para as outras moléculas.”* e o A₇: *“No caso do vidro ocorre uma perturbação com as moléculas, logo elas se agitam. O ar ao redor da corda se agita, agitando assim as outras moléculas, e assim o som vai se propagando.”*

Tabela 4: Mapeamento das respostas da questão 4.

Questão 4 - O que acontece com o ar dentro da garrafa quando o vidro começa a vibrar? E com o ar em torno da corda do monocórdio quando ela está vibrando?	
Alunos	Respostas
15	O ar vibra/agita
7	O ar se movimenta
4	O ar comprime e <i>reprime</i> (rarefaz)
2	O ar se propaga
4	Outros
2	Não responderam

Percebe-se que à maioria dos alunos sabem que o ar sofre uma perturbação quando o vidro da garrafa e a corda do monocórdio vibram, ao responderem que o ar vibra, agita, movimenta ou comprime e *reprime* (referiam-se a rarefação das moléculas).

Questão 5: *Os sons que ouvimos são detectados quando chegam a uma membrana, chamada tímpano, localizada no ouvido. Esta, por sua vez, é posta a vibrar e as vibrações são transformadas em sinais elétricos e enviadas ao cérebro. Que elemento deve vibrar (elemento vibrante) para que a vibração da garrafa e do monocórdio seja transmitida ao tímpano?*

Para reforça mais ainda esta questão do ar propagar o som foi perguntado aos alunos que elemento deve vibrar para que a vibração da garrafa e do monocórdio seja transmitida ao tímpano, 24 alunos responderam que o elemento vibrante é o ar. Um aluno respondeu a água e o restante dos alunos não responderam a questão.

Tabela 5: Mapeamento das respostas da questão 5.

Questão 5 - Os sons que ouvimos são detectados quando chegam a uma membrana, chamada tímpano, localizada no ouvido. Esta, por sua vez, é posta a vibrar e as vibrações são transformadas em sinais elétricos e enviadas ao cérebro. Que elemento deve vibrar (elemento vibrante) para que a vibração da garrafa e do monocórdio seja transmitida ao tímpano?	
Alunos	Respostas
24	O ar
1	A água
8	Não responderam

Questão 6: *Durante a elaboração da escala no xilofone, notou-se que sons diferentes são emitidos para diferentes quantidades de água nas garrafas. Alterando-se a quantidade de água na garrafa altera-se também a quantidade de outro elemento. Que elemento é esse?*

No mapeamento da sexta questão, Tabela 6, percebe-se que 27 alunos acham que o ar é o outro elemento que também é alterado na garrafa de vidro quando se altera a quantidade de água, o restante dos alunos não respondeu ou deu uma resposta diferente.

Tabela 6: Mapeamento das respostas da questão 6.

Questão 6 - Durante a elaboração da escala no xilofone, notou-se que sons diferentes são emitidos para diferentes quantidades de água nas garrafas. Alterando-se a quantidade de água na garrafa altera-se também a quantidade de outro elemento. Que elemento é esse?	
Alunos	Respostas
27	O ar
4	Não responderam
2	Outros

Questão 7: *Durante a realização dos experimentos foram calculadas diferentes quantidades de água e diferentes comprimentos de corda. Para aumentar a frequência do som do monocórdio deve-se diminuir ou aumentar o comprimento da corda? Para aumentar a frequência do som da garrafa deve-se diminuir ou aumentar a altura da coluna de ar?*

Na sétima questão 11 alunos responderam que deve diminuir a coluna de ar na garrafa, 16 responderam que deve diminuir o comprimento de corda no monocórdio para aumentar a frequência. Seis alunos responderam que deve aumentar a coluna de água, não associando o aumento da frequência quanto à diminuição da coluna de ar.

Um terço dos alunos disseram que tem que aumentar a coluna de ar para diminuir a frequência do som, 5 alunos respondeu que deve aumentar o comprimento de corda para aumentar a frequência. Apenas 5 alunos responderam que diminui tanto a coluna de ar na garrafa quanto a corda do monocórdio.

Tabela 7: Mapeamento das respostas da questão 7.

Questão 7 - Durante a realização dos experimentos foram calculadas diferentes quantidades de água e diferentes comprimentos de corda. Para aumentar a frequência do som do monocórdio deve-se diminuir ou aumentar o comprimento da corda? Para aumentar a frequência do som da garrafa deve-se diminuir ou aumentar a altura da coluna de ar?				
Alunos	Garrafa		Alunos	Monocórdio
11	Diminui a altura de ar		16	Diminui o comprimento da corda
11	Aumentar a altura de ar		5	Aumenta o comprimento da corda
6	Aumenta a altura de água		12	Não respondeu
2	Aumenta a frequência			
3	Não respondeu			

Um dos alunos deu uma resposta com confusões conceituais ao responder que A12: “*Tem que aumentar a água para (o som) pode sair mais grave, para aumentar a frequência do som se coloca água.*”.

Questão 8: *Para qual dessas frequências foi necessária uma menor quantidade de água? (a) 523 Hz; (b) 698 Hz; (c) 880 Hz; (d) 1046 Hz.*

No mapeamento da oitava questão percebeu-se que os alunos associaram o tamanho da coluna de água à frequência e não o tamanho da altura da coluna de ar. Pois apesar de 11 alunos disserem que deve aumentar a coluna de ar para obter uma frequência maior do som, 30 alunos selecionaram a menor frequência das alternativas para que tivesse uma menor quantidade de água.

Tabela 8: Mapeamento das respostas da questão 8.

Questão 8 - Para qual dessas frequências foi necessária uma menor quantidade de água?	
Alunos	Frequências
30	523 Hz (menor frequência das alternativas)
2	1046 Hz (maior frequência das alternativas)
1	Não respondeu

Questão 9: *Para qual dessas frequências foi necessária uma corda com comprimento maior? (a) 293 Hz; (b) 329 Hz; (c) 440 Hz; (d) 523 Hz.*

Na nona questão 5 alunos não responderam a questão e apesar de 16 alunos responderem que deve diminuir o comprimento de corda no monocórdio para aumentar a frequência, na oitava questão, apenas 8 alunos selecionou a menor frequência, a mais grave, para um maior comprimento de corda. Vinte alunos selecionaram a maior frequência, conforme é apresentado no mapeamento da questão 9, Tabela 9.

Tabela 9: Mapeamento das respostas da questão 9.

Questão 9 - Para qual dessas frequências foi necessária uma corda com comprimento maior?	
Alunos	Frequências
20	523 Hz
8	293 Hz
5	Não respondeu

Questão 10: *A nota Dó (523 Hz) emitida no monocórdio e a nota Dó (523 Hz) emitida no xilofone tem a mesma frequência. Você percebe alguma diferença quando essa nota é emitida nos dois instrumentos? Se sim, a que fenômeno deve-se atribuir essa diferença?*

Na décima questão, a maioria respondeu afirmativamente que percebe alguma diferença quando uma mesma frequência é emitida pelos dois instrumentos, mas apenas 7 alunos atribuíram a diferença de som ao timbre e 4 à diferença dos instrumentos, que de certa forma também refere-se ao timbre. A Tabela 10 apresenta uma síntese das respostas dos alunos.

Tabela 10: Mapeamento das respostas da questão 10.

Questão 10 - A nota Dó (523 Hz) emitida no monocórdio e a nota Dó (523 Hz) emitida no xilofone tem a mesma frequência. Você percebe alguma diferença quando essa nota é emitida nos dois instrumentos? Se sim, a que fenômeno deve-se atribuir essa diferença?			
Alunos	Tipos de respostas	Alunos	Respostas
6	Não responderam	-	-
3	Não	-	-
24	Sim	7	Timbre
		4	A diferença dos instrumentos
		5	Elemento vibrante
		8	Outros

Cinco alunos acreditam que a diferença de sons se atribui a diferentes elementos vibrantes, como a resposta do aluno A26: “*Sim. Elemento vibrante é diferente em cada caso.*”, esses alunos não responderam a quinta questão onde perguntava qual era o elemento que deve vibra para que a vibração da garrafa e do monocórdio seja transmitida ao tímpano.

Fica evidente em algumas respostas dos alunos a associação feita entre a propagação de uma onda e o transporte de matéria, como a resposta do aluno A32 que diz que a diferença do som de mesma frequência emitido por fontes diferentes deve-se “(...) *ao deslocamento de ar*” e a do aluno A33 que diz que “*O timbre dos instrumentos é diferente. Modifica-se o deslocamento de ar, pois no monocórdio desloca-se na lateral da corda e no xilofone o deslocamento de ar ocorre dentro do instrumento*”, o aluno A33 não relaciona que os instrumentos têm diferentes timbres devido à diferença de materiais que é construído cada e sim que além dos instrumentos deslocarem o ar, cada um tem um deslocamento de ar diferente.

Respostas como a do aluno A25: “*Sim, pois um é tubo sonoro fechado e outro não, muda o sistema.*”, foram classificadas em “outros”.

5.2 QUESTIONÁRIO 2

Questão 1: *Você gosta da disciplina de Física?*

O mapeamento da primeira questão, apresentada na Tabela 11, mostra que 28 alunos disseram gostar da disciplina de Física e 5 disseram não gostar de Física.

Tabela 11: Mapeamento das respostas da questão 1.

Questão 1 - Você gosta da disciplina de Física?	
Alunos	Tipos de respostas
28	Sim
5	Não

Questão 2: *Você sente dificuldade em aprender Física?*

A segunda questão, apresentada na Tabela 12, mostra que 20 alunos tem dificuldade de aprender Física, destes inclui os 5 que não gostam de física, 3 alunos responderam que gostam mais ou menos da disciplina de Física e 10 alunos disseram não ter dificuldade em aprender Física.

Tabela 12: Mapeamento das respostas da questão 2.

Questão 2 - Você sente dificuldade em aprender Física?	
Alunos	Tipos de respostas
20	Sim
3	Mais ou menos
10	Não

Questão 3: *Você acha que as atividades fez com que aprendesse/entendesse melhor algum assunto já visto antes? Em caso afirmativo, qual é esse assunto?*

Aproximadamente 70% dos alunos acham que a intervenção pedagógica não fez com que ele entendesse melhor algum assunto já visto e 30% dos alunos disseram que a intervenção pedagógica o ajudou a entender melhor algum assunto já visto.

Tabela 13: Mapeamento das respostas da questão 3.

Questão 3 - Você acha que as atividades fez com que aprendesse/entendesse melhor algum assunto já visto antes? Em caso afirmativo, qual é esse assunto?			
Alunos	Tipos de respostas	Alunos	Assuntos
1	Não respondeu	-	-
23	Não	21	-
		2	Já havia aprendido este assunto
9	Sim	4	Ondas
		1	O que causa a onda do mar
		1	Velocidade
		3	Não respondeu

Questão 4: *Você acha que mais assuntos poderiam ser trabalhados com a ajuda de experimentos? Por quê?*

Apenas três alunos não acham que mais assuntos poderiam ser trabalhados com experimentos e 30 alunos acham que deveriam ser trabalhados com experimentos, destes, 16 alunos acham que os experimentos ajudam a entender/compreender melhor o assunto e 4 alunos acham que facilita o aprendizado.

Respostas únicas como a do aluno A27: *“Sim, porque você esta comprovando que é verdade e não apenas falando.”*, e a do aluno A31: *“Sim, porque é mais divertido e da mais vontade de aprender.”* foram classificadas como outros.

Tabela 14: Mapeamento das respostas da questão 4.

Questão 4 - Você acha que mais assuntos poderiam ser trabalhados com a ajuda de experimentos? Por quê?			
Alunos	Tipos de respostas	Alunos	Respostas
3	Não	1	Por não haver a cooperação de toda a classe
		1	Aprendo com mais facilidade escrevendo e desenvolvendo resumos
		1	Não respondeu
30	Sim	18	Ajuda a entender/compreender melhor o assunto
		4	Facilita o aprendizado
		2	Para aprendermos praticando
		6	Outros

Questão 5: *Teve dificuldades para entender o que o roteiro experimental das garrafas pedia para ser feito?*

Na Tabela 15 é apresentado o mapeamento das respostas da quinta questão onde somente 3 alunos disseram ter tido dificuldades para entender o que o roteiro experimental das garrafas pedia para ser feito. Já 9 alunos disseram ter tido um pouco de dificuldade, alguns justificaram que com a explicação da graduanda entendeu-se melhor, outro por nunca ter feito algo assim e outro ao ler com mais atenção entendeu. Vinte e um alunos disseram não ter tido dificuldades para entender o roteiro, pois para 2 alunos o roteiro estava bem explicado e bem detalhado.

A resposta dada pelo aluno A30: *“Mais ou menos, ao ler com atenção entendi”*, apesar de ser uma resposta somente dele durante a elaboração do instrumento com garrafas, muitos alunos pediram ajuda sem ao menos terem lido o roteiro.

Tabela 15: Mapeamento das respostas da questão 5.

Questão 5 - Teve dificuldades para entender o que o roteiro experimental das garrafas pedia para ser feito?			
Alunos	Tipos de respostas	Alunos	Justificativas
3	Sim	3	-
9	Mais ou menos/um pouco	5	-
		2	Com a explicação da professora tive maior entendimento
		1	Nunca fiz algo assim
		1	Ao ler com atenção entendi
21	Não	17	-
		2	Estava bem explicado, bem detalhado.
		1	Estava claro o que tinha que ser feito
		1	As fórmulas e orientações estavam claras

Questão 6: *Teve dificuldades para entender o que o roteiro experimental do monocórdio pedia para ser feito?*

Três alunos tiveram dificuldades para entender o que o roteiro do monocórdio estava pedindo, já 4 tiveram um pouco de dificuldade e 26 não tiveram dificuldades de entender o roteiro, um aluno ainda disse que estava bem explicado.

Tabela 16: Mapeamento das respostas da questão 6.

Questão 6 - Teve dificuldades para entender o que o roteiro experimental do monocórdio pedia para ser feito?	
Alunos	Tipos de respostas
3	Sim
4	Mais ou menos/um pouco
26	Não
Um aluno que respondeu não, disse que o roteiro estava bem explicado.	

Questão 7: *Quais dificuldades você encontrou nas elaborações das oitavas musicais?*

Quanto a quais dificuldades os alunos encontraram nas elaborações das oitavas musicais 9 alunos responderam não ter tido nenhuma dificuldade, já outros 9 alunos disseram ter encontrado dificuldade na afinação dos instrumentos, o restante encontrou dificuldades nas medições, ao tentar entender como fazia os trabalhos, em não errar na quantidade de água, nas fórmulas e ao tocar os instrumentos.

Respostas com as dos alunos A33 e A32: “*A diferença de som quando foi colocado um afinador do lado*” vai a encontro com que muitos alunos reclamaram na elaboração do xilofone, pois era muito difícil afinar as garrafas, ao emitir um som na garrafa o afinador ficava oscilando de uma frequência para outra.

Outra dificuldade foi ao tocar os instrumentos, como mencionou o aluno A27: “*Usar as fórmulas e tocar os instrumentos*”, os instrumentos eram um pouco difíceis de serem tocados.

Tabela 17: Mapeamento das respostas da questão 7.

Questão 7 - Quais dificuldades você encontrou nas elaborações das oitavas musicais?	
Alunos	Tipos de respostas
6	Não respondeu
9	Nenhuma
9	Afinação
2	Nas medições
2	Falta de colaboração do grupo
2	Encontrar a quantidade de água exata
2	Entender como fazia os trabalhos
1	Usar as fórmulas e tocar os instrumentos

Questão 8: *O uso de fórmulas matemáticas foi importante para as atividades? Por quê?*

Quanto à importância do uso de fórmulas matemáticas para as atividades todos acharam que foi importante o uso de fórmulas matemática nas atividades, com exceção de um aluno que não respondeu a questão. Para 15 alunos o uso de fórmulas foi importante para encontrar a altura de água necessária para cada nota, referindo-se aos cálculos feitos na elaboração do xilofone. Já para um aluno o uso de fórmulas foi importante para descobrir o tamanho da corda para cada nota, referindo-se aos cálculos feitos na elaboração do monocórdio. Para o restante dos alunos o uso de fórmulas foi importante porque através delas foi possível realizar os experimentos, calcular com precisão, chegar aos resultados corretos, ajudou a entender melhor o assunto, entre outros motivos.

Tabela 18: Mapeamento das respostas da questão 8.

Questão 8 - O uso de fórmulas matemáticas foi importante para as atividades? Por quê?			
Alunos	Tipos de respostas	Alunos	Justificativas
1	Não respondeu	1	-
32	Sim	15	Para encontrar a altura de água necessária para cada nota
		1	Para descobrir o tamanho da corda para termos a nota
		3	Através delas foi possível realizar os experimentos
		4	Para podermos calcular com precisão e chegarmos aos resultados corretos
		2	Ajudou a entender melhor o assunto
		2	Para saber a frequência
		3	Outros
		2	Não justificou

Questão 9: *O que você mais gostou das aulas ministradas? Por quê?*

No mapeamento da nona questão, apresentado na Tabela 19, mostra que 18 alunos responderam que o que mais gostaram das aulas ministradas foi elaborar os instrumentos, alguns justificaram respondendo que foi divertido, legal, que muda o cotidiano e que é bom sair um pouco da sala e da monotonia das aulas. Já 5 alunos gostaram dos experimentos durante as aulas, onde justificaram que o experimento possibilitou entender com clareza, que gostam de aulas que envolvem experimentos, que é mais simples aprender, que entendem melhor assim e foi assim que tornou a aula mais dinâmica. O restante dos alunos gostou das explicações que foram detalhadas, da aula direcionada, de *mexer* com musica, dos vídeos, do assunto, da atenção da professora e dois alunos responderam que gostaram de tudo, por que foi fácil de compreender.

Tabela 19: Mapeamento das respostas da questão 9.

Questão 9 - O que você mais gostou das aulas ministradas? Por quê?			
Alunos	O que mais gostou	Alunos	Justificativas
18	Elaboração dos instrumentos	1	Por que foi muito divertido
		1	Por que você não fica sentado na cadeira
		1	Porque são coisas diferentes
		1	Porque é bom sair um pouco da sala e da monotonia das aulas
		1	Muda o cotidiano
		1	Pois é legal
		12	Não deram justificativas
5	Dos experimentos durante as aulas.	1	Porque deu para entender com clareza
		1	Pois gosto de aulas que envolvem experimentos
		1	É mais simples de aprender com experimentos
		1	Pois entendo melhor assim
		1	Pois foi assim que tornou mais dinâmico
3	Das explicações	2	Pois foram detalhadas
		1	Não justificou
2	De tudo	2	Foi fácil de compreender
1	Da aula direcionada	1	Não foram cansativas
1	De mexer com musica	1	Não justificou
1	Dos vídeos passados	1	Não justificou
1	Do assunto	1	Foi interessante
1	Da atenção da professora	1	Por que se precisássemos vinha rapidinho ajudar com segurança.

Questão 10: *O que você gostaria que mudasse nas atividades?*

Quanto ao que os alunos gostariam que mudasse nas atividades, 21 alunos disseram que gostariam que nada mudasse, já 4 alunos gostariam que tivesse mais experimentos nas aulas, 2 alunos gostariam de terem tido explicações mais didáticas, outros 2 gostariam que mudasse a explicação e ter mais explicação. Outros 3 alunos reclamaram dos grupos, um gostaria que tivesse mais colaboração dos grupos, outro que fosse feito em mais grupos e outro que não fosse feito em grupo. Um aluno gostaria que tivesse tido mais tempo para tocar o instrumento. A Tabela 20 apresenta uma síntese das respostas dos alunos.

Tabela 20: Mapeamento das respostas da questão 10.

Questão 10 - O que você gostaria que mudasse nas atividades?	
Alunos	Tipos de respostas
21	Nada
4	Que tivesse mais experimentos
2	Explicações mais didáticas
1	Algumas explicações
1	Mais explicação
1	Que não fosse em grupo
1	Mais colaboração dos grupos
1	Mais grupos
1	Mais tempo para tocar o instrumento depois de feito

A resposta do aluno A27 que gostaria de ter tido “*mais tempo para tocar o instrumento depois de feito*”, apesar de ter sido uma resposta única, vai a encontro com que alguns alunos reclamaram. Alguns alunos, que já tocavam algum tipo de instrumento, tentaram tocar os instrumentos elaborados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como o seu principal objetivo investigar como uma sequência didática contextualizada pela elaboração de duas oitavas musicais auxilia o aluno na aprendizagem de conceitos físicos relacionados à Acústica.

As atividades experimentais podem contribuir beneficemente para o Ensino de Física quando cumprem um papel motivacional, estimulando o prazer da investigação, as curiosidades e os interesses dos alunos. Um dos principais obstáculos para a realização de uma atividade experimental é a falta de equipamentos adequados na escola, o que pode ser contornado com a utilização do material de baixo custo e de fácil aquisição ou elaboração.

Apesar de simples, os instrumentos elaborados surgem como mais uma opção para a compreensão de conceitos relacionados à Ondulatória e à Acústica e podem ser explorados de forma mais aprofundada conforme o nível desejado e o público que se pretende atingir. O aluno pode compreender conceitos de Acústica, tanto na elaboração como na sua utilização dos instrumentos, os quais podem ser utilizados de maneira introdutória ou complementar.

Analisando-se a primeira questão do questionário 1, esperava-se que os alunos citassem tipos de ondas vivenciadas no cotidiano, contudo, verificou-se que a maioria das respostas dos alunos estava relacionada à experiência vivenciada na intervenção pedagógica.

A maioria dos alunos compreendeu que o ar sofre algum tipo de perturbação com a vibração dos instrumentos, porém, pode não ter ficado claro para a maioria que o elemento vibrante na propagação do som é o ar. O que pode ser verificado na questão 4 na qual a maioria dos alunos percebeu que as moléculas de ar sofrem alguma perturbação quando o vidro da garrafa e a corda do monocórdio vibram. Porém, se contradisseram na questão 3 e 5, uma vez que na questão 3 apenas 8 alunos mencionaram que são as moléculas de ar que vibram para produzir o som e já na questão 5, 24 alunos responderam que o elemento vibrante para a propagação do som é o ar. A reformulação das questões ou o acréscimo de mais perguntas ao questionário poderiam ajudar na compreensão do conceito.

Pela análise das respostas dos alunos para a questão 6, do questionário 1, verificou-se que a maioria dos alunos percebeu que quando se alterava a quantidade de

água na garrafa alterava-se também a quantidade de ar, no entanto, verificou-se, na questão 7 e 8, que a maioria dos alunos associou a frequência à altura da coluna de água e não à altura da coluna de ar, pois apesar de 11 alunos responderem que tem que diminuir a coluna de ar para obter uma frequência maior do som, 30 alunos selecionaram a menor frequência, das alternativas, para que tivesse uma menor quantidade de água. Ao pedir no roteiro de elaboração do xilofone que fosse calculado a altura de água necessária, para despejar nas garrafas de vidro, alguns alunos podem ter associado a alteração da frequência com à altura da coluna de água. Porém, os alunos deveriam ter relacionado com à altura da coluna de ar, pois, se for colocado a mesma altura de água em uma garrafa com comprimento maior não se obtém mais a mesma frequência.

A questão 7 e a questão 9 apresentam indícios de que a maioria dos alunos não conseguiu associar a frequência ao tamanho da corda do monocórdio, pois apesar de 16 alunos responderem que deve diminuir o comprimento de corda no monocórdio para aumentar a frequência, apenas 8 alunos selecionaram a menor frequência para um maior comprimento de corda.

Na questão 10, verificou-se que a maioria dos alunos percebeu alguma diferença quando uma mesma frequência é emitida pelos dois instrumentos elaborados, 11 alunos, ainda, atribuíram a diferença de som ao timbre ou à diferença dos instrumentos.

Algumas respostas dos alunos, ao questionário 1, mostraram que o transporte de matéria é associado à propagação de uma onda, o que pode ser verificado em duas respostas à questão 10, nas quais dois alunos mencionam que o ar se desloca na propagação do som.

Analisando o questionário 2, percebeu-se que apesar da maioria dos alunos gostarem da disciplina de Física muitos tem dificuldades em aprender a disciplina. A maioria dos alunos disse que a intervenção pedagógica não fez com que eles entendessem melhor algum assunto já visto, isto pode estar relacionado ao fato de que os alunos ainda estão na primeira fase do curso e de acordo com a matriz curricular do mesmo este assunto só será abordado na segunda fase ou pode estar relacionada com a maneira que foi conduzida a intervenção.

A maioria dos alunos disse não ter encontrado dificuldades para entender os dois roteiros e acharam que nada deveria mudar nas atividades. O que eles mais gostaram

das aulas, foi o fato de elaborar os instrumentos. Todos os alunos se mostraram interessados e participaram em todas as atividades desenvolvidas.

Uma das dificuldades encontradas durante a elaboração dos instrumentos foi a afinação das garrafas, poderia ter sido reservado mais tempo para o ajuste da afinação, pois alguns alunos ficaram decepcionados. O planejamento também poderia contemplar mais tempo para o aluno tocar o instrumento.

No entanto, é possível utilizar essa intervenção pedagógica em sala de aula, porém, para melhorar a compreensão por parte dos alunos, percebeu-se a necessidade de modificar a abordagem ou ter mais tempo para a intervenção, pois é um assunto extenso, sugere-se que durante as aulas expositivas dialogadas dê-se mais ênfase em como o som se propaga, focando principalmente em sua propagação no ar. Sugere-se, também, que seja reservado mais tempo para a utilização dos instrumentos, pois eles podem reforçar os assuntos das aulas expositivas dialogadas, dando um enfoque maior à relação da frequência com o comprimento da corda e do tubo sonoro.

Os apontamentos levantados nos questionários deste estudo exploratório podem contribuir para àqueles que pretendem investigar a aprendizagem dos conceitos relacionados à Acústica e servir de base para futuras pesquisas.

7 REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, Jose de Pinho. **Atividades Experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. 332 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ensino de Ciências Naturais, Departamento de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

ARÁUJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p.176-194, jun. 2003.

AXT, Rolando; MOREIRA, Marco Antonio. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 13, p.97-103, dez. 1991.

BERNABÉ, Fernando Moreira. **A melodia das razões e proporções: a música sob o olhar interdisciplinar do professor de matemática**. 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação na área Temática Ensino de Ciências e Matemática, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BORGES, A. Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências+. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p.291-313, dez. 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais +(PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.

CHALMERS, Alan. **A fabricação da ciência**. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1994. 185 p. Tradução de Beatriz Sidou.

COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. Formação continuada de professores numa visão construtivista: contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de Física+. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 25, n. 1, p.7-34, abr. 2008.

FERREIRA, Mergenfel Andromergena Vaz. Assimetrias de conhecimento e percepção de texto midiáticos: um estudo exploratório. **Revista Comunicação Midiática**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 3, p.31-51, dez. 2011.

GRANJA, Carlos Eduardo de Souza Campos. **Musicalizando a escola: música, conhecimento e educação**. São Paulo: Escrituras Editora, 2008. 163 p.

JAIME, Pedro Javier Gómez. **Física do som e sua relação com a música no Ensino Médio: um olhar nos livros didáticos**. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2010.

KRUMMENAUER, Wilson Leandro; PASQUALETTO, Terrimar Ignácio; COSTA, Sayonara Salvador Cabral da. O uso de instrumentos musicais para o ensino de acústica. **Física na Escola**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p.22-24, 2009.

MONTEIRO JÚNIOR, Francisco Nairon; CARVALHO, Washington Luiz Pacheco de. O Ensino de Acústica nos livros didáticos de Física recomendados pelo PNLEM: análise das ligações entre a Física e o mundo do som e da Música. **Holos**, São Paulo, v. 1, n. 27, p.137-154, 2011.

MOREIRA, Ildeu de Castro; MASSARANI, Luisa. **Música e Ciência: Ambas filhas de um ser fugaz**. X Reunión de La Red de Popularización de La Ciencia y La Tecnología En América Latina y El Caribe, San José, Costa Rica, 11 maio 2007.

MORETTO, Vasco Pedro. **Construtivismo: a produção do conhecimento em aula**. 3. ed. Rio de Janeiro: Dp&a, 2003. PEREIRA, Rafael Andrade. **A física da música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica**. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MOURA, Daniel de Andrade; BERNARDES NETO, Pedro. O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. **Física na Escola**, São Paulo, v. 12, n. 1, p.12-15, 2011.

PENA, Fábio Luís Alves; RIBEIRO FILHO, Aurino. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências

pedagógicas brasileiras publicadas em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009.

PEREIRA, Rodrigo Machado. **Abordagem ativa da acústica no Ensino Médio com a confecção de artefatos musicais pelos alunos**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências Exatas, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

PRADO, Luis Antonio Gagliardi. **Matemática, física e música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica para um ensino interdisciplinar**. 2010. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação Matemática, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SARAIVA-NEVES, Margarida; CABALLERO, Concesa; MOREIRA, Marco Antonio. Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula: Um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, p.383-401, 2006.

SÉRÉ, Marie Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. O papel da experimentação no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p.31-43, abr. 2003.

APÊNDICE 1 - PLANO DE AULA DAS TRÊS ETAPAS

Identificação

Instituição: Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Câmpus Jaraguá do Sul.

Professora: Aliny Nayara Pereira Souza

Turma: 1º Fase

Disciplina: Física

Semestre: 2º

Tema das aulas: Ondas, Ondas Sonoras e Elaboração de oitavas musicais.

Aulas: 3 aulas de 1h e 50 minutos.

Conteúdo programático

- Conceito de onda;
- Classificação das ondas;
- Características das ondas.
- Propagação da onda sonora;
- Velocidade do Som;
- Qualidades fisiológicas do som;
- Ondas estacionárias em tubos sonoros e cordas vibrantes.

Metodologia de ensino

- Aulas expositivas dialogadas com praticas demonstrativas, vídeos, simuladores e elaboração de duas oitavas.

Recursos de ensino

- Retroprojeter
- Recipiente transparente com água
- Bolinha de isopor
- Mola para encadernação
- Bolinha de isopor

- Dois polarizadores
- 9 vídeos (Anexo 2)
- 2 simuladores (Anexo 2)
- Materiais necessários para a elaboração das duas oitavas musicais, conforme os roteiros nos Anexos 3 e 4.

Procedimento

1º ETAPA: ONDAS

1 Conceito de onda

A 1º etapa da intervenção deve ser iniciada com a pergunta *O que é uma onda?*, para dar resposta a essa pergunta deve ser utilizado um retroprojektor e um recipiente transparente com água dentro.

Com a projeção da água no quadro, deve-se provocar uma onda na água, colocando e retirando uma caneta, depois pegar uma mola e provocar uma onda na mola. Provocado uma onda na água e na mola deve ser perguntado *o que foi preciso fazer para que se formassem ondas na água e na mola?*. Após os alunos responderem a pergunta, que provavelmente estará relacionando ao movimento da caneta ou da mão, deve-se associar o movimento a uma perturbação, na qual a água como e a mola estavam em seu estado de equilíbrio e para quebrar isso foi necessário provocar uma perturbação. Então deve ser dada a definição de onda que *é uma perturbação que se propaga num meio, sendo este material ou não. Na propagação de uma onda não há transporte de matéria, apenas energia.*

Dando a definição de onda para os alunos será preciso provar que as ondas só transportam energia e não matéria, então deve ser explicado para eles que na provocação de uma onda na água, por exemplo, as moléculas se movimentam para cima e para baixo, ocorrendo portanto o transporte de movimento ou seja energia.

Depois para comprovar que uma onda não transporta matéria deve ser colocado uma bolinha de isopor no recipiente transparente, com água, em cima do retroprojektor e provocar uma perturbação continua para que os alunos percebam que a bolinha não é transportada. Caso não dê certo, devido a algum desnível no recipiente ou alguma interferência externa como o vento, utilizar a mola para provocar uma onda, feito isto,

dizer que a molécula da ponta da mola não será transportada para outra ponta e sim o movimento, ou seja, energia.

Após “comprovar” que a onda não transporta matéria deve-se perguntar para os alunos: *vocês conhecem alguma onda que transporta matéria?*, algum ou alguns alunos provavelmente vão responder que conhecem a onda do mar, mesmo se não responderem lembrar eles da onda do mar. Será necessário, então, explicar o que acontece com a onda do mar para que na costa do mar ela passe a transportar matéria.

Na onda do mar acontece um processo diferente, pois as ondas que ficam na costa do mar, parte rasa, se originam de águas profundas e quando se propagam para parte rasa sofrem resistência da profundidade, fazendo com que estas percam velocidade, portanto quanto menor a profundidade menor a velocidade.

Desenhar no quadro negro o esquema da Figura 1.

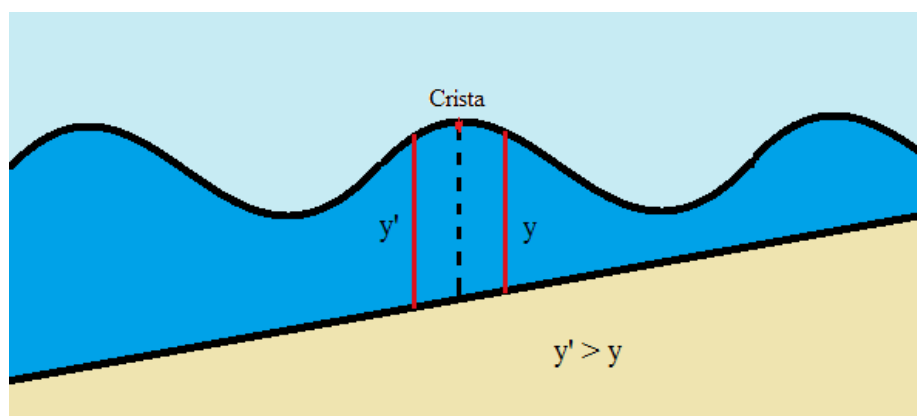


Figura 1: Esquema 1 que deve ser desenhado no quadro negro.

Com o desenho no quadro, conforme a imagem acima, mostrar que a parte da frente da onda tem uma menor profundidade que a parte de trás da onda, portanto a parte da frente da onda vai estar mais lenta que a de trás, como a parte de trás avança mais rápido que a da frente ela vai empurrar a da frente, fazendo com que a onda se incline, perca a sua estabilidade e quebre; ocasionando o transporte de matéria.

Para facilitar a visualização deste fenômeno será mostrada uma parte do vídeo da revista época, vídeo 1 do Anexo 2, que foi editado pela professora.

2 Classificação das ondas

Apresentar em seguida às formas de classificação das ondas, quanto a sua:

2.1 Natureza:

Mecânica

A onda pode ser classificada, quanto a sua natureza, como uma onda mecânica que é uma onda que se propaga em meios materiais, portanto, não se propaga no vácuo. Como exemplo: ondas sonoras, que se propaga através de vibração das moléculas, portanto, precisam de matéria para se propagar.

Outros exemplos: demonstrar uma onda na superfície da água, que esta sendo projetada no quadro pelo retroprojetor, e dizer que esta onda se propaga através da vibração da água. Demonstrar uma onda na mola e dizer que a onda se propaga na mola que é um meio material.

Eletromagnética

A onda pode ser classificada, quanto a sua natureza, como uma onda eletromagnética que é uma onda que não necessita de um meio material para se propagar, portanto, se propaga no vácuo. A onda eletromagnética é o resultado da interação de campos elétricos com campos magnéticos.

Dar o exemplo de ondas luminosas e ondas de transmissão de rádio e televisão. Explicar que a onda luminosa vibra em varias direções.

Pegar um polarizador e dizer que ele funciona como um filtro, que podemos não enxergar mas um polarizador tem varia ranhuras na mesma direção, que faz com que a luz fique com uma direção de vibração, demonstrar na imagem do slide 1 do Anexo 1.

Pegar os dois polarizadores e colocar um em cima do outro e girar um deles até que não aja passagem da luz. Explicar então, que ao colocar os polarizadores com as ranhuras perpendiculares não haverá nenhuma componente da vibração da luz que passará pelas ranhuras.

Explicar, portanto, que a ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio material para se propagar, mas não que dizer que essas ondas não se propagam em meios materiais, e sim que se propagam nos dois.

Mostrar o vídeo 2, do Anexo 2, e reforçar que, no vídeo, ao ser retirando o ar do recipiente o som, onda mecânica, ficou mais fraco e a luz, onda eletromagnética, permaneceu com a mesma intensidade.

2.2 Direção de propagação da onda

Unidimensional

A onda pode ser classificada, quanto a sua direção de propagação, como uma onda unidimensional que tem sua direção de propagação em uma única direção, um único eixo. Demonstrar uma onda na mola e dizer que a onda começa na ponta da mola e termina na outra ponta, sua direção de propagação foi apenas uma.

Bidimensional

A onda bidimensional se propaga na superfície que é uma dimensão 2D, se propaga em dois eixos, a onda começa num ponto se se propaga por toda a superfície. Demonstrar uma onda na água que esta sendo projetada pelo retroprojetor.

Tridimensional

A onda tridimensional se propaga em 3 dimensões. Dar o exemplo de ondas luminosas emitidas pela lâmpada da sala de aula se propaga por todo o meio, que é 3D. Ela se propaga para cima, para baixo, para direita, para esquerda, para frente e para trás, nos 3 eixos.

2.3 Direção de vibração da onda

A onda pode ser classificada quanto a sua direção de vibração, na qual pode ser uma onda transversal ou longitudinal.

Transversal

Para explicar o que é uma onda transversal deve-se pegar a mola, e com a ajuda de um aluno segurando uma ponta da mola, deve-se agitar a mola de forma que seja propagada uma onda transversal. Depois mostrar a imagem do slide 2, do Anexo 1, e explicar que a direção de vibração da onda é diferente da de propagação e que ainda formam um ângulo de 90° , ou seja, a direção de vibração da onda é perpendicular a de propagação.

Longitudinal

Para explicar o que é uma onda longitudinal deve-se pegar a mola, e novamente com o auxílio de um aluno, provocar uma onda, porém, agora uma onda longitudinal. Depois mostrar a imagem do slide 3, do Anexo 1, e explicar que a direção de vibração da onda é a mesma da de propagação, ou seja, a direção de vibração da onda é paralela a de propagação.

3 Características das ondas

Explicar para os alunos que a onda é representada sempre como uma onda transversal. Uma onda longitudinal pode ser representada como transversal.

Mostrar a imagem do slide 4, do Anexo 1, na qual onde se tem compressão da onda longitudinal se refere a crista da onda transversal e rarefação refere-se ao vale.

Desenhar no quadro de acordo com o esquema da Figura 2.

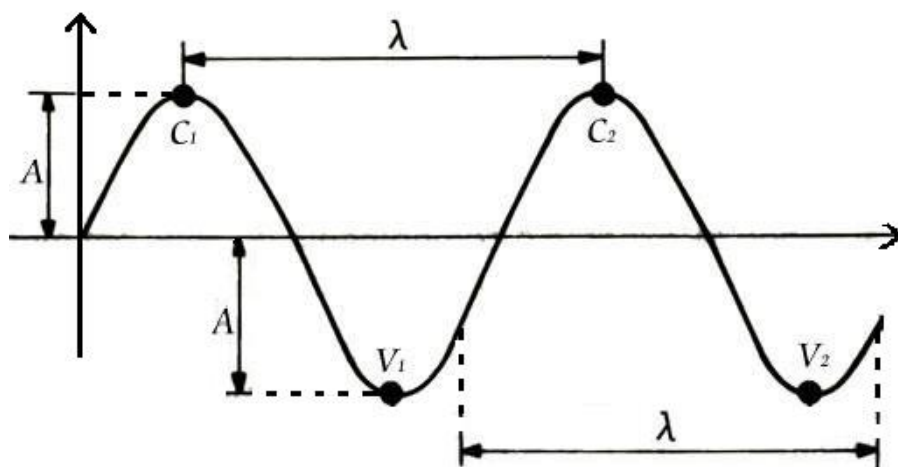


Figura 2: Esquema 2 que deve ser desenhado no quadro negro.

Explicar que a crista da onda, que está representada pela letra “C”, é o ponto mais alto da onda, e que o vale, que é representado pela letra “V”, é o ponto mais baixo da onda. A amplitude (A) é o maior afastamento com relação ao ponto de equilíbrio da onda. O comprimento da onda (λ) é a distância entre dois pontos que se repetem na onda (demonstrar vários comprimentos de ondas no esquema 2).

Frequência (f)

Perguntar para os alunos com que frequência eles vão para escola e com que frequência tomam banho. A partir das respostas dos alunos, que provavelmente falarão certa quantidade por um determinado tempo, explicar, então, que frequência é o número de acontecimentos, que se repetem, por um determinado tempo, escrever a Fórmula 1 no quadro negro.

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ de acontecimentos}}{\Delta t} \quad (1)$$

E no caso da onda será de acordo com a Fórmula 2:

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ de ondas completadas}}{\Delta t} \quad (2)$$

O número de ondas completadas por um determinado tempo, e para frequência ficar em Hertz, que é o número de ondas completadas por 1 segundo, basta substituir a variação do tempo (Δt) por 1 segundo.

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ de ondas completadas}}{1 \text{ segundo}} \quad (3)$$

Período (T)

Explicar que é o tempo necessário para se completar uma onda, ou seja, o tempo necessário (segundos) para que a onda volte a se repetir. No qual é possível perceber uma relação inversa com a frequência. Podendo ser representada pela Fórmula 4.

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

Na qual f é a frequência da onda dada em Hz e T é o período da onda dado em segundos.

Desenhar no quadro negro uma onda se propagando pelo tempo, de acordo com a Figura 3.

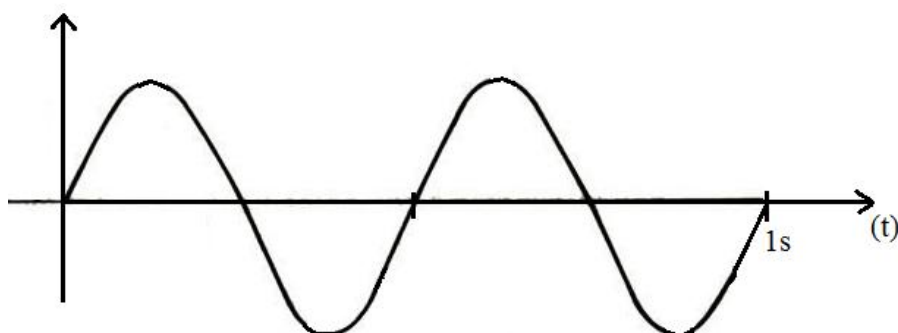


Figura 3: Esquema 3 que deve ser desenhado no quadro negro.

E explicar como se calcula a frequência e o período utilizando o gráfico acima.

Velocidade

Explicar que a velocidade média é medida, de acordo com a Fórmula 5.

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (5)$$

Na qual ΔS é a variação do espaço e Δt é a variação do tempo.

Explicar que a onda se propaga no espaço e no tempo e que, portanto, o gráfico de uma onda pode estar escrito por ela se propagando no espaço. Desenhar o esquema 4 da Figura 4 no quadro negro.

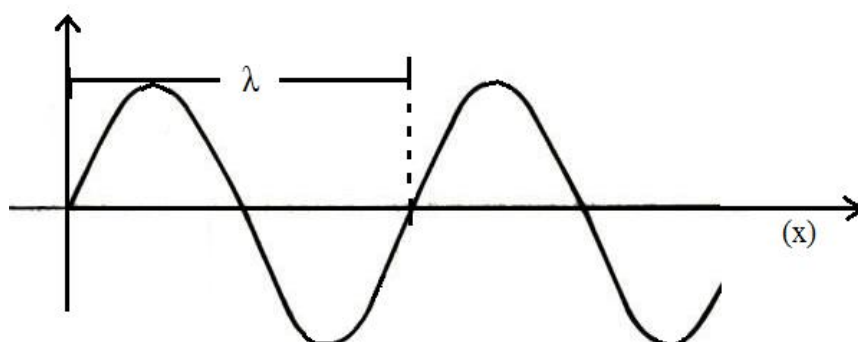


Figura 4: Esquema 4 que deve ser desenhado no quadro negro.

No qual X é o espaço, e pode-se determinar o espaço de uma onda, portanto, como o seu comprimento de onda (λ), portanto: $\Delta S = \lambda$.

E como o espaço vai ser um comprimento de onda, qual é o tempo necessário para que se complete 1 comprimento de onda? O período, portanto: $\Delta t = T$.

Substituindo a variação do espaço (ΔS) pelo comprimento de onda (λ) e a variação do tempo (Δt) pelo período (T) na Fórmula 5 obtém-se: $v = \frac{\lambda}{T}$, que é igual a $v = \lambda \cdot \frac{1}{T}$, substituindo $\frac{1}{T}$ pela frequência (f), obteremos a Fórmula 6:

$$v = \lambda \cdot f, \quad (6)$$

na qual velocidade (v) tem unidade metros por segundos.

2º ETAPA: ONDAS SONORAS

Classificar a onda sonora: mecânica, longitudinal e tridimensional.

Explicar que para uma onda se propagar é preciso que o meio se perturbe, as ondas sonoras são produzidas por vibrações, um corpo vibra e perturba as moléculas em volta no meio.

Mostrar o vídeo 3, do Anexo 2, e explicar que as cordas vocais precisam vibrar para produzir som e o mesmo acontece com a caixa de som e os instrumentos musicais.

Mostrar o vídeo 4, do Anexo 2, e pedir para os alunos imaginarem que a película que esta vibrando no vídeo é uma caixa de som, e quando o cone da caixa de som começa a vibrar ele provoca uma perturbação das moléculas em sua volta. Explicar que a perturbação faz as moléculas comprimirem e rarefazerem até que a perturbação chegue aos nossos ouvidos. Mostrar que as partículas não se deslocam e sim que vibram, o que esta sendo transferido é o movimento, ou seja, energia.

Mostrar a imagem do slide 5, do Anexo 1, e reexplicar que o ar se comprime e rarefaz ate chegar aos nossos ouvidos. Mostrar o vídeo 5, do Anexo 2, que vai ajudar o aluno a entender melhor como o som chega aos ouvidos e o que acontece no ouvido para associar este som. Explicar para o aluno que na parte do vídeo que demonstra um alto falante e as moléculas em volta pode dar a impressão de que as moléculas se deslocam, porém, estão apenas vibrando.

Mostrar a imagem do slide 6, Anexo 1, e reforça a explicação do vídeo 5, dizendo que as ondas sonoras entram pelos ouvidos fazendo com que o tímpano vibre com mesma frequência das ondas sonoras. A vibração do tímpano é transmitida aos ossículos, fazendo com que a cóclea vibre transformando essa vibração em impulsos elétricos que chegam ao cérebro e nos dá a sensação de som.

1 Velocidade do som

Explicar que quanto maior a quantidade de matéria do meio, mais rápido o som se propaga. Mostrar o vídeo 6, do Anexo 2, que irá explicar o por que o som se propaga mais rápido em líquidos e sólidos. Comentar o vídeo dizendo que no sólido as moléculas estão mais juntas, o que fica mais fácil as moléculas transferirem energia, movimento, umas para as outras; no líquido as moléculas já estão mais separadas, o que torna mais difícil, que no sólido, a transferência do movimento. No gás as moléculas estão bem separadas dificultando ainda mais a transferência de movimento.

Mostrar a tabela do slide 7, Anexo 1, e pedir para os alunos repararem que quanto maior a temperatura das moléculas, maior a velocidade do som. Explicar que quanto maior a temperatura maior o grau de agitação das moléculas, se as moléculas vibram mais fica mais fácil a transmissão de movimento, energia.

2 Qualidades fisiológicas do som

Altura

Explicar que a altura é a qualidade do som que nos permite diferenciar um som grave (baixo) de um som agudo (alto).

Um som alto $\rightarrow \uparrow f \rightarrow$ som agudo.

Um som baixo $\rightarrow \downarrow f \rightarrow$ som grave.

Pegar o instrumento musical Ukulele e reproduzir um som grave e um som agudo.

Mostrar a imagem do slide 8, Anexo 1, e explicar que os seres humanos conseguem ouvir sons de frequências nas faixas de 20 Hz à 20000 Hz, aproximadamente. Sons acima de 20000 Hz são considerados ultra-sons e sons abaixo de 20 Hz são considerados infra-sons.

Sons de 20Hz à 20000 Hz são audíveis aos seres humanos, cada animal tem a sua faixa de som audível. Mostrar a tabela do slide 9, do Anexo 1, na qual contem as faixas de sons audíveis de alguns animais.

Intensidade

Explicar que intensidade é a qualidade que nos permite diferenciar um som fraco de um som forte. Esta relacionada com o volume do som, no qual sempre é falado de forma errada (fisicamente): “nossa que som alto”, “fala mais baixo”, “fala mais alto”. Quando dizemos para uma pessoa falar mais alto estamos pedindo para ela falar mais agudo. O correto, fisicamente, é pedir para pessoa falar mais forte ou mais fraco.

Demonstrar um som fraco e um som forte agudo, e um som fraco e forte grave, no Ukulele.

Timbre

Explicar que timbre é a qualidade que nos permite diferenciar um som de mesma frequência e mesma intensidade, emitidos por fontes diferentes.

Emitir sons de mesma frequência e intensidade no Ukulele e Violoncelo.

3 Reflexão de ondas

Explicar que a reflexão ocorre quando uma onda incide sobre um obstáculo e retorna ao seu meio original de propagação, mantendo algumas características, como: v, λ, f, P, A .

Pegar a mola, e com auxílio de um aluno para segurar uma ponta da mola, e provocar uma perturbação para que ela seja refletida. Pedir para os alunos perceberem que a onda refletida volta com fase invertida, se for provocado um pulso com crista ele volta com vale. Quando o obstáculo é fixo a onda reflete com mudança de fase.

Desenha no quadro o esquema da Figura 5.



Figura 5: Esquema 5 que deve ser desenhado no quadro negro.

Então a onda ao incidir sobre um obstáculo fixo ela é refletida com fase invertida.

4 Interferência

Explicar que a interferência ocorre quando duas ondas se encontram, ela pode ser construtiva ou destrutiva.

Construtiva

É quando as ondas se encontram na mesma fase. Desenhar no quadro duas ondas de mesma fase indo ao encontro, conforme a Figura 6.



Figura 6: Esquema 6 que deve ser desenhado no quadro negro.

Mostrar o vídeo 7, do Anexo 2, até 1:15, e pedir para os alunos perceberem que quando as ondas se encontram suas amplitudes se somam e depois retornam a se propagar normalmente.

Destrutiva

Ocorre quando duas ondas se encontram com fases opostas, no qual ocorre a subtração das amplitudes. Desenhar no quadro duas ondas de fases diferentes indo ao encontro, conforme a Figura 7.



Figura 7: Esquema 7 que deve ser desenhado no quadro negro.

Mostrar o vídeo 7, do Anexo 2, do 1:15 até 1:55, e pedir para os alunos perceberem que quando as ondas se encontram suas amplitudes se subtraem e depois retornam a se propagar normalmente.

5 Ondas estacionárias em cordas vibrantes

Onda estacionária é a combinação de reflexão e interferência. Pedir para os alunos imaginarem uma corda fixa numa extremidade. Desenha uma corda no quadro, de acordo com o esquema da Figura 8.



Figura 8: Esquema 8 que deve ser desenhado no quadro negro.

Depois dizer que a corda esta sendo agitada, fazendo com que formem ondas que serão posteriormente refletidas. Desenha no quadro, de acordo com o esquema da Figura 9.

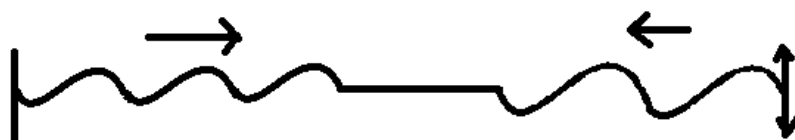


Figura 9: Esquema 9 que deve ser desenhado no quadro negro.

Dizer que quando as ondas foram refletidas elas retornaram com fase invertida, e a corda continuou sendo agitada, formando ondas que vão a encontro com as refletidas de fases opostas. No momento que estas ondas se encontrarem ocorrerão interferências construtivas e interferências destrutivas, formando a onda estacionária. Mostrar o vídeo 7, do 1:55 em diante, para demonstrar uma onda estacionária numa mola em câmera lenta.

Utilizar o simulador “Superposition Principle of Wave”, Anexo 2, que demonstra a superposição de duas ondas transversais formando uma onda estacionária.

Mostrar os vídeos 8 e 9, do Anexo 2, para mostrar ondas estacionárias numa corda de violão.

Explicar que as ondas estacionárias vibram em padrões, e esses padrões são chamados de harmônicos.

1° Harmônico

Demonstrar o primeiro harmônico na mola, e depois desenhar no quadro, de acordo com a Figura 10.



Figura 10: Esquema 10 que deve ser desenhado no quadro negro.

O primeiro padrão de ondas estacionárias numa corda, 1° harmônico ou fundamental, presa nas duas extremidades será o menor comprimento de onda possível para que as extremidades da corda não vibrem. O desenho no quadro, Figura 10, mostra o padrão de meio comprimento de onda estabelecido entre as extremidades de fixação, portanto, o comprimento da corda pode ser escrito como:

$$L = \frac{1}{2} \lambda_1, \quad (7)$$

Escrever a fórmula 7 no quadro, e explicar que L é o comprimento da corda e λ o comprimento da onda em metros. Isolando o comprimento da onda da Fórmula 7 teremos $\lambda_1 = 2L$. Substituindo o valor de λ_1 na Fórmula 6, teremos a velocidade igual:

$$v = f_1 \cdot 2L \quad (8)$$

Isolando a frequência obteremos a Fórmula 9.

$$f_1 = \frac{v}{2L} \quad (9)$$

Na qual v_c é a velocidade da onda na corda em metros por segundos (m/s) e f é a frequência de vibração da corda no primeiro harmônico em Hertz (Hz).

2° Harmônico

O segundo padrão de ondas estacionárias numa corda presa nas duas extremidades será o próximo comprimento de onda possível para que as extremidades da corda não vibrem.

Demonstrar o segundo harmônico na mola, e depois desenhar no quadro, de acordo com a Figura 11.



Figura 11: Esquema 11 que deve ser desenhado no quadro negro.

Mostrar para os alunos, com o auxílio do desenho da Figura 11, que num comprimento de corda tem-se um comprimento de onda ou duas metades do comprimento de onda. Escrever a Fórmula 10 no quadro.

$$L = \lambda_2 \quad (10)$$

Isolando o comprimento da onda do harmônico 2, da Fórmula 10, teremos $\lambda_2 = L$. Substituindo o valor de λ_2 na Fórmula 6, teremos a velocidade igual:

$$v = f_2 \cdot L, \quad (11)$$

no qual f_2 é a frequência do harmônico 2. Isolando a frequência na Fórmula 11 obteremos a Fórmula 12.

$$f_1 = \frac{v}{L} \quad (12)$$

3° Harmônico

O terceiro padrão de ondas estacionárias numa corda presa e fixa nas duas extremidades será o próximo comprimento de onda possível para que as extremidades da corda não vibrem.

Demonstrar o terceiro harmônico na mola, e depois desenhar no quadro, de acordo com a Figura 12.



Figura 12: Esquema 12 que deve ser desenhado no quadro negro.

Mostrar para os alunos, com o auxílio do desenho da Figura 12, que num comprimento de corda tem-se três metades do comprimento de onda. Escrever a Fórmula 13 no quadro.

$$L = \frac{3}{2} \lambda_3, \quad (13)$$

Isolando o comprimento da onda do harmônico 3 da Fórmula 13 teremos $\lambda_3 = \frac{2}{3}L$. Substituindo o valor de λ_3 na Fórmula 6, teremos a velocidade igual:

$$v = f_3 \cdot \frac{2}{3} L \quad (14)$$

na qual f_3 é a frequência do harmônico 3. Isolando a frequência na Fórmula 14 obteremos a Fórmula 15.

$$f_3 = \frac{3v}{2L} \quad (15)$$

Analisando as fórmulas de frequência dos harmônico e possível escrever a seguinte Fórmula:

$$f_n = n \cdot \frac{v}{2L}, \quad (n = 1,2,3,4 \dots) \quad (16)$$

na qual, n é o numero do harmônico.

6 Ondas estacionárias em tubos sonoros fechados

O tubo sonoro fechado é caracterizado por possuir uma extremidade aberta e uma extremidade fechada, ex: garrafa. Quando se provoca uma perturbação na garrafa, seja batendo no vidro ou soprando dentro, as moléculas de ar dentro da garrafa vão começar a vibrar, porem algumas moléculas vão se deslocar mais que as outras durante a

vibração, as moléculas da extremidade aberta vão se deslocar abundantemente, já as moléculas do fundo do recipiente vão se deslocar pouco ou não vão deslocar, devido à resistência que terão com o fundo.

Utilizar o simulador *Ondas Estacionárias Longitudinais*, Anexo 2, para demonstrar a vibração do ar em um tubo, o simulador ilustra o movimento de uma molécula no ar durante uma oscilação.

Mostrar, através do simulador, que as moléculas do fundo do recipiente não vibram e as moléculas da extremidade aberta vibram como mais facilidade, isso é uma onda estacionária, só que longitudinal. Sempre num tubo sonoro fechado as moléculas da extremidade fechada não vibram e as da extremidade aberta vibram com amplitude máxima.

Esse processo faz com que em certas frequências obtenham-se ondas estacionárias dentro do recipiente. Ao obter ondas estacionárias a coluna de ar no tubo entra em ressonância com a frequência emitida pela fonte.

1º Harmônico

O primeiro padrão de ondas estacionárias dentro de um tubo fechado será o menor comprimento de onda possível para que no fundo do recipiente as moléculas não vibrem e as moléculas localizadas na extremidade aberta vibrem o máximo possível. O primeiro padrão de ondas estacionárias num tubo sonoro fechado, 1º Harmônico ou fundamental, deve estar apresentado conforme a Figura 13, que deve ser desenhada no quadro.

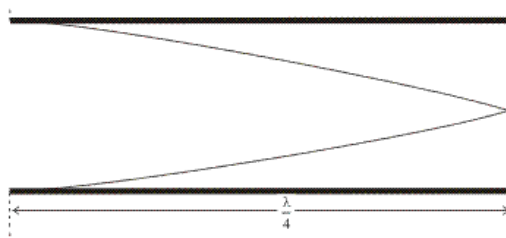


Figura 13: Esquema 13 que deve ser desenhado no quadro negro.

Vale lembrar que as moléculas de ar vibram longitudinalmente, porém, para melhor visualização dos harmônicos será representada as vibrações de forma transversal.

Explicar que o primeiro harmônico, Figura 13, mostra que dentro do tubo tem um quarto do comprimento de onda. Portanto, o comprimento do tubo pode ser escrito como:

$$l = \frac{1}{4}\lambda_1 \quad (17)$$

3° Harmônico

O próximo padrão de ondas estacionárias se chamara 3° harmônico e será o próximo comprimento de onda possível para que no fundo do recipiente as moléculas não vibrem e as moléculas localizadas na extremidade aberta vibrem com amplitude máxima. O terceiro padrão de ondas estacionárias num tubo sonoro fechado, 3° Harmônico, deve estar apresentado conforme a Figura 14, que deve ser desenhada no quadro.

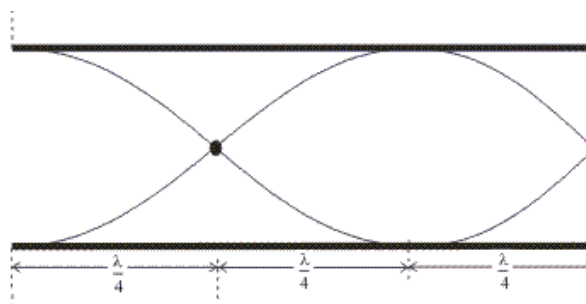


Figura 14: Esquema 14 que deve ser desenhado no quadro negro.

Explicar que o 3° harmônico, Figura 14, mostra que dentro do tubo tem três quartos do comprimento de onda. Portanto, o comprimento do tubo pode ser escrito como:

$$l = \frac{3}{4}\lambda_3 \quad (18)$$

5° Harmônico

O próximo padrão de ondas estacionárias se chamara 5° harmônico e será o próximo comprimento de onda possível para que no fundo do recipiente as moléculas não vibrem e as moléculas localizadas na extremidade aberta vibrem com amplitude

máxima. O 5º Harmônico, deve estar apresentado conforme a Figura 15, que deve ser desenhada no quadro.

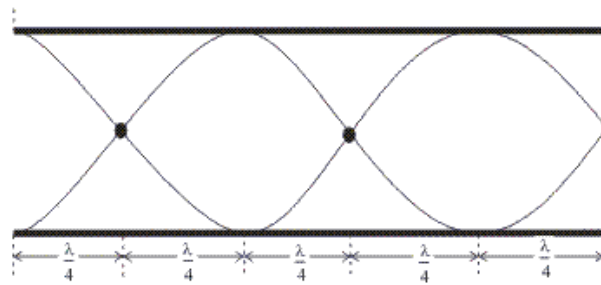


Figura 15: Esquema 15 que deve ser desenhado no quadro negro.

Explicar que o 5º harmônico, Figura 15, mostra que dentro do tubo tem cinco quartos do comprimento de onda. Portanto, o comprimento do tubo pode ser escrito como:

$$l = \frac{5}{4} \lambda_5 \quad (19)$$

Analisando as fórmulas dos comprimentos dos tubos dos harmônicos e possível escrever a seguinte fórmula:

$$l_n = \frac{n}{4} \lambda_n, \quad n = (1,3,5,7 \dots) \quad (20)$$

na qual n é o número do harmônico, isolando o comprimento de onda da fórmula 6 e substituindo-o na Fórmula 20, e depois isolando a frequência, obteremos a seguinte Fórmula:

$$f_n = \frac{n \cdot v}{4 \cdot l}, \quad n = (1,3,5,7 \dots) \quad (21)$$

na qual f_n é a frequência emitida pelo tubo sonoro.

3º ETAPA: ELABORAÇÃO DE OITAVAS MUSICAIS

1 Monocórdio

Para a elaboração da oitava musical no monocórdio será utilizado o instrumento construído.

Deve-se entregar os roteiros de elaboração do instrumento, conforme Anexo 3.

Fazer uma leitura do roteiro e realizar os cálculos para a obtenção das medidas necessárias junto com os alunos.

Após elaborar as oitavas musicais no monocórdio, conforme o roteiro de elaboração, deve-se tocar uma musica com o instrumento.

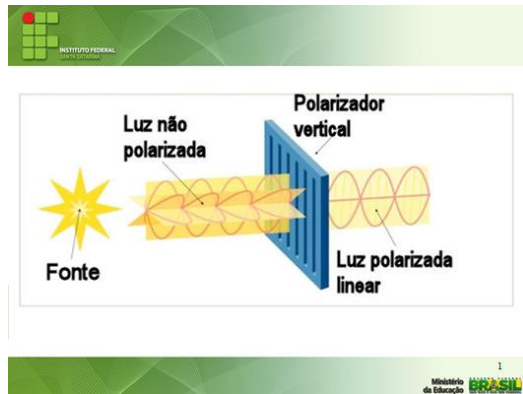
2 Xilofone

A elaboração do xilofone com garrafas deve ser feita somente pelos alunos, eles serão divididos em quatro grupos (cada grupo com 7, 8 ou 9 alunos), será entregue os roteiros de elaboração da oitava musical, conforme Anexo 4, para cada grupo, na qual cada será responsável por determinar as medidas necessárias para a elaboração de duas notas musicais.

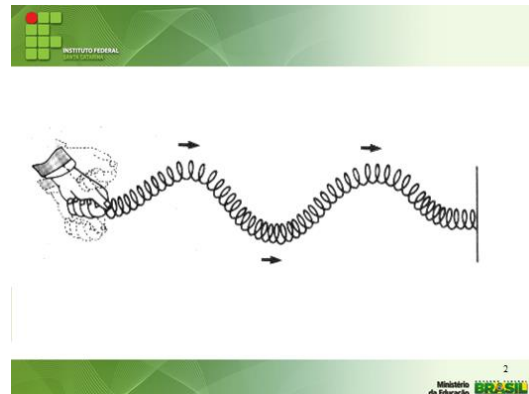
Após a elaboração do xilofone deve-se tocar uma musica com o instrumento.

Questionários: após elaborar as duas oitavas musicais entregar os questionários, conforme Anexo 5, para cada aluno, no qual os alunos terão que responder e entregar para professora antes do termino da aula.

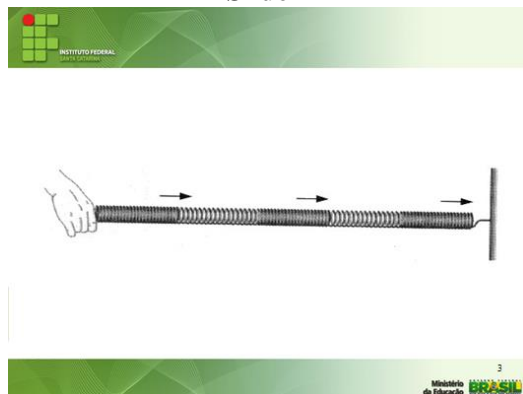
ANEXO 1: Slides utilizados na intervenção pedagógica



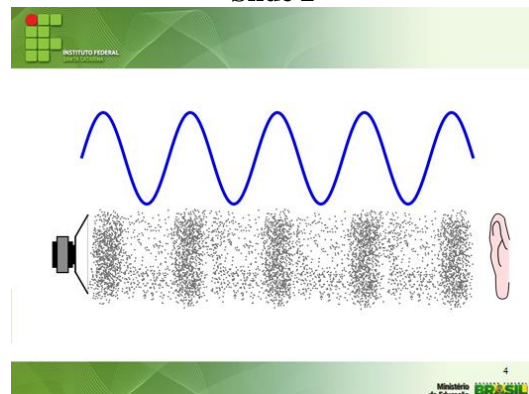
Slide 1



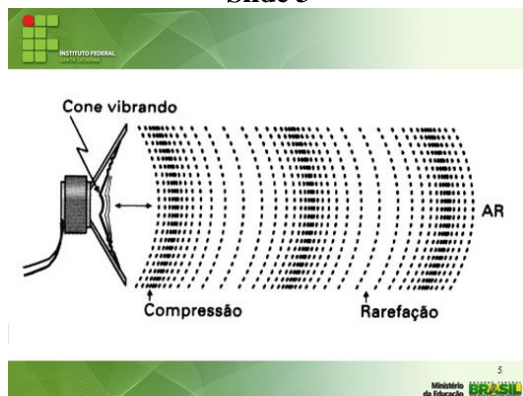
Slide 2



Slide 3



Slide 4

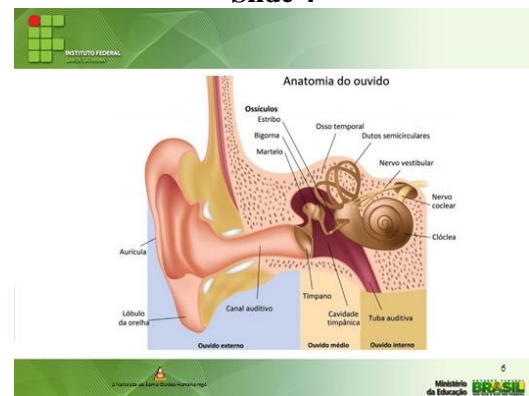


Slide 5

Velocidade de propagação do som

Material	Estado físico	Velocidade de propagação do som (m/s)
Ar (10 °C)	Gasoso	331
Ar (20°C)	Gasoso	343
Ar (30 °C)	Gasoso	350
Álcool etílico (20° C)	Líquido	1180
Água (20° C)	Líquido	1480
Água do mar (20° C)	Líquido	1522
Vidro (20° C)	Sólido	4540
Granito (20° C)	Sólido	6000

Slide 7



Slide 6

Qualidades fisiológicas do som

Altura

Seres vivos	Intervalo de frequência
Cachorro	15 Hz – 45000 Hz
Ser humano	20 Hz – 20000 Hz
Sapo	50 Hz – 10000 Hz
Gato	60 Hz – 65000 Hz
Morcego	1000 Hz – 120000 Hz

Slide 8

ANEXO 2: Vídeos e simuladores utilizados na intervenção pedagógica

- Vídeo 1: Um vídeo editado, pela graduanda, do mini documentário de Época sobre como se formam as ondas do mar, para auxiliar na explicação do por que as ondas na costa do mar transportam matéria (o vídeo tem 4:08, o editado 0:57). Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=sEjgaDO_cG4
- Vídeo 2: Vídeo “Som no vácuo?”, o vídeo demonstra uma onda mecânica (o som) e uma eletromagnética (a luz), se comportando dentro de um recipiente fechado, onde esta sendo retirado o ar. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=rEGO8-zUcEI>
- Vídeo 3: Vídeo “Science – Transmission of Sound”, o vídeo mostra como o som se propaga, como o som se propaga nos três estados da matéria e os vários tipos de ondas sonoras. Ele também discute o conceito de eco. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=GkNJvZINSEY>
- Vídeo 4: Vídeo “Propagação som”, o vídeo é uma animação de como as partículas de comportam durante a propagação do som. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=4ZtvBfouodU>
- Vídeo 5: É um mix de 3 vídeos demonstrando em câmera lenta a vibração de instrumentos musicais. Fontes: <https://www.youtube.com/watch?v=ttgLyWFINJI>
<https://www.youtube.com/watch?v=wDF48ZTIHMA>
<https://www.youtube.com/watch?v=osFBNLA7woY>
- Vídeo 6: Vídeo “A natureza do som e ovido humano”, o vídeo demonstra como o som chega aos ouvidos e como o ouvido associa esse som. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=wsCII5ehL0c>
- Vídeo 7: O vídeo demonstra a reflexão, interferencia de ondas e ondas estacionarias na mola. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=sVdbaMEbHd4>
- Vídeo 8 e 9: Os vídeos mostram ondas estacionárias nas cordas de um violão em câmera lenta. Fontes: <https://www.youtube.com/watch?v=ttgLyWFINJI> e <https://www.youtube.com/watch?v=RwxIg7YkaLc>
- Simulador 1: O simulador “Superposition Principle of Wave”, é um simulador online oferecido pela CoLoS: Conceptual Learning of Science, que demonstra a superposição de duas ondas transversais formando uma onda estacionária. Fonte: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?topic=19>
- Simulador 2: O simulador “Ondas Estacionárias Longitudinais” mostra a vibração do ar num tubo como um exemplo das ondas estacionárias longitudinais. Ele ilustra o movimento de uma molécula no ar durante uma oscilação. Fonte: http://www.walter-fendt.de/ph14br/stlwaves_br.htm

ANEXO 3: ROTEIRO DE ELABORAÇÃO DA OITAVA MUSICAL UTILIZANDO O MONOCÓRDIO

Cordas Vibrantes

O monocórdio é um instrumento de uma única corda esticada entre duas extremidades fixas sobre uma base de apoio, em uma das extremidades há um parafuso para o ajuste da tração na corda, e entre as extremidades há um dispositivo móvel que serve para alterar o comprimento da corda, variando a frequência da onda sonora emitida.



Figura (7): Representação de um monocórdio

Fonte: <http://musica-matematica.blogspot.com.br/2011/01/o-experimento-do-monocordio-e-musica-na.html>

Para a elaboração da oitava musical utilizaremos a concepção de cordas vibrantes, pois o monocórdio é um instrumento de corda. Para entendermos melhor, como será elaborada a oitava musical, vamos relembrar um pouco sobre cordas vibrantes.

Quando uma corda, tensa e fixa nas duas extremidades, é posta a vibrar, originam-se ondas transversais que se propagam ao longo do seu comprimento, refletem-se nas extremidades e, por interferência, ocasionam a formação de ondas estacionárias. A corda, vibrando estacionariamente, transfere energia ao ar em sua volta, dando origem as ondas sonoras que se propagam com frequência igual à frequência de vibração da corda.

Para a elaboração da oitava musical no monocórdio, a corda deverá ser tracionada até atingir uma frequência, de alguma nota musical, que funcionará como a frequência fundamental da corda. Conforme a mudança da posição do dispositivo móvel é possível variar a frequência do som emitido, sendo que esta sempre terá uma relação com a nota fundamental da corda.

Se a corda for ajustada para que ela emita a nota musical Dó à relação da sua frequência com as frequências das notas musicais posteriores serão aproximadamente iguais aos do seguinte quadro:

Nota	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó
Comprimentos da corda em relação à Dó	1L	$\frac{8}{9}L$	$\frac{4}{5}L$	$\frac{3}{4}L$	$\frac{2}{3}L$	$\frac{3}{5}L$	$\frac{8}{15}L$	$\frac{1}{2}L$

Quadro 1: Relação natural entre comprimento de uma corda e a nota emitida.

Materiais para a elaboração da oitava musical:

- Monocórdio
- Fita métrica
- Aplicativo para celular chamado Afinador Cifra Clube².
- Lápis

Elaboração da oitava musical:

1º passo: Tracionar a corda do monocórdio, através do parafuso, até que a corda atinja a frequência de 261 Hz, referente à nota musical Dó. O aplicativo, Afinador Cifra Clube será utilizado para fazer a verificação da frequência.

2º passo: Após tracionar a corda até que ela atinja a nota Dó, calcula-se qual será o comprimento de corda para as seguintes notas musicais Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si, Dó. Primeiramente deve-se medir o comprimento da corda, de uma extremidade de fixação a outra (conforme a figura 1), depois deve-se calcular o comprimento de corda de cada nota musical de acordo com o quadro 1. Por exemplo: para que o monocórdio emita a nota Ré o seu comprimento de corda deve ter $\frac{8}{9}$ do comprimento da corda que emite a nota Dó. E assim por diante, deve-se fazer este cálculo para todas as outras notas musicais, de acordo com a relação do quadro 1.

3º passo: Após calcular todos os comprimentos de cordas das notas musicais, deve-se medir, com ajuda da fita métrica, na madeira do monocórdio o comprimento de

² O Afinador Cifra Clube é um aplicativo para celulares com o sistema Android, ele serve para afinar qualquer instrumento musical, pois indica qual frequência o instrumento esta emitindo. O aplicativo é oferecido pelo Studio Sol e pode ser baixado facilmente pelo Play Store.

corda de uma nota musical e posicionar o cavalete no comprimento medido. Após isso verificar se está emitindo a nota musical desejada, se não estiver deve-se ajustar o cavalete de um lado ou para o outro ate que atinja a nota musical desejada e fazer uma marcação com o lápis, na madeira, na posição do cavalete, colocando também o nome da nota musical. Fazer isto para todas as notas musicais.

As notas musicais devem atingir, aproximadamente, as seguintes frequências:

Nota	Frequência (Hz)
Dó	261
Ré	293
Mi	329
Fá	349
Sol	392
La	440
Si	494
Dó	523

ANEXO 4: ROTEIRO DE ELABORAÇÃO DA OITAVA MUSICAL UTILIZANDO GARRAFAS

Tubo sonoro fechado

Para a elaboração da oitava musical utilizaremos a concepção de tubos sonoros fechados, pois a garrafa é um tubo sonoro fechado, caracterizado por possuir uma extremidade aberta e uma extremidade fechada. Para entendermos melhor, como será elaborado a oitava musical, vamos relembrar um pouco como se calcula a frequência da onda sonora em um tubo fechado.

Se eu provocar uma perturbação na garrafa, seja batendo no vidro ou assoprando dentro, as moléculas de ar dentro dela vão começar a vibrar, porem algumas moléculas vão se deslocar mais que as outras durante a vibração, as moléculas da extremidade aberta vão se deslocar bastante, já as moléculas do fundo do recipiente vão se deslocar bem menos ou não deslocar, devido á resistênciã que terão com o fundo.

Esse processo faz com que em certas frequências obtenhamos ondas estacionárias dentro do recipiente. Ao obter ondas estacionárias a coluna de ar no tubo entra em ressonância com a frequência emitida pela fonte.

O primeiro padrão de ondas estacionárias dentro de um tubo fechado será o menor comprimento de onda possível para que no fundo do recipiente as moléculas não vibrem e as moléculas localizadas na extremidade aberta vibrem com o máximo possível. O primeiro padrão de ondas estacionárias chamará de 1º Harmônico, que terá o seguinte formato:

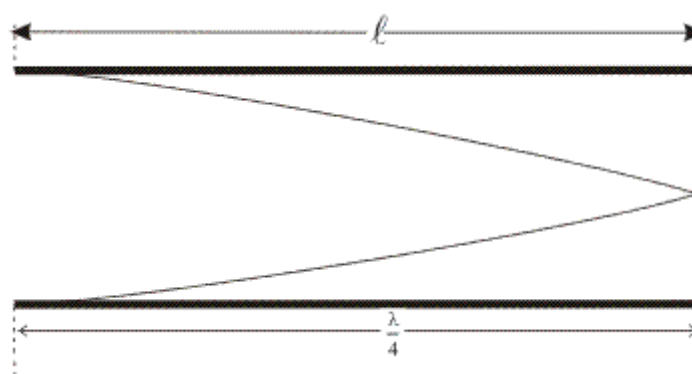


Figura 8: 1º Harmônico em um tubo fechado.

Lembrem que as moléculas de ar vibram longitudinalmente, porem, para melhor visualização dos harmônicos vamos representar as vibrações de forma transversal.

Ao visualizarmos a imagem 1 percebemos que dentro do tubo temos $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda. Portanto:

$$L = \frac{1}{4}\lambda \quad (1)$$

onde L é o comprimento do tubo em metros e λ é o comprimento da onda em metros.

Cada nota musical emitida (frequência emitida) pelo tubo tem um comprimento de onda diferente, e este pode ser calculado a partir da relação:

$$\lambda = \frac{v_{\text{som}}}{f} \quad (2)$$

na qual v_{som} é a velocidade do som no ar em (m/s) e f é a frequência do som em (Hz) . A velocidade do som varia com a temperatura, na temperatura de 20° C e pressão de 1atm a velocidade do som é igual a 343 m/s.

Para calcular o comprimento do tubo (no caso da garrafa) necessário para cada nota musical podemos juntar as duas formulas anteriores, substituindo o comprimento de onda da fórmula 2 na formula 1:

$$L = \frac{v_{\text{som}}}{4 \cdot f} \quad (3)$$

Os cálculos do experimento a seguir partiram desta relação.

Materiais necessários para a elaboração da oitava musical:

- 8 Garrafas;
- Água;
- Corante;
- Fita métrica ou trena;
- Canetão;
- Funil;
- Aplicativo para celular chamado Afinador Cifra Clube³.

³ O Afinador Cifra Clube é um aplicativo para celulares com o sistema Android, ele serve para afinar qualquer instrumento musical, pois indica qual frequência o instrumento esta emitindo. O aplicativo é oferecido pelo Studio Sol e pode ser baixado facilmente pelo Play Store.

Elaboração da oitava musical:

1° passo: Os alunos terão que se dividir em 4 grupos. Feito isso, a graduanda nomeará os grupos como grupo 1, grupo 2, grupo 3 e grupo 4. Depois ela dará os materiais necessários. Cada grupo terá que calcular a quantidade de água necessária para preencher as duas garrafas, para que cada um emita a nota musical de acordo com a tabela:

Grupo	Nota	Frequência (Hz)
1	Dó	523
2	Ré	587
3	Mi	659
4	Fá	698
3	Sol	784
4	La	880
1	Si	987
2	Dó	1046

Quadro 5

Portanto o grupo 1 terá que calcular a quantidade de água necessária para despejar em uma garrafa para que ela emita a nota musical Dó com frequência aproximada de 523 Hz e terá que calcular a quantidade de água necessária para despejar na outra garrafa para que ela emita a nota musical Si com frequência aproximada de 987 Hz. Os outros grupos seguem este mesmo padrão.

2° passo: Calcular os comprimentos que as garrafas devem ter para que elas emitam as notas musicais estabelecidas para cada grupo. O cálculo deve ser feito com a fórmula (3):

$$L = \frac{v_{\text{som}}}{4 \cdot f} \quad (3)$$

em que L é o comprimento do tubo (garrafa) em metros (m), v_{som} é a velocidade do som no ar em metros por segundos (m/s) e f é a frequência do som em Hertz (Hz). Adotaremos o valor da velocidade do som para 343 m/s.

3° passo: Pegar a fita métrica e medir a altura da garrafa, após isso determinem as alturas das colunas de água a serem despejadas nas garrafas utilizando a relação:

$$h_{\text{água}} = h_{\text{garrafa}} - L \quad (4)$$

onde $h_{\text{água}}$ é a altura da coluna de água, h_{garrafa} é a altura da garrafa.

4° passo: Usando a fita métrica meça as alturas de água necessárias, calculadas na fórmula anterior, nas garrafas e faça, em cada, uma marcação com o canetão, depois despeje as quantidades de água necessária, com a ajuda do funil, nas garrafas até que atinjam a marcação.

5° passo: Após terem colocado a quantidade de água necessária nas duas garrafas peça a ajuda da graduanda para que ela verifique se as garrafas atingiram as frequências das notas que devem ser emitidas, pois ela terá um aplicativo do celular para medir a frequência da onda sonora, o Afinador Cifra Club. Caso as frequências emitidas pelas garrafas estejam erradas, vocês devem tirar ou acrescentar água até que atinjam a frequência desejada.

6° passo: Depois que todos os grupos conseguirem fazer com que as garrafas emitam as notas musicais estabelecidas, os grupos devem colocar em uma folha o nome da nota musical emitida por cada garrafa e colar nas garrafas. Depois devem colocar as garrafas na mesa do professor, organizando-os em ordem crescente de frequência da menor para maior, ordenando, portanto, em Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si, Dó. Formando, assim uma oitava musical, que começa no Dó e termina no Dó com uma oitava acima, ou o dobro da frequência.

ANEXO 5: QUESTIONÁRIOS APLICADOS

Questionário (01)

1. Que tipos de ondas você conhece ou ouviu falar? Como essas ondas se propagam?
2. As oitavas musicais que você elaborou se relacionam com que tipos de ondas?
3. Para produzir um som agradável na garrafa é fundamental que se bata no vidro acima da coluna de água. Para produzir o som é necessário que algo vibre. O que está vibrando para produzir o som emitido pela garrafa?
4. O que acontece com o ar dentro da garrafa quando o vidro começa a vibrar? E com o ar em torno da corda do monocórdio quando ela está vibrando?
5. Os sons que ouvimos são detectados quando chegam a uma membrana, chamada tímpano, localizada no ouvido. Esta, por sua vez, é posta a vibrar e as vibrações são transformadas em sinais elétricos e enviadas ao cérebro. Que elemento deve vibrar (elemento vibrante) para que a vibração da garrafa e do monocórdio seja transmitida ao tímpano?
6. Durante a elaboração do xilofone, notou-se que sons diferentes são emitidos para diferentes quantidades de água nas garrafas. Alterando-se a quantidade de água na garrafa altera-se também a quantidade de outro elemento. Que elemento é esse?
7. Durante a realização dos experimentos foram calculadas diferentes quantidades de água e diferentes comprimentos de corda. Para aumentar a frequência do som do monocórdio deve-se diminuir ou aumentar o comprimento da corda? Para aumentar a frequência do som da garrafa deve-se diminuir ou aumentar a altura da coluna de ar?
8. Para qual dessas frequências foi necessária uma menor quantidade de água?
(a) 523 Hz; (b) 698 Hz; (c) 880 Hz; (d) 1046 Hz.
9. Para qual dessas frequências foi necessária uma corda com comprimento maior?
(a) 293 Hz; (b) 329 Hz; (c) 440 Hz; (d) 523 Hz.
10. A nota Dó (523 Hz) emitida no monocórdio e a nota Dó (523 Hz) emitida no xilofone tem a mesma frequência. Você percebe alguma diferença quando essa nota é emitida nos dois instrumentos? Se sim, a que fenômeno deve-se atribuir essa diferença?

Questionário (02)

1. Você gosta da disciplina de Física?
 - Sim
 - Não

2. Você sente dificuldade em aprender Física?
 - Sim
 - Não

3. Você acha que as atividades fez com que aprendesse/entendesse melhor algum assunto já visto antes? Em caso afirmativo, qual é esse assunto?
 - Sim
 - Não

4. Você acha que mais assuntos poderiam ser trabalhados com a ajuda de experimentos? Por quê?

5. Teve dificuldades para entender o que o roteiro experimental das garrafas pedia para ser feito?

6. Teve dificuldades para entender o que o roteiro experimental do monocórdio pedia para ser feito?

7. Quais dificuldades você encontrou nas elaborações das oitavas musicais?

8. O uso de fórmulas matemáticas foi importante para as atividades? Por quê?

9. O que você mais gostou das aulas ministradas? Por quê?

10. O que você gostaria que mudasse nas atividades?