

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física
Polo UFSCar Sorocaba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

Sequência Didática: Uma alternativa para o ensino de acústica no Ensino Médio

Lucas Jesus Bettiol Mazeti

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, campus de Sorocaba, no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Lúcia Brandl

Coorientadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

UFSCar - Sorocaba

Julho/2017

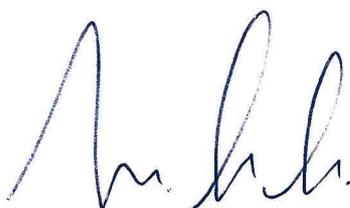
Sequência didática: uma alternativa para o ensino de acústica no Ensino Médio

Lucas Jesus Bettiol Mazeti

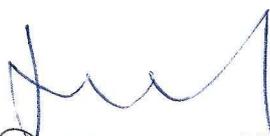
Orientadora:
Profa. Dra. Ana Lúcia Brandl

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, campus de Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

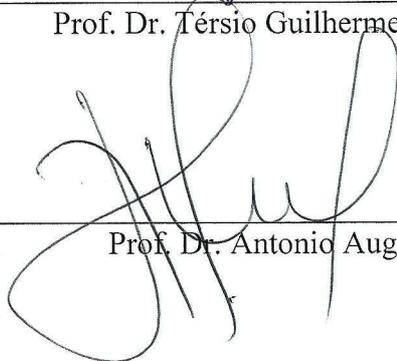
Aprovada por:



Prof. Dr. Maurício Urban Kleinke



Prof. Dr. Tércio Guilherme de Souza Cruz



Prof. Dr. Antonio Augusto Soares

Sorocaba
Março de 2016

Mazeti, Lucas Jesus Bettiol

Sequência didática: uma alternativa para o ensino de acústica para o ensino médio / Lucas Jesus Bettiol Mazeti. -- 2017.
145 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Dr^a. Ana Lúcia Brandl

Banca examinadora: Dr. Maurício Urban Kleinke, Dr. Tércio Guilherme de Souza Cruz, Dr. Antônio Augusto Soares
Bibliografia

1. Ensino de Física. 2. Sequência Didática. 3. Ensino de Acústica.
I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de
Informática (SIn).
DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

*Dedico essa dissertação à minha mãe
que sempre me mostrou a importância do estudo
e sempre esteve ao meu lado quando
os problemas eram
aparentemente insolúveis,
o tempo
aparentemente insuficiente
e a energia estava
aparentemente esgotada*

Agradecimentos

Agradeço a todos os professores do MNPEF que me deram a oportunidade de me aperfeiçoar e aprender mais sobre o ensino da Física.

Agradeço as minhas orientadoras Ana Lúcia Brandl e Fernanda Keila Marinho da Silva pelos anos de atenção e orientação para que o trabalho pudesse ser executado da melhor maneira possível.

Agradeço aos meus colegas de curso que me fizeram companhia e deram auxílio nos momentos de necessidade.

Agradeço à minha avó e mãe que me apoiaram e incentivaram todo o momento para que o desânimo e o cansaço não vencessem.

Agradeço aos meus amigos que compreenderam a minha ausência durante todo esse tempo.

Muito Obrigado!

RESUMO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA: UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE ACÚSTICA PARA O ENSINO MÉDIO

Lucas Jesus Bettiol Mazeti

Orientador(es):

Prof^a Dr^a Ana Lúcia Brandl

Prof^a Dr^a Fernanda Keila Marinho da Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

O presente trabalho consiste em uma sequência didática no tema de Acústica, construída sob a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, para auxiliar os docentes no ensino da Física sobre esse tema. A proposta foi implementada em uma turma do ensino médio da escola Colégio Integrado Monteiro Lobato na cidade Itu, interior de São Paulo. A análise dos dados foi qualitativa e tentou identificar se houve aprendizagem significativa por parte dos alunos sobre o conteúdo da Acústica, de forma que se observou uma apropriação dos conceitos da acústica de forma significativa ao final do trabalho. Acredita-se que esse material é bastante flexível, facilitando a aplicação em sala de aula e adaptando-se à realidade do professor, uma vez que ele é montado em módulos, propiciando o uso numa grande variedade de ambientes.

Palavras-chave: Ensino de Física, Sequência Didática, Ensino de Acústica.

ABSTRACT**TEACHING LEARNING SEQUENCES: AN ALTERNATIVE FOR THE
TEACHING OF ACOUSTICS FOR HIGH SCHOOL**

Lucas Jesus Bettiol Mazeti

Supervisor(s):

Prof^a Dr^a Ana Lúcia Brandl

Prof^a Dr^a Fernanda Keila Marinho da Silva

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação in Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The present work consists of a teaching learning sequence in the theme of Acoustics, built under the theory of significant learning of David Ausubel, to assist teachers in the teaching of Physics on this topic. The proposal was implemented in a high school class of Colégio Integrado Monteiro Lobato school in the city of Itu, in the interior of São Paulo. The analysis of the data was qualitative and tried to identify if there was significant learning on the part of the students about the content of the Acoustics, so that a significantly appropriation of the concepts of acoustics was observed at the end of the work. It is believed that this material is very flexible, facilitating the application of the classroom and adapting to the reality of the teacher, since it is assembled in modules, propitiating the use in a wide variety of environments.

Keywords: Physics education, Teaching Learning Sequences, Acoustics Teaching.

Sorocaba
2017

Sumário

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE ESTUDOS RELACIONADOS	13
CAPÍTULO 3 - CONTEÚDO DE FÍSICA	22
3.1 CONCEITO DE ONDA.....	24
3.2 COMPRIMENTO DE ONDA, FREQUÊNCIA E AMPLITUDE.....	24
3.3 NATUREZA DAS ONDAS.....	24
3.4 TIPOS E CLASSIFICAÇÕES DE ONDAS.....	25
3.5 ONDAS SONORAS.....	25
3.6 ALTURA.....	26
3.7 TIMBRE.....	26
3.8 INTENSIDADE.....	28
3.9 REFLEXÃO SONORA.....	29
3.10 DIFRAÇÃO.....	29
3.11 RESSONÂNCIA.....	31
3.12 CORDAS VIBRANTES.....	31
3.13 TUBOS SONOROS.....	34
CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	37
4.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	37
4.2 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	40
4.3 METODOLOGIA DE VALIDAÇÃO DE GIORDAN E GUIMARÃES.....	45
4.4. CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	52
4.5 MÓDULO 1.....	54
4.6 MÓDULO 2.....	57
4.7 MÓDULO 3.....	59
4.8 MÓDULO 4.....	62
CAPÍTULO 5 - DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO	65
5.1 MÓDULO 1 – ONDAS SONORAS.....	65
5.2 MÓDULO 2 – QUALIDADES SONORAS.....	68
5.3 MÓDULO 3 - FENÔMENOS DAS ONDAS SONORAS.....	71
5.4 MÓDULO 4 - ONDAS NOS INSTRUMENTOS.....	72
CAPÍTULO 6 - RESULTADOS	74
6.1 MÓDULO 1.....	74
6.2 MÓDULO 2.....	80
6.3 MÓDULO 3.....	87
6.4 MÓDULO 4.....	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
BIBLIOGRAFIA	97
APÊNDICE A - SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ACÚSTICA USADA EM SALA DE AULA	100
APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	139

APÊNDICE C - FICHA TÉCNICA PREENCHIDA 143

Capítulo 1

Introdução

Ao longo dos anos no exercício da docência, a experiência levou a uma busca de novas metodologias devido aos grandes desafios que essa área proporciona, de tal forma que o presente trabalho possibilitou o desenvolvimento de uma metodologia mais adequada à realidade de um público específico, no qual o autor leciona.

Para o desenvolvimento do tema dessa metodologia foram analisados alguns temas que o autor possuía mais afinidade e enxergava maior relação com o cotidiano dos alunos para, assim, construir um produto de forma mais adequada. Além da proximidade com o estudante, outro fator relevante foi a escolha da sala onde seria aplicado o mesmo, uma vez que deveria haver uma boa relação entre os alunos e o professor, a fim de que a aplicação do produto fosse, metodologicamente, facilitada.

Assim sendo, o tema escolhido para esta dissertação é a Acústica, tema do ensino médio que discute sobre as ondas sonoras, seus fenômenos e suas qualidades. A Acústica é um tema da Física que possui intensa relação com o cotidiano do corpo discente, uma vez que o som é indissociável da vida. Além disso, o contato com esses fenômenos e qualidades sonoras grande parte do tempo, traz uma bagagem de conhecimento muito interessante para a sala de aula tendo oportunidade para muitas discussões e contextualizações desses fenômenos em situações reais dos alunos.

Mas, muitas vezes, mesmo que os temas presentes na Física tenham muito contato com os alunos, eles não conseguem entender essa relação e a disciplina acaba sendo apenas uma sequência de fórmulas e modelos sem sentido no mundo real. Esse tipo de visão faz com que os alunos percam muito do interesse na disciplina, uma vez que a finalidade da mesma fica muito prejudicada sem a relação com o cotidiano. Isso ocorre com certa frequência uma vez que nem sempre ocorre a contextualização correta dos

fenômenos físicos de forma que o aluno se sinta motivado a entendê-los ou encontrá-los no cotidiano dele.

Inserido dentro dessa realidade, os conteúdos são trabalhados separadamente e descontextualizados. Sendo alguns deles altamente relevantes e presentes na vida de qualquer pessoa, se reserva apenas umas poucas aulas de exposição. Um dos temas nessa condição é o estudo da acústica, sendo um subtema da ondulatória, compreende o estudo do som e suas qualidades; o qual é, muitas vezes, ministrado em tempo reduzido devido a temas considerados mais relevantes.

O ensino de acústica é normalmente construído da mesma forma que a grande maioria dos conteúdos em Física no ensino médio, tendo uma abordagem matemática e conceitual inarticulada com outros conteúdos. Para esse ensino é desconsiderada sua relação histórica e filosófica com a música, a qual confecciona a diferenciação entre ruído e música desde a Grécia antiga. Além do pensamento integrado com o raciocínio histórico, é ignorada a importância dessa disciplina na Biologia, Medicina, Sociologia, Música e Fisiologia. Essas integrações são omitidas desde o livro didático, tendo a grande maioria apenas o rigor matemático e umas poucas contextualizações aleatórias. (MONTEIRO JÚNIOR; CARVALHO, 2011)

E para nortear a construção do produto com os requisitos necessários e evitar erros comuns encontrados nas sequências didáticas em geral foram utilizado os parâmetros curriculares nacionais (PCN). Os PCN são as diretrizes de referência para o ensino das disciplinas curriculares de todos os segmentos e discutem os objetivos sobre o ensinar Física no Brasil. Dentro dele algumas orientações são relevantes para refletir a finalidade desse ensino (BRASIL, 2000)¹:

- a) Contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva;
- b) Explicitar o conhecimento físico como processo histórico, objeto de contínua transformação;
- c) Revelar a dimensão filosófica da Física, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas;
- d) Promover um conhecimento contextualizado e integrado a vida de cada jovem;
- e) Desenvolver o saber matemático, científico e tecnológico;

¹ Está em processo de conclusão o documento curricular: Base Nacional Comum Curricular. Nessa dissertação, ainda tomamos por referência os parâmetros curriculares.

- f) Estimular o interesse nos avanços científicos;
 - g) Conscientizar a responsabilidade social.
- (Brasil, 2000, pg. 22)

Através desses parâmetros podemos observar que a Física deve ser construída em torno de uma lógica não somente matemática e cheia de modelizações, mas sim contextualizada com a Filosofia, História e outras disciplinas. Propiciando, dessa forma, uma visão mais ampla e verdadeira da Física. Isso possibilita que o aluno enxergue-a no seu cotidiano. Além disso, esses critérios orientam no sentido de integrar esse conhecimento com a tecnologia e com a responsabilidade social, temas importantes e presentes ao longo de toda a Física. A partir desses objetivos que estão vinculados a uma perspectiva mais ampla acerca da educação no Brasil, o produto que será objeto da presente dissertação é *“uma sequência didática destinada a colaborar com a prática pedagógica de professores de Física e Ciências Naturais”*. A partir desse objetivo geral, os objetivos específicos dessa dissertação são:

- a) Construir uma sequência didática com foco no ensino de acústica;
- b) Auxiliar docentes na prática de sala de aula através de exemplos e sugestões de atividades;
- c) Apresentar os estudos mais recentes e importantes na área do ensino de Física voltado para o ensino de acústica.

A presente dissertação é constituída dos seguintes tópicos: revisão de estudos relacionados ao conteúdo de Física abordado na dissertação, descrição do desenvolvimento do produto, descrição da aplicação do produto, resultados, considerações finais e produto.

A revisão de conteúdos relacionados se constitui em uma apresentação de parte dos estudos sobre o ensino de acústica veiculado em alguns dos principais periódicos do Brasil. Nesse quesito, procurou-se analisar periódicos de grande circulação no meio acadêmico brasileiro, notadamente, aqueles voltados para as pesquisas em Ensino de Ciências e Ensino de Física. Além disso, também se analisou obras de editoras acadêmicas cujos títulos invocassem a temática ou autores da área de Ensino de Física.

O capítulo destinado à descrição do produto descreve o que, inicialmente, motivou o projeto para essa escolha, bem como a metodologia de construção da sequência didática, e referências teóricas que dão subsídios para a sua construção. Explicitou-se, detalhadamente, como cada módulo do produto foi construído e o que motivou priorizar determinados conteúdos em detrimento a outros.

A aplicação do produto volta-se para a descrição da aplicação do produto. Nesse capítulo, detalha-se como ocorreu a intervenção em sala de aula, fala-se sobre a receptividade dos estudantes, sobre as ocorrências gerais e pontuais dos diferentes dias em que a sequência didática foi, efetivamente, aplicada.

Os resultados consistem no diálogo sobre a aplicação do produto juntamente com os dados colhidos e se sucederá o relato dos avanços observados em relação à construção conceitual dos estudantes e, também, eventuais dificuldades notadas. Também será nesse capítulo que ocorrerá as ponderações acerca dos limites da sequência em termos de ensino e aprendizagem, isto é, quais os problemas que a sequência pode ter provocado ao longo das aulas e quais problemas ela colaborou para elucidar, dentre outros.

As considerações finais apresentam os últimos comentários sobre a dissertação e são observadas as dificuldades e possíveis melhorias desse trabalho, bem como discussões das perspectivas futuras.

O anexo final apresenta, em forma de livreto, a sequência didática ou produto, o qual se pretende que seja utilizado, se for o caso, para a melhoria ou diversidade do ensino de acústica em sala de aula. Além de qualquer documento que fora necessário no período de aplicação, como os termos de consentimento.

Capítulo 2

Revisão de estudos relacionados

No cotidiano de qualquer cidadão é muito fácil descrever uma enorme diversidade de aparelhos e fenômenos ligados às Ciências. As novas tecnologias que surgem todos os dias e são inseridas na rotina e na sociedade derivam, em grande parte, dos processos de pesquisa em Ciências, ampliando o nosso acervo de ferramentas domésticas, profissionais, pessoais e até mesmo, afetivas. Todos esses desenvolvimentos científicos reorganizam a sociedade nos níveis mais básicos do cotidiano, como a ampla utilização de celulares em todos os ambientes, de forma que a estrutura profunda da sociedade é alterada por essas inserções tecnológicas. E no cerne dessas tecnologias estão as disciplinas de Ciências da Natureza, as quais norteiam esse desenvolvimento tecnológico devido às suas leis que estruturam grande parte da tecnologia.

Dessa forma, Física é uma das matérias que tem mais proximidade com o aluno, é a ciência dos fenômenos naturais, explicando como as tarefas que fazemos e a tecnologia que utilizamos funcionam. Ela está presente no cotidiano de todas as pessoas, pois a Física rege os fenômenos térmicos, o movimento, o som, a eletricidade e muitos outros temas. Utilizando de uma visão mais ampla, sendo a Física uma ciência, ela norteia toda uma produção científica orientando processos históricos e obras artísticas além de trazer para o cotidiano um pensamento mais racional, permitindo um diálogo mais inteligente com o cotidiano. (ZANETIC, 1991)

Essa importância social que justifica, em partes, a inclusão das matérias de Ciências nos currículos educacionais, em muitos casos não é compartilhada pelos alunos. Mesmo tendo uma importância fundamental no nosso cotidiano, paradoxalmente são as matérias mais renegadas pelos mesmos, sob a alegação de serem muito ausentes da vida do corpo discente. Em geral, essa distinção entre a aplicação e o estudo em sala de aula tem diversos motivos, sendo um dos mais importantes a falta de contextualização

dos fenômenos físicos no dia a dia dos próprios alunos. Essa ausência acaba gerando uma resistência dos alunos perante a disciplina e, conseqüentemente, à introdução de novas visões ou conceitos. (BONADIMAN; NONENMACHAER, 2007)

E essa contradição entre visões propicia um mau rendimento da disciplina por parte do corpo discente, pois sem o entendimento da importância da Física em suas vidas, a única finalidade para aprendê-la é ter o rendimento mínimo para ser promovido ao ano letivo seguinte. Com essa única finalidade de promoção, o ensino de Física ocorre na forma de memorização, sem correlação entre os fatos, gerando um péssimo índice nas avaliações externas. Essas características não são exclusivas somente do ensino de Física, mas do Ensino de Ciências em geral e até mesmo do ensino no Brasil, de forma que o rendimento em provas externas do Brasil é bastante pífio. Uma das avaliações que exemplificam esse rendimento é o PISA, *Programme for International Student Assessment* aplicado pelo OECD (sigla em inglês para Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico), que avalia o desempenho de mais de 78 países em uma prova aplicada a estudantes de 15 anos que engloba matemática, leitura e ciências; no ranking de 2015, o Brasil se enquadrava na 60ª posição. (SILVER, 2015)

Além de provas externas internacionais mais gerais, que avaliam a educação como um todo, existem as provas nacionais que podem ser usadas como referência de análise, sendo o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) uma das maiores. O ENEM se subdivide em quatro áreas de conhecimento: linguagens, ciências humanas e suas tecnologias, matemática e suas tecnologias e ciências da natureza e suas tecnologias; sendo as ciências da natureza uma grande área que integra Física, Química e Biologia. Numa análise feita por Viggiano e Mattos (2013) a área de Ciências da Natureza tem média de 488 pontos enquanto a média nacional se situa em 525 pontos, isso revela que o segmento que apresenta Física possui uma média 7% menor, aproximadamente, que a média nacional.

Isso gera um quadro que preocupa professores e estudiosos há muito tempo, pois um dos possíveis motivos para essa discrepância é a

existência de grande disparidade entre a Física que se ensina e a Física utilizada nos laboratórios. Essa diferença ocorre pois deve existir uma “tradução” da Física pura para a física ensinada, característica essa chamada por Chevallard², citado por Ricardo (2011), de transposição didática, que constrói e pressupõe que o saber se divide em três grandes segmentos: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado.

O saber sábio seria a raiz do saber, aquele saber que é desenvolvido pelo cientista ou pesquisador na sua forma original e sem a preocupação que aquilo poderia ser ensinado a alguém. Esse saber é restrito a um pequeno grupo de pessoas que são capazes de compreender esse saber em sua totalidade, não sendo disponível a todos. Em dado momento, é determinado que esse saber deveria ser ensinado para sociedade e se transformar em conhecimento comum. Portanto seria ensinados às pessoas que não pertencem ao meio científico. Porém é necessário que esse conhecimento bruto seja modificado de tal maneira que ele se adapte para ser passível de compreensão sem a perda de sentido em essência. Esse saber é o saber a ensinar, sendo esse o saber que se encontra nos livros didáticos em geral. É importante salientar que essa transformação de saberes não é uma mera simplificação do conteúdo, é uma reorganização do conhecimento de forma a ser devidamente compreendido com a menor perda de significado possível.

E a partir desse corpo de conhecimento, o saber a ensinar é transformado uma segunda vez, nesse momento, pelo professor que transpõe aquilo que o livro traz passando esses conhecimentos aos seus alunos, justamente, pois o professor, utilizando sua própria metodologia transforma o conhecimento novamente, nas palavras de Chevallard² apud Ricardo (2011) :

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática.(Chevallard, 1991, p.39).

² CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica: del saber sábio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor, 1991.

Portanto é bastante perceptível que o conhecimento sofreu tantas transformações, e está tão distante de sua nascente, que fica descontextualizado. Essa distância e descontextualização gera um afastamento entre professor e aluno, pois para o docente é bastante claro a importância e significado daquilo que se ensina, porém para o aluno aquilo está distante demais para essa compreensão ser óbvia. E mesmo que o conhecimento científico se justifique por ele mesmo, seu ensino não, “Nenhum saber ensinado se autoriza por si mesmo” (Chevallard³ apud Ricardo 2011, p.34).

Inserido dentro dessa realidade, os conteúdos são trabalhados separadamente, bem distantes do local de onde é originário, e para alguns deles, altamente relevantes e presentes na vida de qualquer pessoa, se reserva apenas umas poucas aulas de exposição. Um dos temas nessa condição é o estudo da acústica, sendo um subtema da ondulatória, compreende o estudo do som e suas qualidades; o qual é, muitas vezes, compactado por temas considerados mais relevantes.

O ensino de acústica é normalmente construído da mesma forma que a grande maioria dos conteúdos em Física no ensino médio, tendo uma abordagem matemática e conceitual pouco articulada com outros conteúdos. Para esse ensino é, em geral, desconsiderada sua relação histórica e filosófica com a música, a qual confecciona a diferenciação entre ruído e música desde a Grécia antiga. Além do pensamento integrado com o raciocínio histórico, é subestimada a importância dessa disciplina na Biologia, Medicina, Sociologia, Música e Fisiologia. Essas integrações são omitidas desde o livro didático, tendo a grande maioria apenas o rigor matemático e algumas contextualizações. (MONTEIRO JÚNIOR; CARVALHO, 2011)

Essa característica é bastante danosa para a aprendizagem da Acústica e da Física como um todo, uma vez que o discente não enxerga essas conexões da Acústica com cotidiano dele. Sendo que essas conexões são muito importantes para que o ensino se proceda de forma significativa para o

³ CHEVALLARD, Y. Les processus de transposition didactique et leur théorisation. In: ARSAC, G. (Orgs.). La transposition Didactique à l'Épreuve. Paris: La Pensée Sauvage, 1994.

aluno, uma vez que esses conceitos ficam isolados de qualquer outro aprendizado que o aluno já possua previamente.

Essa aprendizagem é chamada por David Ausubel de aprendizagem significativa, na qual as informações mais importantes para a aprendizagem do aluno seriam aquilo que ele já sabe. Usando suas ideias prévias sobre o assunto a ser estudado, se ancora o conteúdo novo através dos pensamentos já conhecidos pelos alunos sobre o tema. Ou seja, para que a aprendizagem ocorra significativamente é necessário conhecer aquilo que o aluno já sabe e, através dela, estabelecer os fenômenos e conceitos, podendo ser utilizadas estratégias diferentes para facilitar esse processo. (AUSUBEL, 2000)

Entretanto, para que essa aprendizagem ocorra, é fundamental que o conteúdo a ser ensinado e a forma com que ele é transcrito no livro ou ministrado em sala tenha relação direta com o que o aluno já sabe, isto é, sejam eventos do cotidiano que possuam uma grande presença e relevância para ele, tais como a Música, ou que sejam outras disciplinas que ele estuda, como a Biologia.

Diversos pesquisadores se preocuparam com essa condição do ensino de Acústica e a característica da aprendizagem significativa de forma que existem alguns trabalhos que sugerem novas formas para se trabalhar esse tópico, muito presente no cotidiano de qualquer aluno, no ensino médio a fim de tentar evidenciar a relação significativa que esse tema tem e, conseqüentemente, essa disciplina. Na Tabela 1 se pode observar os principais autores e os tópicos principais abordados por cada um deles.

Coelho e Machado (2015) abordam uma reflexão acerca da interdisciplinaridade em sala de aula, e criticam a falta desse tema na formação dos docentes e cursos de licenciaturas. A partir dessa observação, é relatada uma oficina, na qual é realizado um experimento sobre tubos sonoros sendo utilizado um móbil (carrilhão) como objeto de estudo; se compõe uma análise sobre diversos instrumentos e a tentativa de entender, de uma maneira mais profunda e perceptiva, a diferença entre frequências de instrumentos diversos e o padrão das notas musicais. Após esse momento é feita a devida modelização

física dos fenômenos ocorridos e por fim apresenta-se a aplicação histórica do móbil para a acústica musical.

Santos, Molia e Tufaile (2013) orientam uma metodologia de experimentação envolvendo o uso de aquisição e análise de dados por computador para o estudo das ondas. Essa experiência utiliza-se de uma guitarra elétrica e um violão e consiste na vibração das cordas dos instrumentos e posterior captação desse som por um microfone e conversão dele em programas os quais transformaram esse som em gráficos. Através dessa experimentação é possível a análise de harmônicos e características das ondas produzidas por esses dois instrumentos. Adicionalmente, pode-se calcular a velocidade do som através da propagação pela corda e a tensão que ocorre na mesma.

Errobidart et al (2014) propõem uma experimentação acerca do ouvido humano. Nesse experimento se utiliza materiais de baixo custo para a confecção de um aparelho que se assemelha mecanicamente a um ouvido. A partir do experimento se pode explorar diversos aspectos fisiológicos e físicos do ouvido humano, dentre eles o processamento de ondas sonoras no ouvido e as características do som. Além disso, permite abordar de forma bastante pertinente a utilização de fones de ouvido e seus malefícios quando usados em excesso.

Lago (2015) utiliza-se de uma experimentação mais aprofundada através de um único instrumento e *softwares* de tratamentos mais complexos. Por meio de um equipamento específico, capta-se o som emitido por uma guitarra o qual é gravado no computador em tempo real, construindo gráficos acerca da frequência, amplitude e tempo; e utilizando-se dos gráficos é possível uma explanação mais detalhada sobre as características de uma onda sonora, como altura, timbre, intensidade, harmônicos e frequências. Além do que, pela construção em tempo real dos gráficos, essa experiência possibilita a visualização de distorções, batimentos e diferenças entre utilização dos dedos e das palhetas na guitarra.

Moura e Neto (2011) propõem uma experimentação utilizando-se de materiais de baixo custo para a construção de instrumentos musicais que

auxiliem no ensino de Física. Eles acreditam que esses experimentos reforçam uma conduta muito importante na escola que é o aluno ser ativo no processo de aprendizagem através da construção dos instrumentos e essa abordagem possibilita introduzir o tema da acústica de forma mais presente no cotidiano. Nessa proposta eles trazem três instrumentos, sendo um do naipe de cordas, um de sopro e um de percussão. Todos os instrumentos possuem menos de 15 reais de custo e materiais de fácil acesso para ampliar a escala de aplicação e facilidade para o professor que quiser aplicar esse experimento em sala. Eles sugerem uma abordagem da importância histórica dos instrumentos nas relações sociais de diversos povos e um processo investigativo guiado, para que os alunos possam ter um contato mais aprofundado com as características do som e como estas se alteram.

Ribeiro (2014) discute a inserção de um conceito não trabalhado no ensino médio e pouco mencionado no superior: a dispersão de som por uma mola *slinky*. O efeito produzido por essa mola, chamado de sibilo, se assemelha muito aos sons das pistolas laser do filme *Star Wars*. Dessa forma, o autor propõe um experimento com uma mola *slinky* no qual se mede essa onda por um programa computacional captando sua frequência, a qual utiliza de motivação essa semelhança com as pistolas laser do filme. A partir desses resultados o programa gera um gráfico no qual se pode estimar, aproximadamente, uma relação entre a frequência do som propagado e o tempo de detecção. Por fim, se argumenta que mesmo esse conteúdo não sendo nativo do ensino médio, sua correlação com o cinema pode propiciar um atrativo para os alunos, sendo uma abordagem possível para esse fenômeno.

W. Silva, D. Silva e C. Silva (2004) apresentam um estudo experimental sobre o fenômeno do batimento em ondas sonoras, discutindo que muitos livros didáticos trabalham com esse conteúdo, mas, como tantos outros conteúdos, o nível de abstração é muito grande para os alunos e faz-se necessário utilizar de um experimento para consolidar o conceito. Esse experimento é construído com o auxílio do computador para a emissão dos sons que estarão em batimento, dessa forma são discutidas possibilidades de softwares para esse fim, chegando à conclusão que o ideal para o experimento

era um software específico chamado “batimento”. Através da escolha do usuário, o computador gera sons audíveis em batimento, também definidos pelo usuário. Através desse experimento, além de possibilitar uma melhor compreensão do efeito de batimento, é possível discutir a distância entre prática e teoria medindo a frequência dos sons emitidos e comparando com os valores fornecidos pelo computador.

Tabela 1 – Estudos relacionados sobre ensino de Acústica e principais características

Autores das publicações	Características das publicações
<i>Coelho e Machado (2015)</i>	Interdisciplinaridade Experimentação em Acústica História da Ciência
<i>Santos, Molia e Tufaille (2013)</i>	Experimentação em Acústica Aquisição de dados por computador Captação de ondas e análise de gráficos
<i>Errobidart et al (2014)</i>	Experimentação em Acústica Física Baixo custo Construção de um ouvido humano
<i>Lago (2015)</i>	Experimentação em Acústica Captação de som e produção de gráficos Análise mais aprofundada das grandezas ondulatórias
<i>Moura e Neto (2011)</i>	Proposta de instrumentos musicais de baixo custo Três instrumentos: um de cordas, um de sopro e outro de percussão Propõe uma abordagem histórica e um estudo guiado
<i>Ribeiro (2014)</i>	Experimentação de ondulatória Aquisição de dados por computador Relação entre o cinema e a Física
<i>W. Silva, D. Silva e C. Silva (2004)</i>	Experimentação de aquisição de dados por computador Análise do batimento de ondas sonoras Possibilita conexão entre teoria e prática

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se perceber, através dos estudos relacionados já realizados sobre o ensino de acústica, que muitas abordagens são propostas no intuito de aprimorar o ensino de Física, desde a utilização de *softwares* para análise de ondas ou captação de sons até construção de instrumentos musicais, tais como violão e flauta, de baixo custo. Essas propostas, mesmo muito diferentes entre si, são de fundamental importância, pois sugerem atividades ou metodologias alternativas viáveis e práticas ao ensino tradicional e assim tentar melhorar o quadro educacional em que as escolas se encontram. O presente trabalho também se propõe a viabilizar uma alternativa ao ensino de acústica e auxiliar os docentes na prática de sala de aula através de exemplos e

sugestões de atividades pela utilização de uma sequência didática que pode ser usada como guia nas aulas pelos alunos.

Capítulo 3

Conteúdo de Física

O presente trabalho se constrói dentro do ensino de acústica, área da Física que tem como objetivo estudar o som, suas formas, propagações e tecnologias relacionadas a ele. Sendo o som uma onda, esse tema está contido no estudo da ondulatória, o qual estuda as ondas em geral. Essa distinção entre ondulatória e acústica ocorre devido à importância e na perceptível presença do som na vida cotidiana e nas tecnologias associadas a ele, da mesma forma que o estudo da luz possui também uma área a parte, a óptica. Assim sendo, o produto associado a essa dissertação utiliza de conceitos de ondulatória para a construção dos conceitos fundamentais para os alunos e posteriormente a apresentação dos conteúdos de acústica necessários.

Dessa forma, essa dissertação traz uma sequência didática, a qual pode ser usada pelos alunos para um melhor acompanhamento das aulas e estudo posterior. Como referências foram utilizados diversos livros didáticos tanto de ensino médio quanto de ensino superior para a construção dos conceituais e modelos físicos fundamentais que os alunos deveriam entender. Essa variedade de livros acaba sendo fundamental para que se construa uma sequência didática de precisão científica adequada, mesmo que simplificada. Essa preocupação se revela verdadeira uma vez que muitos livros didáticos se apresentarem com uma visão distorcida ou reducionista da acústica, e inclusive da Física como um todo, trabalhando esse conteúdo de forma superficial e algumas vezes trazendo informações imprecisas, cientificamente falando. Assim sendo, para a construção da sequência didática foi feito uma comparação entre os conceitos apresentados nos livros de ensino médio e os conceitos nos livros de ensino superior a fim de analisar alguma possível incongruência teórica.

Esse tipo de conduta é necessária uma vez que conceitos altamente simplificados podem gerar concepções alternativas para os alunos além de propiciar generalizações, o que é bastante indesejado em sala de aula.

Todavia isso ocorre em razão de que, por vezes, o conteúdo é muito complexo na raiz e precisa ser simplificado para que seja compreendido pelos educandos e nesse processo de simplificação ele acaba sendo distorcido erroneamente para que seja mais facilmente entendido. Porém essa motivação não justifica a imprecisão uma vez que “‘síntese’ não tem, necessariamente, que resultar numa ‘distorção’”. (COX⁴ apud MONTEIRO JUNIOR E CARVALHO, 2011)

Além do problema da imprecisão, diversas vezes nos deparamos com obstáculos acerca da contextualização dos livros didáticos. Como já alertam Monteiro Junior e Carvalho (2011), “há uma forte abstração na apresentação dos conceitos, não havendo preocupação em contextualizar tais conteúdos com situações próximas da vivência dos estudantes”.

Outro problema, mais metodológico, se refere ao excesso de imagens nos livros didáticos, as quais nem sempre estão relacionadas aos fenômenos que se propõem a ilustrar, como já falado por Ricardo (2010, pg. 35) “É comum encontrar na abertura de capítulos de livros didáticos ilustrações ou fotos que nada ou muito pouco têm a ver com o conteúdo que se segue”. Esse tipo de construção é bastante nocivo para a compreensão de conceitos físicos, uma vez que as imagens chamam a atenção do leitor e através delas que a abstração pode ser facilitada. Esse quadro é ainda mais prejudicado quando as imagens “servem apenas como adorno, cujo objetivo maior é tornar o texto mais atraente e colorido” (MONTEIRO JÚNIOR; CARVALHO, 2011), pois pode confundir o educando que está construindo os conceitos apresentados.

Pelos argumentos mostrados, optou-se por utilizar na construção da sequência didática uma série de livros diferentes tentando evitar ou ao menos minimizar esses problemas. Dessa forma, os livros são diferentes em editoria, autores e segmento a ser aplicado. Nesses termos buscou-se na

⁴ COX, Robert A. Is It Naive to Expect School Science Books to Be Accurate?. **School Science Review**, v. 78, n. 282, p. 23-31, 1996.

confeção do livreto sempre um equilíbrio entre precisão científica, linguagem pedagógica, recursos gráficos e praticidade em sala de aula.

3.1 Conceito de onda

O conceito de onda usualmente remete às ondas nas superfícies da água ou as ondas do mar. Através desse conhecimento comum Nussenzveig (2004, pg.98) define onda como “qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio, com velocidade definida”. Além disso, em geral, fala-se de onda quando a transmissão de sinal ocorre sem o transporte de matéria.

3.2 Comprimento de onda, Frequência e Amplitude.

Nas ondas em geral, tem-se a presença de características fundamentais para o estudo da ondulatória que são o comprimento de onda, a frequência e a amplitude na qual, segundo Halliday (2008, p.119), o comprimento de onda “é a distância (paralela a direção de propagação da onda) entre repetições de uma forma de onda”, ou seja, de maneira simplificada, seria o comprimento de uma única onda apenas. Enquanto a frequência é o número de repetições ou perturbações que ocorrem por unidade de tempo, usualmente sendo esse tempo em segundo uma vez que a unidade de frequência no S.I.(Sistema Internacional de Unidades) é hertz, que relaciona oscilações ocorridas por segundo. Por fim, tem-se a amplitude que corresponde ao deslocamento máximo perpendicular à direção de propagação da onda.

3.3 Natureza das ondas

As ondas possuem naturezas básicas que provém em que tipo de fonte elas foram produzidas, ou seja, onde elas foram originadas dividindo-as em duas classes: mecânicas e eletromagnéticas.

Quando há a existência de um campo elétrico variável em relação ao tempo, tem-se a presença de um campo magnético também variando, de

forma que a recíproca também é verdadeira. Essa variação de campos elétrico/magnético possibilita uma perturbação eletromagnética que se propaga de um lugar a outro sem a necessidade de matéria, ou seja, se propagando no vácuo, essa perturbação é chamada de onda eletromagnética. (YOUNG, 2009)

Já as ondas mecânicas são aquelas que necessitam de um meio material para se propagar e são resultados de deformações em meios elásticos transportando energia mecânica.

3.4 Tipos e classificações de ondas

Já os tipos serão separados em ondas transversais, longitudinais e mistas. As ondas transversais são ondas onde a direção de propagação e a direção de vibração são perpendiculares entre si, ondas que se propagam numa corda ou ondas eletromagnéticas são exemplos de ondas transversais. As ondas longitudinais têm a direção de propagação e a direção de vibração paralelas entre si, sendo o som o maior exemplo de onda longitudinal. As ondas denominadas como mistas são ondas que possuem tanto a característica longitudinal quanto a característica transversal. (NUSSENZVEIG, 2004)

3.5 Ondas sonoras

O som é uma onda mecânica tridimensional produzida pela deformação de um meio elástico, segundo Young e Freedman (2004, p.289) “As ondas sonoras mais simples são ondas senoidais, as quais possuem valores definidos para a amplitude, a frequência e o comprimento de onda”. Esse tipo de onda se constitui gerando zonas de compressão/rarefação no ar sendo dessa forma uma onda longitudinal, arrastando uma onda de pressão no ar carregando energia mecânica. Além disso, por ser uma onda mecânica, o som é capaz de se propagar em diversos meios, porém ele possui diferentes velocidades dependendo do meio que ele percorre. Por exemplo, em

determinadas características o som viaja, a 341 m/s no ar, 1480 m/s na água e a 5900 m/s no aço.

3.6 Altura

A altura é a característica fisiológica do som que define se um som é grave ou agudo. Quanto maior a sua frequência, mais agudo é o som produzido; quanto menor sua frequência mais grave é o som produzido. É usual de a cultura popular dizer que a voz masculina é mais grave que a feminina, esse conhecimento é verdadeiro, pois em geral a voz das mulheres gira em torno de 300 Hz a 400 Hz enquanto os homens possuem entre 100 Hz e 200 Hz. (NUSSENZVEIG, 2004)

Na música o conceito de altura é muito usado, porém adquire nomes diferentes conforme as relações que se estabelecem entre as alturas em um determinado instrumento. O quociente entre duas alturas é denominado intervalo, onde i é o intervalo entre as frequências, f_1 é a frequência de uma nota e f_2 é a frequência de outra nota, como se pode observar na Equação 1.

$$i = \frac{f_1}{f_2} \quad (1)$$

O intervalo é muito importante para a compreensão da escala musical, pois é esse intervalo que define as oitavas. Quando o intervalo é igual a dois, significa que a frequência da nota f_1 é duas vezes maior que a frequência f_2 determinando que o som de f_1 é uma oitava maior que f_2 . Quando o intervalo é de $i = \frac{9}{8}$ temos um tom maior, quando o intervalo é de $i = \frac{10}{9}$ obtêm-se um tom menor e sendo $i = \frac{15}{16}$ é um semitom. (NUSSENZVEIG, 2004)

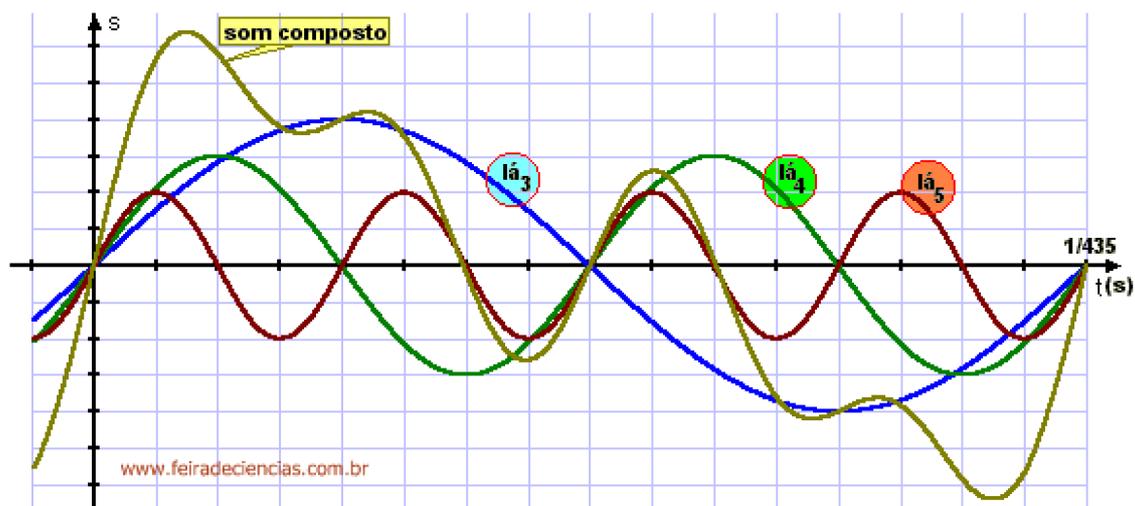
3.7 Timbre

O timbre é a característica harmônica de um som, ou seja, é a composição das frequências de um som que produz um tom característico. O som emitido por um instrumento musical é extremamente complexo, pois nele existem diversas frequências diferentes, umas múltiplas das outras. O som de menor frequência é chamado de som fundamental ou primeiro harmônico e as

frequências múltiplas de som fundamental são chamados de 2º harmônico, 3º harmônico etc. Na Figura 1, se pode perceber que a onda definida em azul seria o som fundamental, pois tem a menor frequência; enquanto o som em verde, nomeado pela figura de lá₄, seria o segundo harmônico por ser o dobro da frequência fundamental. Ou seja, o tipo do harmônico depende do fator multiplicativo entre eles. Além disso a nota apresentada no gráfico é a nota lá, que possui frequência de 435 hertz, dessa forma o eixo horizontal do gráfico é o período de apenas uma onda para melhor observação da característica do timbre. (NUSSENZVEIG, 2004)

Além disso, o timbre é a característica que diferencia notas iguais executadas por instrumentos diferentes. Essa característica se deve à composição harmônica que os instrumentos possuem, pois duas notas iguais possuem mesma frequência, mas as composições harmônicas em que cada nota foi produzida são particulares de cada instrumento. Na música, essa característica “geralmente é descrita de modo subjetivo mediante o uso de expressões como um tom fino ou agudo, áureo, redondo, melodioso ou um tom de estanho”. (YOUNG; FREEDMAN, 2004, p.293)

Figura 1 - Som composto da nota lá, apresentando seus harmônicos correspondentes caracterizando seu timbre.



Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/image10/10_T01_06.gif. Acessado dia 23/07/2015.

3.8 Intensidade

A intensidade sonora, também chamada de sonoridade ou intensidade auditiva, é através a características que distingue sons fracos de sons fortes. Essa intensidade física do som é o quociente entre a variação da energia que atravessa uma superfície pelo tempo e a área, de forma que após adaptações chega-se a Equação 2. Onde I representa a intensidade sonora da onda, ρ_0 representa a densidade do fluido, v corresponde a velocidade do som, ω corresponde a frequência angular e U corresponde a amplitude de deslocamento.

$$I = \frac{1}{2} \rho_0 v \omega^2 U^2 \quad (2)$$

No S.I., a intensidade sonora é medida em W/m^2 (watts por metro quadrado). Sendo o limiar audível $10^{-12} W/m^2$ (menor intensidade que pode ser ouvida) e $1 W/m^2$ como limiar doloroso (intensidade sonora que inicia a dor física ao ouvinte). (NUSSENZVEIG, 2004)

Através de estudos, (FECHNER, 1966) pode-se perceber que a sensação sonora não é sentida de maneira linear pelo nosso corpo, ou seja, se dobramos a intensidade sonora distingue-se um som mais forte, porém não duas vezes mais intenso. A intensidade sonora segue um padrão logarítmico de sensação. Para simplificar medições dessa grandeza foi necessária a criação de uma escala específica para essa intensidade, sendo essa escala construída através da Equação 3, onde α é a intensidade sonora, I é a intensidade da onda em W/m^2 e I_0 é a menor sensação audível possível em W/m^2 .

$$\alpha = \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (3)$$

A medida nessa escala é o bel, em homenagem a Graham Bell, inventor do telefone. Na prática se usa um submúltiplo, o decibel, que é 1/10 bel. (NUSSENZVEIG, 2004)

3.9 Reflexão sonora

A reflexão sonora é um fenômeno sonoro no qual a onda do som é refletida por uma superfície qualquer, como uma parede, devolvendo o som ao ambiente. Esse fenômeno se subdivide em três tipos: o reforço, a reverberação e o eco. Esses três fenômenos dependem do tempo que o som leva para retornar aos ouvidos, pois quando esse tempo é muito pequeno o cérebro não reconhece como sons diferentes. Sons com menos de 0,1 s de intervalo não são reconhecidos. Esse intervalo de tempo é chamado de persistência auditiva. (PIETROCOLA *et al.*, 2010)

O reforço ocorre quando a distância da fonte emissora de som e o som refletido se diferenciam tão pouco, que o intervalo de tempo é desprezível, ou seja, o intervalo de tempo entre sons é muito menor que 0,1 s. Dessa forma, somente escutamos um som mais forte. (PIETROCOLA *et al.*, 2010)

A reverberação acontece quando o intervalo de tempo já não é desprezível, porém ainda é inferior a 0,1 segundo. A sensação que ocorre é uma de prolongamento do som recebido. (PIETROCOLA *et al.*, 2010)

O eco é o resultado de um intervalo de tempo superior a 0,1 s, por isso o ouvinte escuta dois sons distintos. Para esse fenômeno acontecer é necessário, em geral, pelo menos 17 m de distância entre o obstáculo refletor e o ouvinte. (PIETROCOLA *et al.*, 2010)

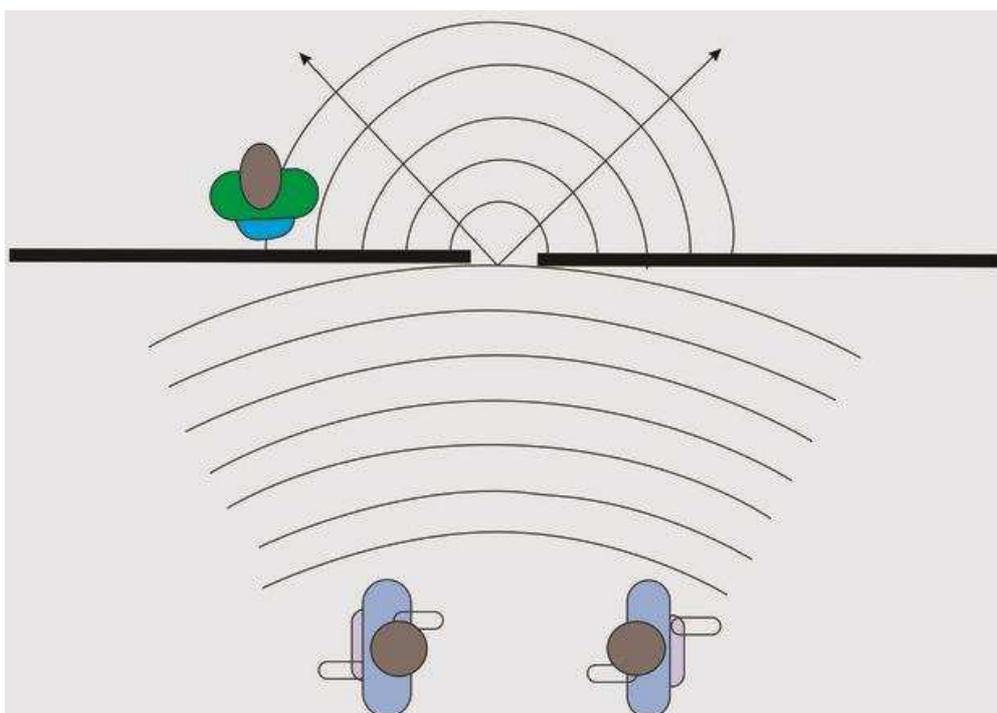
3.10 Difração

A difração é o fenômeno ondulatório onde uma onda é capaz de contornar um obstáculo penetrando na região de sombra. A difração é explicada pelo princípio de Huygens, o qual diz que cada ponto da frente de onda pode ser considerado como uma fonte de onda secundária. Dessa forma quando uma onda atinge uma abertura como, por exemplo, uma cuba com

água que possui um canal estreito, a frente de onda quando colidir com as laterais do canal transformará o ponto de colisão em uma fonte secundária e essa por consequência gerará outra fonte secundária até que seja obtida a frente de onda do outro lado do canal. Esse fenômeno está ilustrado na Figura 2. A frente de onda passa pela abertura e consegue atingir o observador verde que está na região de sombra, por essa razão se diz que a difração permite às ondas contornarem objetos. (NUSSENZVEIG, 2004)

Porém esse fenômeno possui uma restrição: as dimensões da abertura não podem ser de ordem de grandeza maior que o comprimento da onda incidente. Dessa forma, no caso do estudo da acústica, a difração só ocorre em aberturas entre dois centímetros a 20 metros.

Figura 2- Exemplo de difração sonora onde a conversa dos dois sujeitos azuis podem ser ouvidas pelo sujeito verde uma vez que a frente de onda sonora contorna a parede atrás dele



Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>. Acesso dia 25/07/2015

3.11 Ressonância

Segundo Young e Freedman (2004, p.56) “A ressonância é o fenômeno que ocorre quando existe um pico de amplitude provocado por uma força cuja frequência está próxima da frequência natural de oscilação do sistema”. De maneira simplificada, a ressonância é uma transferência de energia de um sistema ondulatório para outro no qual um dos sistemas recebe um aumento de energia. Essa transferência energética ocorre devido à proximidade da frequência da oscilação e a frequência natural do sistema.

A frequência natural de vibração é o modo normal de vibração das moléculas de um corpo, pois todos os corpos vibram de alguma forma, devido sua energia interna, essa frequência depende de diversas características moleculares da matéria. Quando essa frequência natural coincide com a frequência da fonte sonora ocorre um aumento da energia devido ao som ceder essa energia ao sistema, esse é o fenômeno chamado de ressonância.

Young e Freedman (2004, p.281) possuem um exemplo interessante a ser colocado:

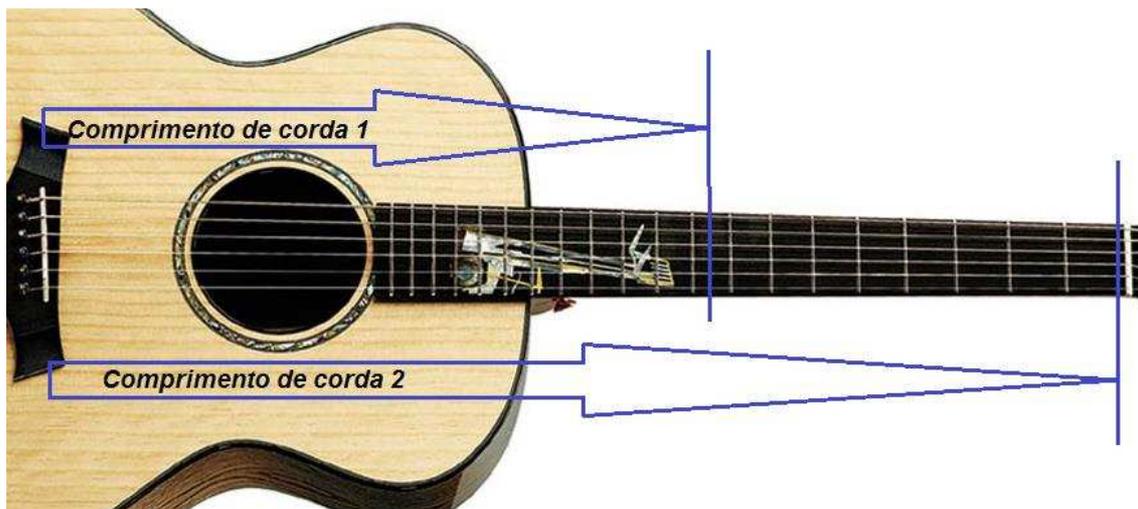
“Um exemplo é um tubo aberto de um órgão é colocado nas proximidades de um alto-falante, excitado por um amplificador, emitindo ondas senoidais puras com frequência f que pode variar ajustando-se o amplificador. O ar no interior do tubo aberto é forçado a oscilar com a mesma frequência f da *força motriz* produzida pelo alto-falante. Em geral, a amplitude deste movimento é pequena e o movimento do ar no interior do tubo não possui nenhum dos modos normais. Porém, quando a frequência f da força motriz possuir um valor próximo ao de uma das frequências dos modos normais, o ar no interior do tubo oscilará com a mesma frequência deste modo normal e a amplitude aumentará consideravelmente”.

3.12 Cordas vibrantes

Nos instrumentos musicais de cordas como, por exemplo, um violão, as cordas são os objetos que produzem o som. Nesse tipo de

instrumento existem diversas casas musicais as quais são pressionadas para produzir os tipos de notas desejadas, como indicado na Figura 3, mostrando duas casas que podem ser pressionadas delimitando o comprimento da corda vibrante no violão.

Figura 3 - Variados comprimentos de corda em um violão a partir de casas pressionadas escolhidas ao acaso



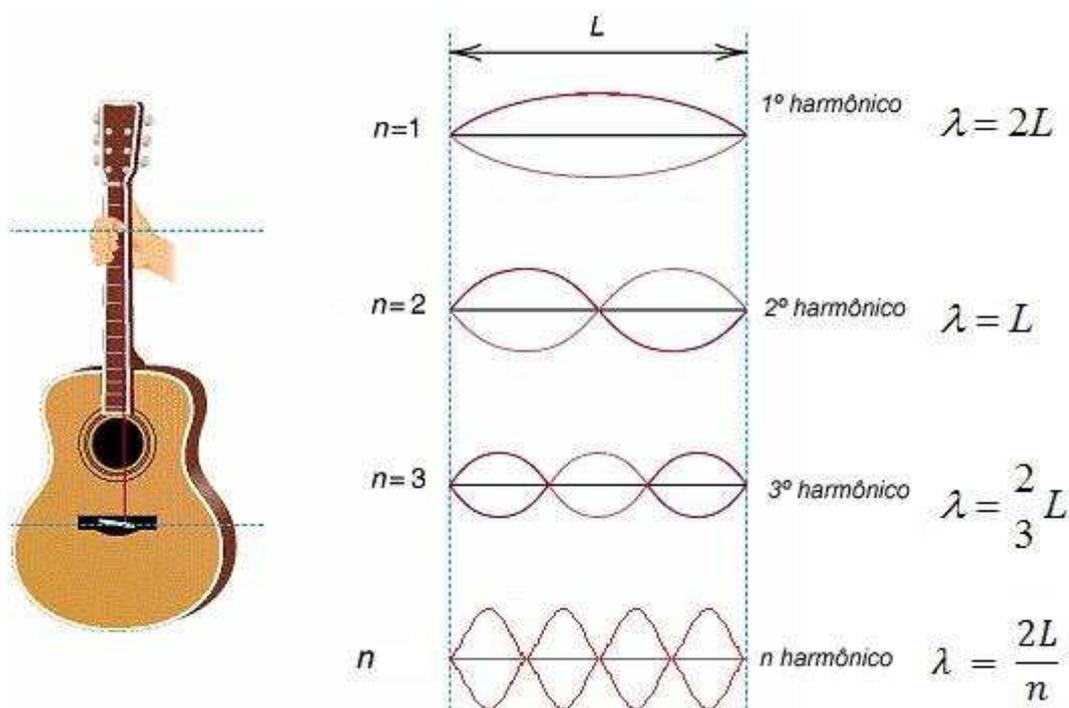
Fonte: <http://acriviva.wix.com/acriviva#!curso-violão-e-cavaquinho/zoom/mainPage/image167q>. Acessado dia 27/07/2015.

Pode-se perceber, portanto, que o comprimento de onda será determinado pela casa que se está pressionando, pois a distância entre a casa e o fim da corda corresponderia à metade do comprimento de onda. Esse tipo de onda recebe o nome de onda estacionária, onde um dos nós é a ponta das cordas e o outro é a casa que está sendo pressionada, para o exemplo dado.

As ondas estacionárias possuem vibrações bem definidas, sendo a vibração fundamental chamada de 1º harmônico. No exemplo do violão, seria a qual não haveria nenhuma casa sendo apertada. Todos os outros harmônicos são múltiplos inteiros do harmônico fundamental, definindo dessa forma, comprimentos de onda (λ) e frequências (f) para cada um dos harmônicos subsequentes. (NUSSENZVEIG, 2004)

Na Figura 4 são mostrados os harmônicos e suas definições de comprimento de onda, sendo L o comprimento da corda vibrante, λ o comprimento da onda produzida e n o número de nodos vibrantes.

Figura 4 - Comprimentos de onda estacionárias em uma corda com comprimento L pré-definida nos seus diferentes harmônicos até uma generalidade de n harmônicos



Fonte: brasilecola.com/fisica/a-fisica-os-instrumentos-musicais.htm. Acessado dia 27/07/2015.

Sendo o comprimento de onda definido pelo comprimento da corda e a velocidade no ar podendo ser considerada constante é possível também prever a frequência do primeiro harmônico pela Equação 4, também chamado de harmônico fundamental determinado por f_1 , a velocidade de propagação do som sendo v e L o comprimento da corda vibrante. Por consequência os harmônicos seguintes são múltiplos inteiros, pode-se generalizar a frequência de um harmônico qualquer n numa corda vibrante através da Equação 5.

$$f = \frac{v}{\lambda_1} \quad \rightarrow \quad f_1 = \frac{v}{2L} \quad (4)$$

$$f_n = n \frac{v}{2L} \quad (5)$$

3.13 Tubos sonoros

Assim como nas cordas musicais, tubos podem ser utilizados para criar ondas estacionárias dentro deles e dessa forma ter sons característicos e bem definidos.

Para tubos sonoros, existem dois tipos: os tubos abertos, nos quais as duas extremidades são abertas e os chamados tubos fechados onde apenas uma das extremidades é aberta.

É possível observar na Figura 5 a forma de onda que é adquirida em um tubo aberto de comprimento L , a qual o primeiro harmônico corresponde à metade do comprimento de onda λ , da mesma forma que nas cordas vibrantes, porém para os tubos abertos, o nó se estabelece no meio do tubo ao invés das pontas (considerado o 1º harmônico), e revelando ainda a forma da onda estacionária dos outros harmônicos. (NUSSENZVEIG, 2004)

Dessa forma podemos generalizar o comprimento de onda em um tubo sonoro aberto, uma vez que o comprimento do tubo L é constante e o número de nodos depende da quantidade de harmônicos como revela a Equação 6. Já pela Equação 7 é possível calcular a frequência de uma onda sonora de n harmônicos, onde v é a velocidade da onda sonora e L é o comprimento do tubo sonoro.

$$\lambda_n = \frac{2L}{n} \quad (6)$$

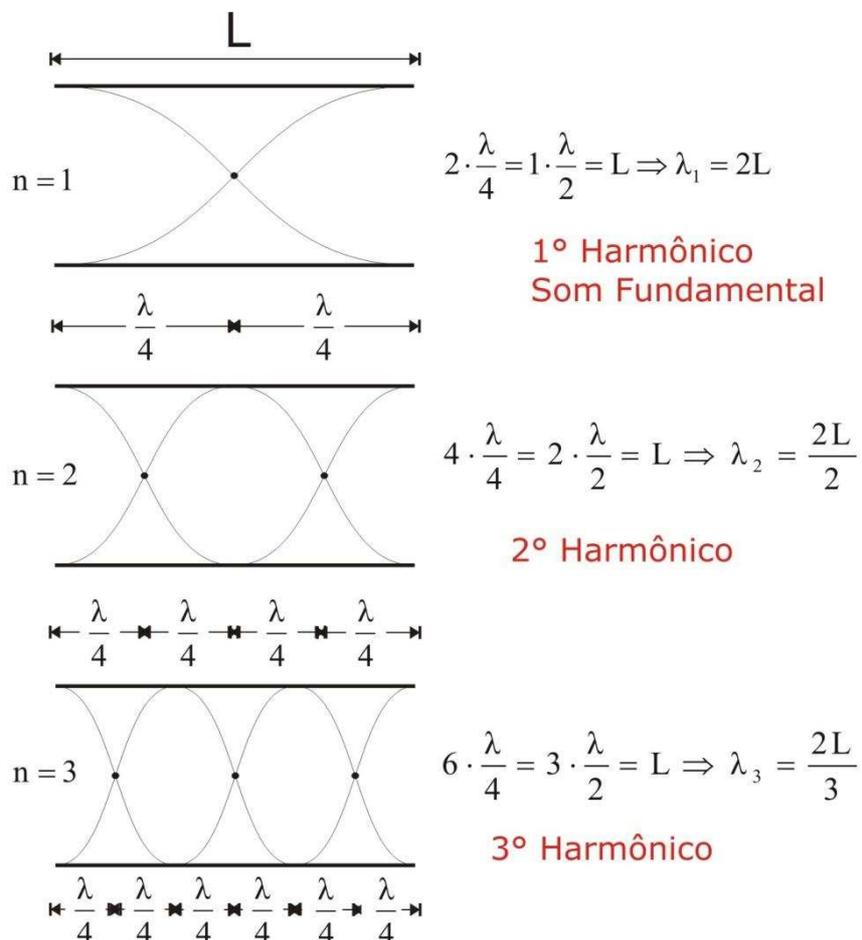
$$f_n = n \frac{v}{2L} \quad (7)$$

Já no tubo fechado se apresentam apenas harmônicos de número ímpar devido à forma de onda produzida dentro desse tipo de tubo sempre termina em um nó na extremidade fechada e inicia um ventre na parte aberta sendo dividido em quartos de comprimento de onda, pode-se observar a ilustração desse fenômeno da Figura 6, onde l representa o comprimento do tubo fechado, λ representa o comprimento de onda e i representa o número de

harmônicos presentes. Já na Equação 8 generaliza-se a frequência da onda sonora no tubo fechado, sendo f_i a frequência da onda no harmônico considerado, i é o número de harmônicos, v é a velocidade da onda sonora e L é o comprimento do tubo sonoro.

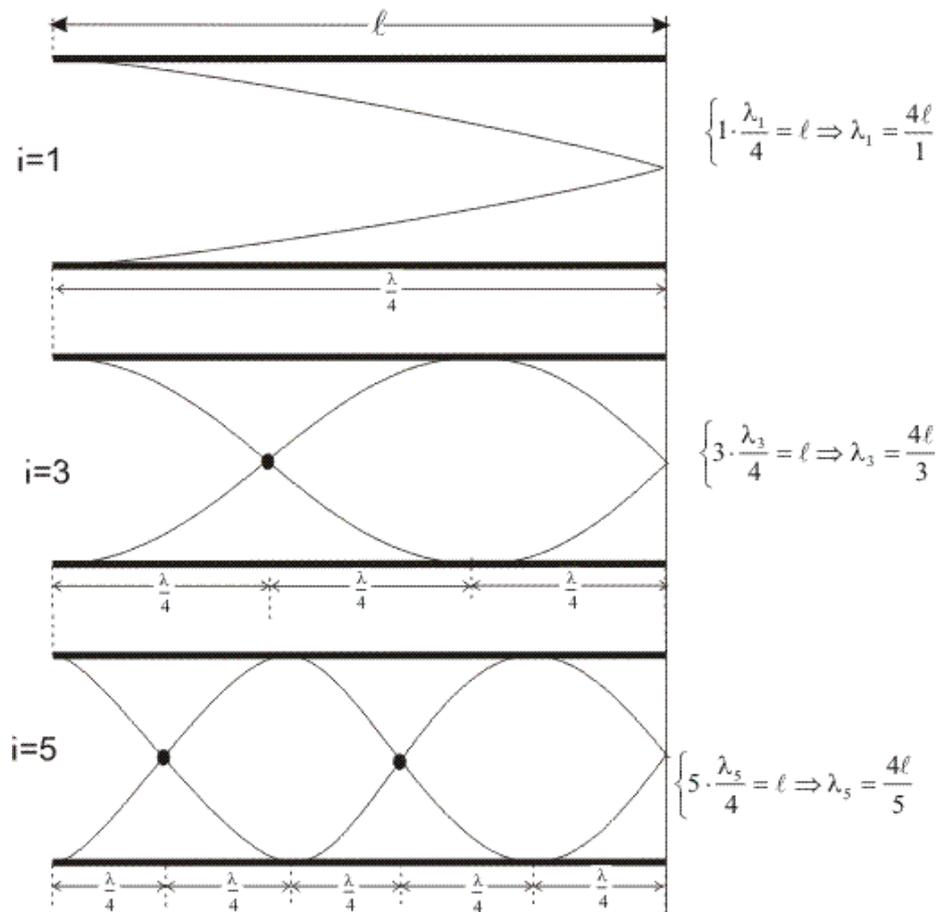
$$f_i = i \frac{v}{4L} \quad \text{Sendo } i=1,3,5\dots\text{etc} \quad (8)$$

Figura 5 - Comprimentos de ondas estacionárias em um tubo aberto de ambos os lados com comprimento L pré-definido nos seus diferentes harmônicos até o 3º harmônico



Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatória/Acústica/tubos.php>. Acessado dia 27/07/2015.

Figura 6 - Comprimentos de onda estacionárias em um tubo fechado em um dos lados com comprimento L pré-definido nos seus diferentes harmônicos



Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Acustica/tubos2.php>. Acessado dia 27/07/2015.

Capítulo 4

Descrição do Desenvolvimento do Produto

4.1 Sequência Didática

A sequência didática é equivalente, segundo Castro (1976, p. 55), a um curso em miniatura. Esse autor defende a sequência didática por acreditar que “a aprendizagem por unidades atende às necessidades dos estudantes de maneira mais efetiva”. Essa visão é bastante discutida uma vez que quando um corpo de conhecimento é dividido em diversas partes, ocorre uma fragmentação da aprendizagem criando partículas isoladas de conhecimento. Dessa forma, Zabala (1998, p.139) reafirma que as unidades didáticas “apesar de que seguidamente se apresentem em classe de modo separado, têm mais potencialidade de uso e de compreensão quanto mais relacionados estejam entre si” assim, é de fundamental importância que haja uma ação em direção a essa inter-relação, ou seja, que o docente integre esses conteúdos sempre que possível e conecte esses conhecimentos fragmentados de forma mais coesa para que assim “integrem conteúdos teoricamente isolados ou específicos para incrementar seu valor formativo”. (ZABALA, 1998, p.139)

Entende-se também que não somente por unidades isoladas aprende-se melhor, e sim, por uma sequência total mais lógica para os alunos de forma que os conteúdos e atividades sigam uma progressão que favoreça uma maior compreensão do tema pelos estudantes, favorecendo assim o esforço do professor para integrar os modelos e conceitos. De forma que, em uma sequência didática bem estruturada pode-se organizar temas de conteúdos mais simples e fundamentais antes de temas mais complexos para que haja realmente uma sucessão lógica dos conteúdos para facilitar o entendimento do aluno. Além disso, essa sequência estruturada pode fornecer um encadeamento de grandes temas correlatos evidenciando a ligação que existe entre as grandes áreas de uma disciplina ou até mesmo, numa perspectiva mais ampla, de disciplinas diferentes.

Pensando isso, Zabala (1998, p.18) conceitua unidade didática como “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de objetivos educacionais que tem um princípio e fim conhecidos, tanto pelo professor quanto pelos alunos”. A partir dessa conceituação, observa-se que a sequência didática é construída tanto em relação a conteúdos como atividades, onde a sequência de atividades propostas pode modificar a visão do aluno para o conteúdo. Um exemplo dessa característica pode ser uma experiência nas aulas de ciências; mesmo com a mesma metodologia de experimentação, seja ela uma demonstração, uma experiência produzida pelos alunos ou uma experiência por roteiro, se essa experiência aparecer no início da sequência ela provavelmente terá uma característica mais instigadora, pois os alunos não conhecem o conteúdo. Já se a mesma experiência for colocada no fim do conteúdo será mais provável que seja vista como uma reafirmação do conceito ou até mesmo um aprofundamento daquilo que já foi visto. Portanto, além da sequência do conteúdo ser uma variável importante no processo de aprendizagem essa sequência de atividades também deve ser analisada cuidadosamente.

É possível perceber, portanto, a razão das sequências didáticas serem alvo de estudos e preocupações a um bom tempo, tanto no Brasil quanto no mundo. No Brasil, algumas pesquisas se focam nas interações professor-aluno-saber durante as relações didáticas da sequência (PAIS, 2002). Esses trabalhos ocorrem mais para o ensino de Ciências e ensino da Matemática. Algumas propostas se pautam na linha de ensino-investigativa e em ações que favorecem a aprendizagem. De forma que essas pesquisas se focam no processo de construção da sequência e utilizá-la como instrumento metodológico para que os objetivos educacionais sejam alcançados, como Carvalho e Perez (2001) refletem:

“É preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem, nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos alunos para que estes realmente alcancem os objetivos propostos” (Carvalho e Perez, 2001, p. 114).

Essa visão coloca em discussão os objetivos de uma sequência didática e a utilização de atividades motivadoras para os estudantes atingirem esses objetivos. De forma que é necessário, antes de desenvolver essa organização didática, uma meta bem definida e utilizar as atividades e encadeamento dos conteúdos de forma a favorecer que esses estudantes, além de alcançar os resultados esperados em cada atividade, atinjam o objetivo dessa sequência. Essa finalidade nem sempre é clara aos alunos, dessa forma o docente deve nortear os alunos para que atinjam esses objetivos como já dito por Carvalho e Perez anteriormente.

Entretanto, guiar os estudantes por esse objetivo pode ser bastante complexo pelas ferramentas tradicionais, de forma que muitos estudiosos e professores desenvolveram metodologias e sequências didáticas diferenciadas para auxiliar seus estudantes a alcançar os objetivos propostos. É importante ressaltar que os objetivos de cada grupo estudantil são diferentes, por isso cada sequência se valerá de uma abordagem diferente. O importante ao docente é “compreender outras propostas e reconhecer, em cada momento, aquelas sequências que se adaptam mais às necessidades educacionais de nossos alunos”. (ZABALA, 1998, p.59)

Essa perspectiva revela que é necessário sempre estar modificando a sequência didática a partir da realidade do alunado para atender esses objetivos pedagógicos. A partir dessa perspectiva é necessário que na construção de uma sequência didática adequada exista um referencial de aprendizagem e um referencial metodológico. Isso se deve pela teoria de aprendizagem nortear os processos que serão utilizados na sequência, a natureza da sequência e quais os tipos de atividades que serão priorizadas dentro dela; enquanto o referencial de construção irá nortear a produção das atividades em si, a clareza e encadeamento da sequência e as metodologias que serão utilizadas. No presente trabalho o referencial de aprendizagem é a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e o referencial metodológico é a validação de sequências didáticas de Giordan e Guimarães.

4.2 Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Inicialmente é necessário definir uma teoria de aprendizagem, sendo esta, segundo Moreira (2014, p.12), “uma construção humana para interpretar sistematicamente a área de conhecimento que chamamos aprendizagem” teorias as quais discutem sobre a forma que os indivíduos entendem e aprendem no decorrer da vida, são aquelas onde o foco são os processos que ocorrem com o indivíduo que aprende e não com o indivíduo que ensina. Essas teorias podem ser divididas em três tipos diferentes: as cognitivas, as psicomotoras e as afetivas. As teorias cognitivas são aquelas que tratam sobre a organização das informações armazenadas no cérebro e sobre a estrutura cognitiva que é o conjunto resultante dessas informações e suas interações. As teorias psicomotoras são aquelas desenvolvidas por respostas musculares de treino ou prática; e por fim, as afetivas são as quais envolvem principalmente estímulos de sentimentos e emoções, como felicidade e tristeza, euforia e desânimo, entre outras. (MOREIRA, 2014)

É fato que nem sempre uma teoria se enquadra em um único tipo, pois a aprendizagem é uma ciência humana e as classificações que a ela são atribuídas não restringem as possibilidades das teorias relativas à mesma. Porém essas classificações facilitam uma caracterização rápida da teoria perante as outras, sendo muito importante para identificá-la pertencente a um tipo de teoria de aprendizagem.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel se enquadra na classe de teorias cognitivistas, uma vez que tenta explicar o processo de aprendizagem através da estrutura cognitiva do aluno.

A estrutura cognitiva é todo o arcabouço de conhecimento que determinado indivíduo adquiriu pela sua experiência de vida, sendo essa uma estrutura complexa que interage internamente para processar a aprendizagem.

Na perspectiva ausubeliana, o mais importante para que o aprendizado se processe da melhor maneira possível é justamente a estrutura cognitiva do aluno, uma vez que nessa estrutura se concentra todo o conhecimento do aluno e por isso deveria ser ponto de partida para qualquer

ensinamento duradouro. Ausubel⁵ apud Moreira (2014, p.171) resume esse pensamento da seguinte forma: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo.”

Ausubel discute que a aprendizagem pode ser de duas naturezas diferentes: a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa. A aprendizagem mecânica é aquela onde o conhecimento adquirido não se comunica com o resto da estrutura cognitiva e por isso ele é armazenado de forma literal e arbitrária, deixando-o com o significado daquilo que foi aprendido mais básico e não relacionável. Já a aprendizagem significativa é aquela que o conhecimento se sedimenta de forma não-litera e não-arbitrária propiciando portanto que ele se conecte com outros conhecimentos relacionados e crie um vínculo maior na estrutura cognitiva. (AUSUBEL, 2000)

Além da conexão com outros conhecimentos e o vínculo maior no arcabouço cognitivo, a aprendizagem significativa proporciona uma reorganização da própria estrutura cognitiva, uma vez que o novo fundamento aprendido se liga à estrutura e se relaciona com ela alterando-a de maneira a integrar o novo conceito no corpo. Pode-se exemplificar isso através do conceito de força, uma vez que o aluno aprendeu significativamente o conceito de força ele irá se agregar na estrutura nos fenômenos onde o conceito “força” aparece para o educando, e em contrapartida a estrutura irá reorganizar os fenômenos que ele já tinha familiaridade com o novo conceito alterando o arcabouço cognitivo que já existia. (MOREIRA, 2014)

Conseqüentemente, entre o ensino e a aprendizagem em si existe o processo de assimilação dos conceitos. Na perspectiva ausubeliana, esse processo de assimilação pode ser altamente favorecido na aprendizagem significativa, uma vez que a assimilação dos conteúdos acontece através de ideias ancoradas já presentes na estrutura cognitiva, essa conexão com as ideias previamente existentes facilita a retenção e amplia o sentido daquilo que se aprende, solidificando a aprendizagem de uma forma mais eficaz.

⁵ AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. 1. Ed. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1968. 685 p.

Todavia, na aprendizagem significativa é importante que exista um elemento pré-existente na estrutura cognitiva chamado subsunçor. Os subsunçores seriam as ideias prévias que o educando já dispunha no seu arcabouço sobre aquele tema e a partir desse elemento fundamental que as ideias posteriores seriam ensinadas e conectadas a estrutura cognitiva. Dessa forma, a qualidade da aprendizagem seria diretamente proporcional à qualidade da compreensão do subsunçor para o aluno, ou seja, quanto maior o entendimento que ele possui das ideias prévias dentro da sua própria estrutura cognitiva melhor seria a sedimentação dos novos conteúdos expostos. (AUSUBEL, 2000)

Pode-se ilustrar essa relação de dependência com o conceito de som na Física, onde, dentro da Acústica, seria uma onda longitudinal. Para que esse conceito seja aprendido significativamente é necessário que exista o subsunçor “onda” e o subsunçor “longitudinal”, que seriam as ideias pré-existentes sobre esses dois conceitos. Além disso, a qualidade com que cada educando aprendeu esses subsunçores será de grande relevância para que a aprendizagem do conceito “som” seja a melhor possível, uma vez que a definição de som parte dessas duas ideias ancoradas. Ainda pode-se perceber que poderiam os subsunçores “onda” e “longitudinal” estarem separados entre si na estrutura cognitiva, porém, na visão de Ausubel, após o conceito de “som” ter sido sedimentado significativamente o arcabouço cognitivo foi alterado para assimilar essas novas informações, e para isso acontecer é necessário à alteração dos subsunçores mais antigos.

Entretanto, algumas vezes as ideias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz são demasiadamente genéricas e amplas, dificultando a aprendizagem significativa pelo aumento da complexidade de conectar aquilo que o aluno já sabe e aquilo que deve saber. Para facilitar a aprendizagem significativa nesses casos, Ausubel se utiliza de um artifício que na sua teoria se chama organizadores prévios.

Os organizadores prévios são, nas palavras de Ausubel (2000, p.65), uma “estratégia pedagógica para a manipulação intencional da estrutura cognitiva, de forma a melhorar facilitação proativa ou minimizar a inibição

proativa”. Ou seja, são práticas pedagógicas utilizadas como filtro daquilo que seria mais relevante na estrutura do aluno para que a aprendizagem se processe de maneira mais fácil, uma vez que o aluno não precisará encontrar as relações por si só, ele será direcionado às ideias mais pertinentes para a compreensão daquele conteúdo.

Os organizadores prévios são apresentados como material introdutório antes do conteúdo a se aprender em si, justamente para fazer as conexões entre aquilo que o aluno deve aprender e aquilo que já sabe. A vantagem dos organizadores prévios são que eles são apresentados em um maior nível de abstração, generalidade e inclusividade permitindo que eles funcionem como “pontes cognitivas”. (MOREIRA, 2014)

Além disso, os organizadores prévios podem ser usados como “fontes subsunçoras”, de forma que através de exemplos e características mais genéricas ensinam-se elementos necessários para que a aprendizagem do conteúdo que se segue tenha subsunçores suficientes afim de que seja significativa. Assim, se pode esclarecer esse aspecto novamente pelo conceito de som na Física, sendo ele uma onda longitudinal é possível utilizar de um organizador prévio que crie o subsunçor “onda” para que o conceito de som possa ser aprendido significativamente, uma vez que ele é fundamental para a compreensão do conceito de som e pode não estar disponível na estrutura do estudante.

Esse mecanismo pedagógico é muito eficiente uma vez que se pode, além de direcionar o aluno para os conceitos que necessitam de aprendizagem significativa, estimular o aluno para essa aprendizagem, pois é importante que o aluno tenha interesse em aprender o conteúdo a ser ensinado uma vez que a motivação para aprender é fundamental. Sendo que mesmo que os organizadores prévios forem suficientemente eficientes e que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo, o aluno deve ter interesse de agregar esse conteúdo a sua estrutura caso contrário a aprendizagem significativa não pode ocorrer.

Sendo a aprendizagem significativa, na perspectiva ausubeliana, uma aprendizagem que altera a estrutura cognitiva conectando aquilo que se

deve aprender a partir daquilo que o aluno já sabe, é possível perceber que os próprios materiais instrucionais podem se dividir em materiais que permitem uma melhor aprendizagem, que seriam materiais com organizadores prévios eficientes, de fácil compreensão e utilização adequada dos subsunçores disponíveis na estrutura cognitiva. Esses materiais são chamados de materiais potencialmente significativos.

Os materiais potencialmente significativos são, como o nome já diz, aqueles que têm potencial de facilitar a aprendizagem significativa e se faz importante ressaltar que a utilização do termo “potencialmente” é uma necessidade, uma vez que nenhum material é significativo por si só. Caso isso fosse possível, o processo de aprendizagem seria supérfluo.

Mesmo que haja diferenças entre níveis de potencialidade, os materiais potencialmente significativos devem ter algumas características sempre presentes. Primeiramente, que o material seja relacionável, não-arbitrário e não-literal com uma estrutura cognitiva qualquer. Isso representa que os conceitos a serem ensinados deve trazer subsunçores passíveis de que uma grande maioria dos estudantes possa ter na idade que serão ensinados. (AUSUBEL, 2000)

A segunda condição é que o material deve ser não-literal e não-arbitrário a um arcabouço cognitivo particular. Essa condição pode ser bastante complexa de se atender uma vez que cada aluno passa por situações muito diferentes em sua vivência para estabelecer algumas que estarão sempre presentes e, portanto, poderem ser potencialmente significativas em todos os casos. Dessa forma, o material pode, muitas vezes, ser relacionável com uma parcela dos estudantes e, portanto, potencialmente significativo e não relacionável para outros que não tem os subsunçores que o material necessita para que a aprendizagem fosse significativa. (AUSUBEL, 2000)

Essas características fundamentais dos materiais potencialmente significativos podem ser esclarecidas através do ensino tradicional da cinemática escalar. Usualmente na Física, no ensino do movimento retilíneo uniforme, os exemplos dados são relativos à carros. As condicionais de Ausubel para que o material seja potencialmente significativo dizem que a

escolha do exemplo precisa ser um conceito que possa se relacionar à estrutura e esteja facilmente disponível para compreensão. Portanto utilizar o exemplo de um foguete ao invés de um carro seria uma permuta inapropriada, pois o subsunçor “foguete”, em geral, é muito menos desenvolvido que o subsunçor “carro” para a grande maioria dos estudantes. Entretanto, um aluno que nunca teve contato com carros, não tem o subsunçor “carro” desenvolvido, portanto para esse aluno o material não é potencialmente significativo pois a escolha dos subsunçores não atingiu esse aluno.

Assim sendo, as escolhas dos subsunçores e dos organizadores prévios para materiais didáticos devem ser, na visão de Ausubel, os mais gerais possíveis e com maior probabilidade de estarem na estrutura cognitiva dado a sua simplicidade e presença no cotidiano das pessoas em geral.

4.3 Metodologia de Validação de Giordan e Guimarães

Dessa forma, é necessário que o referencial de construção possa favorecer a produção dessa sequência didática e claramente, como visto nos materiais instrucionais, não existe um absolutismo quando se fala de metodologias de construção de sequências didáticas, porém, no âmbito internacional, se destaca uma metodologia proposta pela francesa Artigue⁶, apud Giordan e Guimarães (2011) chamada de Engenharia Didática que “vista como metodologia de pesquisa se caracteriza, em primeiro lugar, por ser um esquema experimental baseado em realizações didáticas em classe, isto é, sobre a concepção, a realização, a observação e a análise de sequências de ensino” (Artigue⁶ apud Giordan e Guimarães, 2011, p.2).

A engenharia didática é uma metodologia de construção de sequências didáticas na forma de pesquisa, em que algumas etapas são propostas para a sua construção, aplicação e análise. Ela possui cinco fases principais:

⁶ ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. In: BRUN, J. e FLORIS, R. (Ed.). Didactique des mathématiques. Paris: delachaux et niestlé, 1996

- a) Análise Preliminar, onde se faz um estudo sobre os conceitos a serem estudados e como se dá o aprendizado desse tema;
- b) Concepção e análise *a priori*, onde se monta efetivamente a sequência didática, determinando quais objetivos ela deve atender;
- c) Aplicação da sequência, onde se aplica a sequência com a metodologia de coleta de dados adequada;
- d) Análise *a posteriori*, onde se tabula os dados obtidos e organiza-os;
- e) Validação, onde se compara os dados *a priori* com os dados *a posteriori*.

Através de metodologias parecidas de pesquisas, diversos estudos propuseram diferentes sequências didáticas para melhoria do ensino. Em uma análise dos últimos ENPECS e consulta ao banco de dados da CAPES, feita por Giordan, Guimarães e Massi (2011), em um estudo sobre as sequências didáticas para o ensino de ciências do segundo ciclo do fundamental, foram percebidas algumas características comuns sobre os trabalhos realizados:

- a) A metodologia da coleta de dados para essas pesquisas se pautam majoritariamente em pré e pós teste, sendo o pré-teste um levantamento de conhecimentos prévios;
- b) Os instrumentos de coleta dos dados em geral foram: questionários, atividades dos estudantes, observações e anotações em diários de campo, gravação de aulas, entrevistas semiestruturadas e discussão grupal;
- c) As sequências didáticas (SD) foram analisadas por três critérios: aprendizagem do conteúdo por parte do aluno, metodologia de ensino adotada na SD, engajamento e motivação dos estudantes em relação ao conteúdo da SD.

Através desse estudo, se pode perceber que além da construção e aplicação da sequência didática, um quesito imprescindível na pesquisa sobre conteúdos pedagógicos é a validação dessa mesma sequência, ou seja, como a sequência pode ser avaliada. E a partir disso, Giordan e Guimarães (2011) propõem uma metodologia de avaliação de sequência didática baseada nas avaliações de sequências da REDEFOR, Rede São Paulo de Formação Docente, que é uma rede que oferece 16 cursos de pós-graduação para professores do Ensino Fundamental II e Ensino Médio da Rede Estadual de Educação, sendo tais cursos ofertados pela Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e Universidade Estadual Paulista (UNESP)⁷.

A metodologia de avaliação da sequência didática proposta por Giordan e Guimarães (2011) leva em conta 20 itens avaliativos divididos em quatro dimensões de análise, que por sua vez são avaliadas em três conceitos qualitativos: insuficiente, suficiente e mais que suficiente. Esses conceitos avaliam como a sequência didática se prontifica a atingir os seus objetivos propostos, além de analisar qualidades procedimentais e metodológicas da sequência.

A – Estrutura e organização: Esta dimensão é dividida em quatro itens, que avaliam características estéticas e organização da sequência didática. Dessa forma, analisa de que forma a sequência é estruturada, sua clareza e capacidade de atingir objetivos pelo seu cuidado estético.

A1 – Qualidade e originalidade: Esse item avalia o como a sequência está integrada com os documentos oficiais, como os PCN e PCN+, e propostas de aprendizagem em geral, presumindo que observando esses fatores é possível analisar sua qualidade. Enquanto que a originalidade tange o quanto a sequência didática é inovadora e diferente das propostas já existentes.

A2 – Clareza e inteligibilidade: A sequência deve ser escrita de maneira clara e concisa, contudo deve ser completa. Esse item avalia o quão

⁷<http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/redefor/In%C3%ADcio/tabid/1383/Default.aspx>
Acessado em: 30/06/16

clara é escrita para a idade, e se ela está adequada cientificamente falando e o quão complexa é a sua proposta acerca da aplicação em sala de aula.

A3 – Adequação do tempo e executabilidade: Esse item avalia se a proposta possui tempo suficiente para executar as atividades em tempo condizente, se o planejamento de tempo que ela propõe pode ser cumprido levando em conta as metodologias escolhidas e se as atividades propostas para serem executadas em sala de aula podem sofrer adaptação de tempo ou são rígidas.

A4 – Referencial teórico/ Bibliografia – A bibliografia deve ser adequada ao nível de ensino aplicado. Esse item avalia se os livros recomendados para a consulta ou construção da sequência estão de acordo com o segmento escolhido.

B – Problematização: A problematização é fundamental nos processos educativos, pois é devido a ela que se pode gerar uma curiosidade, um desequilíbrio no conhecimento que o aluno já possui e através disso instigá-lo a aprender um novo conteúdo. Portanto, é fundamental que ela apareça como uma dimensão de análise. Esse segmento possui seis itens de avaliação.

B1 – Abrangência e foco: Numa problematização é importante que as perguntas ou questionamentos que surgirem sejam realmente instigante aos alunos, ou que sejam atuais, pois hipóteses ultrapassadas transformaram uma problematização interessante em um processo desnecessário. Esse item avalia o quanto a sequência se enquadra nesse perfil de atualidade e motivação.

B2 – Coerência interna da sequência didática – Esse item avalia o quanto a sequência se propõe a solucionar as situações problematizadoras de diversas formas, pois é interessante que numa sequência coesa o desenrolar da unidade didática forneça várias formas de se compreender as hipóteses formuladas no início do estudo.

B3 – A problemática nas perspectivas Social/Científica: Esse item avalia como a sequência se posiciona em relação aos problemas sociais sob a visão da ciência. Esse item deve responder se “A problemática, conforme

apresentada, fornece elementos para análise de situações sociais sob a perspectiva científica? Os problemas fazem parte da realidade social e/ou do seu cotidiano vivencial dos alunos? É estabelecida claramente a relação entre a sociedade, o ambiente, a Ciência e as implicações sociais do tema?”. (GUIMARÃES; GIORDAN, 2011 pg.10)

B4 – Articulação entre os conceitos e a problematização: Nesse item é avaliado como os conceitos-chave da sequência didática respondem os questionamentos e discussões propostos na problematização. Para isso, os conceitos principais devem ser essenciais para responder grande parte das dúvidas discutidas no início do conteúdo, caso contrário a problematização seria desnecessária.

B5 – Contextualização do problema – É fundamental que o texto esteja redigido com a finalidade de responder a problematização, dessa forma deve haver uma imersão na abordagem que foi escolhida para o problema, essa imersão que representaria situar o problema de maneira coerente e inseri-lo no cotidiano dos alunos.

B6 – O problema e a sua resolução – Nesse quesito é abordado como que o significado científico será construído em torno das problematizações analisadas. Essa característica é importante, pois a finalidade de uma sequência didática nas ciências naturais, em sua grande maioria, é ampliar o saber científico do estudante e dessa forma poder usar esse conhecimento no seu cotidiano. Assim sendo, essa atenção na ligação entre problema e resolução é imprescindível para não perder o foco sobre o conhecimento científico.

C – Conteúdos e conceitos: Na avaliação proposta por Giordan e Guimarães (2011) os conteúdos possuem papel secundário de importância, dando espaço para uma perspectiva mais ampla de aprendizagem em conceitos, os quais podem auxiliar os educandos a atingirem os objetivos educacionais propostos com mais qualidade do que se tivessem apenas os conteúdos.

C1 – Objetivos e conteúdos – Os objetivos da sequência didática devem estar de acordo com a proposta educacional que o ambiente escolar se

propõe a realizar, e dessa forma orienta os conteúdos a serem ministrados, sendo alguns mais priorizados e outros menos para que não se viole a executabilidade da proposta.

C2 – Conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais: Nesse item se avalia a forma como foram construídos e abordados os conteúdos presentes na sequência. Além de avaliar esses conteúdos através das três esferas de conhecimento procedimental, atitudinal e conceitual, analisando se a sequência é adequada e completa para esse quesito.

C3 – Conhecimento Coloquial e Científico: É importante que a contextualização parta de um conhecimento de mundo que o aluno possui e através dele monte o conceitual científico importante para a formação do educando. Nesse item se avalia como esse processo acontece e o conceitual científico realmente sana as dúvidas propostas de maneira adequada e com o linguajar adequado.

C4 – Organização e encadeamento dos conteúdos – Esse item se refere ao encadeamento lógico das atividades, como por exemplo, se a dificuldade das atividades é crescente. Além disso, pretende analisar a organização do conteúdo em si, de forma que a sequência dos conteúdos esteja clara e coerente.

C5 – Tema, fenômeno e conceitos: Esse item se resume em um apanhado mais geral dos itens anteriores. Conseqüentemente, ele analisa a sequência didática pela problemática oferecida, sobre os conceitos envolvidos e se os conceitos fornecidos subsidiam suficientemente o aluno para solucionar as dúvidas levantadas inicialmente. Além disso, avalia ainda se o número de aulas foi adequado para essa sequência.

D – Metodologias de ensino e avaliação: Nessa dimensão de análise serão avaliadas as características da sequência didática quanto ao processo de ensino que ela se propõe a realizar, pois tanto a metodologia de ensino quanto a avaliação são fundamentais para que o aprendizado seja propiciado da melhor maneira possível. É através desses dois fatores que a relação de sala de aula será norteadada, por isso se revela numa análise separada.

D1 – Aspectos metodológicos: Nesse item se avalia quais as metodologias de ensino utilizadas, se elas são diversificadas e apropriadas à idade que se estabelece o processo de ensino. Além disso, elas devem estar de acordo com os objetivos propostos da sequência.

D2 – Organização das atividades e a contextualização: A análise sobre a organização e contextualização já é realizada em outros itens, porém o foco deste seria justamente avaliar a metodologia, ou seja, se essas características essenciais como a problematização estão de acordo com as metodologias e avaliações propostas pela sequência de maneira que sejam coerentes entre si.

D3 – Métodos de avaliação: Pretende-se analisar nesse tópico os tipos de métodos utilizados para a avaliação, além de analisar quais ferramentas serão usadas para captar os resultados dessas metodologias.

D4 – Avaliação integradora: Os métodos avaliativos do item anterior se referem, geralmente, os conteúdos conceituais propostos, porém uma sequência didática mais adequada deve se pautar nos conteúdos procedimentais e atitudinais também. Nesse caso, é essencial que eles também sejam analisados e avaliados e através desse item que será examinado quais são os métodos para avaliar esses conceituais e quais instrumentos serão usados para isso.

D5 – Feedback da avaliação: Nesse item será avaliado de que forma é feita a devolutiva para os alunos das análises e avaliações feitas pelos instrumentos, além disso identifica se a metodologia de feedback é adequada aos objetivos da sequência. Isso se deve pelo processo de ensino que necessita que o aluno tenha um retorno para poder entender se os conceitos propostos foram assimilados de maneira adequada, e se não foram assimilados como ele pode recuperar esses conhecimentos e habilidades.

Como pode ser visto anteriormente, a metodologia de validação é um processo, além de fundamental, bastante complexo envolvendo muitas variáveis. E a grande maioria depende sempre do objetivo educacional que a sequência didática se propôs a assumir.

O presente trabalho tem como objetivos específicos a construção de uma sequência didática com foco no ensino de acústica. Pretende-se que o produto possa auxiliar docentes na prática de sala de aula através de exemplos e sugestões de atividades. Tendo em vista esses objetivos, a construção da sequência se configura de maneira flexível para ser a mais prática possível ao cotidiano de sala de aula. Propondo atividades simples, porém interessantes para os alunos que se adequa à uma grande maioria das realidades de ensino, desde o ensino público até o privado. Essa é uma tentativa para que a sequência didática seja um instrumento válido para os docentes que optarem por uma abordagem diferente desse assunto.

Com esses objetivos educacionais traçou-se um esquema no qual os conteúdos principais de acústica foram elencados para produzir a sequência de forma mais adequada possível, observando as quatro dimensões de análise de Giordan e Guimarães.

4.4. Construção da Sequência Didática

A sequência didática do presente trabalho é constituída em quatro “módulos” de conceitos trabalhados na acústica, sendo eles: Introdução às ondas sonoras, Qualidades fisiológicas do som, Fenômenos sonoros e Cordas vibrantes e tubos sonoros.

Esses módulos são semi-independentes, podendo ser trabalhados separadamente sem nenhuma conexão obrigatória, porém é maior sua eficiência na utilização deles em sequência e como um todo. Além disso, para alguns deles é necessário conceitos desenvolvidos em outros módulos, conceitos esses que normalmente são estudados em uma sequência clássica em acústica, sendo a melhor opção utilizá-los como um todo. A opção de utilizar a sequência didática de uma forma mais sistematizada, em módulos, é por uma facilidade e flexibilidade de aplicação em sala de aula. Uma vez que, além da qualidade na construção teórico-metodológica, é fundamental que os professores possam ter acesso fácil e que seja de simples aplicação em sala, visto que esse trabalho se destina a professores que desejam diversificar as suas práticas. Por isso ela se mostra uma ferramenta adicional para uma

abordagem diferente do ensino de acústica, tanto podendo ser usado em plenitude, para uma utilização mais eficiente, ou fragmentada para uma variação na aula.

Os módulos possuem uma construção padrão, eles se iniciam propondo perguntas e indagações para os alunos as quais eles deverão refletir e, dessa forma, fomentar o seu interesse para os conhecimentos presentes naquele módulo.

Logo em seguida tem-se a presença da seção “iniciando a discussão” onde as perguntas formuladas nas imagens da primeira página tomam o lugar de reflexões para os alunos, usualmente acompanhadas de experiências muito simples, nas quais se pode verificar a presença dos conceitos que serão vistos, intimamente ligados ao cotidiano do aluno, essa sessão muitas vezes tem a função de captar conhecimentos prévios dos alunos e trazer as indagações do início da sessão de uma forma mais próxima e palpável.

Essas reflexões tem como finalidade serem utilizadas como organizadores prévios do conteúdos a fim de orientar os questionamentos dos alunos para os conceitos que serão aprendidos e assim resgatarem aquilo que eles já pensam sobre o assunto.

Na seção seguinte se explana os conceitos gerais do tema do módulo, utilizando gravuras para facilitar as abstrações. A escrita dessa parte tem certo rigor formal, entretanto foi escrita para que o aluno pudesse acompanhar separadamente em casa, caso fosse necessário, pois em geral os livros didáticos são muito complexos para que o aluno entenda sozinho. De forma alguma se questiona a qualidade ou o rigor da escrita dos livros, mas uma escrita mais simples, entretanto não simplista, pode dar lugar a uma autonomia maior para o aluno tendo um vocabulário mais próximo do usual, diálogo esse apresentado diversas vezes nos conceitos para a construção de uma sequência didática proposta por Giordan e Guimarães.

Por fim, os módulos se encerram com uma atividade para verificar se o conteúdo daquela seção foi entendido de maneira adequada. Cada um dos módulos têm uma atividade diferente para o professor ter um parâmetro

melhor para observar a aprendizagem dos alunos. Na construção dessa sequência se tentou produzir módulos com abordagens diferentes para assim produzir atividades que atendessem a um maior público de docentes e atingir um número maior de alunos, além de diversificar as ferramentas avaliativas do próprio professor.

Esse encadeamento lógico e estrutural de metodologias em todos os módulos gerou a ideia de produzir um material mais sistematizado, justamente para uma aplicação mais facilitada do professor. Uma vez que esse produto se destina a ser bastante aplicável e prático em sala de aula. Entretanto é importante reiterar que esse material instrucional resulta da reflexão acerca da sequência didática.

4.5 Módulo 1

Na primeira página do módulo, têm-se três imagens escolhidas para problematizar os conceitos que serão desenvolvidos e para que haja uma motivação do estudo, além de apresentar o quão inserido no cotidiano está o tema da física estudado.

Para cada imagem há uma reflexão pertinente ao capítulo, iniciando pela mais presente para os alunos (*Você já se imaginou sem escutar música? Já parou para pensar em como o som é produzido? Como diferenciamos tantos sons?*), relacionada à música. Ela seria uma das motivações para o desenvolvimento do estudo da acústica, e a reflexão colocada é: como seria uma vida sem música, ou uma vida sem som? Logo em seguida, dando continuidade à representação da música na vida dos discentes, uma pergunta questionando as características do som (*Quais seriam as diferenças entre um som agradável e um ruído incômodo? E como isso teria relação com a Física?*), esse questionamento num primeiro momento é aparentemente intuitivo, porém relativamente difícil de responder cientificamente por essa razão normalmente os educandos têm dificuldades em explicar os motivos pelo qual esse fenômeno acontece. Por fim, um pensamento acerca da velocidade do som (*Qual seria a velocidade do som? Ela seria constante em todas as situações? Comparando com outras*

velocidades ela seria grande ou pequena?) e sua comparação com a velocidade da luz, concepção alternativa muito presente para os alunos de que a luz e o som têm velocidades parecidas.

Através dessas imagens procura-se instigar os alunos para um confronto entre aquilo que eles já sabem e aquilo que será apresentado a eles. É importante que exista um tempo para essa análise, pois usualmente se observa as figuras sem dar muita importância às legendas, não obtendo a reflexão adequada.

Na sequência tem-se a seção “Iniciando a discussão”, que se baseia numa experiência utilizando aparatos dos estojos dos alunos, primeiramente para a agilidade do experimento e operação pelos próprios alunos, além disso, para que eles enxerguem a mesma física dos livros didáticos no seu material rotineiro e perceber que as leis se aplicam da mesma forma. Essa experimentação ainda tem por finalidade trazer os conceitos para o mundo tangível, pois a abstração excessiva pode distanciar os alunos do mundo real, aparentando que esse aprendizado se reserve apenas aos objetos citados nas hipóteses.

Assim sendo, anunciam-se três perguntas para os alunos discutirem em grupo e verificarem a diferença entre aquilo que eles sabem e aquilo que os colegas sabem, propiciando assim um debate entre os alunos. Essa construção é importante para que exista uma troca de conceituações sobre ondas sonoras sejam elas erradas ou certas, pois a discussão tende a aguçar a percepção sobre aquilo que se imaginar saber.

A partir das respostas do “iniciando a discussão” o professor deve fornecer um ambiente de troca para os alunos e perceber qual o nível em relação ao conhecimento de ondas mecânicas e conhecimento geral dos mesmos, podendo assim, dar menor ou maior foco na parte posterior de explanação teórica, retomando a fala de Zabala que é necessário que se entenda quais “às necessidades educacionais de nossos alunos”.

A explanação teórica, como dito anteriormente, foi construída de forma a ser legível para os alunos, sendo resumida, porém não incompleta, ficando a critério do docente o aprofundamento em determinado tema ou não.

Dessa forma, ela segue uma sequência no primeiro módulo, começando por uma revisão dos conceitos básicos de ondulatória, partindo das ondas do mar, a onda concreta mais conhecida pelos alunos em geral; posteriormente chegando aos conceitos de ondas transversais e longitudinais, incluindo o som como onda longitudinal.

Os quadros em forma de lembretes denominados “bate-volta” tem como função a resposta para curiosidades simples que os alunos têm sobre as ondas, ou informações relevantes para serem lembradas, tentando motivar o aluno a ler a sequência didática, além do texto e deixar o layout do texto mais agradável.

Por fim, se discute a velocidade do som, sua variação em diferentes meios e sua comparação com a velocidade da luz. Essa análise é relevante uma vez que se mostram bastante comuns as concepções alternativas sobre a comparação da velocidade da luz e do som, além de uma explicação simplificada do motivo da velocidade do som aumentar conforme o estado de agregação do material.

Num apanhado geral, a explanação teórica desse módulo teve por objetivos uma recapitulação dos conceitos de ondulatória com uma introdução das ondas sonoras nesse processo, justamente para essa transição ser mais natural e preencher eventuais lacunas dos aprendizados de ondulatória ou mesmo uma recapitulação de conceitos que acabaram sendo esquecidos, além disso, a escolha de falar sobre a velocidade do som dos materiais fecha os preceitos básicos para a compreensão mais completa dos módulos seguintes.

E ao fim do primeiro módulo, são colocadas diversas questões sortidas, algumas do tema que acabou de ser ministrado, algumas mais simples e outras mais complexas. Essa escolha de exercícios foi feita de forma que os alunos já tenham contato com os tipos de exercícios característicos de uma prova de vestibular. Por essa característica, é fundamental que o professor guie os alunos enquanto os mesmos resolvem os exercícios, para justamente essa tarefa não se transformar em desmotivação pela não solução das questões. Além disso, ele pode ser feito ao término dos módulos para consolidação dos conceitos aprendidos e ainda pode ser usada para verificar a

interpretação dos alunos em relação a um texto de questões interpretativas do tipo ENEM ou de exames vestibulares tradicionais.

4.6 Módulo 2

No início do módulo são apresentadas as três imagens características de cada módulo, sendo uma repetida ao módulo 1. Isso se deve à independência entre os módulos, pois algumas imagens podem reaparecer a fim de demonstrar reflexões apontadas em momentos anteriores; no caso dessa reflexão já ter sido proposta, o que justifica a presença dela repetidamente é que o questionamento proposto por ela ainda não foi respondido indicando que nesse módulo ela será conceitualmente explicada.

A segunda imagem aguça o olhar dos alunos para o timbre, característica do som que distingue dois sons de mesma frequência e intensidade, mas de instrumentos diferentes. Essa escolha remete a uma característica muito presente nos instrumentos, entretanto a razão dessa diferença, por um olhar científico, é mais complexa sendo muito importante que ela seja relatada logo nas reflexões.

Por fim, a última imagem visa apresentar algo novo ao aluno, mais voltado para a área da saúde: o prejuízo do uso exagerado de som pelas pessoas, que será tratado por um artigo. Essa figura tem uma função de parecer simples, pois o aluno presume que entende os riscos do uso alto do som, todavia ele vai muito além do dano auditivo sendo um ataque sistêmico ao corpo, sendo importante essa análise que é tratada no fim do módulo.

O “iniciando a discussão” traz uma análise um pouco mais difícil que a do módulo anterior, mas em geral os alunos podem trazer os instrumentos de casa, o professor até pode usar isso como uma descontração em aula fazendo algum tipo de competição rápida. E as perguntas vão colocar em pauta os pensamentos que os alunos têm em relação às qualidades do som. Essas perguntas foram construídas de forma a propiciar que eles utilizem o conhecimento comum, que usualmente é diferente do pensamento científico, um caso notório dessa seção é a confusão entre altura e intensidade sonora. Dessa forma, é esperada uma certa percepção dos eventos, porém deve existir

uma falta de conceitual teórico para responder as questões com eficiência. Em geral, se utilizarão de respostas confundindo altura e frequência ou terão dificuldade de explicar sobre o timbre.

A partir dessa curiosidade gerada por uma discussão inicial e a falta de conceitual científico adequado, a sala poderá estar mais motivada para entender as qualidades sonoras. Para aprimorar a explanação teórica, pode-se usar os instrumentos para ficarem mais claro as características envolvidas.

Como primeira característica a ser explicada foi escolhida a altura, pois ela é a mais contra intuitiva, uma vez que os alunos utilizam essa nomenclatura para distinguir outra característica (a intensidade) por essa razão se escolheu a exposição dela primeiro, justamente para ter um foco melhor e desfazer essa concepção alternativa. Adicionalmente, se insere algumas características de intervalo fazendo uma ponte com a música uma vez que essa nomenclatura é muito usada nos ambientes musicais.

Em seguida temos a definição de timbre, característica mostrada nas figuras do começo do módulo, conceito que pode ser reforçada pelo uso dos instrumentos de forma que a explanação tenha uma chance maior de sucesso. O timbre é um conceito fundamental pois ele revela uma ligação forte entre o conhecimento científico e o conhecimento coloquial, uma vez que os alunos já tinham uma ideia da razão de instrumentos diferentes terem sons diferentes, ao momento que se expõe o conceito científico ele pode se conectar profundamente com o conhecimento comum, propiciando assim uma melhor aprendizagem. A imagem é um recurso visual bastante eficiente para esse conteúdo para que os discentes percebam as interferências de onda, entendam o som resultante gerado e compreendam melhor como, graficamente, ocorre o timbre.

Por fim é explanada a intensidade sonora, característica relacionada à amplitude da onda sonora, e relaciona a potência da onda e os limiares de máximo e mínimo que o ser humano escuta, encerrando discute sobre a potência do som em sua escala mais conhecida, o bel.

A seguir a essa explanação é apresentada em uma tabela de intensidades sonoras, as quais relacionam eventos do cotidiano e suas

respectivas intensidades em decibéis. Essa tabela tem subdivisões entre intensidade baixa, moderada e alta; de forma que os alunos são postos a refletir se os ambientes frequentes deles estão com ruídos em excesso. Essa tabela tem por finalidade causar certo desconforto no aluno, fazendo-o perceber que os ambientes em geral são muito mais ruidosos do que o limite saudável, preparando para a leitura do artigo proposta no fim do módulo.

Logo em seguida da tabela, tem-se um artigo informativo do professor de neurologia da UFMG, Fernando Pimentel, dialogando sobre a poluição sonora, seus males e causas, além de revelar o quão presente esse tipo de poluição está presente em nossas vidas e convivemos com ela naturalmente.

Esse artigo possui, além da finalidade informativa, trazer o conhecimento científico e físico para o mundo real, próximo dos estudantes incentivando-os a pensar criticamente no seu ambiente de convívio e analisar situações que eles não tinham sido colocados a pensar antes. Dando continuidade à proposta do artigo, sequencia-se uma atividade para casa na qual os estudantes devem por intermédio de um aplicativo no celular fazer medições sonoras dos ambientes que eles frequentam e escrever um texto refletindo sobre esses valores.

Essa atividade final fecha o ciclo do segundo módulo, dando aos alunos a oportunidade de fixar os conceitos apreendidos através da atividade escrita, sedimentando os conceitos e aprendizagens importantes para o cotidiano deles, como a poluição sonora em si. A utilização do celular tem como objetivo que os alunos tomassem ciência que os aparelhos de comunicação móveis, que atualmente são ferramentas muito comuns no cotidiano da grande maioria deles. Tais aparelhos podem ser utilizados para as mais diversas funções além de troca de mensagens instantâneas, no caso discutido, até mesmo como sensor de medição.

4.7 Módulo 3

Na página inicial do terceiro módulo, se observa mais três figuras motivadoras para o ensino, na qual trabalham questionamentos mais

aprofundados dos conceitos de acústica, além de trabalhar fazer uma ponte multidisciplinar para a biologia com a presença da ecolocalização.

Cada uma das figuras tem por objetivo mostrar ao aluno situações cotidianas que apresentam os fenômenos a serem estudados no módulo. Nesse módulo em específico, as três imagens mostram o mesmo fenômeno, em três aplicações: cotidiana, tecnológica e biológica; dessa forma, os alunos podem refletir como um mesmo fenômeno está interligado por áreas aparentemente desconexas.

Na primeira figura, tem-se um evento cotidiano interessante que é o eco, porém o mesmo é pouco entendido. Essa imagem remete a esse fenômeno e problematiza a sua causa através da pergunta “Você já pensou sobre o eco? Imagina porque ele acontece em alguns lugares e em outros não?”. Na segunda imagem temos a aplicação tecnológica que é o sonar, questionando os alunos sobre o mesmo fenômeno aplicado numa outra perspectiva. E por fim, na terceira imagem inicia-se propondo a pergunta “Como os golfinhos se utilizam de som para se orientar na água?”, que pretende atrair os alunos para uma análise mais apurada desses eventos.

Logo na página seguinte, temos o “Iniciando a Discussão” que remete os alunos a olhar novamente as imagens, agora em grupo, e pensar sobre os fenômenos sonoros. Essa abordagem em grupo pretende incitar a troca de ideias e propiciar certo desconforto, devido a uma provável divergência de opiniões por serem conceitos parcialmente conhecidos por eles. O rigor teórico das respostas, nesse momento, é desnecessário, pois essa sessão tem por objetivo uma reflexão por parte dos alunos no sentido de quererem saber qual é o real significado dos conceitos a serem abordados e como figuras aparentemente desconexas poderiam se juntar. Nessa sessão, devido à proposta ser a construção de um pequeno texto, o professor pode auxiliar os grupos de alunos que estiverem mais confusos por uma problematização mais aberta.

A partir dessas provocações se apresenta o tema explanado de fenômenos sonoros, dos quais a reflexão sonora se apresenta como a primeira,

justamente pela grande presença no cotidiano e subdivisão em categorias menores.

Sendo assim, se apresenta, de forma comentada, uma explanação dos três tipos de reflexão sonora: o reforço, a reverberação e o eco. A sessão “Bate-volta” acaba trazendo um lembrete sobre o reforço sonoro, atentando os alunos ao fato de sons confinados parecerem mais intensos.

A refração e difração aparecem condensadas em uma única sessão devido ao fato da refração, usualmente, já ter sido vista tanto em ótica quanto em acústica, nas sequências didáticas padrões, mas mesmo assim, ela representa uma presença muito singela no cotidiano do aluno, não sendo tão relevante quanto outros fenômenos, podendo ter uma explicação mais superficial sobre o fenômeno. Já a difração, é um fenômeno que normalmente já foi estudado e amplamente trabalhado em ondas, caso contrário, o conteúdo da sequência didática aliada a uma explicação aprofundada do professor deve ser suficiente para que os alunos possam compreender esse fenômeno.

A partir desses fenômenos, se propõe uma atividade prática que motiva os alunos a saírem da sala de aula em grupo em busca desses fenômenos pela escola. Essa opção tira um pouco o foco da relação tradicional professor-aluno, deixando os alunos livres para que consolidem e discutam entre si os fenômenos encontrados na escola, questões interessantes podem surgir, tais como: “Seria esse um eco ou reverberação?”, “Isso é reforço ou reverberação?”. Reflexões como essas incentivam os alunos a analisarem a teoria que lhes foi apresentada e possam realmente se apropriar dela de uma forma mais adequada.

Após essa atividade de campo, se apresentam diversos momentos em que os fenômenos sonoros estão presentes e são fundamentalmente importantes, de forma a mostrar onde esses conceitos se aplicam além do cotidiano. Iniciando pela aplicação do sonar e logo em seguida da ecolocalização dos animais, discussões abordadas no início do módulo que após a solidificação dos conceitos são mais interessantes de serem abordadas, com uma imagem exemplificando e conectando essas duas aplicações do mesmo fenômeno.

Em sequência a essa parte é dialogado sobre o conceito de ressonância, altamente importante na acústica e amplamente presente na vida dos alunos, através de fornos micro-ondas, histórias sobre quebrar um cristal com a voz, entre outras. A partir dessa presença no cotidiano julgou-se interessante que os alunos tenham esse conhecimento, por isso se inicia através de uma imagem clássica nos livros que é a destruição da ponte de Tacoma, na qual a ressonância do ar com a ponte causou a destruição da ponte e morte de várias pessoas; com esse exemplo e imagem discute-se a ressonância e suas importâncias enquanto fenômeno ondulatório.

Fechando o módulo, um pequeno texto mostrando onde o aluno possui mais fenômenos sonoros, possibilita que ele reflita sobre seu próprio meio de vida e que esses fenômenos estão bastantes presentes e principalmente que eles modificam o próprio estilo de vida dos educandos.

4.8 Módulo 4

O último módulo trabalha um tema mais complexo e que usualmente encerra o estudo da acústica no ensino médio. Esse tema se justifica pela presença dos instrumentos musicais no cotidiano da grande maioria das pessoas. Ela está presente de tal forma que é difícil de dissociar quando ela está presente ou não, pois quase todo tipo de programa de televisão, aplicativo de celular, toque de mensagem, local de lazer se utiliza de música para chamar a atenção ou cativar as pessoas. Nessa perspectiva, é interessante que se entenda como se produz sonoridade nos instrumentos e de que forma ela assume os timbres tocados.

Nas três imagens iniciais apresentam-se esses questionamentos através de duas perguntas, sendo a primeira “*Como é produzido som em cada instrumento?...*” e a segunda “*...E como cada um deles pode produzir sons tão diferentes?*”. Essas duas perguntas tem por objetivo estimular os alunos a reaver os conhecimentos por eles adquiridos nas outras aulas e refletir sobre aquilo que eles imaginam ser uma hipótese para esse fenômeno. A terceira imagem, por sua vez, introduz o efeito Doppler, normalmente estudado no final do estudo da acústica. Essa imagem, por trazer um conceito novo, tem uma

pergunta mais questionadora, pelo objetivo de incitar a curiosidade sobre o que poderia ser esse fenômeno.

O “Iniciando a Discussão” desse módulo é diferente dos outros módulos propondo a construção de instrumentos de baixo custo pelos alunos, os quais podem ser construídos tanto dentro de sala quanto dela. Depende da adequação de aulas disponível pelo professor da disciplina e do cronograma da escola. Quaisquer umas das duas abordagens seriam interessantes por motivos diversos: na construção em casa, os alunos precisam de coordenação para comprar os materiais e solucionar a grande maioria os eventuais problemas que se apresentarem por eles mesmos, incentivando a criação de uma autonomia de resolução de problemas e estímulo do trabalho em grupo; enquanto na construção em sala, eles podem fazer uma construção mais focada e o professor pode ir explanando sobre cada uma das partes do violão e sua funcionalidade, ampliando a aula e utilizando uma estratégia diferenciada.

Após o término da construção seria válido que os alunos fizessem uma “apresentação” dos instrumentos para testar aquilo que construíram, esse momento pode ser bastante frutífero dependendo do tempo que o professor possui para realizar essas tarefas, podendo realizar até mesmo uma competição de música entre os alunos. E, seguido disso, eles respondem a três perguntas baseadas nos instrumentos que construíram e pertinentes ao tema de cordas vibrantes e tubos sonoros. Essas questões possuem um nível de complexidade relativamente maior dado o progresso dos alunos na sequência, tendendo a estimular o uso dos conceitos aprendidos na construção dos instrumentos.

A partir dessas discussões, segue-se uma explanação sobre fontes sonoras, cordas vibrantes e tubos sonoros. Dentro dessa explanação se utiliza muito os artifícios visuais, como imagens e gráficos, uma vez que esse tema é bastante abstrato e altamente matematizado, essa abordagem pode facilitar a compreensão dos alunos como as cordas e tubos podem produzir sons. As explicações procuram ser as mais simples e sintéticas possíveis, porém não reducionistas, para não ter uma sobrecarga de conteúdos. Assim sendo, essa explanação pode ser ampliada justamente pelos instrumentos

construídos pelos alunos que pode facilitar em grande parte a abstração trazida por esse tema.

Logo após essa explicação, apresenta-se para os alunos o efeito Doppler presente tanto no cotidiano quanto na Ciência. Com um texto curto se apresenta o fenômeno deixando a critério do docente o grau de profundidade que se pretende atingir, desde a matematização da frequência sonora no efeito até uma explicação detalhada dos desvios para o azul ou para o vermelho.

No encerramento desse módulo, propõe-se uma atividade para a utilização da maioria dos fenômenos e conceitos ministrados durante as aulas de acústica. Esse trabalho consiste em uma ficha técnica sobre os instrumentos por eles produzidos durante o último módulo, convergindo todos os conceitos antes utilizados, tais como: intensidade sonora, timbre, altura e harmônicos.

Nesse trabalho, busca-se uma análise do quanto foi retido pelos alunos durante o curso, através de uma “oficialização” do instrumento produzido pelos educandos caracterizando fisicamente o mesmo, fichando e utilizando os conceitos desenvolvidos e discutidos em sala.

Através desses quatro módulos, buscou-se uma abordagem mais ampla dos conceitos de acústica, sempre trazendo uma abordagem diferente em cada módulo, através das quais poderiam ser discutidos esses conceitos de modo mais integral e correlato à vida estudantil e social dos alunos. Dessa forma, cada um dos módulos trouxe uma atividade diferente e cada um num aspecto diferente. Porém sempre se teve em vista não trazer apenas as atividades diferenciadas, mas também, conteúdos usados e cobrados em provas externas para não destoar das cobranças que ocorrem nas escolas.

Capítulo 5

Descrição da Aplicação do Produto

Esse trabalho é uma pesquisa participante com caráter qualitativo. Sendo a pesquisa participante aquela onde o pesquisador participa ativamente da aplicação da proposta. Nesse caso, o pesquisador é o próprio professor da disciplina. Foi desenvolvido em uma escola privada no interior do Estado de São Paulo na cidade de Itu, aplicada junto a 22 alunos do 2º ano do ensino médio no decorrer de quatro semanas, de forma a aplicar a sequência didática na íntegra. Porém, esse tempo em geral é inviável para uma grande maioria dos professores que lecionam Física. Dessa forma a sequência é montada em módulos justamente para o docente poder escolher a parte na qual prefere dar a ênfase ou, se for possível, utilizá-la por completo.

Foi utilizada pelos alunos uma sequência didática desenvolvida depois de diversos estudos em livros didáticos, paradidáticos, artigos informativos, *sítes* e a vivência do autor em anos lecionando a disciplina de Física no ensino médio.

Os dados coletados foram na forma de áudios gravados pelo autor e posterior compilados. Sua compilação não foi literal, estando eles alterados para ser mais apropriados à leitura, porém mantendo seu sentido intacto. Além dessa coleta, foram utilizadas as atividades desenvolvidas pelos alunos no decorrer da aplicação da pesquisa.

5.1 Módulo 1 – Ondas Sonoras

A acústica é um tema muito presente e essencial na nossa vida cotidiana, porém mesmo com essa importância, esse tema fica delegado sempre ao final na sequência dos livros didáticos mais comuns, nos quais, em sua maioria, não se propõe a contextualizar eventos do cotidiano. Sendo essa medida fundamental para que os alunos se motivassem a aprender o assunto da acústica. Por isso, optou-se por utilizar bastante tempo nas contextualizações e indagações iniciais, justamente para promover um maior interesse por parte dos alunos.

Logo na primeira página da sequência vê-se uma série de questionamentos acompanhados de imagens motivadoras. Nesse momento foi pedido para que os alunos analisassem essas figuras silenciosamente, realizando uma reflexão sobre os questionamentos que se apresentavam. Nem todos os questionamentos foram respondidos no primeiro módulo, porém são fundamentais para estimular a curiosidade dos alunos.

Após essa reflexão pessoal e individual, montou-se grupo de 4 a 5 integrantes para responder as perguntas sobre a geração de som, de forma a captar os conhecimentos prévios dos alunos. Nessa atividade foram dados alguns minutos para que se discutissem perguntas às quais se baseavam em derrubar objetos no chão, produzir sons e “classificá-los” que maneira qualitativa. Logo em seguida da discussão, cada grupo expunha suas respostas para os outros. Durante esse processo, nas questões que envolveram avaliar como seria o som produzido pelos objetos, qualidades acabaram se repetindo como “agudo”, “alto” e “grave”.

Logo após essa experiência inicial, o professor passou a fazer uma explicação expositiva dos conceitos iniciais de acústica, passando por diversos conceitos de ondulatória. Primeiramente, iniciou-se pela definição de onda e classificação em geral, partindo do exemplo mais comum que seriam as ondas do mar e exemplificando os dois tipos de onda: as transversais e longitudinais. Através desses exemplos de ondas, foi relembra a definição de onda como perturbação, conceito retomado durante todas as discussões que ocorrem durante essas explicações.

A exposição utilizada se assemelhou a um debate guiado, onde o professor usou de elementos do cotidiano para trazer exemplos da Física e explanar os conceitos a serem estudados, como por exemplo:

Professor: ...escolham um instrumento musical.

Aluno GL: Flauta

Professor: Flauta... Mas quando você tem uma flauta, o que você tem que fazer na flauta?

Aluno GS: Assoprar

Professor: Você tem que assoprar. Qual é a perturbação que vai acontecer? O que vai acontecer quando você assoprar?

Aluno GL: Vai sair som.

Professor: Por quê?

Aluno GL: Porque o ar passa lá dentro e daí sai som.

Essa metodologia tem como objetivo estimular os alunos a explicitarem os conhecimentos prévios que possuem para poder perder suas concepções alternativas dos eventos físicos.

Após falar das ondas em geral, parte-se para as ondas sonoras explicando seu tipo longitudinal, e o motivo de serem desse tipo, através dos exemplos e com o auxílio das imagens da sequência. Por conseguinte, explica-se a velocidade do som no ar, comparando-a com a velocidade da luz. Por fim, faz uma relação entre os diversos meios que ela pode se propagar, gerando dúvida na razão de viajar mais rápido nos sólidos:

Professor: E aí pessoal chegamos na velocidade do som. Ela é constante ou não?

Aluno GL: depende do meio.

Professor: Por quê?

Aluno GL:...

Professor: E aí galera? Por que?

Aluno MB: Porque na água ela está mais agrupada e no ar tá mais separada

Professor: Vamos ver assim, qual é a velocidade do som no ar?

Aluna RM: A velocidade na água é diferente da velocidade do som no ar.

Aluno GL: Por causa da diferença de densidade molecular dos meios

Professor: A velocidade do som no ar até aproximadamente 340 m/s. No líquido ela é 1440 m/s, aproximadamente. Então a gente pode perceber que a velocidade do som é muito rápida mais não é quase nada se a gente for comparar com a velocidade da luz que é de 300.000 km/s.

Aluno GB: Nem é. "Risos"

Professor: Quase nada.

Professor: Então no ar é 340 m/s e no líquido 1440 m/s.

Aluna RM: Ela é mais rápida no líquido?

Professor: Não... aí o que acontece... Por que isso ocorre? Não é o mais lógico, meios mais energéticos deviam viajar mais rápido. Só que é justamente por ele ser mais energético que ele viaja mais devagar. O que a onda é?

Alunos: Perturbação.

Professor: O que ela transporta?

Alunos: Energia.

Professor: Ela só pode transportar energia. Então pra ela seguir, pra se transportar, ela vai transferir energia pro meio seguinte. Então as moléculas do ar, que estão no ar, receberão certa quantidade de energia e essa energia vai ser passada pra outras moléculas e assim vai se propagando. Como o gás é um estado da matéria extremamente energético, é um estado da matéria onde o grau de energia muito elevado, ele vai precisar de mais energia pra variar menos tempo.

Após essa discussão sobre a velocidade do som nos diversos meios, os alunos resolvem exercícios de vestibulares envolvendo ondas mecânicas em geral, incluindo as sonoras, e os conceitos aprendidos em sala, divididos em grupos e com o auxílio do professor.

5.2 Módulo 2 – Qualidades sonoras

No segundo módulo da sequência didática, temos o mesmo início de problematização que o capítulo anterior, a sequência de três imagens seguidas de indagações, padrão mantido em todos os módulos, dessa forma os alunos recebem certo tempo para pensar nas imagens que são mostradas para reflexão dos fenômenos físicos presentes em seu cotidiano. Após esse tempo para início da problematização ocorre uma discussão inicial sobre a diferença entre ruído e um som agradável iniciada pelos próprios alunos, a qual o professor deixou fluir sem muita interrupção.

Após esse momento inicial, tem-se a seção “iniciando a discussão”, a qual sugere que se traga um instrumento de cada tipo e dessa forma três alunos trouxeram para a sala de aula os instrumentos musicais e, primeiramente, todos tocaram para os alunos de maneira coordenada. Num

outro momento, um aluno não hábil no violão, tocou o mesmo instrumento de maneira menos coordenada. A partir desses dois fenômenos e alguns estímulos do professor eles deveriam responder as perguntas da seção em grupos.

Passado algum tempo para a discussão em grupo e responder as perguntas dos alunos, o professor passou a explicar os conteúdos do módulo, iniciando pela altura do som. Esse conteúdo foi bastante importante, pois confrontou um conhecimento coloquial muito comum, que a altura do som seria a intensidade do som, por essa razão nesse tópico os alunos se mostram meio confusos inicialmente sobre como essa qualidade sonora teria relação com a frequência e não teria relação com o “volume”. Grande parte dessas dúvidas foi explicada através das figuras da sequência didática que mostravam dois sons de intensidades iguais, mas alturas diferentes.

Após a altura do som, foi exposta aos alunos a característica do timbre, que qualifica as ondas sonoras em cada instrumento, sendo explicada principalmente através da figura 1 e surge uma discussão sobre a classificação de ruídos e melodias, debate fazendo relação com os instrumentos que foram tocados no início do módulo, concluindo que essa concepção é resultado das composições de onda. A partir dessa discussão surgida o professor introduziu o conceito de intensidade sonora, que no conhecimento coloquial seria a “altura” ou “volume”, o qual seria, cientificamente, a energia sonora atravessada por unidade de área e logo em seguida apresenta a equação que relaciona os logaritmos das intensidades sonoras.

Por fim, após a explicação sobre intensidade sonora, se apresenta uma tabela, mostrada pela Tabela 2. Na apresentação dessa tabela ocorreram algumas perguntas e comentários sobre como o nível de intensidade sonora que eles próprios são submetidos seria muito alto. Essa tabela tinha como objetivo, a motivação dos alunos para lerem o artigo do Professor Fernando Pimentel sobre os riscos que a poluição sonora pode causar.

Durante a leitura do artigo houve muitas discussões interessantes sobre o cotidiano dos alunos e como eles estão repletos de poluição sonora por todos os lados. Muitos colocaram suas opiniões por terem morado em cidades metropolitanas ou cidades rurais, toda essa discussão despertou interesse de alguns alunos que usualmente não participavam muito da aula, colocando-os

como protagonistas da discussão. Após todo o debate, os alunos deveriam escolher seis lugares diferentes do seu cotidiano que eles teriam contato regularmente e deveriam medir a intensidade sonora registrada por um aplicativo de smartphone que simulava um decibímetro. A partir desses resultados deveriam construir uma tabela e escrever um texto relacionando o que foi estudado durante a aula, o artigo sobre poluição sonora e os valores sonoros medidos.

Tabela 2 – Níveis de Ruído em atividades do cotidiano em Decibéis e em nível sonoro em relação ao nível saudável

Níveis de Ruído em Decibels					
Conforto Acústico	Muito baixo	0 dB		Limiar do som	
		5 dB	Passarinho		
		10 dB	Cochicho		
		15 dB	Torneira		
		20 dB	Conversa		
	Baixo	25 dB	Relógio		
		30 dB	Biblioteca	Limite para o sono	
		35 dB	Enfermaria		
		40 dB			
	Moderado	45 dB			
50 dB		Aspirador de pó			
Moderado	55 dB	Bebê chorando	Irritação		
Moderado Alto	60 dB		Irritação aumenta consideravelmente		
Riscos de Danos à Saúde	Moderado Alto	65 dB	Cachorro latindo		
		70 dB			
		75 dB	Sala de aula		
		80 dB	Piano		
	Alto	85 dB	Telefone tocando	Tolerâncias diárias de exposição	8 h
		90 dB	Secador de cabelos		4 h
		95 dB	Moto		2 h
		100 dB	Cortador de grama		1 h
	Muito alto	105 dB	Caminhão		30 min
		110 dB	Pátio no intervalo das aulas		15 min
		115 dB	Banda tocando		7 min
		120 dB	Tiro		
		125 dB	Auto-falante		
		130 dB	Britadeira		
	135 dB	Avião			
	140 dB				

Fonte: <http://www.gentequeeduca.org.br/sites/default/files/importadas/img/geral/niveis-ruídos.jpg>. Acessado dia 23/07/2015.

5.3 Módulo 3 - Fenômenos das Ondas Sonoras

O módulo três se inicia com as perguntas motivadoras, nesse módulo as perguntas são mais complexas e requerem conceitos dos módulos anteriores, além dos conceitos que serão desenvolvidos durante o módulo em questão. Foi fornecido tempo para os alunos pensarem nos questionamentos propostos, a grande maioria pensou em silêncio, pouca discussão se realizou.

No iniciando a discussão, a proposta é uma pergunta mais aberta para eles responderem em grupo, pois a intenção nesse momento é articular a capacidade de desenvolver o pensamento científico e criar hipóteses sobre os conceitos físicos. Além disso, nesse caso específico, muitos dos fenômenos apresentados nesse módulo já foram estudados pelos alunos em momentos anteriores, por isso optou-se por dar menos ênfase a esse módulo uma vez que esses conceitos tinham sido aprendidos anteriormente. Assim sendo, construíram o texto do “iniciando a discussão” em grupos de 4 a 5 alunos após debate entre eles guiado com o auxílio do professor.

Após esse momento, o professor começou uma seção expositiva sobre os fenômenos sonoros: reflexão, refração e difração. Iniciando pela reflexão, foi questionada a razão da inexistência de eco na sala de aula onde se situavam os alunos, começando uma discussão sobre o motivo e a partir dela explanando a noção de reforço e reverberação. Por fim, reafirmou o conceito de eco e matematizou sua distância mínima para acontecer.

Na parte seguinte se explanou a refração e difração, fenômenos já visto em ondas, dessa forma poucas dúvidas ou discussões surgiram. Aconteceu somente um experimento prático sobre a difração, pedindo para um aluno escutar atrás de um obstáculo explicando a difração. Antes dos alunos saírem em um estudo mais prático pela escola, se explanou que o fenômeno da reflexão sonora ocorre na natureza e na tecnologia, com a tecnologia dos radares e da ecolocalização, que se baseia na reflexão sonora. Esses conceitos remeteram os alunos às problematizações iniciais, mostrando a eles que as três imagens discutiam o mesmo fenômeno.

Após esses estudos os alunos se dividiram em grupo e devem percorrer a escola a fim de procurar os fenômenos sonoros apresentados e descrever onde eles acontecem.

Por fim se explica o fenômeno da ressonância, no qual os alunos participam da discussão sobre a destruição da Ponte de Tacoma, pois é mostrado um vídeo e um debate foi feito sobre qual fenômeno poderia causar tal dano. Através dessa motivação se explana o fenômeno da ressonância, utilizando ainda o exemplo da taça de cristal e a razão desse fenômeno ocorrer, inserindo a ressonância na exposição. Ainda se explica a tecnologia aplicada a esse fenômeno como, por exemplo, conchas acústicas, onde o som se propaga muito melhor que o normal e a ressonância presente nos micro-ondas.

Como atividade para casa, os alunos devem apresentar um texto sobre os fenômenos que os alunos observam no seu cotidiano e outras situações dependentes dos fenômenos sonoros.

5.4 Módulo 4 - Ondas nos Instrumentos

Para o último módulo foi feita uma alteração da sequência por uma restrição de tempo, dado alguns problemas escolares foi necessário pedir aos alunos que fizessem alguns trabalhos em casa.

Devido a essa alteração, os alunos foram orientados a realizar a construção dos instrumentos musicais da seção “iniciando a discussão” em casa. Dessa forma, a aula teve início a partir da apresentação dos instrumentos pelos alunos e somente após esse momento foi discutida a problematização.

Os educandos se dividiram em grupos para a montagem dos instrumentos nas suas casas. A apresentação dos instrumentos em sala pelos alunos foi bastante proveitosa, uma vez que todos os alunos construíram os instrumentos pedidos mesmo que a construção dos mesmos necessitasse certa habilidade manual. Alguns grupos optaram por fazer instrumentos mais complexos e mais precisos por vontade própria, somente pela apreciação de trabalhos desse gênero. Assim sendo, esse tipo de abordagem teve relativo sucesso para com os alunos.

O professor organizou uma competição entre eles em suas apresentações, sendo esta bem aceita pela sala no geral. Assim sendo, cada grupo apresentou os seus instrumentos, alguns mais precisos e bem montados que outros. Entre uma performance e outra foi sendo discutida, de forma

guiada pelo professor, a capacidade dos instrumentos e assim estimulando reflexões que retomavam os conceitos estudados anteriormente, como timbre, altura e intensidade sonora. Além disto, conforme cada grupo se apresentava, o professor explanava um conceito sobre tubos sonoros e cordas vibrantes pela atuação ou pelo instrumento que estava sendo tocado, incentivando os questionamentos importantes para o módulo.

Finalizada as apresentações, os alunos, ainda em grupo, responderam três questões de problematização trazidas ao final do “iniciando a discussão”, para conectar todas as falas e conceitos trazidos pelas atuações de cada grupo. Passado alguns minutos, ocorreu um debate para compartilhar as respostas e opiniões acerca do tema antes da exposição propriamente dita.

Iniciado a explanação dos conteúdos, foi optado por se focar nos conceitos qualitativos ao invés dos quantitativos, mesmo que o livreto indicasse diversas equações. Essa opção foi feita devido a uma concepção do professor sobre uma necessidade maior em entender o fenômeno em si, junto com suas formas de onda e consequências desse fato, ao contrário de uma matematização pesada desse tema. Da mesma forma, essa foi a opção escolhida para abordar o efeito Doppler, que foi exposto exclusivamente de modo qualitativo, junto com os conceitos de desvio para o vermelho e desvio para o azul. Por essa razão, essa explanação foi relativamente curta finalizando em pouco mais de uma aula de explicação.

No fim da sequência, foi pedido aos alunos que fizessem uma ficha técnica sobre um dos instrumentos construídos por eles. Essa atividade também se realizou em grupos, porém com pouca ajuda do professor, sendo apenas orientados a procurar em seus livreto as metodologias para poderem preencher as fichas técnicas de maneira adequada e completa.

Capítulo 6

Resultados

Na sequência didática produzida no presente trabalho, se tentou construir um material potencialmente significativo que articulasse conceitos importantes da estrutura cognitiva dos alunos a fim de relacionar os conteúdos a serem aprendidos e aquilo que os discentes já sabiam. Essa construção foi feita a partir da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, que relaciona subsunçores, elementos do arcabouço cognitivo, e a aprendizagem significativa.

Durante a aplicação da sequência tentou-se que cada módulo tivesse uma abordagem diferente e assim estimular a aprendizagem significativa relacionando os conceitos em diversos conhecimentos que, em geral, os alunos já possuem. Dessa forma, alguns módulos dependiam da aprendizagem dos outros para que fossem aprendidos significativamente. Essa aprendizagem será um dos focos na análise dos resultados desse trabalho.

A análise dos dados será feita qualitativamente através de áudios que os alunos produziram ao longo das aulas e gravados pelo professor, com o consentimento prévio de todos os pais e responsáveis pelo termo de consentimento livre e esclarecido que se encontra no Apêndice B. A partir desses áudios pretende-se identificar elementos de uma aprendizagem significativa, a relação das ideias ancoradas com o conteúdo a ser aprendido e a relevância do material para que esse processo acontecesse.

6.1 Módulo 1

Dentro do primeiro módulo, a intenção principal era a de que os conceitos de ondulatória básica fossem compreendidos de forma mais significativa, uma vez que são fundamentais para o entendimento correto da acústica. A qualidade da aprendizagem desse módulo é crucial para que os alunos pudessem ter uma análise e compreensão mais aprofundada dos outros módulos que se seguiram.

Dentro dos áudios extraídos durante as aulas, se procurou trechos das falas dos alunos que identificassem as ideias ancoradas dos alunos, a compreensão que os estudantes fizeram em relação aos organizadores prévios e momentos de apropriação dos conceitos trabalhados em sala de aula.

A partir das imagens iniciais do módulo e do iniciando a discussão, os alunos se reuniram em grupos e discutiram sobre as concepções que possuíam sobre o tema da acústica. Inicialmente, foi cedido um tempo para pensarem sobre as imagens e após a divisão em grupos foi concedido mais um tempo para responder as perguntas. Após esse tempo foi discutido com a sala a resposta de cada grupo, a fim de compartilhar os conhecimentos prévios e identificar os mais comuns para a explanação da aula. Assim foi possível perceber quais eram os conhecimentos iniciais dos alunos para a ondulatória e conseqüentemente para a acústica.

1. Professor: Bom galera, a partir disso que vocês pensaram, montem grupos de até quatro pessoas e respondam as perguntas do iniciando a discussão.

2. Alunos discutindo.

3. Professor: Bom, vamos lá galera, vamos discutir sobre as perguntas. Então na questão 1 a pergunta é: quais foram os sons produzidos pelos instrumentos? Ou seja, como foi o som por eles produzido?

4. Aluna LR: Alto, agudo e abafado

5. Professor: Então vamos lá, vou pegar por grupo para ser mais fácil. O que vocês jogaram no chão?

6. Aluno GL: Caneta e folha.

7. Aluna LR: Jogamos na mesa e no chão. Daí o som foi alto, agudo e abafado.

8. Professor: E vocês?

9. Aluna RM: Um lápis, um estojo, um livro e uma borracha

10. Professor: E aí?

11. Aluna RM: O lápis fez um som agudo, o estojo fez um som pesado, o livro fez um estralo mais ou menos e a borracha não fez som.

12. Professor: Perfeito. E vocês?

13. Aluno GS: A gente jogou uma borracha, um estojo, uma caneta e um lápis. Ah! E um celular.

14. Risadas

15. Professor: Tá. O celular moeu. Que mais?

16. Aluno GS: Daí foram sons altos e dependendo do que foi jogado, foram mais graves ou agudos.

17. Professor: Mais graves ou agudos... E vocês?

18. Aluna LB: jogamos um estojo de várias alturas, quando mudava a altura mudava o som.

19. Professor: Certo... E vocês?

20. Aluna AH: A gente jogou um lápis e um branquinho. E alguns sons foram altos e outros baixos.

Nessas discussões os alunos optaram por um único aluno representar o grupo todo sobre as perguntas debatidas previamente. E através das discussões dos alunos se pode perceber algumas qualidades comuns para os sons trazidas previamente por eles, tais como abafado, agudo, grave e pesado se apresentando nos turnos (4), (7), (11), (16) e (20). Nesses trechos pode-se identificar que existe certa apropriação de algumas nomenclaturas usadas na acústica como agudo e grave, isso se deve pela familiaridade com a música que muitos estudantes dessa turma possuem. Além disso, no turno (18) mostra uma noção sobre a intensidade sonora.

Essas qualidades genéricas apresentadas, principalmente agudo e abafado, são muito comuns no cotidiano, uma vez que a presença do som é constante, por vezes aparecendo inclusive em comerciais e televisão em natureza de estímulo para compra de aparelhos de som. Entretanto, as perguntas seguintes trouxeram uma reflexão sobre a produção do som pelos instrumentos e posteriormente acerca da produção sonora em si.

33. Professor: Daí a segunda vocês acabaram respondendo junto. Todos os instrumentos produziram som? Se não, quais não produziram?

34. Aluno GL e RM: Não, a folha não.

35. Professor: A folha, não a borracha não. Quem não jogou esses dois acabou que a resposta foi diferente. Então alguns objetos não produziram som. Vocês acham que isso é verdade?

36. Muitos alunos: Não!

37. Aluno GB: Todos os objetos produziram som, não é porque a gente não escutou que não produziu.

38. Aluno MB: Ele só não foi audível.

39. Professor: Exato! Nem todos produziram som que nós pudéssemos escutar. Não é porque o nosso ouvido não pode escutar que significa que não produziu som. Ele tem um limite de audição.

40. Professor: Pergunta três. Pense em uma hipótese de como os objetos produzem som. Não se preocupe com o rigor da resposta, discuta com os colegas e deixe a imaginação agir.

41. Aluno GL: Quando dois objetos entram em contato e liberam energia produzindo som.

42. Aluna RM: Ao entrar em contato com o chão a energia potencial se dissipa em energia sonora.

43. Aluno GS: Ao cair o objeto gera uma perturbação no ar.

44. Professor: De que forma ele vai gerar essa perturbação no ar?

45. Aluno GS: Sei lá.

A partir dessas falas, se pode perceber certa compreensão sobre sons audíveis e inaudíveis e ainda na parte inicial do módulo tem-se uma compreensão sobre a origem do som como transferência de energia, mas não se sabe como isso ocorre pelos turnos (43) e (45). Essa análise foi bastante interessante, pois além das noções comuns de grave e agudo uma boa parte dos alunos tem apropriação do conceito de audibilidade e onda como transferência de energia, mesmo que não sabendo a causa desse fenômeno.

Dentro da discussão o professor mediou as falas dos alunos incentivando que expusessem quais eram suas visões sobre o tema para que os conhecimentos prévios dos alunos fossem compartilhados, e assim construir uma conexão mais forte entre os conceitos que seriam apresentados posteriormente e a noção geral que a classe tinha sobre as ondas.

69. Professor: Na verdade o que vai formar o som, o começo do som, é a embocadura da flauta. Mas vamos pensar em algo mais simples, num tambor então. Um tamborzinho. Quando eu bato nele o que vai acontecer?

70. Aluno GL: Vai sair som.

71. Professor: Eu vou comprimir aquela película em cima dele. O tambor tem uma película, aquela “pelinha” dele. “Pelinha” do tambor. Quando eu bato nela eu não estou comprimindo? O ar de dentro do tambor ele vai sofrer uma parte de compressão e rarefação. O ar é como se fosse uma mola,...

72. Vários alunos: Vai oscilar, vai perturbar.

73. Professor: Quando a energia vai viajando nele, ele vai repetindo os padrões. Então quando, por exemplo, eu bato na lousa...

74. “Professor bate na lousa”

75. Professor: Quando eu bati na lousa, a madeira oscilou, microscopicamente, mas oscilou. Então o ar em cima dela vai receber essa vibração e essa vibração a gente chama de som.

No turno (69), o professor se utiliza de um instrumento do cotidiano, optando, no meio da fala, por utilizar outro instrumento que aparentemente fosse mais simplificado para a compreensão do som, a fim de que a familiaridade com o objeto citado facilitasse o entendimento dos conceitos envolvidos. Baseado no turno (72) fica aparente que se estabelece uma relação entre som e perturbação para os alunos, uma vez que muitos deles afirmaram que o ar iria “oscilar”. Além disso, no turno (73) o professor completa a relação de energia citada no turno (42).

Seguindo a mesma lógica, o professor foi se utilizando dos fenômenos cotidianos apresentados na seção inicial e pelos alunos para a explanação do primeiro módulo, dando continuidade as características básicas de uma onda e algumas características específicas das ondas sonoras.

83. Professor: Por fim, o som é uma onda mecânica, ou seja, ela somente se propaga nos sólidos...

84. Aluno GL: Líquidos ou gasosos também.

85. Professor: Exatamente. Só se propaga em meios materiais.

86. Aluno GB: O que seria um meio não material?

87. Aluno GS: Aquele que o som não se propaga.

88. Aluna LR e Aluno GL: Vácuo.

89. Professor: Vácuo.

90. Aluno GB: Só vácuo?

91. Professor: Porque o que acontece, ela só se propaga no meio material. Ela somente se propaga em meios materiais. Ou seja, ela não se propaga no vácuo. Por isso que todos os filmes de ficção científica que uma nave explode fazendo um barulho gigantesco é impossível.

Esse trecho relata uma experiência importante acerca da troca entre os alunos, de forma que durante a explanação da velocidade do som em diferentes meios, um dos alunos questionou o que seria um meio material e os próprios colegas que tiveram uma apropriação mais adequada dos conceitos responderam o colega. Esse tipo de interação é muito frutífera para que a aprendizagem se processe, pois os alunos trocam seus conhecimentos acrescentando-os, além de deixar a aula um processo menos maçante pois não somente o professor tem a palavra.

Ademais, nesse trecho ocorre uma correção do senso comum no turno (91), onde o professor discute a impossibilidade da propagação do som no vácuo muito presente nos filmes de ficção científica. Essa abordagem correlaciona os elementos conhecidos pelos alunos e os altera à medida que os conceitos mais novos e complexos vão aderindo-se à estrutura cognitiva, compondo um arcabouço mais complexo.

Ao fim do módulo foi utilizada uma lista de exercícios a fim de sedimentar os conceitos trabalhados em sala durante as aulas. A verificação mais aprofundada dos conteúdos aprendidos seria feita somente mais ao final da sequência a partir de outra abordagem, uma vez que a resolução dos exercícios não é tão confiável para a análise da aprendizagem significativa, pois os alunos se acostumam com o modo de resolução padrão dos exercícios repetindo-os mesmo quando não há aprendizagem significativa. (AUSUBEL, 2000)

Porém, pode-se perceber um empenho maior dos alunos em sala para com os exercícios e uma compreensão maior dos conceitos trabalhados em aula, mesmo que para alguns estudantes essa melhora fosse bastante discreta. Nesse momento, como houve uma concentração maior do professor no auxílio dos alunos, houve um problema de gravação e os áudios não ficaram compreensíveis.

6.2 Módulo 2

O objetivo do módulo 2 era correlacionar as qualidades do som juntamente com a poluição sonora, fenômeno muito presente no cotidiano dos alunos mas raramente percebido da forma que o artigo, mostrado ao fim do módulo, coloca. Além disso, esse segmento tenta apresentar uma escrita mais acadêmica aos alunos, a qual eles não estão normalmente acostumados, justamente para incentivar o aumento do vocabulário e compreensão em um texto mais complexo.

A discussão inicial do módulo foi acerca da agradabilidade de um som. Apesar da questão social sobre um som ser agradável e outro não, as frequências dos sons produzidos influenciam muito no incômodo auditivo, de forma que um som mais agradável tem menor variação de frequência por tempo que um ruído incômodo e certa repetibilidade dos harmônicos. Dessa forma, tentou-se mostrar esse fenômeno para os alunos de forma empírica através de um violão trazido pelos alunos, sendo que dois deles tocariam o instrumento, um que tinha proficiência no manejo do violão e outro que não possuía a mesma habilidade.

133. Aluno GC começa a tocar alguns trechos de músicas para os alunos.

134. Professor: Agora eu preciso de alguém que não sabe tocar violão.

135. Aluno GL: Eu vou!

136. Aluno GL toca aleatoriamente as cordas do violão.

137. Professor: Percebam que o som ainda é agradável, mas ele tem uma mudança no quão agradável ele é.

138. Professor: O violão é feito de madeira, ele tem uma caixa que a gente chama de caixa de ressonância. Por isso a gente chama de violão acústico. Vocês percebem que em uma guitarra não tem isso, pois ela produz som por outro método.

139. Professor: Então galera, foi tocada as casas numa sequencia lógica. O Aluno GL tocou uma sequência qualquer. E aí tem... E só, por exemplo, aqui você tem as casas e você precisa segurar as casa para tocas as notas. Vou tocar sem apertar as casas.

140. Toca as cordas sem apertar as casas

141. Professor: Daí eu aperto.

142. Toca o violão com as casas apertadas.

143. Aluno MB: As cordas foram tensionadas

144. Professor: É pra vocês perceberem que eu mudei uma coisa, olha como muda o som. Todas as características do som, a gente ainda vai ver, mas para vocês pararem pra pensar sobre isso. Salva de palmas para o pessoal que participou aqui na frente.

145. Salva de palmas.

146. Professor: Agora vocês podem sentar em grupo para poder responder as questões.

Esse início da aula teve como finalidade trazer questionamentos para os alunos que funcionam como organizadores prévios, para que eles possam orientar a estrutura cognitiva a fim de preparar para os conceitos que serão expostos logo na sequência, uma vez que essas reflexões trazem o pensamento para a Física, obrigando-os, de certa maneira, a articular aquilo que já sabem sobre a Física e o som.

148. Professor: Então ó, a composição de todas as frequências é o que define o timbre. Então como isso vai acontecer? Primeiro ele tem uma frequência, a menor frequência, ou seja, o maior comprimento de onda. Frequência é o inverso de comprimento de onda. Quanto maior a frequência menor o comprimento, quanto maior o comprimento menor a frequência. Então eu vou ter o som fundamental, ou primeiro harmônico.

149. Desenha onda na lousa

150. Professor: Então ó, esse é a onda que vai ter, o maior comprimento de onda, ou seja a menor frequência, é o que a gente chama de primeiro harmônico.

151. Aluno GL: Então o primeiro harmônico sempre vai ser o de menor frequência?

152. Professor: Sim.

153. Aluno GL: Então essa é a regra dele?

154. Professor: Sim.

155. Professor: Então o som produzido de menor frequência é o primeiro harmônico, daí o que acontece? Os harmônicos...

156. Aluno GL: De menor frequência.

157. Professor: Subsequentes, por exemplo, vamos considerar que tem um, dois, três, não... Esse desenho está horrível.

158. Redesenha.

159. Professor: Olha, então aqui eu tinha meia onda, agora dentro dessa onda eu tenho uma onda inteira.

160. Aluna LR: Não, mas... Ahhhhhh Entendi

161. Aluno GL: Onde você tinha meia onda agora tem uma onda inteira.

162. Professor: Então olha, não é o dobro da frequência?

163. Alunos: É!

164. Professor: Então é o segundo harmônico.

165. Alunos: Ahhhhhhh

166. Aluno MB: Então o terceiro harmônico vai ter três.

167. Aluno GL: Mas sempre vai ser em projeção assim?

168. Aluna LR: Não. Não faria sentido.

169. Professor: Então o que acontece, quando todos estão pra cima, as intensidades se somam, e quando tá pra baixo e pra cima vão se cancelando e aí o que acontece? Ele gera no fim de tudo um som resultante.

170. Aluna LR: Som composto.

171. Professor: Som resultante. E isso que caracteriza o som de cada um, porque o som fundamental de cada instrumento é diferente. Portanto quando se aplica uma nota, as mesmas notas, vão ter influências diferentes de pressão, temperatura, de todas as variáveis. Então as mesmas notas terão sons diferentes porque vão produzir uma composição de onda diferente. Isso é o que a gente chama de timbre.

A explanação do conceito de timbre foi feita através da imagem do livreto reproduzida na lousa, de forma que os alunos pudessem enxergar os harmônicos e a onda composta que caracteriza o timbre de um instrumento.

A partir dessa discussão, pode-se observar que no turno (163) os alunos afirmaram compreender graficamente o que seria um exemplo de meia onda, assim como a relação entre frequência e comprimento de uma onda que possui velocidade constante em um meio. Por consequência, no turno (165) houve certa percepção da nomenclatura dos harmônicos na descrição de uma

onda característica. É relevante dizer que muitos alunos dessa sala tinham afinidade com a música, fazendo relação com as nomenclaturas usadas por ela, mas não tendo o entendimento da razão dessa nomenclatura. Fundamentado nessas apropriações, o turno (170) mostra a compreensão do conceito de timbre.

No fim do módulo, após as devidas explicações do conteúdo, foi proposta uma tabela de intensidades sonoras e tempo limite de exposição logo antes do artigo informativo. Após a discussão da tabela e do artigo, os alunos deveriam produzir um texto medindo a intensidade sonora de locais que ele frequentava e qual era a sua conclusão acerca daquelas medidas. Um recorte que pode auxiliar na análise da efetividade do artigo ocorreu com a leitura pausada e coletiva do texto. O debate teve início após cerca de 2 minutos de leitura do artigo.

233. Professor: O fone é um veneno! Não sei se o celular de vocês tem, mas o meu mostra... Ficar com esse aparelho... escutar um som muito alto por muito tempo pode prejudicar...

234. Aluno GB: Você só aperta o OK e aumenta

235. “Risadas”

236. Professor: No caso eu uso isso no carro, daí no carro não tá no ouvido...

237. Aluno RM: Mas então ficar ouvindo muito alto deixa a gente retardado?

238. Professor: Não, o que acontece... Você tá ficando surdo... aos poucos ficando surdo, o que acontece... Quer queira quer não o som tem uma melodia, a música tem uma melodia que nos agrada, seja ela qual seja, mas, por exemplo, uma britadeira (incompreensível) não tem melodia, você vai causando prejuízos.

239. Aluno GA: Mas, tipo, no nosso dia-a-dia assim pode causar alguns problemas psicológicos, tipo...mudança de humor. Quando alguém tá construindo alguma coisa perto de casa, se faz muito barulho, eu fico muito irritado

240. Professo: Sim! Sim! É galera... Eu acho que cheguei a contar pra vocês aqui, que a um mês, dois meses, os caras estavam cortando piso atrás de casa, então era insuportável (som de cortadeira). Esse é o problema,

quando o som é ininterrupto você não liga tanto, se ele é constante. Por que? Porque seu ouvido acostuma.. O problema é... (barulho de cortadeira) (3 segundos de silêncio) (barulho de cortadeira), por que você não espera.

O professor introduz o problema da intensidade sonora e principalmente, da exposição constante a um ruído. E, justamente, caracterizando-se como o principal agente da perda paulatina da audição, torna o dano quase imperceptível. Os alunos mostram certa apropriação desse problema, na medida em que relacionam a mudança de humor à poluição sonora, discutindo entre si como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Leitura guiada do artigo de poluição sonora



Fonte: Elaborada pelo autor

Com a mesma temática, a aula segue:

263. Professor: O problema está em barulhos constantes, já que eles que agredem o ouvido silenciosamente. Que acabam causando estresse

264. Aluno 3 : professor, então o som causa stress?

265. Professor: sim, causa. É uma das causas.

266. Aluno 3: Mas é de qualquer tipo? De qualquer frequência?

267. Professor; Imagina você na sua casa, domingo, daí tem uma construção atrás da sua casa...

268. Aluno RM: Causa estresse

269. Professor: Então e o excesso de estresse causa o que?

270. Aluno LR : Morte

271. Professor: E eu estou falando de algo simples, é alto mas é pontual. E quando você tá na cidade grande e tem barulho dia inteiro? É severo, a gente não enxerga..

272. Aluno MB: Quando você era do barulho e vive em um lugar que não tem nada, a falta de barulho me irritava, o balançar da janela me irritava, me incomodava a falta do barulho de ambulância.

273. Aluno LR: Eu já me senti bem melhor, em São Paulo eu era muito estressada.

Em uma aula sobre poluição sonora, parece interessante ter surgido a cidade de São Paulo que, reconhecidamente, registra níveis desse problema acima do permitido por lei (ANDRADE, 2015). Esse problema vivido por moradores das grandes cidades foi abordado em outros trechos da aula, os quais não serão apontados.

Mais um trecho da mesma aula:

276. Professor: Pessoal, façam o teste, quando vocês estiverem com o decibímetro, coloquem do lado do fone no volume normal que vocês escutam... Vocês vão assustar.

277. Aluno GL: Quanto é o normal.

278. Professor: 55 dB

Após a discussão guiada, na qual houve relativa participação dos alunos, eles foram orientados a produzir uma tabela indicando os valores de intensidade sonora que se apresentava nos lugares mais comuns do cotidiano de cada um e, a partir dessa tabela, montar uma análise sobre qual era a presença da poluição sonora no dia a dia de cada um e quais os riscos que eles percebiam.

Dentro do texto que os alunos produziram, muitos trouxeram elementos que revelavam características de uma apropriação significativa, porém entendeu-se como mais interessante trazer texto de alunos que dialogaram pouco durante os áudios, uma vez que a aprendizagem deles não

foi tão aparente em sala de aula. Dessa forma, foram selecionado três textos de três alunos diferentes: Aluno LF, Aluno IS e Aluno AG.

O Aluno LF fez uma análise mais criteriosa sobre a poluição sonora analisando o ruído em si “Os ruídos variam dos ambientes que frequentamos, e os possíveis problemas depende do tempo que se fica exposto aos mesmos”. E, após isso, define a altura como “se o som é grave ou agudo” a intensidade como “se o som é forte ou fraco” e o timbre como “composição da frequência dessa onda barulhenta”.

Já o Aluno IS discutiu mais sobre o dano que o ruído em excesso causa ao corpo humano que “ativa a proteção do sistema nervoso contra o ataque de um inimigo invisível, mas isso se torna prejudicial ao corpo, pois ocorre o surgimento de aumento da pressão arterial, paralisação do estômago e intestino, entre outros”. Além disso, ele alerta sobre a utilização excessiva dos fones de ouvido em níveis sonoros muito elevados, que pode se tornar “problemas auditivos e levarem a surdez com o tempo”.

Por fim, o Aluno AG primeiro fez uma análise geral sobre o dano causado pelo ruído e as qualidades sonoras envolvidas no ruído. Após isso, ele discutiu sobre os valores da intensidade sonora na própria casa que ficou por volta de 40 dB a 90 dB, concluindo que os aparelhos que ele usa diariamente causam dano permanente ao sistema auditivo.

Dentro dos áudios e dos textos produzidos, pode-se observar que a relação que os alunos estabeleceram com as qualidades sonoras e a poluição sonora foi satisfatória. Uma vez que muitos conseguiram articular os conhecimentos de ondulatória e o seu cotidiano em particular com a poluição sonora, tomando ciência sobre esse fenômeno que é bastante danoso ao corpo humano.

Ademais, tanto nos textos quanto nas falas, os alunos apresentaram uma relativa retenção dos conceitos explanados durante a aula, além da própria participação dos mesmos durante a leitura guiada que foi bastante envolvente de forma que alguns alunos que, em geral, não participavam da aula e não demonstravam muito interesse, participaram ativamente na discussão.

6.3 Módulo 3

Dentro do terceiro módulo se situa os fenômenos acústicos, e ondulatórios também, mais comuns como reflexão, refração, difração e ressonância. O objetivo desse módulo era que os alunos pudessem enxergar os fenômenos sonoros no seu cotidiano, até mesmo pela enorme presença deles no dia-a-dia.

Nesse módulo a participação dos alunos foi menos intensa, até pela natureza do módulo que fomenta a análise inicial mais silenciosa, uma vez que o início do módulo propõe a construção de um texto sobre os fenômenos acústicos que apareceriam no decorrer do módulo, questionando o que os alunos já sabiam sobre essas manifestações acústicas.

Assim sendo, tanto a discussão inicial quanto a explanação do conteúdo foi menos dinâmica que nos outros módulos sendo somente a explanação do conteúdo articuladas com as relações no cotidiano.

A atividade desse módulo que teve um maior empenho e resultado foi a busca pelos fenômenos sonoros pela escola. Numa atividade os alunos se separam em grupos e saíram pelo recinto investigando a presença desses fenômenos. Vale ressaltar que o prédio onde o professor trabalha é uma escola que possui grandes áreas verdes e pátios extensos, tendo muito espaço para a averiguação desses fenômenos em diversos ambientes. Pela natureza da experiência, não foi possível gravar os áudios dos alunos tendo como referência somente a vivência do professor no momento da procura dos fenômenos.

Durante a pesquisa desses fenômenos, a grande maioria dos alunos demonstrou bastante facilidade no entendimento do reforço, refração e difração. Uma vez que essas características são facilmente observáveis qualitativamente e a ampla conexão desses fenômenos com o cotidiano sedimentou esses conceitos mais facilmente.

Entretanto, a reverberação e o eco não foram fenômenos tão elementares de se identificar, uma vez que a escola possui lugares extensos para que o fenômeno pudesse ocorrer, mas não fechados o suficiente. E durante a procura da reverberação e do eco, o professor pode perceber a

discussão entre os alunos e, por vezes, entre os grupos sobre onde estaria a reverberação e se determinado som seria uma reverberação ou não.

Essas discussões foram bastante produtivas, pois eles puderam analisar o fenômeno da reflexão sonora de vários ângulos e compartilhar as experiências pessoais e visões do cotidiano de cada um. O professor entrevistou somente quando a utilização do conceito se mostrou de alguma forma errada, mas no geral os debates se direcionaram na utilização correta dos conceitos.

6.4 Módulo 4

Para o quarto módulo se reservou uma abordagem mais lúdica e menos conceitual, uma vez que essa foi a última semana de aula do ano letivo e os estudantes aparentavam um grande cansaço para qualquer tipo de atividade predominantemente tradicional. Dessa forma, os alunos foram orientados a construir os instrumentos que se apresentam no “iniciando a discussão” em casa e trouxeram os trabalhos de cada um para a sala de aula, um aparelho de corda e outro de tubo.

A partir desses instrumentos seriam confeccionadas as fichas técnicas para que os estudantes pudessem aplicar todo o arcabouço que foi adquirido durante a aplicação da sequência didática e verificar qual teria sido a aprendizagem obtida por cada um.

É interessante ressaltar que alguns alunos já tinham encerrado o ano letivo com relação às notas, uma vez que o fechamento do último trimestre tinha ocorrido uma semana antes, dessa forma parcialmente dispensados das aulas, e embora essa característica todos os alunos se envolveram na construção dos instrumentos e os confeccionaram com bastante esmero como mostrado na Figura 8, um grupo que solicitou, espontaneamente, para o professor para construir o violão a partir de um material diferente, pois tinham observado essa construção na mídia e gostariam de tentar reproduzir para a sala.

Figura 8 - Grupo apresentando o violão construído a partir de um galão de água



Fonte: elaborada pelo autor

Num outro ponto de vista, a confecção dos instrumentos musicais desenvolveu algumas habilidades manuais que não se utilizam na escola, mas é de grande importância para o cotidiano de uma boa parte dos cidadãos. Essas habilidades manuais, principalmente da área da carpintaria, foram bastante utilizadas para a confecção dos objetos dado que a construção do violão era relativamente complexa. Isso favoreceu para um entrosamento maior entre os membros do grupo, pois como a fabricação do violão era mais intrincada foi realmente necessário que eles fizessem atividades diferentes que, por fim, resultou em um dispositivo criado por eles mesmos. Essa dificuldade foi tão aparente que parte do início da aula do quarto módulo foi uma discussão iniciada pelos alunos sobre como foi a confecção do violão.

298. Professor: Só um detalhe: não destruam isso, pois vocês vão ter um trabalho no último dia, não sei se vai dar pra terminar hoje. Vocês vão fazer um estudo técnico dos instrumentos que vocês fizeram.

299. Professor: Então a gente vai fazer um estudo técnico, certo? Então, não destruam os instrumentos após a aula. E vocês vão precisar aplicar tudo aquilo que vocês viram.

300. Aluno GL: Quem montou sem luz ganha mais ponto?

301. Aluna LR: Sem luz, a luz de vela...

302. Professor: hahaha... Não, não.

303. Professor: Então a atividade de vocês eram montar um violão e uma flauta doce.

304. Aluna LM: Querido, pra martelar isso aqui foi um “perrengue”. Pra conseguir pregar um prego, foi difícil pra car...

305. Professor: Na verdade pregar é difícil...

306. Aluna LR: A gente foi no marceneiro, estragamos o pincel dele.

307. Aluno MB: O prego não fixava, ele ia pro lado...

308. Aluna LM: Foi muito difícil.

309. Aluno GL: A gente estragou o pincel do marceneiro, a gente foi passar cola, não resistiu.

Ainda que essa aprendizagem não seja deliberadamente sobre a Física, no cotidiano de qualquer pessoa é necessário, eventualmente, operar ferramentas como martelo, serrote, chave de fenda etc. Logo, como foi possível inserir essas habilidades no contexto da Física é de grande valia que os alunos possam ter contato e aprendam a utilizar equipamentos diferentes dos que eles estão acostumados, mesmo que seja algo rudimentar como pregar um prego.

321. Professor: Então galera, o próximo grupo a se apresentar é o grupo das meninas.

322. Fazem uma apresentação mais organizada

323. É possível ouvir a bem a flauta

324. Professor: Agora o violão.

325. Começam a tocar o violão

326. Tentam e acham que está errado.

327. Professor: Eu só queria mostrar uma coisa para vocês. A gente vai ver hoje a diferença entre esses tipos de instrumento. Isso é uma corda de náilon e esse violão não tem tantas trastes para você poder fazer várias notas que não sejam essa. Essa é a nota inicial, a nota total.

328. Toca a corda no vazio

329. Professor: Agora percebam a diferença de som.

330. Toca uma nota mais alta.

331. Professor: Mesmo o barulho sendo seco. O que tem de mudança aqui?

332. Aluno MB: de som...

333. Professor: Esse aqui é mais...?

334. Toca uma nota mais alta.

335. Aluno LV: Mais agudo

336. Toca uma nota mais baixa

337. Professor: Essa aqui é mais...?

338. Aluno GL: grave.

339. Professor: Então a frequência desse aqui é muito mais...?

340. Toca a nota mais aguda

341. Aluno GL: Muito maior.

342. Professor: Então quanto menor a minha corda, quanto mais curta a corda, maior a frequência do som. É o que a gente vai ver hoje trabalhando com corda vibrantes, essa é a diferença. E no caso dos tubos...

343. Faz sons variados com a flauta.

344. Professor: Então vocês percebem que quando eu diminuo, a nota é mais...?

345. Alunos: Grave.

Após as apresentações, o professor se utilizou de um dos instrumentos para que pudesse explicar o conceitual de cordas vibrantes e tubos sonoros. Do turno (333) ao turno (345) pode-se perceber uma apropriação dos conceitos de frequência trabalhados no primeiro módulo, além da compreensão entre a relação sobre sons agudos e sons graves, inicialmente por alguns alunos, sendo posteriormente seguida pelo restante.

O decorrer dessa aula foi bastante simples, sendo essencialmente uma aula expositiva com inserções do cotidiano. Essas explicações foram predominantemente qualitativas, uma vez que não havia a necessidade de relacionar cada fórmula exaustivamente ou demonstrar a aplicação numa grande variedade de exercícios. Após esse dia, foi construída a ficha técnica dos instrumentos com os alunos em grupos de 4 a 5 integrantes. Cada grupo ficou incumbido de construir a ficha técnica de um dos dois instrumentos construídos. Esse registro contava com a análise de várias grandezas estudadas durante todo o percurso da sequência didática como frequência, intervalo e forma de onda.

A opção de analisar a aprendizagem significativa ao final da sequência didática através de uma ficha técnica tem por objetivo uma abordagem diferente da usual, pois os alunos aprendem como resolver

exercícios padrões da disciplina, pelo próprio tempo de curso na escola que eles possuem. Dessa forma, uma avaliação não convencional revelaria, na visão ausubeliana, uma aprendizagem mais fiel à realidade.

As fichas técnicas preenchidas por alguns grupos estão situadas no Apêndice C, assim sendo podemos observar diversos indícios de aprendizagem significativa, partindo inicialmente pelos dados mensuráveis como a corda do violão e o ruído produzido, colhidos pelos próprios alunos através do aplicativo de celular recomendado no módulo 2, e a partir disso, eles estabelecem o som fundamental equivalente ao primeiro harmônico e as qualidades sonoras adequadas aos conceitos presentes na teoria. É relevante apontar que esse trabalho foi feito somente com pequenas orientações do professor, apenas indicando qual grandeza era indicada por cada elemento da ficha técnica, sem muitas explicações aprofundadas.

Alguns descuidos nas fichas aparecem, como valores de frequências inexatos por consequência da presença de unidades erradas de medidas no momento do cálculo. Esses erros, muito comuns no ensino médio, foram propositalmente deixados e depois mostrados para os alunos de forma que eles percebessem os erros que cometeram, mas pela fidelidade dos dados, eles não puderam alterar nas fichas técnicas.

Por fim, o autor acredita que pelos dados apresentados, tanto pelos áudios quanto pelas fichas técnicas, além das posturas que os estudantes tiveram em relação à sequência em sala de aula, houve certa aprendizagem significativa dos fenômenos e conceitos estudados. Uma vez que, em diversas falas, os alunos mostram certa apropriação dos conceitos que foram apresentados a eles e, muitas vezes, conectando esses mesmos conceitos com o cotidiano apresentado em sala de aula.

Principalmente, no decorrer da aplicação, foi notório o entusiasmo com que os estudantes fizeram toda a sequência didática, tanto na construção de instrumentos, como na participação em sala de aula ou mesmo nas reflexões das imagens. Essa característica é muito importante, uma vez que o próprio Ausubel (2000) diz que é necessário que o aluno queira aprender, caso contrário nenhum material instrucional poderá ajudá-lo, por isso os materiais são denominados por ele de potencialmente significativos. E no desenrolar da aplicação os alunos sempre apresentaram uma postura de interesse pela

sequência, justamente pela grande variedade de abordagens que ela possuía e por propiciar alta dinamicidade em sala de aula.

Considerações Finais

Uma das metas do presente trabalho consistia na produção de uma sequência didática em acústica a fim de auxiliar os professores no ensino desse tema da Física, normalmente deixado como último tema no segundo ano. Dentro dessa perspectiva, foi construída a sequência a partir da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e a metodologia de validação de Giordan e Guimarães. Além disso, a presente dissertação tinha como objetivos auxiliar docentes na prática de sala de aula através de exemplos e sugestões de atividades e apresentar os estudos mais recentes e importantes na área do ensino de Física voltado para o ensino de acústica.

Com relação aos estudos relacionados ao ensino de acústica, a maior parte propõem atividades diferenciadas de baixo custo ou através de aquisição automática de dados, mas nenhum discute sobre a sequência didática em acústica, sendo esse um tema relevante para analisar se aquilo que se instrui realmente deveria ser ensinado em determinada ordem, ou se existe a necessidade de ser ensinado, como disse Chevallard, citado no começo do trabalho, “Nenhum saber ensinado se autoriza por si mesmo”. Dessa forma, poderiam haver mais estudos na área de sequência didática em acústica, para que essa reflexão entre os saberes fosse mais aparente.

Sobre a sequência didática, acredita-se que a construção da mesma foi feita de forma a atender uma gama de realidade, desde a rede pública até a rede privada, sempre na tentativa de modelar a sequência de forma que fosse prática o suficiente para ser usada em qualquer situação de aprendizagem e não consumir muito tempo de preparo para o docente, uma vez que essa característica muitas vezes inviabiliza uma abordagem menos tradicional. Além disso, a variedade de metodologias presentes no trabalho favorece uma participação maior dos alunos e resulta, em geral, em uma aula mais produtiva e prazerosa.

Após a construção da sequência didática, aplicou-se a mesma na escola onde o autor leciona, com a finalidade de observar se a sequência teria eficiência em sala de aula, uma vez que é necessário que as atividades e metodologias escolhidas devam ser funcionais além de teoricamente

coerentes. E durante a aplicação do trabalho pode-se perceber diversas características positivas que a turma apresentou durante os módulos propostos pela sequência, como postura de maior interesse, empenho acima da média, participação e diálogos bastante coerentes. Todos esses fatores levaram o autor a concluir que a sequência, pelo menos na realidade proposta, se adequa aos parâmetros propostos e fomenta a dedicação dos alunos pelas abordagens diferenciadas pelas propostas no decorrer dos módulos. Um exemplo disso, como já dito anteriormente, é que durante o último módulo, que se sucedeu na última semana de aula, muitos alunos já estavam dispensados da escola e mesmo assim vieram para a aula e participaram ativamente dos trabalhos propostos.

Além da notável participação dos alunos, durante os áudios e da mesma forma na postura de sala, eles demonstraram certa aprendizagem significativa dos conceitos trabalhados, relacionando-os com o cotidiano e utilizando conceitos de outros módulos para a compreensão de tema mais complexos dentro da acústica, principalmente dos conceitos fundamentais da acústica como frequência e forma de onda. E ainda demonstraram apropriação de outras habilidades e competências como as atividades manuais do quarto módulo ou as discussões bastante coerentes do segundo módulo.

Entretanto, no decorrer da aplicação foram feitas observações para uma futura melhoria da sequência, como o acréscimo de mais imagens relevantes que mostrem os fenômenos mais complexos da acústica, a inclusão de mais exercícios no decorrer da sequência, caso o professor sinta a necessidade da capacitação dos alunos para resolver exercícios, e uma utilização maior dos efeitos estéticos para permitir uma sequência didática mais atraente.

Dentro dessa perspectiva, o presente trabalho é mais uma alternativa ao professor do ensino médio, construída de forma que a aplicação fosse mais flexível e adaptável. O potencial da sequência fez com que fosse elaborado um material mais sistematizado. Outros materiais poderiam ser confeccionados a partir da sequência.

Além disso, dentro do escopo do trabalho, a metodologia de Giordan e Guimarães, que norteou a construção da sequência em si, poderia ser utilizada de forma a compor uma ficha de meta-avaliação de sequências

didáticas que seriam utilizadas para analisar as sequências didáticas depois da aplicação em sala de aula. Acredita-se que essa ferramenta seria útil uma vez que os professores que constroem uma sequência didática poderiam analisar quais foram os resultados do trabalho a partir da própria sequência e com essa ficha de avaliação analisar as diferenças entre teoria e prática, assim como proposta na Engenharia Didática, exposta pela francesa Artigue, que valida os dados *a priori* e *a posteriori* só que nesse caso o próprio professor pode construir essa análise a partir de eventos qualitativos e bem definidos, como na proposta de validação de Giordan e Guimarães.

Por fim, o presente trabalho cumpriu os objetivos propostos no início de maneira satisfatória, porém é sempre importante a análise de melhorias que possam ser implementadas de forma a aprimorar a sequência para fornecer os subsídios necessários com cada vez mais qualidade para os docentes da rede pública e privada de ensino.

Bibliografia

ANDRADE, P. R. Poluição sonora está acima do permitido por lei. **Site da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - USP**. Disponível em: <<http://comunicacao.fflch.usp.br/node/1724>>. Acesso em: 3 Julho 2015.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1ª. ed. [S.l.]: Paralelo Editora, 2000.

BONADIMAN, H.; NONENMACHAER, S. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 194-223, Agosto 2007.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999, 2000.

CARVALHO, A. M. P. D. C.; PEREZ, D. G. Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média. In: AMÉLIA DOMINGUES DE CASTRO, A. M. P. D. C. **O saber e o saber fazer dos professores**. São Paulo: Pioneira, 2001. p. 107-124.

CASTRO, A. D. E. A. **Didática para a escola de 1º e 2º graus**. São Paulo: Pioneira, 1976.

COELHO, S. M.; MACHADO, G. R. Acústica e música: uma abordagem metodológica para explorar sons emitidos por tubos sonoros. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 207-222, Abril 2015.

ERROBIDART, H. A. et al. Ouvido mecânico: um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, Março 2014.

FECHER, G. **Elements of psychophysics**. [S.l.]: [s.n.], v. I, 1966.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A.; MASSI, L. **Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências**. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas: [s.n.]. 2011.

GUIMARÃES, Y. A.; GIORDAN, M. **Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores**. VIII Encontro Nacional De Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas: [s.n.]. 2011.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2008.

JÚNIOR, F. N. M.; CARVALHO, W. L. P. D. 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**, 2011. 137-154.

LAGO, B. L. A guitarra como um instrumento para o ensino de física ondulatória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, Março 2015.

LUDKE, E. et al. Velocidade do som no ar e efeito Doppler em um único experimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, fev. 2012.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2ª. ed. São Paulo: E.P.U., 2014.

MOURA, D. D. A.; NETO, P. B. O ensino de acústica no ensino médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, p. 12-15, 2011.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. 4ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. 2, 2004.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática**: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico : energia, calor, imagem e som. 1ª. ed. São Paulo: FTD, v. 2, 2010.

RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. D. T. **Os Fundamentos da Física**. 10ª. ed. São Paulo: Moderna, v. 2, 2009.

RIBEIRO, J. L. P. Por que a percussão de uma mola produz o mesmo som de “pistolas laser” do filme Star Wars? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 385-399, Agosto 2014.

RICARDO, E. C. **Problematização e contextualização no ensino de física**. São Paulo : Cengage Learning, 2010.

RICARDO, E. C. Problematização e contextualização no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. D. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. Cap. 2, p. 29-52.

SANTOS, E. M.; MOLINA, C.; TUFAILE, A. P. B. Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de física, v. 35, n. 2, 30 Maio 2013.

SILVA, W. P. D.; SILVA, D. D. P. S. E.; SILVA, C. D. P. S. E. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 103-110, Abril 2004.

SILVER, D. D. PewResearchCenter. **Site da PewResearchCenter**, 02 fev. 2015. Disponível em: <<http://www.pewresearch.org/fact-tank/2015/02/02/u-s-students-improving-slowly-in-math-and-science-but-still-lagging-internationally/>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

VIGGIANO, E.; MATTOS, C. O desempenho de estudantes no Enem 2010 em diferentes regiões brasileiras. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 94, n. 237, p. 417-438, 2013.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o Ensino Médio**. 1ª. ed. São Paulo: Saraiva, v. 2, 2010.

YOUNG, H. D. **Física III - eletromagnetismo**. 12ª. ed. São Paulo: Addison Wesley, v. III, 2009.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: Termodinâmica e ondas**. 10ª. ed. São Paulo: Addison Wesley longman, 2004.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZANETTI, J. **Qual o papel da ciência na formação básica?** Atas do IX Simpósio Nacional de Ensino de Física. [S.l.]: [s.n.]. 1991. p. 9/10.

Apêndice A

Sequência didática de acústica usada em sala de aula

Ondas Sonoras – formação, tipo de onda e velocidade.



Você já se imaginou sem escutar música? Já parou para pensar em como o som é produzido? Como diferenciamos tantos sons?



Quais seriam as diferenças entre um som agradável e um ruído incômodo? E como isso teria relação com a Física?



Qual seria a velocidade do som? Ela seria constante em todas as situações? Comparando com outras velocidades ela seria grande ou pequena?

Fontes (De cima para baixo):

Imagem 1: <http://buzzerg.com/42009-girl-headphones-id-26553.htm>. Acessado dia 20/07/2015.

Imagem 2: <http://media1.santabanta.com/full1/Miscellaneous/Musical%20Instruments/musical-instruments-22a.jpg> Acessado dia 20/07/2015.

Imagem 3: http://i.telegraph.co.uk/multimedia/archive/01410/hornet_1410652c.jpg Acessado dia 20/07/2015.

Todos os questionamentos da página anterior remetem a um único tema: a Acústica. A acústica é uma área da ondulatória que estuda as ondas mais importantes para os seres humanos, o som. Remonte o seu dia, em quais momentos dele não estiveram presentes algum tipo de comunicação sonora, algum tipo de música, algum som agradável ou irritante. A partir disso podemos perceber a importância do som nas nossas vidas, e como é quase impossível viver sem ele.

Iniciando a Discussão

Materiais:

Objetos que estão na mesa. Escolha pelo menos cinco diferentes.

Procedimentos:

Deixe os objetos cair de certa altura até o chão, depois analise as perguntas a seguir.

1 – Quais foram os sons produzidos pelos objetos? Ou seja, como foi o som por eles produzido?

2 – Todos os objetos produziram som? Se não, quais não produziram?

3 – Pense em uma hipótese de como os objetos produzem som. Não se preocupe com o rigor da resposta, discuta com os colegas e deixe a imaginação agir.

Formação das ondas

As ondas sonoras podem ser definidas como uma perturbação que se propaga em um meio (gasoso, líquido ou sólido) de forma longitudinal e tridimensional, constituída de um volume de rarefação e um volume de compressão.

Porém, antes de adentrar no mundo do som, é bom lembrar-se de alguns conceitos do universo das ondas.

O primeiro conceito importante é a definição de onda mecânica, sendo que onda mecânica é uma perturbação que se move por um meio no, qual a onda se propaga. À medida que a onda se propaga através do meio, as partículas do meio sofrem movimentações de diversas espécies, dependendo da natureza da onda. Outra propriedade muito importante das ondas, não somente as ondas sonoras, é que as ondas só transmitem energia e não transmitem movimento.

Para exemplificar melhor faça um experimento mental. Pense na superfície calma de um lago e numa folha sobre essa superfície, em determinado momento se atira uma pedra sobre a superfície do lago e esta começa a produzir ondas. É possível perceber que a folha que se encontra na superfície somente se move para cima e para baixo, mas não se movimenta se afastando do local onde a pedra foi atirada. Isso representa que a folha não se movimenta em relação à margem do lago, pois ela retorna sempre ao mesmo ponto, enquanto a onda passa por ela e segue em direção à margem do lago.

Nesse caso o deslocamento da onda é transversal, pois a oscilação da folha, o “sobe-desce”, é perpendicular ao deslocamento da onda que no caso vai para frente.

O som possui propagação longitudinal, ou seja, a oscilação do ponto ocorre no mesmo sentido do deslocamento da onda. Um exemplo disso está quando se estica uma mola e gera uma perturbação no seu início, é possível perceber que o pulso que se propaga na mola tem o mesmo sentido de deslocamento que a vibração dos elementos da corda.

Na figura a seguir temos a comparação entre os dois tipos de propagação de onda, indicando os comprimentos e forma de onda. É importante ressaltar que todas as ondas longitudinais aparecem área de compressão e rarefação, pois se o meio é elástico enquanto uma parte se comprime a outra obrigatoriamente se expande, como no caso da figura.

As ondas sonoras são sempre longitudinais, devido elas produzirem uma perturbação no ar, elas impulsionam o ar criando regiões de pressão e rarefação, produzindo assim as ondas sonoras.



Fonte: http://www.explicatorium.com/CFQ8/images/propagacao_do_som.jpg Acessado dia 20/07/2015.

Na imagem acima se pode observar a produção sonora em um instrumento musical, nesse caso a flauta transversal. Quando a garota assopra na embocadura da flauta, esta faz o ar vibra de maneira a criar as áreas de compressão e rarefação citadas anteriormente. A flauta é chamada de fonte sonora, devido a ser a região de produção do som, enquanto o garoto que a escuta é o receptor das ondas, para esse caso.

*Não esquecer!
As ondas sonoras são ondas mecânicas. Somente se propagam em meios materiais (sólidos, líquidos e gasosos).*

A Velocidade do Som

Em dias de tempestade é comum nos depararmos com um fato bastante interessante, quando observado um trovão, é possível enxergar sua luz muito tempo antes de escutar o estrondo característico. Isso acontece devido à velocidade do som ser inferior à velocidade da luz. Sendo:

Velocidade da Luz: 300.000 Km/s
Velocidade do som: 340 m/s

*Curiosidade:
É devido a essa velocidade que popularmente se diz que a cada 3 segundos o raio está a 1 km do ouvinte.
 $340 \text{ m/s} \times 3 \text{ s} = 1020 \text{ m} (1,02 \text{ km})$*

A Velocidade do Som^a

Meio	Velocidade (m/s)
<i>Gases</i>	
Ar (0°C)	331
Ar (20°C)	343
Hélio	965
Hidrogênio	1284
<i>Líquidos</i>	
Água (0°C)	1402
Água (20°C)	1482
Água salgada ^b	1522
<i>Sólidos</i>	
Aço	5941
Alumínio	6420
Granito	6000

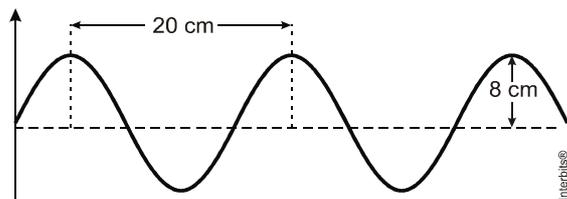
A velocidade do som é muito rápida, porém é bastante ínfima se comparada a da luz. Entretanto a velocidade do som se altera conforme o meio de propagação: sólido líquido ou gasoso. Observe a tabela:

*Bate- Volta
Por que quando inalamos gás hélio a voz fica mais estridente?
Como o som viaja mais rápido no hélio que no ar, a frequência da voz aumenta. O efeito macroscópico dessa mudança é a voz estridente.*

^aA 0°C e 1 atm de pressão, a menos que haja uma indicação em contrário.

^bA 20°C e com 3,5% de salinidade.

1. (G1 - IFPE 2012) A figura a seguir representa um trecho de uma onda que se propaga com uma velocidade de 320 m/s. A amplitude e a frequência dessa onda são, respectivamente:



- a) 20 cm e 8,0 kHz
- b) 20 cm e 1,6 kHz
- c) 8 cm e 4,0 kHz
- d) 8 cm e 1,6 kHz
- e) 4 cm e 4,0 kHz

2. (G1 - IFSC 2012) *Em dias de tempestade, podemos observar no céu vários relâmpagos seguidos de trovões. Em algumas situações, estes chegam a proporcionar um espetáculo à parte. É **CORRETO** afirmar que vemos primeiro o relâmpago e só depois escutamos o seu trovão porque:*



Fonte: http://sjm.no.sapo.pt/as_tempestades_e_tornados.htm Acesso: 21 set. 2011

- a) o som se propaga mais rápido que a luz.
- b) a luz se propaga mais rápido que o som.
- c) a luz é uma onda mecânica.
- d) o som é uma onda eletromagnética.
- e) a velocidade do som depende da posição do observador.

3. (UEL 2009) Os morcegos, mesmo no escuro, podem voar sem colidir com os objetos a sua frente. Isso porque esses animais têm a capacidade de emitir ondas sonoras com frequências elevadas, da ordem de 120.000 Hz, usando o eco para se guiar e caçar. Por exemplo, a onda sonora emitida por um morcego, após ser refletida por um inseto, volta para ele, possibilitando-lhe a localização do mesmo.

Sobre a propagação de ondas sonoras, pode-se afirmar que:

- a) O som é uma onda mecânica do tipo transversal que necessita de um meio material para se propagar.
- b) O som também pode se propagar no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas.
- c) A velocidade de propagação do som nos materiais sólidos em geral é menor do que a velocidade de propagação do som nos gases.
- d) A velocidade de propagação do som nos gases independe da temperatura destes.
- e) O som é uma onda mecânica do tipo longitudinal que necessita de um meio material para se propagar.

4. (Enem PPL 2013) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas.

Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

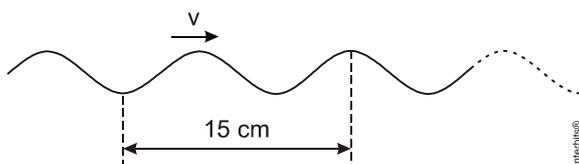
- a) A altura da onda sonora.
- b) A amplitude da onda sonora.
- c) A frequência da onda sonora.
- d) A velocidade da onda sonora.
- e) O timbre da onda sonora.

5. (UNICAMP 2014) A tecnologia de telefonia celular 4G passou a ser utilizada no Brasil em 2013, como parte da iniciativa de melhoria geral dos serviços no Brasil, em preparação para a Copa do Mundo de 2014. Algumas operadoras inauguraram serviços com ondas eletromagnéticas na frequência de 40 MHz. Sendo a velocidade da luz no vácuo $c = 3,0 \times 10^8$ m/s, o comprimento de onda dessas ondas eletromagnéticas é

- a) 1,2 m.
- b) 7,5 m.
- c) 5,0 m.
- d) 12,0 m.

6. (UERJ 2013) Vulcões submarinos são fontes de ondas acústicas que se propagam no mar com frequências baixas, da ordem de 7,0 Hz, e comprimentos de onda da ordem de 220 m. Utilizando esses valores, calcule a velocidade de propagação dessas ondas.

7. (UFPE 2012) Na figura abaixo, mostra-se uma onda mecânica se propagando em um elástico submetido a um certa tensão, na horizontal. A frequência da onda é $f = 740$ Hz. Calcule a velocidade de propagação da onda, em m/s.



8. (UFRJ 2011) Um brinquedo muito divertido é o telefone de latas. Ele é feito com duas latas abertas e um barbante que tem suas extremidades presas às bases das latas. Para utilizá-lo, é necessário que uma pessoa fale na “boca” de uma das latas e uma outra pessoa ponha seu ouvido na “boca” da outra lata, mantendo os fios esticados.

Como no caso do telefone comum, também existe um comprimento de onda máximo em que o telefone de latas transmite bem a onda sonora.

Sabendo que para um certo telefone de latas o comprimento de onda máximo é 50 cm e que a velocidade do som no ar é igual a 340 m/s, calcule a frequência mínima das ondas sonoras que são bem transmitidas pelo telefone.

Qualidades do som – intensidade, altura, timbre.



Quais seriam as diferenças entre um som agradável e um ruído incômodo? E como isso teria relação com a Física?



Por que instrumentos diferentes produzem sons tão distintos?



Qual o prejuízo que o som pode fazer se ouvido em intensidades elevadas?

Fontes (De cima para baixo):

Imagem 1: <http://media1.santabanta.com/full1/Miscellaneous/Musical%20Instruments/musical-instruments-22a.jpg>. Acessado dia 23/07/2015.

Imagem 2: <http://s1.1zoom.net/big3/438/374792-blackangel.jpg>. Acessado dia 23/07/2015.

Imagem 3: http://www.cmbh.mg.gov.br/sites/default/files/imagecache/LightBox/imagens/destaques/foto_som.png. Acessado dia 23/07/2015.

A música é algo presente em nossas vidas quer queiramos ou não. Ela pode estar presente na forma de rádio, música nos celulares, tablets, smartphone e televisões; a música ainda está presente na forma de propaganda, marketing e até na memorização. Algumas dessas músicas são agradáveis e outras, nem tanto; algumas escutam diversas vezes e outras não queremos mais ouvir; e a pergunta que paira é: o que determina um som ser agradável ou não? E até que ponto escutá-lo não faz mal?

Iniciando a Discussão

Materiais.

- Instrumento de corda
- Instrumento de sopro
- Instrumento de percussão.

Procedimento.

Toque os três instrumentos, primeiramente tocando uma sequência de notas e depois tocando os instrumentos aleatoriamente. Depois analise as perguntas a seguir.

1- Quais foram os tipos de sons produzidos pela sequência de notas. Qual a diferença entre os sons de cada instrumento?

2- E o som produzido pelas notas foi diferente? De qual forma?

3- Qual dos sons foi mais agradável? Invente uma hipótese do porque um som é mais agradável que outro.

Qualidades Fisiológicas do Som

O som possui todas as qualidades e características que os outros tipos de onda possuem, entretanto, por ser uma onda muito importante, ele possui algumas características a mais devido suas aplicações. Essas características são: altura, timbre e intensidade.

Altura

A altura é a característica fisiológica do som que define se um som é grave ou não. Quanto maior a sua frequência, mais agudo é o som produzido; quanto menor sua frequência mais grave é o som produzido. É usual da cultura popular dizer que a voz masculina é mais grave que a feminina, esse conhecimento é verdadeiro pois em geral a voz das mulheres giram em torno de 300 a 400 Hz enquanto os homens possuem entre 100 e 200 Hz.

Na música o conceito de altura é muito usado, porém adquire nomes diferentes. O quociente entre duas alturas é denominado **intervalo**.

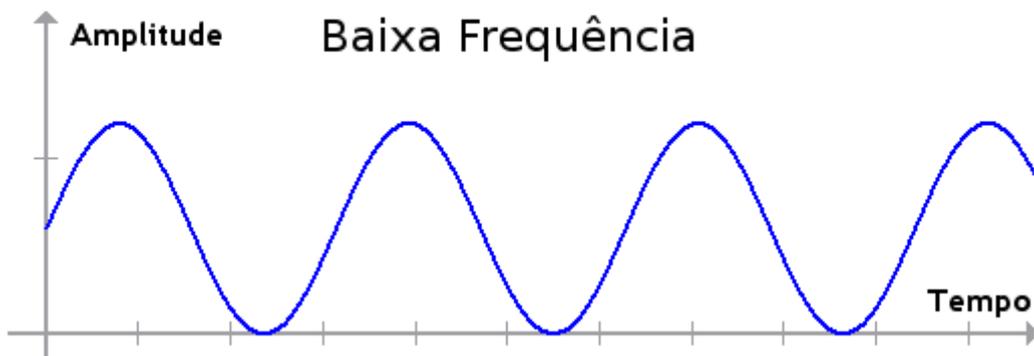
$$i = \frac{f_1}{f_2}$$

O intervalo é muito importante para a compreensão da escala musical pois é esse intervalo que define as oitavas. Quando o intervalo é igual a 2, significa que a frequência da nota f_1 é duas vezes maior que a frequência f_2 determinando que o som de f_1 é uma **oitava** maior que f_2 . Quando o intervalo é de $i = \frac{9}{8}$ temos um tom maior, quando o intervalo é de $i = \frac{10}{9}$ obtêm-se um tom menor e sendo $i = \frac{15}{16}$ é um semitom.

A característica da altura sonora é muitas vezes confundida, nos meios sociais, com a intensidade sonora. Um erro bastante comum veiculado por vários meios de comunicação e muito difundido na cultura popular. A diferença entre elas é que a intensidade sonora é dada pela amplitude da onda, enquanto a altura é dada pela frequência, ou pelo comprimento de onda quando a velocidade da mesma é constante.

A figura a seguir exemplifica essa diferença, mostrando duas ondas de mesma amplitude, ou seja, mesma intensidade e de diferentes comprimentos de onda, portanto diferentes frequências, supondo que as velocidades de propagação sejam as mesmas.

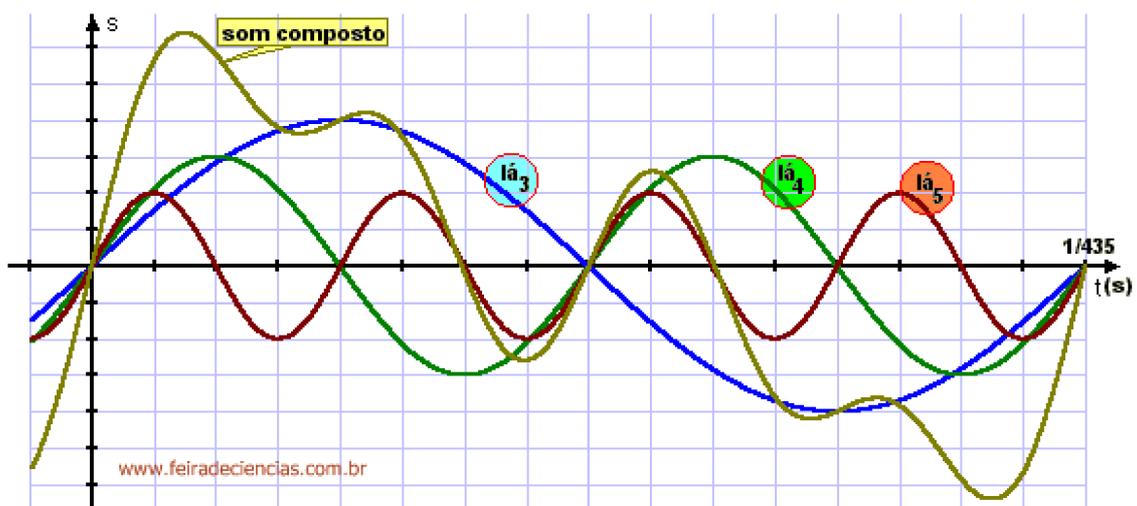
Lembre-se!
Não confunda altura
com intensidade.



Fonte: <http://beatrizsousa99.blogspot.com.br/2013/03/o-que-sao-ondas-ah-espera-isso-eu-sei.html>. Acesso em 19/11/16

Timbre

O timbre é a característica harmônica de um som, ou seja, é a composição das frequências de um som que produz um tom característico. Observe a figura.



Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/image10/10_T01_06.gif. Acessado dia 23/07/2015.

O som emitido por um instrumento musical é extremamente complexo, pois nele existe diversas frequências diferentes, umas múltiplas das outras. O som de menor frequência é chamado de som fundamental ou primeiro harmônico e as frequências múltiplas de som fundamental são chamados de 2º harmônico, 3º harmônico, etc. Dependendo do fator multiplicativo entre eles.

Nessa figura o som fundamental é a linha azul, pois é o de menor frequência, enquanto as linhas verde e vermelha são os harmônicos e a composição de todas essas frequências é a linha bege, que seria o som que nós escutamos. Essa composição de ondas que faz os instrumentos serem diferentes, sonoramente, entre si.

Quando esse som não possui frequências múltiplas, ou seja, ele é constituído basicamente de frequências aleatórias, esse som soa desagradável ao ouvido por isso é chamado de ruído.

Intensidade.

A intensidade sonora é a energia transportada pela onda sonora, é chamada ainda de sonoridade ou intensidade auditiva e é através dela que distinguimos sons fracos de fortes.

A intensidade física do som é o quociente entre a variação da energia que atravessa uma superfície pelo tempo e a área A:

$$I = \frac{\Delta E}{A \cdot \Delta t}$$

Sendo o quociente entre a variação de energia e o tempo definido como potência temos:

$$I = \frac{Pot}{A}$$

No Sistema Internacional de Unidades, a intensidade sonora é medida em W/m^2 (watts por metro quadrado). Sendo o limiar audível $10^{-12} W/m^2$ (menor intensidade que pode ser ouvida) e $1 W/m^2$ como limiar doloroso (intensidade sonora que passa a causar dor física sensível).

Através de estudos pode-se perceber que a sensação sonora não é sentida de maneira linear pelo nosso corpo, ou seja, se dobramos a intensidade sonora distingue-se um som mais forte, porém não duas vezes mais intenso.

Para sanar esse problema foi desenvolvida uma escala logarítmica para medir a intensidade física sonora. E essa escala é constituída através dessa equação:

$$\beta = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

A unidade dessa escala é o bel, em homenagem a Graham Bell, inventor do telefone. Na prática se usa um submúltiplo, o decibel, que é 1/10 bel.

Segue abaixo algumas atividades e suas respectivas intensidades sonoras:

Níveis de Ruído em Decibels					
Conforto Acústico	Muito baixo	0 dB		Limiar do som	
		5 dB	Passarinho		
		10 dB	Cochicho		
		15 dB	Torneira		
		20 dB	Conversa		
	Baixo	25 dB	Relógio		
		30 dB	Biblioteca	Limite para o sono	
		35 dB	Enfermaria		
		40 dB			
	Moderado	45 dB			
50 dB		Aspirador de pó			
Moderado	55 dB	Bebê chorando	Irritação		
Moderado Alto	60 dB		Irritação aumenta consideravelmente		
Riscos de Danos à Saúde	Moderado Alto	65 dB	Cachorro latindo		
		70 dB			
		75 dB	Sala de aula		
		80 dB	Piano		
	Alto	85 dB	Telefone tocando	Tolerâncias diárias de exposição	8 h
		90 dB	Secador de cabelos		4 h
		95 dB	Moto		2 h
		100 dB	Cortador de grama		1 h
	Muito alto	105 dB	Caminhão		30 min
		110 dB	Pátio no intervalo das aulas		15 min
		115 dB	Banda tocando		7 min
		120 dB	Tiro		
		125 dB	Auto-falante		
		130 dB	Britadeira		
	135 dB	Avião			
	140 dB				

Fonte: <http://www.gentequeeduca.org.br/sites/default/files/importadas/img/geral/niveis-ruídos.jpg>.
Acessado dia 11/09/2015.

Percebe-se, através da tabela, que os riscos a saúde causados pelo som começam em ruídos que nós permanecemos durante muito tempo. Por isso é importante ter

consciência acerca do perigo que estamos submetidos quando perto de sons muito altos durante um tempo muito longo. Segue abaixo um texto do professor Fernando Pimentel Souza comentando sobre a poluição sonora.

A POLUIÇÃO SONORA ATACA TRAIÇOEIRAMENTE O CORPO

Fernando Pimentel Souza

Professor Titular - UFMG, especialista em Neurofisiologia,
Membro do Instituto de Pesquisa do Cérebro, UNESCO, Paris.

A poluição química do ar, da água e da terra deixa muitos traços visíveis de contaminação. Muitas doenças e mortes devido a alterações do meio podem ser identificadas por qualquer pessoa. Mas, a poluição sonora, mesmo em níveis exagerados, produz efeitos imediatos moderados. Seus efeitos mais graves vão se implantando com o tempo, como a surdez, que não tarda a se acompanhar às vezes de desesperadores desequilíbrios psíquicos e de doenças físicas degenerativas.

O mais traiçoeiro ocorre em níveis moderados de ruído, porque mansamente vão se instalando estresse, distúrbios físicos, mentais e psicológicos, insônia e problemas auditivos. Muitos sinais passam despercebidos do próprio paciente pela tolerância e aparente adaptação e são de difícil reversão. Muitas pessoas, perdidas no redemoinho das grandes cidades, não conseguem identificar o ruído como um dos principais agentes agressores, e, cada vez mais, menos se sentem e vão ficando desorientados por não saber localizar a causa de tal mal. Por isso nada se faz e vive-se sob o impacto de uma abusiva, portanto ruidosa mecanização e sonorização, de ambiente fechados e abertos. Não se avalia devidamente os efeitos somados pela poluição sonora por desconhecer os trabalhos científicos, por não encontrar no dia-a-dia provas suficientes de convencimento, por não poder captar a causa pelos próprios olhos, nesta era considerada de predomínio visual, e por ter-se tornado insensível ao dano na comunicação verbal. Está colocado o enigma da civilização moderna: ou se decifra ou se é devorado.

Se o ruído é excessivo, o corpo ativa o sistema nervoso, que o prepara contra o ataque de um inimigo invisível, sem pegadas, que invade todo o meio ambiente pelas menores frestas por onde passa o ar ou por toda ligação rígida à fonte ruidosa. O cérebro acelera-se e os músculos consomem-se sem motivo. Sintomas secundários aparecem: aumento de pressão arterial, paralisação do estômago e intestino, má irrigação da pele e até mesmo impotência sexual.

Na antiguidade, os gregos indignados puseram os barulhentos ferreiros para fora das cidades. Hoje, qualquer um tem seu aparelho portátil ou estrondoso som.

Pesquisa nos EUA mostrou que jovens em ruído médio inferior a 71 decibéis, entremeados com pulsos de 85 decibéis só a 3% do tempo, tiveram aumentos médios de 25% no colesterol e 68% numa das substâncias provocadoras de estresse: o cortisol. Mas já a partir de 55 decibéis acústicos a poluição sonora provoca estresse, segundo a Organização Mundial de Saúde. Pelo nível de ruído das nossas cidades e casas, a maioria dos habitantes deve estar sob estresse prolongado, surgindo ou agravando arterioscleroses, problemas de coração e de doenças infecciosas, fazendo inúteis dietas e acabando precocemente com suas vidas.

A ativação permanente do sistema nervoso simpático do morador da metrópole pode condicionar negativamente a sua atuação com as agressões. Muitas pessoas procuram se livrar dessa reação, por tornar-se desagradável, (por exemplo, duma palpitação), usando drogas (tranquilizantes ou cigarro) para bloqueá-la. A falta de irrigação muscular pode levar a gangrena nos membros. O corpo cai na pior contradição: atacado sem saber bem por que e como se defender, devido ao bloqueio das reações naturais do organismo. É um conflito, gerador de ansiedade, já que o nível de ruído em nosso ambiente urbano está quase sempre acima dos limites do equilíbrio, e abre caminho para estresses crônicos. Certas áreas do cérebro acabam perdendo a sensibilidade a neurotransmissores, rompendo o delicado mecanismo de controle hormonal. Esse processo aparece também no envelhecimento normal e ataca os mais jovens, que se tornam prematuramente velhos num ambiente estressante. Os efeitos no sono não são menos importantes pela sua nobre função.

Em São Paulo, a poluição sonora e o estresse auditivo são a terceira causa de maior incidência de doenças do trabalho, só atrás das devido a agrotóxicos e doenças articulares. Inúmeros trabalhadores vêm-se prejudicados no sono e às voltas com fadiga, redução de produtividade, aumento dos acidentes e de consultas médicas, falta ao trabalho e problemas de relacionamento social e familiar.

O ruído estressante libera substâncias excitantes no cérebro, tornando as pessoas sem motivação própria, incapazes de suportar o silêncio. Libera também substância anestésica, tipo ópio e heroína, que provoca prazer, abrindo campo para o uso de fortes drogas psicotrópicas. As pessoas tornam-se viciadas, dependentes do ruído, paradoxalmente caindo em depressão em ambiente com silêncio salutar, permanecem agitadas, incapazes de reflexão e meditação mais profunda.

Os países avançados, ao contrário, mantém o controle da poluição sonora para não prejudicar as atividades psicológicas, mental e física, e seus habitantes, beneficiados,

atingiram um nível mais refinado. Mesmo assim esse tipo de poluição subiu para a terceira prioridade ecológica para a próxima década, pela Organização Mundial de Saúde.

O Brasil não deveria permitir tantos danos da poluição sonora nos insuficientes esforços na educação e saúde. Alguma coisa deveria ser feita nas nossas cidades excessivamente barulhentas, hoje com quase 80% da população. As providências seriam: seguir a lei e melhorá-la, diminuir poluição das fontes ruidosas (veículos automotores, aparelhos industriais e eletrodomésticos etc), reordenar as cidades descentralizar e impedir crescimento excessivo, melhorar o uso do solo, urbanismo, arquitetura etc e até reeducar as pessoas a viver em comunidade, porque, a nação, se não é capaz de reparar os danos da poluição sonora, poderia pelo menos preveni-los.

Avaliação – Experiência-Texto

Primeiramente, faça o *download* do aplicativo “Decibilímetro: Sound Meter” da Smart Tools® na *Google Play* ou “Decibilímetro HD” da *WooStudio*® na *appstore*. Com esses aplicativos é possível medir a intensidade sonora emitida de determinadas regiões.

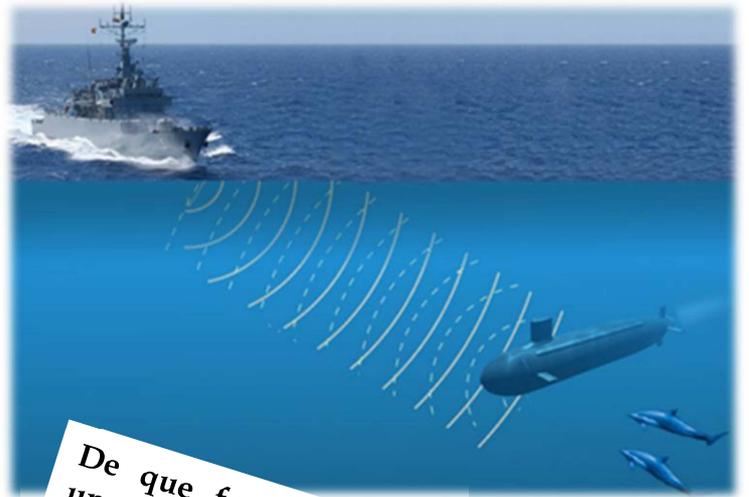
Escolha seis lugares diferentes do seu cotidiano: casa, escola, academia, igreja, ou qualquer ambiente que você entre em contato regularmente e meça a intensidade sonora que é registrada pelo decibilímetro.

Após isso, construa uma tabela e escreva um pequeno texto relacionando o que foi estudado durante a aula, o artigo sobre poluição sonora e os valores que você mediu.

Fenômenos das Ondas Sonoras



Você já pensou sobre o eco?
Imagina porque ele acontece em
alguns lugares e em outros não?



De que forma funciona
um sonar? Como ele pode
ajudar na localização de
objetos submarinos?



Como os golfinhos se
utilizam de som para se
orientar na água?

Fontes (De cima para baixo):

Imagem 1: <http://www.suggestkeyword.com/c291bmOgZWNob2Vz/>. Acessado dia 11/09/2015.

Imagem 2: <http://2012oihswaves.weebly.com/sonar.html>. Acessado dia 11/09/2015.

Imagem 3: <http://noticias.r7.com/blogs/patas-ao-alto/india-proibe-show-cruel-de-golfinhos-em-cativeiro/2013/02/15/>. Acessado dia 11/09/2015.

Iniciando a Discussão

Junte com alguns colegas e reflitam sobre os questionamentos acima. Após isso discutam em grupo sobre o que vocês acreditam ser: reflexão sonora, reforço, reverberação, eco, refração sonora e difração. Anote abaixo as conclusões que você obteve.

Fenômenos sonoros

Reflexão sonora.

A reflexão sonora é um fenômeno sonoro no qual a onda do som é refletida por uma superfície qualquer, como uma parede, devolvendo o som ao ambiente. Esse fenômeno se subdivide em três tipos: o reforço, a reverberação e o eco. Esses três fenômenos dependem do tempo que o som demora para voltar aos nossos ouvidos, pois quando esse tempo é muito pequeno nosso cérebro não reconhece como sons diferentes. Sons com menos de 0,1 segundo de intervalo não são reconhecidos. Esse intervalo de tempo é chamado de persistência auditiva.

O reforço ocorre quando a distância da fonte emissora de som e o som refletido se diferenciam tão pouco, que o intervalo de tempo é desprezível. Dessa forma, somente escutamos um som mais forte.

A reverberação acontece quando o intervalo de tempo já não é desprezível, porém ainda é inferior a 0,1

Bate - Volta
Por isso que em salas pequenas aparenta-se que o som é mais intenso e em lugares abertos o som aparenta ser menos intenso.

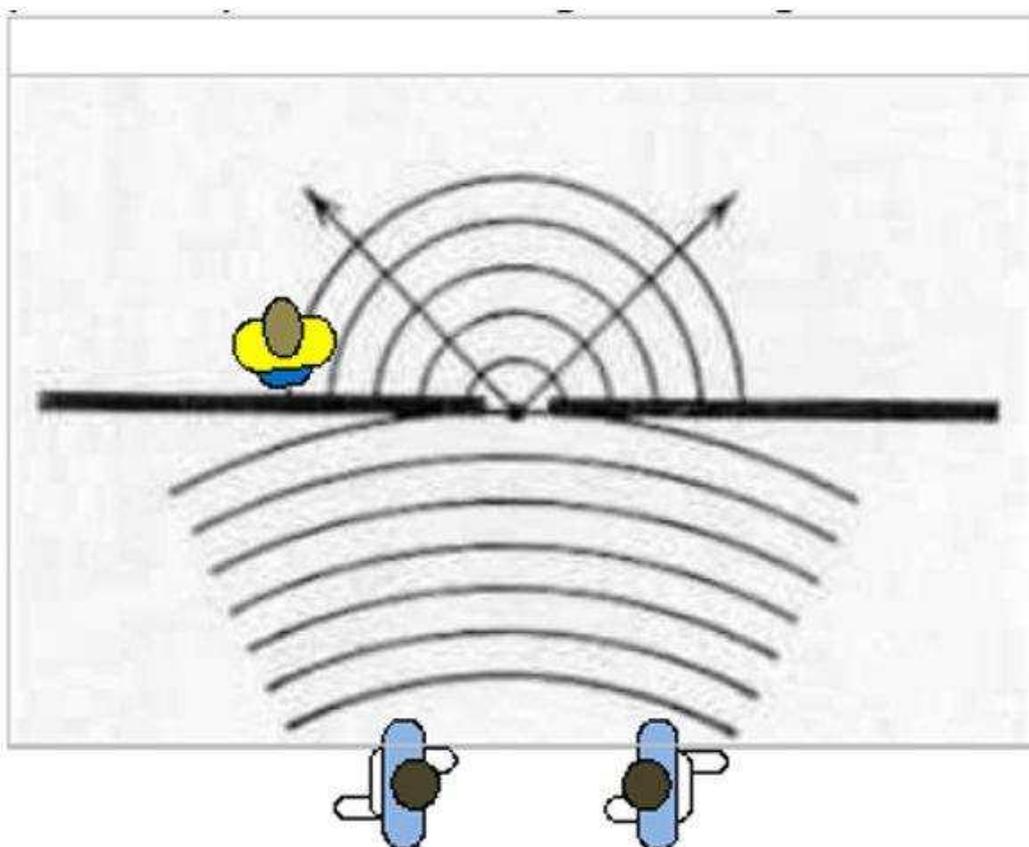
segundo. A sensação que ocorre é uma sensação de prolongamento do som recebido.

O eco é o resultado de um intervalo de tempo superior a 0,1 segundo, por isso o ouvinte escuta dois sons distintos. Para esse fenômeno acontecer é necessário pelo menos 17 m de distância entre o obstáculo refletor e o ouvinte.

Refração e Difração.

A refração sonora ocorre da mesma forma que ocorre nas ondas não sonoras, elas sofrem uma variação na sua velocidade devido à mudança para um meio no qual a sua velocidade é diferente. Nessa situação, a frequência do som se mantém a mesma alterando somente seu comprimento de onda.

A difração sonora ocorre em obstáculos que possuam até 20 m, nos quais o som contorna esse objeto chegando até o lado oposto da incidência do som. Abaixo está representado uma pessoas (de amarelo) escutando o que acontece na outra sala pelo fenômeno da difração.



Fonte: http://wiki.stoa.usp.br/Fap0459/textos/grupo_AlexAndre/Gregori/Diego/Cl%C3%B3vis. Acessado dia 11/09/2015.

Testando seus conhecimentos.

Dividam-se em grupos e procurem pela escola lugares onde pode ocorrer cada um dos fenômenos sonoros estudados anteriormente.

Reforço: _____

Reverberação: _____

Eco: _____

Refração: _____

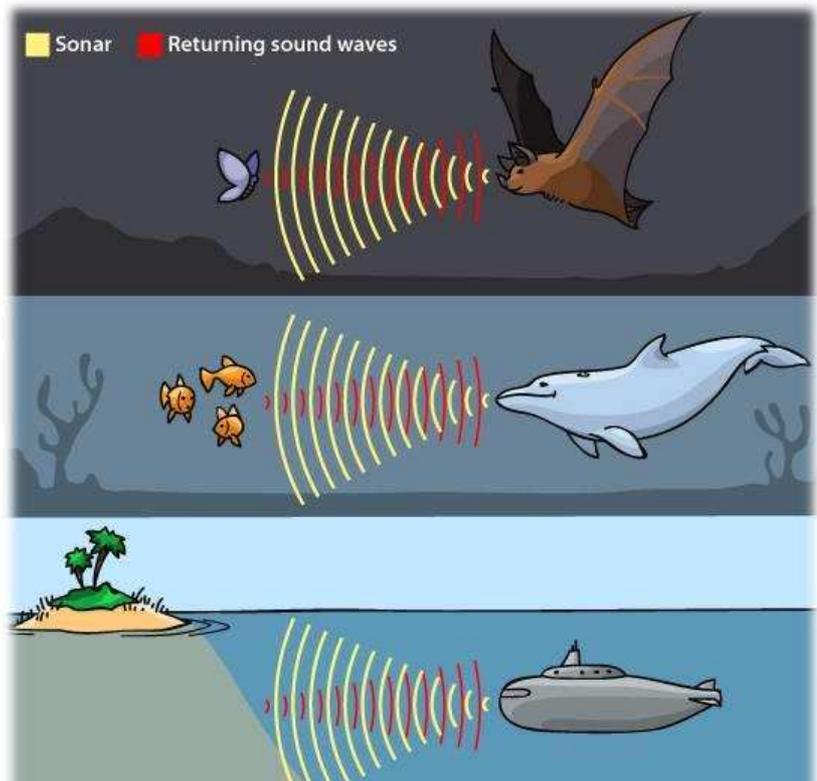
Difração: _____

Aplicações tecnológicas e biológicas.

Sonares.

Os sonares são dispositivos utilizados em navios e submarinos para detectar distâncias embaixo d'água. Eles se baseiam na reflexão do som pelos obstáculos encontrados, calculando o tempo decorrido da emissão do pulso e a recepção dele sabendo, dessa forma a distância que determinado objeto se encontra.

Eles podem ser usados tanto para detectar profundidades quanto distâncias lineares. Um detalhe importante é que em alguns posicionamentos, pela diferença de temperatura, ocorre a refração do som sendo necessário um ajuste de cálculo para saber a real posição do objeto.



Ecolocalização.

Alguns animais também dispõem de arranjos internos que se assemelham a sonares para se localizar no fundo do mar, é devido a isso que os morcegos, mesmo sendo cegos, conseguem não

colidir com nenhum obstáculo a sua frente.

Além dos morcegos, os golfinhos se utilizam desse sistema para, além de localizar alimento no fundo do oceano, evitar predadores e reconhecer animais da mesma espécie.

Ressonância

Você já deve ter escutado falar que um cantor de ópera seria capaz de quebrar um copo de cristal apenas com a sua voz, esse fenômeno parece impossível, porém além de ser passível de acontecer ele é um fenômeno ondulatório, é o fenômeno chamado ressonância.



Fonte: <http://metaist.com/blog/2010/01/resonance.html>. Acessado dia 11/09/2015.



Fonte:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Division_Street_Bridge_\(Spokane\)#/media/File:Taco_ma-narrows-bridge-collapse.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Division_Street_Bridge_(Spokane)#/media/File:Taco_ma-narrows-bridge-collapse.jpg). Acessado dia 11/09/2015.

A ressonância é um dos fenômenos ondulatórios mais importantes, pois ele está presente em diversas situações da história e do nosso cotidiano, como exemplo pode-se citar a Ponte de Tacoma, uma ponte nos Estados Unidos que caiu após alguns meses da sua construção devido a esse fenômeno.

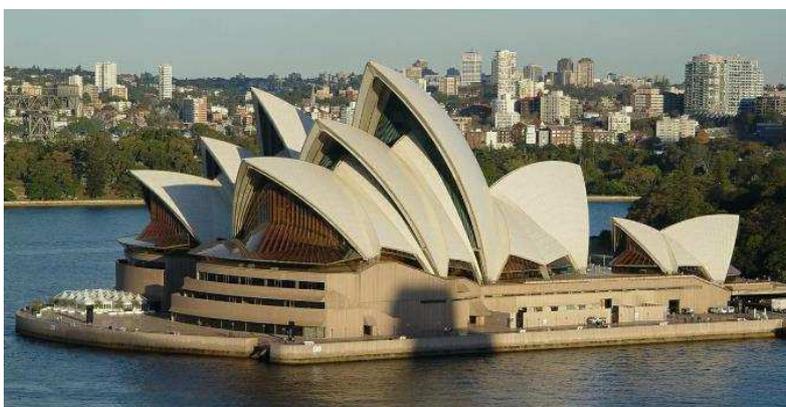
A ressonância é basicamente uma transferência de energia de um sistema ondulatório para outro. Mas para entender esse fenômeno de maneira mais concreta é necessário entender o que é frequência natural de vibração.

A frequência natural de vibração é a frequência normal de vibração das moléculas de um corpo (lembrando que todos os corpos vibram de alguma forma pois todos

tem energia interna), essa frequência depende de diversas características moleculares da matéria. E quando essa frequência natural coincide com a frequência da fonte sonora ocorre um aumento da energia devido ao som ceder essa energia ao sistema, esse é o fenômeno chamado de ressonância.

No caso da quebra do copo de cristal, a voz do cantor tem frequência muito próxima com a frequência natural de vibração do cristal, e ele pode aumentar a sua intensidade vocal de tal forma que quebre as ligações do cristal. Já na Ponte de Tacoma, o vento vibrou de maneira muito próxima à frequência natural de vibração da ponte, aumentando sua intensidade gradativamente e, por consequência, destruindo a ponte.

E o fenômeno da ressonância tem diversas aplicações práticas, desde os microondas que funcionam através da ressonância com a água, até as conchas acústicas de teatros, que criam uma ressonância com o som ampliando a capacidade das pessoas ouvirem, um exemplo de concha acústica famosa é a que existem em Sidnei na Austrália.



Fonte: <http://olirumcorp.blogspot.com.br/2009/11/opera-de-sidney-australia.html>

Avaliação - Pesquisa

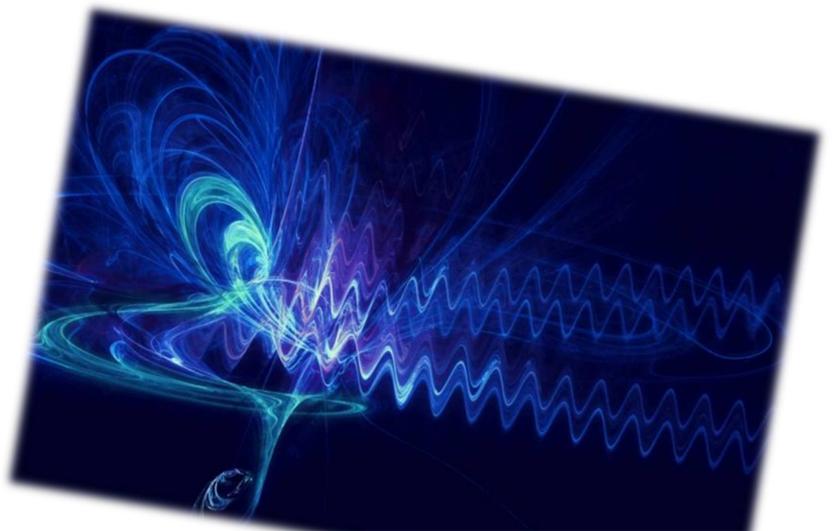
O que mais pode ser encontrado no nosso dia-a-dia que se utiliza de fenômenos sonoros? Faça uma pesquisa sobre a utilização desse fenômeno em equipamentos ou atividades do seu cotidiano.

Apresente uma página de próprio punho sobre os fenômenos que você observa no seu dia-a-dia e outras situações que dependam de fenômenos sonoros.

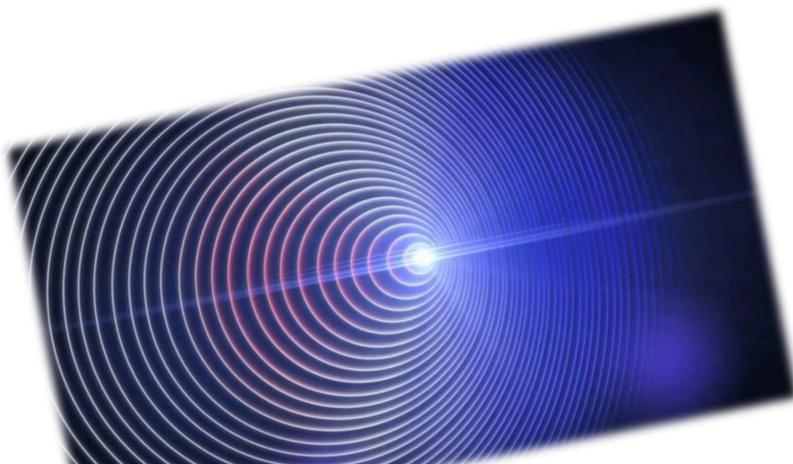
Ondas nos Instrumentos - Cordas vibrantes e Tubos sonoros



Como é produzido som em cada instrumento?...



...E como cada um deles pode produzir sons tão diferentes?



O que é o efeito Doppler? Como isso está presente na sua vida?

Fontes (De cima para baixo):

Imagem 1: http://www.lorraineberkshire-roe.co.uk/illustration-gallery/13430_musical-instruments.html. Acessado dia 24/09/2015.

Imagem 2: <http://hub.jhu.edu/2012/11/07/timbre-hearing-prosthetics>. Acessado dia 24/09/2015.

Imagem 3: <http://i.ytimg.com/vi/JmpChd5D0d0/maxresdefault.jpg>. Acessado dia 24/09/2015.

Iniciando a Discussão

Divida a sala em grupos, cada um dos grupos fica encarregado de confeccionar um dos dois instrumentos abaixo. Esse experimento foi extraído do artigo “O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo” de Daniel Moura e Pedro Bernardes.

Instrumento de cordas

Materiais

- Uma caixa de sapato
- Uma ripa de eucalipto (pinho, etc...) de tamanho 1 x 0,01 x 0,05 m
- Pregos de tamanho médio e grande
- Três pitões ou ganchos
- Três cordas “Mi” de nylon para violão (primeira corda) ou corda de anzol
- Uma caneta de feltro (“canetinha” colorida)

Ferramentas

- Martelo
- Serra
- Cola de contato
- Alicates
- Canivete ou faca de cozinha
- Um copo de vidro 200 mL
- Lápis

Procedimento

Em primeiro lugar, é necessário saber quais são as partes que compõe o violão tradicional, o que é explicitado na Fig. 1.

Figura 1 – Partes do violão.

Fonte: <http://www.violaomandriao.mus.br/>. Acessado dia 24/09/2015.



A montagem do instrumento começa pela ripa de madeira, que será colada no fundo da caixa de sapato, bem na parte central. Para isso, recorte, com o canivete ou faca de cozinha, um espaço em uma das laterais menores da caixa de forma a encaixar a ripa de uma lateral a outra (Fig. 2). Demarque, no fundo da caixa de sapato, o local exato onde a ripa será colocada (Fig. 3). Este violão terá duas “bocas”. Para fazê-las, pegue o copo de 200 mL e coloque-o de cabeça para baixo nas laterais do local demarcado no fundo da caixa de sapato, desenhe dois círculos e depois recorte. Encaixe a ripa e cole-a na parte anteriormente demarcada, encostando-a no fundo da lateral menor oposta à do encaixe.

Depois, utilize três pregos, um maior no centro, para prender a ripa no fundo, sendo estes pregados horizontalmente, em linha, deixando-os um pouco expostos para que posteriormente possam prender as cordas.

Tendo realizado esta etapa, é hora de trabalhar na parte externa do instrumento.

Primeiro, é necessário obter as medidas dos trastos de braço de um violão tradicional, da pestana até o final da casa 12 do instrumento (por volta de 33 cm). Pegue a caneta de feltro, esvazie-a e corte-a no meio; o local indicado na Fig. 4 é onde se colocará uma de suas metades, que será o rastilho do violão. Utilizando a medida obtida anteriormente, no caso 33 cm, meça do cavalete 33 cm em relação a ripa e marque esta posição. Meçam desta posição os mesmos 33 cm até o final da ripa, e marque também esta posição, como na Fig. 5. Esta última posição marcada

Fonte: Moura, Daniel; Bernardes, Pedro; O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo.

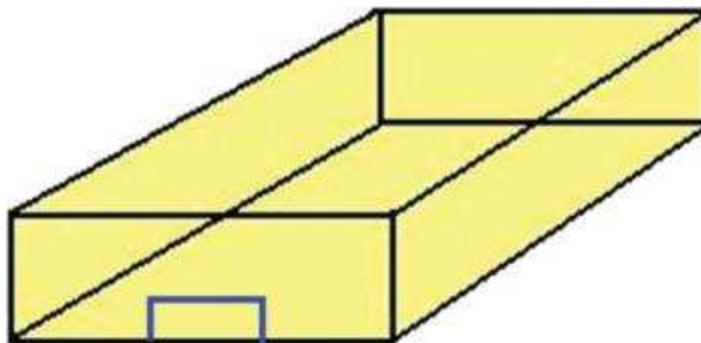


Figura 2 – Caixa de sapato com entrada para a ripa.

Fonte: Moura, Daniel; Bernardes, Pedro; O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo.

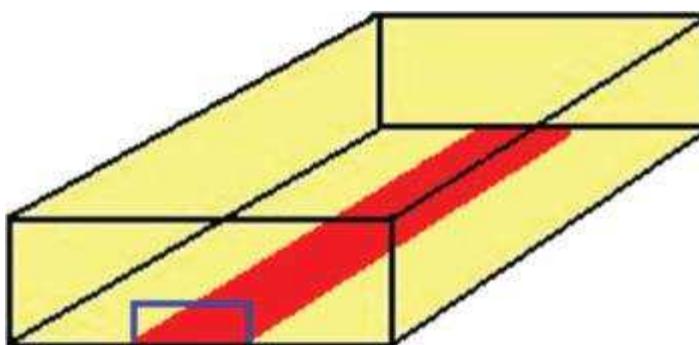


Figura 3 - Caixa de sapato com demarcação para a colagem da ripa.

Fonte: Moura, Daniel; Bernardes, Pedro; O ensino de acústica no Ensino Médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo.

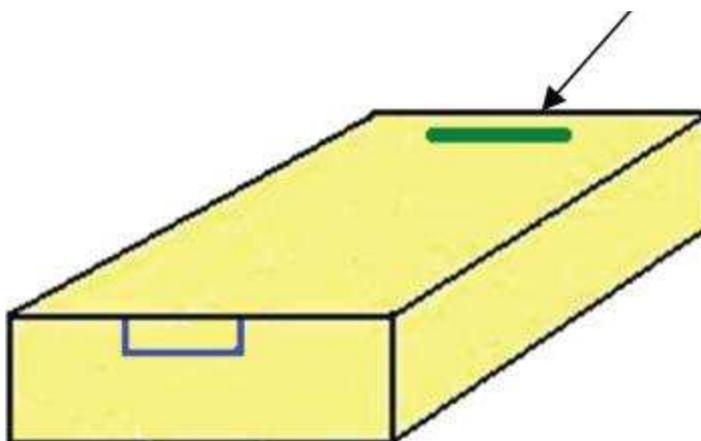


Figura 4 – Caixa de sapato com cavalete de caneta de feltro

será a pestana do violão (observar a seta no braço do violão), onde a outra metade da “canetinha” deverá ser colocada. Agora prenda os três pitões na parte anterior à pestana, se possível horizontalmente e em linha. Amarre as três cordas uma em cada pitão, passe-as por cima da pestana e depois do rastilho, então prenda-as nos pregos que prendem a ripa, mas sempre direcionando-as de forma retilínea, ou seja, a corda do pitão do centro é presa ao prego do centro, e assim por diante.

Então gire os pitões para afinar o violão.

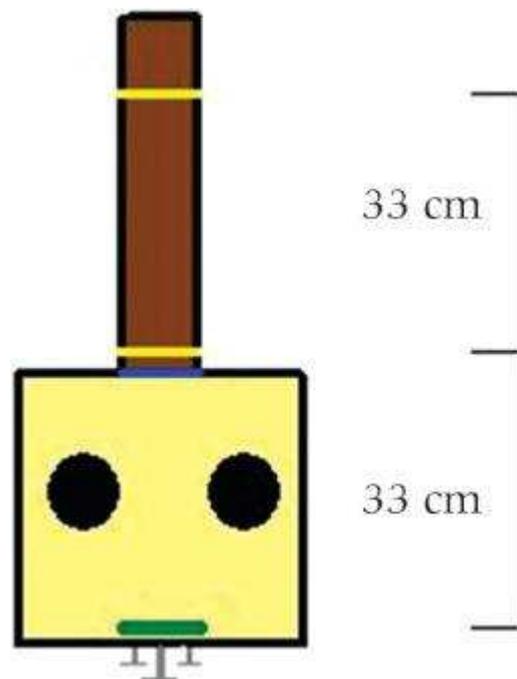


Figura 5 – Medidas do violão.

Como tocar

Para tocar este instrumento deve-se buscar afinações diversas, visto que não havendo trastos, como no violão tradicional, a possibilidade de se trabalhar com microtons existe, embora em nossa cultura auditiva eles dificilmente sejam percebidos. Determinada a afinação, toque o instrumento da forma tradicional, “pincelando” com a mão direita (destros) e com a mão esquerda posicionando-se os dedos pelo braço do instrumento. Devido á utilização das canetas de feltro é possível obter os “harmônicos naturais” referentes às casas cinco, sete e doze do violão tradicional, mas em alturas e afinações distintas.

Instrumento de sopro

Materiais

- Um cano de PVC de aproximadamente 30 cm
- Uma bexiga de tamanho comum
- Uma fita crepe

Como Fazer

Pegue a bexiga e encaixe-a na boca do cano de modo a não estourá-la, prendendo-a com fita crepe, para que fique bem fixada. Segure o instrumento na vertical, de forma a deixar a abertura do cano com a bexiga na parte inferior. Encha a bexiga com água até a altura do cano.

Como tocar

Para tocar este instrumento, basta soprar na boca do cano de PVC onde a bexiga não está encaixada, tentando produzir o som com maior projeção possível no ato de soprar. Após esta etapa aperte a bexiga, de modo a conseguir outras notas musicais, o que na maioria das vezes serão duas notas para cada medida de água. É importante mencionar que a nota emitida irá variar de acordo com o tamanho do tubo de PVC utilizado e com a quantidade de água na bexiga.

Após a construção dos instrumentos, um dos alunos apresenta o produto para os colegas e produz som com os mesmos. A seguir responda as seguintes questões.

- 1- Pensando em sentido qualitativo, qual a diferença que você percebe entre os sons produzidos por cada instrumento?
- 2- Relembrando os conceitos das aulas passadas, quais as grandezas fazem os sons serem diferentes entre si? Defina cada uma delas.
- 3- O que você imagina ser a fonte das diferentes produções sonoras? Ou seja, qual o componente em cada instrumento faz o som produzido ser diferente?

Fontes sonoras

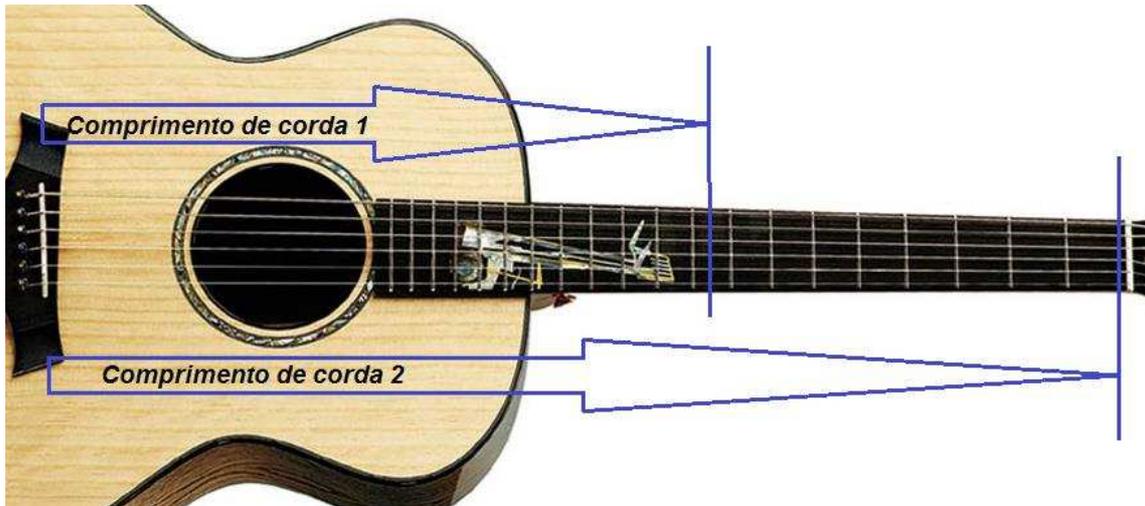
Como já visto anteriormente, o som, assim como qualquer onda, é uma perturbação longitudinal comumente produzida no ar. Porém pode perceber através dos estudos e percepções da experiência anterior que a origem desse som pode ser de diversas formas e algumas fontes dessas perturbações alteram de maneira fundamental nossa percepção sonora.

Na seção anterior nos deparamos com três tipos de instrumentos: instrumento de corda, instrumento de percussão e instrumento de sopro. Dentre esses três tipos de instrumentos podemos identificar os elementos que produziram o som, sendo as cordas no violão, o sopro na flauta e o “batuque” e a caixa no tambor.

Para o violão o que rege as frequências e comprimentos de onda produzidos por ele são as cordas vibrantes. Enquanto no tambor e na flauta, são os tubos sonoros.

Cordas vibrantes.

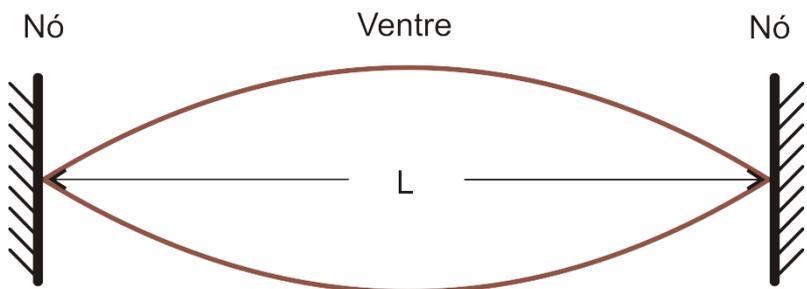
Nos instrumentos musicais de cordas, como por exemplo, um violão, que existem diversas casas musicais as quais são pressionadas para produzir os tipos de notas desejadas, como indicado na figura abaixo.



Fonte: <http://acrvida.wix.com/acrvida#!curso-violão-e-cavaquinho/zoom/mainPage/image167q>. Acessado dia 24/09/2015.

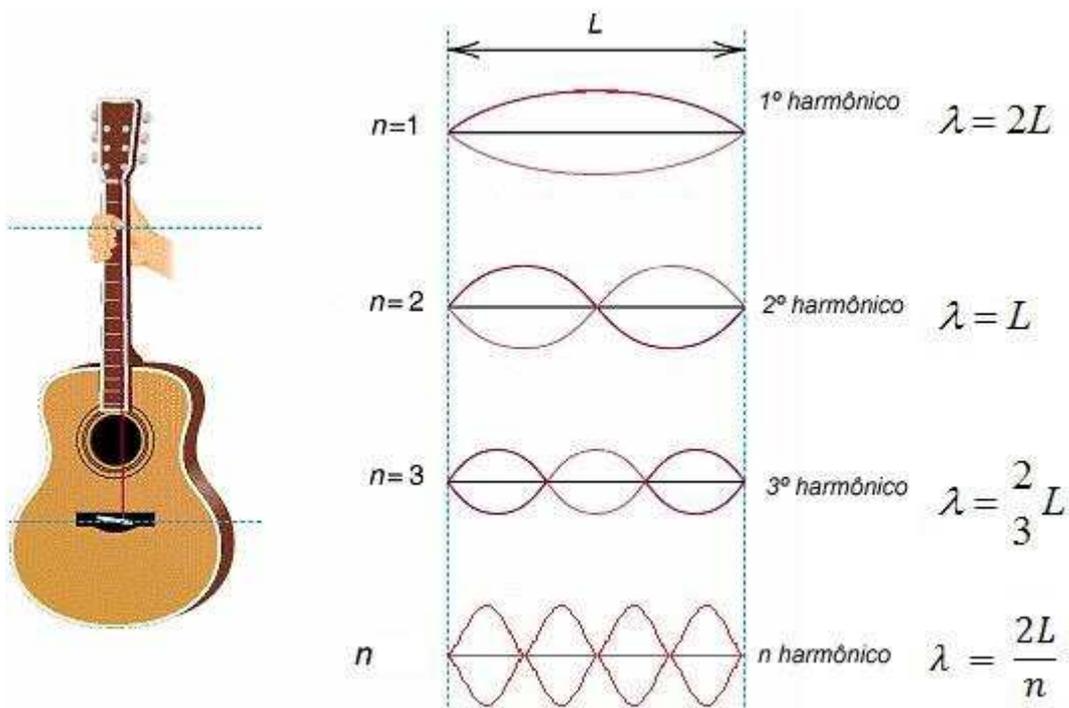
Imagine que em momentos diferentes as casas indicadas pelas setas estão sendo pressionadas. Pode-se perceber, portanto, que o comprimento de onda será determinado pela casa que se está pressionando, pois a distância entre a casa e o fim da corda corresponderia à metade do comprimento de onda,

vibrando da mesma forma que a figura ao lado. Esse tipo de onda recebe o nome de onda estacionária, onde um dos nós é a ponta das cordas e o outro é a casa que está sendo pressionada, para o exemplo dado.



Fonte: <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2011/12/cursos-do-blog-termologia-optica-e-13.html>. Acessado dia 24/09/2015.

As ondas estacionárias possuem vibrações bem definidas, sendo a vibração fundamental chamada de 1º harmônico, no exemplo do violão, seria a qual não haveria nenhuma casa sendo apertada. Todos os outros harmônicos são múltiplos inteiros do harmônico fundamental, definindo dessa forma, comprimentos de onda (λ) e frequências (f) para cada um dos harmônicos subsequentes. Na figura seguinte são mostrados os harmônicos e suas definições de comprimento de onda, lembrando que L é o comprimento da corda vibrante.



Fonte: brasilecola.com/fisica/a-fisica-os-instrumentos-musicais.htm. Acessado dia 24/09/2015.

Sendo o comprimento de onda definido pelo comprimento da corda e a velocidade no ar constante é possível também prever a frequência do primeiro harmônico:

$$f = \frac{v}{\lambda_1} \quad \rightarrow \quad f_1 = \frac{v}{2L}$$

E como os harmônicos seguintes são múltiplos inteiros, pode-se definir por:

$$f_n = n \frac{v}{2L}$$

Os harmônicos em um instrumento dificilmente são tocados isoladamente, eles são tocados em composições onde um sobrepõe o outro, dessa forma que se define o timbre característico do som.

Tubos sonoros

Assim como nas cordas musicais, tubos podem ser utilizados para criar ondas estacionárias dentro deles e dessa forma ter sons característicos e bem definidos.



Na experiência feita anteriormente, tanto o tambor quanto a flauta possuem essa característica de tubos sonoros, além deles, outros diversos instrumentos partilham da mesma característica tais como os órgãos de igreja, saxofones e muitos outros. Como exemplos desses instrumentos, um saxofone é mostrado na página anterior e a figura abaixo mostra um órgão de igreja.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Johann_Sebastian_Bach.
Acessado dia 24/09/2015.

Para tubos sonoros, existem dois tipos: os tubos abertos, nos quais as duas extremidades são abertas e os chamados tubos fechados onde apenas uma das extremidades é aberta.

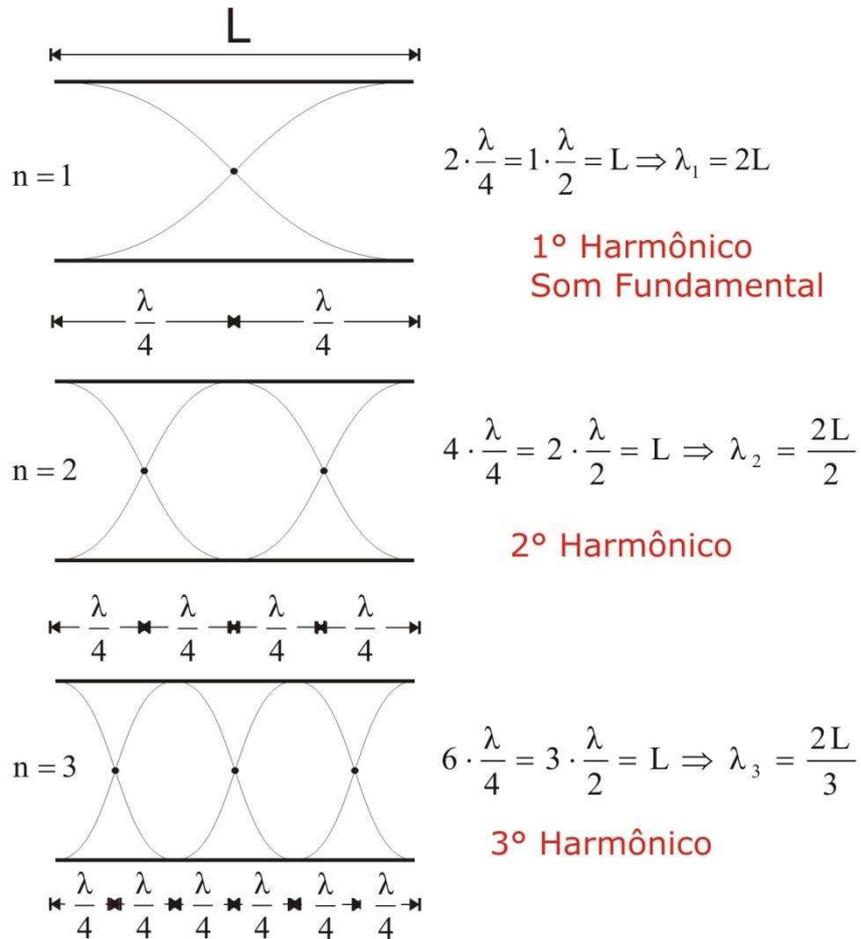
É possível observar na imagem a seguir a forma de onda que é adquirida em um tubo aberto, a qual o primeiro harmônico corresponde à metade do comprimento de onda, da mesma forma que nas cordas vibrantes, porém para os tubos abertos, o nó se estabelece no meio do tubo ao invés das pontas (considerando o 1º harmônico).

Dessa forma podemos generalizar o comprimento de onda em um tubo sonoro aberto da seguinte forma:

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

Bem como a frequência:

$$f_n = n \frac{v}{2L}$$



Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatória/Acústica/tubos.php>. Acessado dia 24/09/2015.

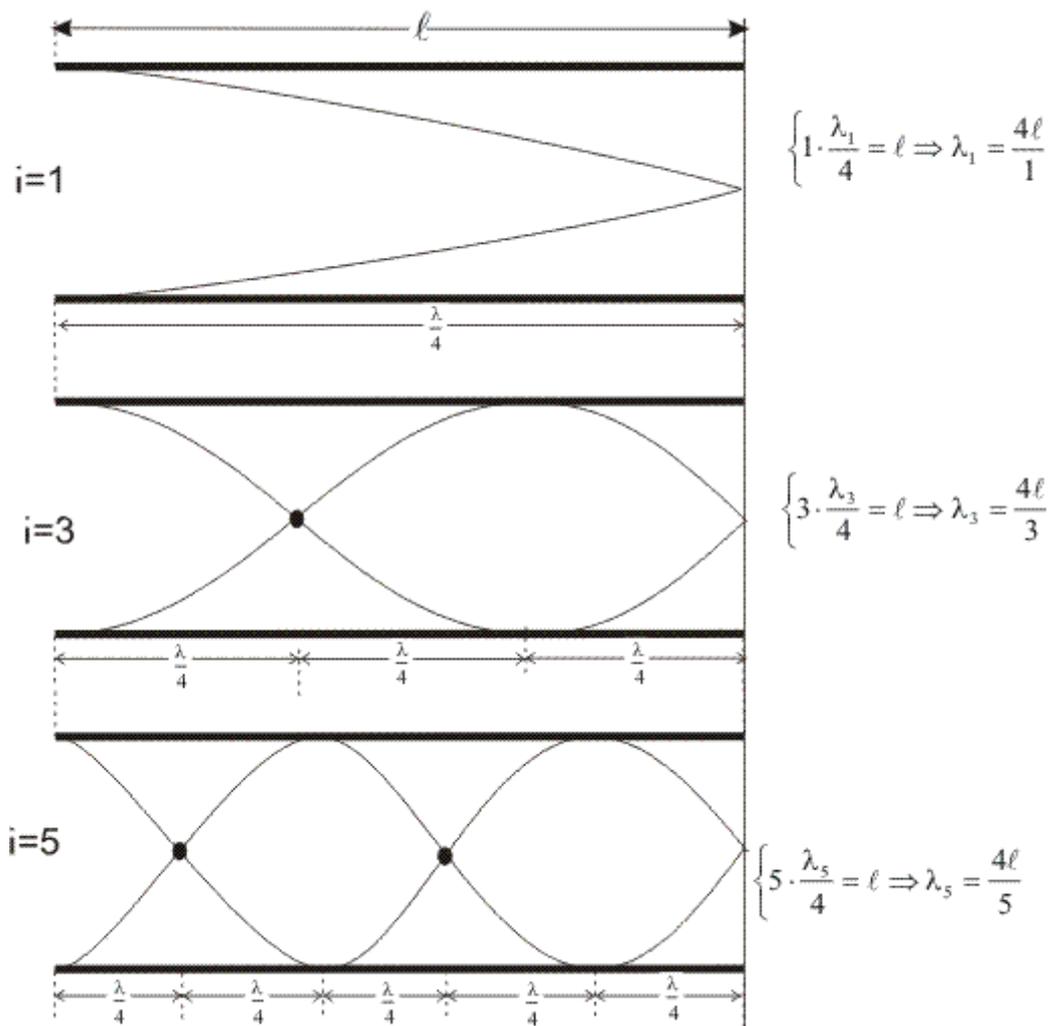
Lembrando que o n somente assume números inteiros (1,2,3...etc)

Já no tubo fechado se apresenta apenas harmônicos de número ímpar. Dessa forma, pode-se generalizar o comprimento de onda em tubos fechados:

$$\lambda_i = \frac{4L}{i} \quad \text{Sendo } i = 1,3,5 \dots \text{etc.}$$

E define-se a frequência sendo:

$$f_i = i \frac{v}{4L} \quad \text{Sendo } i = 1,3,5 \dots \text{etc}$$



Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatória/Acústica/tubos2.php>. Acessado dia 24/09/2015.

Efeito Doppler.

O efeito Doppler é um fenômeno sonoro que acontece devido à velocidade relativa entre o observador e a fonte sonora. Esse fenômeno pode ser observado em diversos ambientes do cotidiano, desde uma corrida de Formula 1 até a aproximação rápida de uma ambulância.

Esse fenômeno se caracteriza por uma acentuação na frequência do som na aproximação da fonte sonora e um posterior decréscimo nessa mesma frequência devido ao afastamento da fonte sonora.



Fonte:
<https://def.fe.up.pt/fisica3/ondas2/index.html>
 Acessado dia 24/09/2015.

Isso ocorre devido à aproximação da fonte sonora causa

uma aparente diminuição no comprimento de onda, aparentando assim uma maior frequência. Da mesma forma, quando se afasta da fonte sonora ocorre o alongamento dos comprimentos de onda, aparentando o contrário do primeiro caso, uma menor frequência.



Fonte: <http://i.ytimg.com/vi/JmpChd5D0d0/maxresdefault.jpg>.
Acessado dia 24/09/2015.

Quando esses corpos se afastam, ocorre um desvio para o vermelho (redshift), pois no espectro visível essa é a luz de menor frequência; enquanto quando esse corpo se aproxima, ocorre um desvio para o violeta (blueshift), devido a luz violeta ser a de maior frequência no espectro visível.

Esse fenômeno também é observado na luz quando captada do espaço, porém como a velocidade da luz é muito elevada isso só acontece com corpos celestes como galáxias ou estrelas. Quando esses corpos se afastam, ocorre um desvio para o vermelho (redshift), pois no espectro visível essa é a luz de menor frequência; enquanto quando esse corpo se

Avaliação – Estudo de caso

Preencha a ficha técnica abaixo com o seu grupo, perceba que será necessário tomar mão dos conceitos desenvolvidos anteriormente nos estudos de qualidades dos sons, características dos sons, etc.

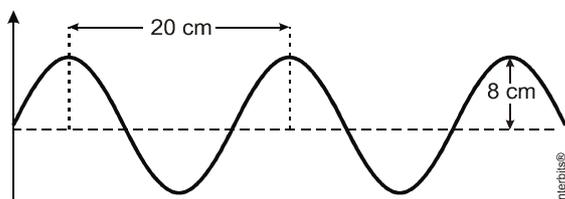
Ficha Técnica

Nome do Instrumento:		Comprimento Total da Corda	
Material do Instrumento:		Frequência Fundamental (1º Harmônico)	
Elemento Produtor do Som:		Frequência do 2º Harmônico	
Ruído Produzido (dB):		Comprimento da corda para esse 2º Harmônico	
<p>Dados acústicos</p> <p>Desenho da onda produzida:</p> <p>(Incluir dados de altura comprimento, nós e ventres.)</p>		Intervalo entre o 1º e 2º Harmônicos	
		Nome do tipo de intervalo:	
		Intensidade Sonora (W/m ²)	

<ul style="list-style-type: none"> • 1º Harmônico 	
<ul style="list-style-type: none"> • 2º harmônico 	

Exercícios Complementares

1. (G1 - IFPE 2012) A figura a seguir representa um trecho de uma onda que se propaga com uma velocidade de 320 m/s. A amplitude e a frequência dessa onda são, respectivamente:



- a) 20 cm e 8,0 kHz
- b) 20 cm e 1,6 kHz
- c) 8 cm e 4,0 kHz
- d) 8 cm e 1,6 kHz
- e) 4 cm e 4,0 kHz

2. (G1 - IFSC 2012) *Em dias de tempestade, podemos observar no céu vários relâmpagos seguidos de trovões. Em algumas situações, estes chegam a proporcionar um espetáculo à parte. É **CORRETO** afirmar que vemos primeiro o relâmpago e só depois escutamos o seu trovão porque:*



Fonte: http://sjm.no.sapo.pt/as_tempestades_e_tornados.htm Acesso: 21 set. 2011

- a) o som se propaga mais rápido que a luz.
- b) a luz se propaga mais rápido que o som.
- c) a luz é uma onda mecânica.
- d) o som é uma onda eletromagnética.
- e) a velocidade do som depende da posição do observador.

3. (UEL 2009) Os morcegos, mesmo no escuro, podem voar sem colidir com os objetos a sua frente. Isso porque esses animais têm a capacidade de emitir ondas sonoras com frequências elevadas, da ordem de 120.000 Hz, usando o eco para se guiar e caçar. Por exemplo, a onda sonora emitida por um morcego, após ser refletida por um inseto, volta para ele, possibilitando-lhe a localização do mesmo.

Sobre a propagação de ondas sonoras, pode-se afirmar que:

- a) O som é uma onda mecânica do tipo transversal que necessita de um meio material para se propagar.
- b) O som também pode se propagar no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas.
- c) A velocidade de propagação do som nos materiais sólidos em geral é menor do que a velocidade de propagação do som nos gases.

- d) A velocidade de propagação do som nos gases independe da temperatura destes.
- e) O som é uma onda mecânica do tipo longitudinal que necessita de um meio material para se propagar.

4. (Enem PPL 2013) Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas.

Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

- a) A altura da onda sonora.
- b) A amplitude da onda sonora.
- c) A frequência da onda sonora.
- d) A velocidade da onda sonora.
- e) O timbre da onda sonora.

5. (UECE 2010) Os termos a seguir estão relacionados às ondas sonoras.

I - Volume se refere à intensidade da sensação auditiva produzida por um som e depende da intensidade e da frequência da onda.

II - Altura se refere a uma qualidade da onda que depende somente da sua frequência: quanto menor a frequência maior a altura.

III - Batimento se refere às flutuações na intensidade do som quando há interferência de duas ondas sonoras de mesma frequência.

IV - Timbre é uma característica que depende da frequência e da intensidade dos tons harmônicos que se superpõem para formar a onda sonora.

Está correto o que se afirma em

- a) I e II, apenas.
- b) II e III, apenas.
- c) III e IV, apenas.
- d) I e IV, apenas.

6. (G1 - UFTPR 2008) Sobre ondas sonoras, considere as seguintes afirmações:

I - As ondas sonoras são ondas transversais.

II - O eco é um fenômeno relacionado com a reflexão da onda sonora.

III - A altura de um som depende da frequência da onda sonora.

Está(ão) correta(s) somente:

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.

7. (UFSCAR 2007) Sabemos que, em relação ao som, quando se fala em altura, o som pode ser agudo ou grave, conforme a sua frequência. Portanto, é certo afirmar que:

- a) o que determina a altura e a frequência do som é a sua amplitude.
- b) quanto maior a frequência da fonte geradora, mais agudo é o som.
- c) o som é mais grave de acordo com a intensidade ou nível sonoro emitidos.
- d) sons mais agudos possuem menor velocidade de propagação que sons mais graves.
- e) sons graves ou agudos propagam-se com mesma velocidade no ar e no vácuo.

8. (G1 - CPS 2006) A bateria é o coração de uma agremiação e sustenta com vigor a cadência indispensável para o desenvolvimento do desfile de Carnaval. O canto e a dança se apóiam no ritmo da bateria que reúne diversos tipos de instrumentos - surdo, caixa de guerra, repique, chocalho, tamborim, cuíca, agogô, reco-reco, pandeiro e prato - de sons graves e agudos, que dão estrutura ao ritmo.

As qualidades fisiológicas do som estão relacionadas com as sensações produzidas em nossos ouvidos. Essas qualidades são:

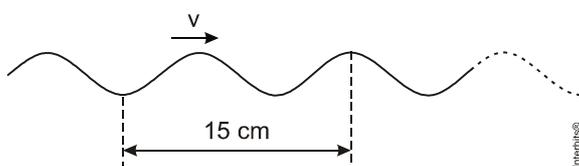
- a) a altura, a velocidade e o meio de propagação.
- b) a intensidade, a altura e o timbre.
- c) a velocidade, o timbre e a amplitude.
- d) o timbre, a frequência e o eco.
- e) o eco, a velocidade e a intensidade.

9. (UNICAMP 2014) A tecnologia de telefonia celular 4G passou a ser utilizada no Brasil em 2013, como parte da iniciativa de melhoria geral dos serviços no Brasil, em preparação para a Copa do Mundo de 2014. Algumas operadoras inauguraram serviços com ondas eletromagnéticas na frequência de 40 MHz. Sendo a velocidade da luz no vácuo

$c = 3,0 \times 10^8$ m/s, o comprimento de onda dessas ondas eletromagnéticas é

- a) 1,2 m.
- b) 7,5 m.
- c) 5,0 m.
- d) 12,0 m.

10. (UFPE 2012) Na figura abaixo, mostra-se uma onda mecânica se propagando em um elástico submetido a uma certa tensão, na horizontal. A frequência da onda é $f = 740$ Hz. Calcule a velocidade de propagação da onda, em m/s.



11. (UFRJ 2011) Um brinquedo muito divertido é o telefone de latas. Ele é feito com duas latas abertas e um barbante que tem suas extremidades presas às bases das latas. Para utilizá-lo, é necessário que uma pessoa fale na "boca" de uma das latas e uma outra pessoa ponha seu ouvido na "boca" da outra lata, mantendo os fios esticados.

Como no caso do telefone comum, também existe um comprimento de onda máximo em que o telefone de latas transmite bem a onda sonora.



Sabendo que para um certo telefone de latas o comprimento de onda máximo é 50 cm e que a velocidade do som no ar é igual a 340 m/s, calcule a frequência mínima das ondas sonoras que são bem transmitidas pelo telefone.

Bibliografia

Bibliografia

- ANDRADE, P. R. Poluição sonora está acima do permitido por lei. **Site da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - USP**. Disponível em: <<http://comunicacao.fflch.usp.br/node/1724>>. Acesso em: 3 Julho 2015.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1ª. ed. [S.l.]: Paralelo Editora, 2000.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHAER, S. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 194-223, Agosto 2007.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999, 2000.
- CARVALHO, A. M. P. D. C.; PEREZ, D. G. Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média. In: AMÉLIA DOMINGUES DE CASTRO, A. M. P. D. C. **O saber e o saber fazer dos professores**. São Paulo: Pioneira, 2001. p. 107-124.
- CASTRO, A. D. E. A. **Didática para a escola de 1º e 2º graus**. São Paulo: Pioneira, 1976.
- COELHO, S. M.; MACHADO, G. R. Acústica e música: uma abordagem metodológica para explorar sons emitidos por tubos sonoros. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 207-222, Abril 2015.
- ERROBIDART, H. A. et al. Ouvido mecânico: um dispositivo experimental para o estudo da propagação e transmissão de uma onda sonora. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, Março 2014.
- FECHER, G. **Elements of psychophysics**. [S.l.]: [s.n.], v. I, 1966.
- GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A.; MASSI, L. **Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências**. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas: [s.n.]. 2011.
- GUIMARÃES, Y. A.; GIORDAN, M. **Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores**. VIII Encontro Nacional De Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas: [s.n.]. 2011.
- HALLIDAY, D. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2008.
- JÚNIOR, F. N. M.; CARVALHO, W. L. P. D. 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**, 2011. 137-154.
- LAGO, B. L. A guitarra como um instrumento para o ensino de física ondulatória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, Março 2015.
- LUDKE, E. et al. Velocidade do som no ar e efeito Doppler em um único experimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, fev. 2012.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2ª. ed. São Paulo: E.P.U., 2014.
- MOURA, D. D. A.; NETO, P. B. O ensino de acústica no ensino médio por meio de instrumentos musicais de baixo custo. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, p. 12-15, 2011.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica**. 4ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, v. 2, 2004.

- PAIS, L. C. **Didática da Matemática**: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.
- PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos**: pessoal, social e histórico : energia, calor, imagem e som. 1ª. ed. São Paulo: FTD, v. 2, 2010.
- RAMALHO JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. D. T. **Os Fundamentos da Física**. 10ª. ed. São Paulo: Moderna, v. 2, 2009.
- RIBEIRO, J. L. P. Por que a percussão de uma mola produz o mesmo som de “pistolas laser” do filme Star Wars? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 385-399, Agosto 2014.
- RICARDO, E. C. **Problematização e contextualização no ensino de física**. São Paulo : Cengage Learning, 2010.
- RICARDO, E. C. Problematização e contextualização no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. D. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. Cap. 2, p. 29-52.
- SANTOS, E. M.; MOLINA, C.; TUFFAILE, A. P. B. Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de física, v. 35, n. 2, 30 Maio 2013.
- SILVA, W. P. D.; SILVA, D. D. P. S. E.; SILVA, C. D. P. S. E. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 103-110, Abril 2004.
- SILVER, D. D. PewResearchCenter. **Site da PewResearchCenter**, 02 fev. 2015. Disponível em: <<http://www.pewresearch.org/fact-tank/2015/02/02/u-s-students-improving-slowly-in-math-and-science-but-still-lagging-internationally/>>. Acesso em: 30 jun. 2015.
- VIGGIANO, E.; MATTOS, C. O desempenho de estudantes no Enem 2010 em diferentes regiões brasileiras. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 94, n. 237, p. 417-438, 2013.
- YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o Ensino Médio**. 1ª. ed. São Paulo: Saraiva, v. 2, 2010.
- YOUNG, H. D. **Física III - eletromagnetismo**. 12ª. ed. São Paulo: Addison Wesley, v. III, 2009.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II**: Termodinâmica e ondas. 10ª. ed. São Paulo: Addison Wesley longman, 2004.
- ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.
- ZANETIC, J. **Qual o papel da ciência na formação básica?** Atas do IX Simpósio Nacional de Ensino de Física. [S.l.]: [s.n.]. 1991. p. 9/10.

Apêndice B

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – CAMPUS SOROCABA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA, MATEMÁTICA / MESTRADO
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(Resolução 466/2012 do CNS)

Sequência didática: Uma alternativa para o ensino de acústica para o ensino médio

Eu, Lucas Jesus Bettiol Mazeti, estudante do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física convido o aluno _____ a participar da “Sequência didática: Uma alternativa para o ensino de acústica para o ensino médio” sob orientação da Prof^a Dr^a Ana Lúcia Brandl.

Trata-se de uma investigação de ensino envolvendo a disciplina de Física e a participação de estudantes no Ensino Médio. A motivação para o presente estudo explica-se pelo fato de que, muito embora a Física seja uma das matérias que tem proximidade do aluno explicando como as tarefas que fazemos e a tecnologia que utilizamos funcionam, o processo de ensino-aprendizagem da mesma é reconhecidamente abaixo do desejável.

Dessa maneira, o ensino de Física ocorre na forma de memorização, sem correlação entre os fatos, gerando um péssimo índice nas avaliações externas.

As causas para esse fenômeno são diversas, porém uma das mais importantes é a forma com que é ministrada a disciplina para os alunos. Normalmente a Física é exposta como um conjunto de regras matemáticas desconexas, sem muita relação com o dia a dia do indivíduo. Esse tipo de exposição gera uma aversão dos alunos para com a disciplina, pois não conseguem enxergar uma utilidade para o ensino.

A presente pesquisa visa utilizar uma sequência didática para o ensino da acústica de maneira mais contextualizada e relevante para os alunos, na tentativa de contrapor a tendência apresentada anteriormente.

A participação do aluno nessa pesquisa auxiliará na obtenção de dados que poderão ser utilizados para fins educacionais-científicos, proporcionando maiores

informações e discussões que poderão trazer benefícios para a área da Educação em Física e Educação Científica, para a construção de novos conhecimentos e para a identificação de novas alternativas e possibilidades para o trabalho da equipe na escola. O pesquisador realizará o acompanhamento de todos os procedimentos e atividades desenvolvidas durante o trabalho.

A participação é voluntária, isto é, a qualquer momento o (a) aluno (a) pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa ou desistência não lhe trará nenhum prejuízo, seja em sua relação ao pesquisador, à Instituição em que trabalha ou à Universidade Federal de São Carlos.

Todas as informações obtidas através da pesquisa serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre a participação em todas as etapas do estudo. Caso haja menção a nomes, a eles serão atribuídas letras, com garantia de anonimato nos resultados e publicações, impossibilitando a identificação.

Solicito sua autorização para gravação em áudio das atividades, dos encontros do grupo e das experiências. As gravações realizadas durante as aulas serão transcritas pelo pesquisador.

Essa pesquisa não prevê qualquer gasto aos participantes. Você receberá uma cópia deste termo constando o telefone, o endereço pessoal e o e-mail do pesquisador principal, podendo solicitar esclarecimentos, tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Além disso, você poderá solicitar uma cópia do projeto e da sequência didática para observar pormenores mais específicos e detalhados sobre a pesquisa.

Prof^a Dr^a. Ana Lúcia Brandl
(Orientadora)
Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km
110
Bairro do Itinga - Sorocaba - São Paulo - Brasil
CEP 18052-780
E-mail: anabrandl@gmail.com

Lucas Jesus Bettiol Mazeti
(aluno de pós-graduação)
Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km 110
Bairro do Itinga - Sorocaba - São Paulo - Brasil
CEP 18052-780
Fone: (11) 97129-0225,
E-mail: lucasmazeti@hotmail.com

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de participação na pesquisa e concordo que o aluno participe.

Local e data: _____

Nome do aluno: _____

Número e tipo de documento de identificação aluno e responsável:

Assinatura do responsável pelo aluno: _____

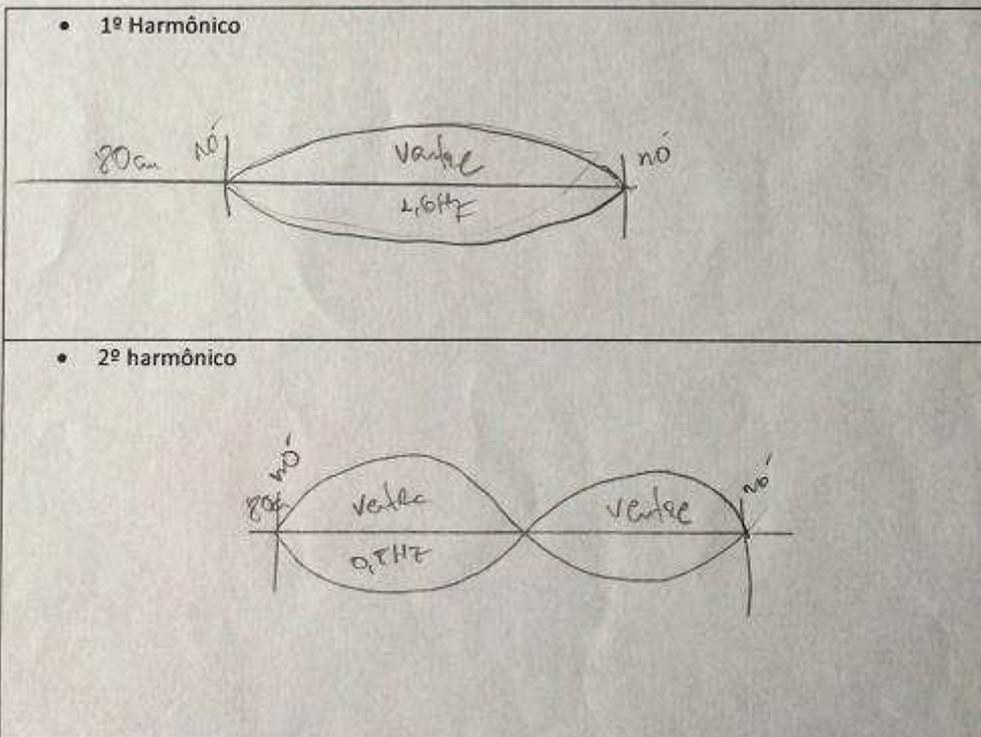
Apêndice C
Ficha Técnica Preenchida

Nome do Instrumento:	NÉCO (violão)	Comprimento Total da Corda	80 cm
Material do Instrumento:	maple, madeira, cola, fios	Frequência Fundamental (1º Harmônico)	460 Hz
Elemento Produtor do Som:	CORDA	Frequência do 2º Harmônico	920 Hz
Ruído Produzido (dB):	85 dB	Comprimento da corda para esse 2º Harmônico	80 cm
		Intervalo entre o 1º e 2º Harmônicos	2
		Nome do tipo de intervalo:	UMA OITAVA MAIOR
		Intensidade Sonora (W/m²)	$I = 10^{-4} \text{ W/m}^2$

Dados acústicos

Desenho da onda produzida:

(Incluir dados de altura comprimento, nós e ventres.)



Ficha Técnica

Nome do Instrumento:	Violão	Comprimento Total da Corda	66 cm
Material do Instrumento:	caixa de madeira, cabos de nylon, plectro, tampo de madeira, pregos e trastes	Frequência Fundamental (1º Harmônico)	$f = \frac{340}{1,32} = 257,5757 \dots$ Hz
Elemento Produtor do Som:	Có cordas	Frequência do 2º Harmônico	$f_2 = \frac{340}{0,66} = 515,15 \dots$ Hz
Ruído Produzido (dB):	86 dB	Comprimento da corda para esse 2º Harmônico	66 cm
		Intervalo entre o 1º e 2º Harmônicos	$i = \frac{f_2}{f_1} \approx 2$
		Nome do tipo de intervalo:	oitava maior
		Intensidade Sonora (W/m²)	10^{-3} W/m^2

Dados acústicos

Desenho da onda produzida:

(Incluir dados de altura comprimento, nós e ventres.)

