

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS

**RODRIGO MACHADO PEREIRA**

**ABORDAGEM ATIVA DA ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO COM  
A CONFECÇÃO DE ARTEFATOS MUSICAIS PELOS ALUNOS**

SÃO CARLOS  
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS

**RODRIGO MACHADO PEREIRA**

**ABORDAGEM ATIVA DA ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO COM  
A CONFECÇÃO DE ARTEFATOS MUSICAIS PELOS ALUNOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Exatas.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Pires Leodoro

SÃO CARLOS  
2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

P436aa      Pereira, Rodrigo Machado.  
Abordagem ativa da acústica no ensino médio com a  
confeção de artefatos musicais pelos alunos / Rodrigo  
Machado Pereira. -- São Carlos : UFSCar, 2013.  
84 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2013.

1. Física - estudo e ensino. 2. Música - acústica e física.  
3. Ensino ativo. I. Título.

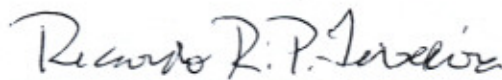
CDD: 530.07 (20ª)

**Banca Examinadora:**



---

**Prof. Dr. Marcos Pires Leodoro**  
**DME – UFSCar - Orientador**



---

**Prof. Dr. Ricardo Roberto Plaza Teixeira**  
**IFSP**



---

**Profa. Dra. Carolina Rodrigues de Souza**  
**DME – UFSCar**

## **AGRADECIMENTO**

Primeiramente, agradeço a Deus pelos dons do entendimento, da inteligência, da sabedoria e da ciência e, principalmente, porque sem Ele nada é possível.

À minha família: Valdivino, Diva, Renato e Raquel, pelo apoio emocional, psicológico, financeiro, carinho, confiança e por serem responsáveis por tudo que alcancei.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Pires Leodoro, pela paciência, orientação, esforço, dedicação, enfim, por ter contribuído tanto para a realização deste trabalho.

Agradeço a todas as pessoas que estiveram ao meu lado, aos colegas de mestrado e de trabalho, em especial aos amigos Prof. Francisco Nogueira Gonçalves e Prof. Renan Gomes Carrilo, pelas orientações, ajuda e incentivos.

A todas as pessoas cujos nomes não se encontram aqui, mas que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se realizasse.

*“Nunca soube o que era medo;  
tenho o mágico segredo  
de conquistar o impossível,  
e em tudo quanto é possível  
mando, tiro, ponho e vedo.”*

Dom Quixote – Miguel Cervantes

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar, como relato de experiência, uma abordagem de ensino ativo sobre o conteúdo de Acústica contextualizado por conhecimentos de música, a partir da elaboração e construção de artefatos sonoros, com materiais de baixo custo, por alunos do Ensino Médio. As atividades foram desenvolvidas numa escola pública da rede estadual de São Paulo localizada na cidade de Mogi Guaçu. Os conteúdos de acústica foram trabalhados de forma quantitativa e qualitativa. A análise qualitativa foi aplicada ao estudo das propriedades sonoras dos artefatos musicais produzidos pelos alunos se levando em conta os aspectos de produção, propagação e ampliação do som. A fase quantitativa da atividade didática foi conduzida com a utilização do software “Soundcard Scope V1.4” que possibilitou a análise harmônica do som produzido por tais aparatos e captado pela placa de som de um computador. A abordagem ativa que apresentamos tem seus fundamentos teóricos no enfoque sócioconstrutivista do ensino e é inspirada pela epistemologia de Kuhn. Se pauta pelo processo de contextualização social dos saberes e na consideração, pelo professor, das concepções espontâneas dos alunos, assim como pelo trabalho cooperativo entre eles. A mediação do professor procurou estar sempre situada dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos alunos e, portanto, contribuindo para a formalização dos conceitos científicos trabalhados. Também agregamos estratégias como a utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e a abordagem das relações entre a Ciência, a Cultura e a Sociedade. A produção material dos alunos, por meio dos artefatos sonoros que confeccionaram, assim como o acompanhamento do processo de produção dos mesmos apresentam indícios de que o trabalho motivou os alunos para o aprendizado da Física e, também, contribuiu para tornar mais significativo à eles, alguns conceitos de acústica.

**Palavras-chave:** Ensino de Acústica, Ensino Ativo, Música.

## **ABSTRACT**

This paper aims to present, as experience report, an active approach to teaching about the content of Acoustics by contextualized knowledge of music, from the design and construction of sound artifacts with low cost materials for high school students. The activities were conducted in a public school of the state of São Paulo in the city of Mogi Guaçu. The acoustic content were worked both quantitatively and qualitatively. Qualitative analysis was applied to the study of the properties of sound musical artifacts produced by students taking into account the aspects of production, propagation and amplification of sound. The quantitative phase of didactic activity was conducted using the software "Soundcard Scope V1.4" which allowed the harmonic analysis of the sound produced by these devices and captured by the sound card of a computer. The active approach we present has its theoretical foundations in education and social constructivist approach is inspired by Kuhn's epistemology. Process is guided by social contextualization of knowledge and consideration, the teacher, the students' spontaneous conceptions, as well as the cooperative work between them. The mediation of the teacher tried to always be located within the Zone of Proximal Development (ZPD) of the students and thus contributing to the formalization of scientific concepts worked. We have also added strategies such as the use of Information and Communication Technologies (ICT) and the approach of the relations between Science, Culture and Society. The material production of students through the sound artifacts that confected, and the monitoring of the production process of these signs indicate that the work has motivated students for learning physics, and also contributed to make it meaningful to them, some concepts of acoustics.

**Keywords:** Teaching Acoustics, Active Learning, Music.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	7
<b>2 EM BUSCA DE UM REFERENCIAL EPISTEMOLÓGICO PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA</b>	11
2.1. Epistemologia de Thomas Kuhn	12
2.2. Relações entre as ideias de Thomas Kuhn sobre a Ciência e o processo de ensino e aprendizagem na educação científica	18
<b>3 ABORDAGEM ATIVA DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NA SALA DE AULA DO ENSINO MÉDIO: UM DIÁLOGO COM A EPISTEMOLOGIA DE THOMAS KUHN E O SÓCIO-CONSTRUTIVISMO DE VYGOTSKY</b>	21
3.1 Fase 1: Elevação do nível de consciência conceitual	22
3.2 Fase 2: Introdução de anomalias	23
3.3 Fase 3: Apresentação da nova teoria	29
3.4 Fase 4: Articulação Conceitual	32
<b>4 ORGANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DAS AULAS DE ACÚSTICA RELACIONANDO MÚSICA E FÍSICA</b>	33
4.1. Primeira aula	34
4.2. Segunda aula	37
4.3. Terceira aula	40
4.4. Quarta aula	41
4.5 Quinta aula	41
4.6 O uso do Caderno do Aluno	49
<b>5 DESCRIÇÃO DOS ARTEFATOS SONOROS PRODUZIDOS PELOS ALUNOS</b>	51
<b>6 BREVES CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	60
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	64
<b>ANEXO 1: DIAGRAMA “V” epistemológico referente ao projeto inicial de pesquisa</b>	68
<b>APÊNDICE 1: Aspectos físicos da onda sonora: um guia conceitual</b>	69
<b>APÊNDICE 2: Breve manual de utilização do Software Soundcard Scope</b>	82

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por objetivo apresentar, em caráter de relato de experiência, uma abordagem de ensino ativo sobre o conteúdo Ondas, em particular, as Ondas Sonoras, com a elaboração e construção de artefatos sonoros por alunos do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual de São Paulo localizada na cidade de Mogi Guaçu.

As atividades didáticas desenvolvidas dialogam com a Proposta Curricular do Estado de São Paulo<sup>1</sup> (2010) e com o material didático distribuído pelo governo paulista denominado Cadernos de Física (2010). Dessa forma, foi possível desenvolver uma proposta de ensino que agregou conteúdo aquele material didático em consonância com o currículo escolar estadual paulista.

Em pesquisa aos materiais de ensino de Física– livros didáticos, recursos multimídia, projetos educacionais e até mesmo teses e artigos – foi identificada uma grande escassez de propostas que contemplem o ensino de Física, particularmente ondas e som, utilizando a música. Nossa prática aponta para o potencial didático da música para o ensino de Física tornando o conhecimento científico mais próximo do cotidiano do aluno.

Por outro lado, é possível encontrar diversos materiais didáticos que propõem o ensino da Física abordando a relação entre Ciência, cultura e imaginário popular. Mas, de modo geral, tais propostas se restringem a utilizar letras de músicas populares brasileiras, ricas em conteúdos científicos, para, a partir delas, apropriar-se dos conceitos físicos presentes, desenvolvendo discussões que levam ao ensino de Física, como os artigos “Física e Arte: uma ponte entre duas culturas” (Zanetic, 2006) e “A Música Popular Como Instrumento Para o Ensino de Física” (Pugliese e Zanetic, 2007).

O pouco material disponível com a proposta de relacionar Física à música apresentava uma abordagem avançada de conceitos físicos e matemáticos, não sendo adequado ao nível do ensino médio. Como exemplo, podemos citar o texto “A Física da Música” (Wuensche, 2004). O mesmo apresenta um tratamento do assunto com a utilização do Cálculo Diferencial e das Séries de Fourier.

Em nossa abordagem, a música é um instrumento relevante para o ensino de Física. Inclusive, não nos limitamos às análises qualitativas de fenômenos sonoros.

---

<sup>1</sup> [http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portais/18/arquivos/Prop\\_FIS\\_COMP\\_red\\_md\\_20\\_03.pdf](http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portais/18/arquivos/Prop_FIS_COMP_red_md_20_03.pdf)

Também conseguimos desenvolver o estudo quantitativo de conceitos importantes de ondas mecânicas, principalmente, o som.

Greene (2001) e Menezes (2003) defendem uma ligação entre Ciência e música muito mais profunda do que geralmente é estabelecida pelo senso comum. Greene (2001, p. 155) afirma que “Historicamente a música tem propiciado as melhores metáforas para quem quer entender as coisas cósmicas” e Menezes (2003, p.1) enfatiza a ligação ontológica entre a Física e a música:

Como quer que seja, se entendermos por música aquela atividade especulativa, prazerosa, sim, mas ao mesmo tempo essencialmente investigativa, de cunho experimental, cuja radicalidade ancora-se sobretudo na relação dialética entre o novo e a revisita do velho no novo contexto, então há de se reconhecer que, desde que tal ramo do saber existe de forma mais ou menos autônoma, ele sempre esteve ligado, como um primo próximo (irmandade talvez fosse um exagero), à matemática e à física.(...) Os liames que interligam ambas as esferas do saber humano – música e ciências – ancoram-se em bases bem mais profundas que as simples analogias. Trata-se muito mais de elos do que de meros paralelos.

Tais visões dos autores deixam claras as relações entre Física e música e evidenciam a capacidade da música de desenvolver analogias e metáforas adequadas para o ensino de Física em geral.

A música faz parte do imaginário popular estando presente em todas as culturas, em diversos contextos e, conseqüentemente, também, pode frequentar as salas de aula de Física. Os alunos adquirem um conhecimento não formal que pode ser relacionado aos conceitos e modelos físicos próprios para descrever a música. Nossa proposta educacional é a exploração desse conhecimento que os alunos trazem para a sala de aula. A reflexão que realizamos do trabalho desenvolvido se apoiou em teóricos como Piaget (*apud* Lima, 2003), Vygotsky (*apud* Nuñez 2004) e Thomas Kuhn (2006).

A estrutura de uma aula, sob a luz da teoria de Kuhn, trata o aluno como um “cientista kuhniano”, que encara uma anomalia e se vê frente ao desafio de desenvolver uma nova teoria para explicar as observações feitas.

Procuramos enfrentar as frequentes dificuldades dos alunos com as disciplinas das Ciências Exatas e das Ciências Naturais, a partir de uma abordagem ativa do ensino, de base construtivista.

Tal abordagem teve o respaldo dos trabalhos de Ostermann (1996), Moreira (1993), Lima (2003), entre outros. Esses autores consideram o processo de ensino-

aprendizagem um evento de natureza contextual, o qual deve privilegiar as concepções prévias dos alunos acerca da temática abordada, ainda que ela seja bastante distinta dos conhecimentos científicos.

A manipulação de instrumentos musicais pode exercer um importante papel na tão falada “motivação” dos alunos. É possível trabalhar o lúdico através da utilização de materiais de baixo custo para a elaboração de instrumentos musicais alternativos. Podemos, ainda, realizar análises qualitativas dos conceitos físicos relacionados ao som. Com os instrumentos desenvolvidos pelos alunos, foram trabalhados conceitos da produção e da propagação de ondas sonoras – fonte excitante, superfície vibratória, meios de propagação e receptores.

Para a análise quantitativa, utilizamos um software gratuito<sup>2</sup> que faz aquisição de dados por meio da placa de som de microcomputadores e microfone, sendo possível, como em um osciloscópio, realizar análises da frequência, amplitude e comprimento de onda. Ou seja, através de materiais acessíveis, foi possível sistematizar, matematicamente, o conteúdo discutido na criação dos instrumentos musicais, fazendo estudo de conceitos físicos e realizando seus paralelos com a música – frequência e altura, timbre e envoltória, intensidade e potência.

Houve, ainda, a possibilidade de realizar uma representação visual da música apreciando-a através de análises gráficas dos fenômenos físicos envolvidos. Wuensche (2004), em um texto redigido com objetivo de analisar a Física por trás dos mecanismos de produção de som, aponta a possibilidade da apreciação visual da música. Dessa maneira, a Física e a Matemática também são capazes de mostrar e descrever, a partir de uma abordagem objetiva, as possibilidades das infinitas combinações de sons criadas por um gênio como Johann Sebastian Bach, por exemplo. A delicadeza das construções sonoras dos grandes mestres da música pode ser vista, além de ouvida, na análise dos sons de suas obras e no perfeito equilíbrio entre as formas de ondas combinadas para formá-las.

Pautado nesses argumentos introdutórios, nosso trabalho tem como objetivo sistematizar uma abordagem do ensino da Física através da música, a partir da elaboração de uma proposta educacional caracterizada por uma abordagem ativa.

De modo a orientar nossas ações, reflexões e pesquisa, assim como a elaboração do produto educacional, a questão-foco que perseguimos foi: “É possível ensinar

---

<sup>2</sup> Soundcard Oscilloscope V1.4 Disponível em: [http://www.zeitnitz.de/Christian/scope\\_en](http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en)

conceitos de ondas e som, de forma qualitativa e quantitativa, por meio da música?”. E, a partir dessa pergunta motivadora, desenvolvemos uma abordagem ativa do ensino de Física, na qual os alunos puderam experienciar instrumentos musicais e produzir artefatos sonoros tornando a educação científica mais significativa e efetiva para eles.

Para efeito de ilustrar o desenvolvimento processual do trabalho, apresentamos, no ANEXO 1, o “V Epistemológico” elaborado em sua fase inicial de projeto desenvolvido junto à disciplina “Fundamentos Metodológicos da Educação em Ciências e Matemática” do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Exatas da Universidade Federal de São Carlos.

## 2. EM BUSCA DE UM REFERENCIAL EPISTEMOLÓGICO PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Na disciplina “Epistemologia e Ensino de Ciências Exatas”, cursada no Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciência Exatas da Universidade Federal de São Carlos, tive contato com artigos que relacionam o pensamento de Thomas Kuhn ao ensino de Ciências. Dois deles merecem destaque: “A Epistemologia de Kuhn”<sup>3</sup> (Ostermann, 1996) e “A Visão de Ciência em Livros Didáticos Utilizados por Professores de Física do Ensino Médio” (Faria, 2009).

Há, ainda, muitos materiais didáticos e métodos de ensino estruturados à luz de epistemologias e da história da ciência. Gomes (2005, p. 07) afirma que “Possuímos o entendimento de que nada relacionado ao processo de ensino deve ser tratado sem uma formação conceitual pautada na sua história.” Isso ocorre porque muitos paralelos são possíveis quando falamos de aprendizagem e produção de conhecimento.

Portanto, apostamos na possibilidade de desenvolver o ensino ativo da Física pautado em algumas concepções epistemológicas.

Em nosso caso, realizamos uma análise *a posteriori* de nossa prática de ensino, de modo a trazer à luz procedimentos que incorporamos à nossa ação docente em sala de aula desenvolvendo o senso crítico de olhar para o que foi feito como atitude de aperfeiçoamento profissional.

Em minha experiência como professor de Física, observo as dificuldades dos alunos nas disciplinas ditas “Exatas”. Uma das possíveis causas disso é a concepção de ensino-aprendizagem dessas disciplinas permeada pela teoria comportamentalista.

Há a visão de que o aluno é uma máquina, onde é possível inserir alguns “inputs” (estímulos) e prever quais serão os “outputs” (respostas). Moreira (1993) descreve as principais variáveis de *input*: *estímulo*, *reforço* e *contingências de reforço*; e as de *output* que são as *respostas dadas* pelo aprendiz. Nessa concepção, acredita-se que só é possível aprender Física por meio da realização de um número absurdo de exercícios, muitas vezes totalmente descontextualizados. É um adestramento e não um adquirir de conhecimento por parte do aluno.

Ao contrario da visão comportamentalista, entendemos que ensinar, na área de Exatas, demanda uma abordagem ativa pautada na perspectiva sociocultural

---

<sup>3</sup> De agora em diante, vamos adotar a terminologia de Ostermann (1996) que se refere às ideias de Thomas Kuhn sobre a Ciência como uma epistemologia.

vygotskyniana e cognitivista piagetiana. Elas levam a considerar, no ensino, o fato de que o aluno tem, em seu dia a dia, inúmeras situações em que é necessário a utilização da Matemática e da Física.

É claro que há a necessidade de realização de exercícios para melhor apreensão do conhecimento, mas estes devem ser fundamentados no cotidiano do aluno, deve interagir com a cultura local e respeitar a história de cada indivíduo.

Ostermann (1996) propõe que os alunos de disciplinas científicas sejam vistos como pequenos pesquisadores kuhnianos, passando por todos os processos de produção científica delineados por Kuhn em sua descrição da ciência. Apesar de Ostermann não explicitar a necessidade de trabalho em equipes, é indispensável o trabalho escolar estruturado dessa forma, montando-se pequenas comunidades “científicas” na sala de aula ou tratando a sala, na sua totalidade, como uma comunidade científica. Assim, tal abordagem é visivelmente construtivista e cooperativa possibilitando, por meio do ensino ativo da Ciência, uma aprendizagem significativa por parte dos alunos.

Os conceitos importantes para a elaboração de um método de ensino baseado nas ideias de Thomas Kuhn são: a compreensão do próprio pensamento kuhniano sobre a ciência e suas relações com as teorias de ensino-aprendizagem ligadas ao construtivismo e cooperativismo.

## **2.1. EPISTEMOLOGIA DE THOMAS KUHN**

Kuhn (2006) adota o termo “paradigma” para caracterizar o conjunto de realizações teóricas e práticas da Ciência sem precedentes, a ponto de atrair um número muito grande de partidários entre os cientistas. Ao mesmo tempo, estas realizações seriam suficientemente abertas para deixar toda a espécie de problemas para serem resolvidos pelo grupo de praticantes da ciência que se converteu ao paradigma. Por outro lado, o paradigma é um elemento que articula o grupo, a ponto de ser objeto da formação do cientista. Para Kuhn (2006, p. 30), “o estudo dos paradigmas (...) é o que prepara basicamente o estudante para ser membro da comunidade científica determinada na qual o estudante atuará mais tarde”.

O termo, certamente, é o conceito fundamental de sua teoria e talvez por isso o mais discutido e criticado, principalmente após a publicação, em 1962, de seu primeiro livro “A estrutura das Revoluções Científicas”. Em 1965, Kuhn recebe inúmeras críticas no Seminário Internacional sobre Filosofia da Ciência realizado em Londres. Entre elas,

a de que a definição de paradigma era muito vaga. M. Masterman (*apud* OSTERMANN, 1996) em seu livro “A natureza de um paradigma”, de 1979, aponta que a obra de Kuhn possui vinte e duas maneiras diferentes de utilização do termo paradigma. Além do fato de que os conceitos de paradigma e comunidade científica parecem entrar numa espécie de círculo vicioso. Kuhn reconheceu esses problemas no posfácio de sua obra, publicado em 1969.

Segundo Kuhn (2006, p. 221):

Um paradigma é aquilo que os membros de uma comunidade partilham e, inversamente, uma comunidade científica consiste em homens que partilham um paradigma. (Kuhn, 2006, p. 221).

Portanto, um conceito seria dependente do outro faltando a definição precisa de cada um. No posfácio de 1969, Kuhn responde as críticas, reconhecendo a circularidade, mas negando a viciosidade do termo.

Segundo Mendonça (2007), o sentido primordial e etimológico de paradigma é o de “exemplar”, isto é, uma realização concreta de um problema que se torna um parâmetro para a solução de outros problemas semelhantes.

A partir daí, podemos perceber a importância do paradigma para um determinado grupo de pessoas que compartilham dele: sob o amparo de um paradigma, certa comunidade científica não discute mais sobre quais fatos devem ser investigados, quais métodos a serem empregados e o que se aceita como soluções. Ou seja, ao praticar a ciência normal, os pesquisadores lidam de maneira homogênea com as questões ontológicas, metodológicas e epistemológicas.

Agora podemos definir, de forma mais adequada, o conceito de Comunidade Científica e não vinculá-lo ao conceito de paradigma. No posfácio de seu *A estrutura das revoluções científicas* Kuhn afirma que se viesse a reescrever o livro iniciaria com uma discussão sobre a estrutura comunitária da Ciência. Ele afirma que:

Uma comunidade científica é formada pelos praticantes de uma especialidade científica. Estes foram submetidos a uma iniciação profissional e a uma educação similares, numa extensão sem paralelos na maioria das outras disciplinas. Neste processo absorveram a mesma literatura técnica e dela retiraram muitas das mesmas lições. (Kuhn, 2006, p. 222).



Kuhn define a comunidade científica explicitando os membros pertencentes e o modo de acesso a ela. A primeira forma de ingresso é o nível instrucional: todos os membros apresentam a mesma formação acadêmica, estudaram com a mesma literatura, compartilharam, em seus cursos, a mesma grade de disciplinas e ainda dão respostas aos problemas semelhantes às que constam nos manuais didáticos.

Kuhn cita mais algumas condições de pertencimento à comunidade científica: a necessidade de uma titulação muito alta. Enfim, os membros da comunidade “bebem da mesma fonte”, utilizam dos mesmos meios de divulgação do material produzido e leem os mesmos periódicos, e, ainda, talvez o mais importante, uma comunidade científica apresenta pesquisadores que adotam a mesma metodologia de investigação científica, portanto possuem as mesmas técnicas de pesquisa.

Há uma segunda forma de identificar a comunidade científica:

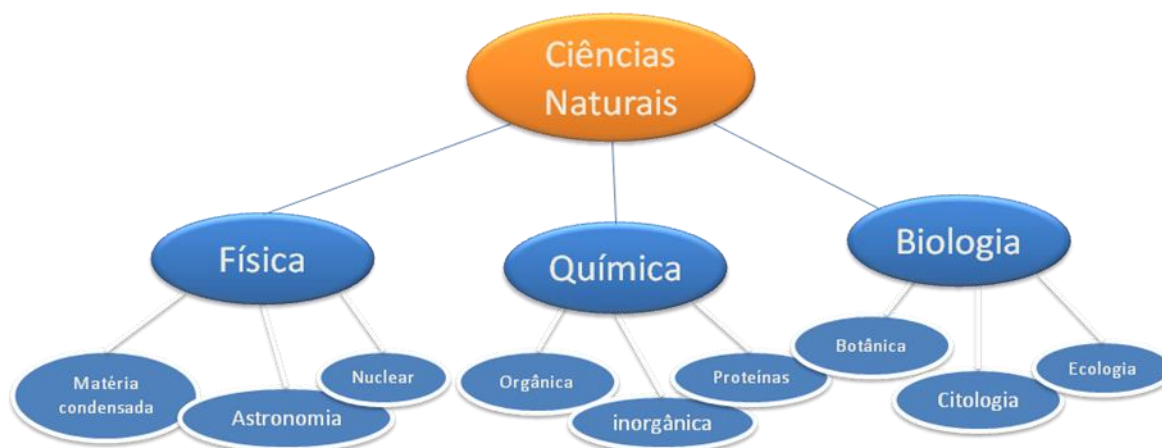
Em geral, cada comunidade possui um objeto de estudo próprio. Há escolas nas ciências, isto é, comunidades que abordam o mesmo objeto científico a partir de pontos de vista incompatíveis (Kuhn, 2006, pg. 223).

Definido o objeto de estudo pode haver, ainda, vários grupos que o abordam, pois existem pontos de vista diferentes. Um exemplo cabível é a própria epistemologia da ciência: Popper, Kuhn, Lakatos, Laudan, Bachelard, etc. estudaram e produziram teorias com pontos de vistas completamente incompatíveis sobre a produção de conhecimento e, desse modo, formaram “escolas”, dentro da epistemologia. Por exemplo, a escola poperiana, a kuhniana, e assim por diante. Há, portanto, a comunidade científica mais geral, na qual não é possível atribuir uma única metodologia de pesquisa, como, por exemplo, as Ciências Naturais. De acordo com Nascimento Júnior (1998, p. 50):

No artigo Reconsideração Acerca dos Paradigmas, publicado em 1974, Kuhn admite que as comunidades científicas têm existências independentes e, sendo assim se torna difícil encontrar regras partilhadas em número suficiente para explicar a conduta de investigação.

No interior da comunidade mais geral, como a Ciências Naturais, encontramos comunidades científicas com objetos de estudos mais bem delineados, ou seja, a Física, a Química e a Biologia, por exemplo. Elas partilham alguns procedimentos de

metodologia científica. No entanto, mesmo essas subáreas e comunidades científicas apresentam divisões, em grupos com suas próprias titulações, seus periódicos e meios específicos de divulgação científica. A figura 1 ilustra uma possível organização de algumas comunidades científicas vinculadas às Ciências Naturais:



**Figura 1:** Comunidades Científicas

A Física da Matéria Condensada, vinculada à Física, possui sua própria comunidade científica, com seus periódicos, membros com alta titulação e metodologias científicas peculiares. Do mesmo modo, a Química Orgânica no interior da Química, e a Botânica pertencente à Biologia. Dessa forma, o conceito de comunidade científica para Kuhn fica mais delimitado. O autor toma todo esse cuidado na descrição de tal conceito porque sua teoria epistemológica está pautada nele. É importante frisar que Kuhn defende a evolução da Ciência como um fenômeno comunitário, ou seja, ele propõe que a produção de conhecimento é algo coletivo. Em sua obra, Kuhn não concebe a Ciência como um conjunto de descobertas individuais que se sucedem linearmente. Ela é o produto de várias revoluções do pensamento humano.

O período em que acontece um processo de grande produção científica, mas não uma grande revolução científica, Kuhn (2006, p. 77) chama de “Ciência Normal”:

A ciência normal, (...) é um empreendimento altamente cumulativo, extremamente bem sucedido no que toca ao seu objetivo, a ampliação contínua do alcance e da precisão do conhecimento científico. (...) Contudo a ciência normal não se propõe descobrir novidades no terreno dos fatos ou da teoria; quando é bem sucedida não as encontra.

Durante esse período, o paradigma vigente não é questionado quanto à sua validade e é capaz de responder a maioria das indagações as quais é submetido. Mas, é durante esse tempo que vão se acumulando informações e indagações que, aos poucos, esgotam o paradigma. Então, quando ele não é mais suficiente, acontece a revolução científica com o processo da “quebra do paradigma”. Nesse período, novos métodos, novas filosofias, uma nova visão de mundo são implementados.

O processo de produção científica depende da coletividade de cientistas durante o período de ciência normal. Nessa etapa, há um processo cumulativo que esgota o paradigma vigente culminando na consolidação de um novo paradigma, após o período revolucionário (crise), que seja capaz de responder a perguntas antes não respondidas:

Guiados por um novo paradigma, os cientistas adotam novos instrumentos e orientam seu olhar em novas direções. E o que é ainda mais importante: durante as revoluções, os cientistas vêem coisas novas e diferentes quando, empregando instrumentos familiares, olham para os mesmos pontos já examinados anteriormente. (...) As mudanças de paradigma realmente levam os cientistas a ver o mundo definido por seus compromissos de pesquisa de uma maneira diferente. (Kuhn, 2006, p.146).

Podemos, então, montar um esquema, muito comum em livros e artigos, para compreensão da teoria epistemológica de Kuhn:

**paradigma —————> ciência normal —————> crise —————> novo paradigma**

Com essa nova visão de ciência, Kuhn elabora críticas ao positivismo. Ou seja, a velha visão epistemológica segundo a qual a produção do conhecimento científico começa com observação neutra, se dá por indução, é cumulativa e linear.

Kuhn encara a observação científica como sendo antecedida por teorias (os paradigmas) e, portanto, ela não é neutra. Por outro lado, não há justificativa lógica para o método indutivo. Devemos reconhecer, segundo a perspectiva kuhniana, o caráter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento. Essa é, portanto, a contribuição de Kuhn, para a visão construtivista da Ciência.

Em verdade, nos dias de hoje, assistimos a um rico debate entre os diferentes modelos de desenvolvimento científico (modelos como o de Popper, Lakatos, Feyerabend, Toulmin, Laudan, dentre outros filósofos e estudiosos da Ciência). Cada

um, a seu modo, representa uma oposição à postura empirista-indutivista que concebe o conhecimento como sendo produzido primariamente pela observação, de forma cumulativa. Como nos diz Köhnlein (2003, p. 27):

Assim como Popper, outros filósofos reconheceram as limitações da posição empirista-indutivista, como Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Hanson, que enfatizaram ser algo totalmente destituído de sentido fazer uma investigação sem uma clara orientação teórica.

## **2.2. RELAÇÕES ENTRE AS IDÉIAS DE THOMAS KUHN SOBRE A CIÊNCIA E O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**

Como dito, há a possibilidade de tratar a epistemologia de Kuhn como a base para um método educacional. Isso porque suas ideias influenciaram fortemente a abordagem construtivista da educação científica. Matthews (2000, p. 275) afirma que “O construtivismo filosófico tem suas origens imediatas no trabalho de Thomas Kuhn”.

Por outro lado, considerando o construtivismo a principal teoria de ensino-aprendizagem adotada e aceita atualmente, acreditamos que as concepções de Kuhn são pertinentes para a compreensão e organização do processo de ensino-aprendizagem da Ciência, em particular, da Física.

A percepção de que Kuhn é o predecessor das teorias construtivistas, o que nos leva a considerar suas ideias como uma base teórica para a aprendizagem está presente na fala de Pietrocola (1999, p. 217):

A exemplo das demais áreas das ciências humanas, a pesquisa em ensino de ciências não ficou imune à influência das ideias de Kuhn. O movimento construtivista, em particular aquele vinculado aos estudos sobre as concepções alternativas (Gilbert e Swift, 1985, Duit, 1993), ao evidenciar nos alunos a existência de estruturas alternativas de pensamento sobre o mundo físico altamente elaboradas, revelou um continente a ser prospectado.

Pietrocola (1999) aponta que a teoria de ensino mais popular no contexto construtivista, a de Mudança Conceitual, ao ser analisada em detalhes, revela uma estrutura epistemológica e psicológica muito semelhante às situações de Ciência Revolucionária previstas por Kuhn. O autor afirma, ainda, que embora alguns dos proponentes da Mudança Conceitual insistam em vinculá-la aos trabalhos de Lakatos, a ideia chave presente na mesma, ou seja, a necessidade de operar uma mudança conceitual, é de natureza kuhniana.

Ostermann (1996, p. 194) fundamentada na mesma concepção de Pietrocola, afirma que:

As ideias kuhnianas representam um importante referencial para o trabalho em sala de aula. A visão de ciência transmitida nas aulas nos livros didáticos, as estratégias de ensino utilizadas podem ser

fundamentadas no modelo de Kuhn sobre o desenvolvimento científico.

O conceito de quebra de paradigma tem um paralelo com o conceito de conflito cognitivo das teorias educacionais inspiradas no trabalho de Piaget.

Bastos (2008, p.2) alega que a aprendizagem de conteúdos de Ciências é um processo que requer construção e reconstrução de conhecimentos. A reconstrução sucessiva se torna necessária porque os alunos, em razão de suas concepções prévias, habilidades mentais, interesses, valores etc., dificilmente conseguem, de início, interpretar as informações veiculadas em aula de modo a construir conhecimentos fidedignos. Portanto se faz necessário trabalhar com o conceito de conflito cognitivo, o qual pode ser corroborado pela teoria de Kuhn:

(...) uma das ideias que se fortaleceu e ganhou adeptos no interior da comunidade de pesquisadores foi aquela que havia sido defendida por Posner et al. (1982), segundo a qual a mudança conceitual nos indivíduos se assemelharia à mudança de paradigma na ciência, proposta por Kuhn.

Bastos (2008, p. 3) alega, ainda, que:

Esses modelos, sob a influência dos trabalhos de autores como Piaget e Thomas Kuhn, que enfatizavam a importância das "perturbações exteriores" (Piaget, 1969, p.88) e das "anomalias" (Kuhn, 1962) no processo de construção de conhecimentos, introduziram a noção de conflito cognitivo. Os alunos seriam defrontados com informações, exemplos, demonstrações, problemas e atividades de laboratório que contrariassem suas concepções, a fim de que essas perturbações externas ou anomalias produzissem conflito cognitivo e estimulassem os alunos a reformular suas ideias.

O conflito cognitivo faria, na educação, o papel análogo ao da anomalia no processo de produção de conhecimento. O grupo de alunos se assemelharia à comunidade científica diante de uma situação problema que desafia o paradigma vigente, este último representado pelas concepções prévias dos alunos sobre os saberes necessário ao entendimento e explicação da situação problema. Assim, apesar de uma comunidade científica ser legitimadora do paradigma vigente, ao se deparar com uma anomalia, enfrenta a necessidade de uma revolução científica, uma mudança de

paradigma, que não acontecerá sem resistências de setores dessa mesma comunidade. Do mesmo modo, o conflito cognitivo, na sala de aula, favoreceria a necessidade do aluno de reorganizar seus saberes e apreender novos conhecimentos, enfim, mudar seu paradigma baseado no senso comum.

Além disso, essa abordagem possibilita que os alunos entendam que o crescimento pessoal e intelectual pode ser severamente obstaculizado se nos fecharmos em nossas concepções e nos negarmos a considerar a validade de outras possíveis alternativas de interpretação da realidade.

### 3. ABORDAGEM ATIVA DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA NA SALA DE AULA DO ENSINO MÉDIO: UM DIÁLOGO COM A EPISTEMOLOGIA DE THOMAS KUHN E O SÓCIO-CONSTRUTIVISMO DE VYGOTSKY

Como dito anteriormente, nas propostas tradicionais de ensino de Ciências dita Exatas, há a concepção de que uma mesma metodologia educacional e pedagógica possa ser aplicada a qualquer grupo de alunos com a obtenção de resultados semelhantes. Ou seja, em qualquer contexto cultural, econômico e social tal método seria capaz de obter, de maneira exemplar, os resultados esperados: o aluno aprender o conteúdo por meio da reprodução das atividades propostas.

A visão de que todos os alunos são iguais, bastante difundida pela teoria educacional de Skinner, é oriunda da fenomenologia essencialista. Lima (2003, p. 33), em seu estudo sobre a gestão de uma escola piagetiana, faz uma análise da visão behaviorista e cita a máxima de Skinner “o homem é uma folha em branco no qual o meio se inscreve”.

Olhando todos os indivíduos como sendo “folhas em branco” se pressupõe que eles responderiam de maneiras equivalentes às mesmas imposições do meio. Essa é a visão fundamentada pela ideia de *reflexos condicionados*: independente de qualquer experiência anterior pela qual tenha passado o indivíduo seria possível, com as alterações adequadas do meio e, por meio das atribuições de *prêmio* e *castigo*, educar qualquer um. Todo sujeito seria uma máquina vazia (MOREIRA, 1993): cada estímulo corresponde a uma resposta previamente escolhida, reforçada por meio de prêmios ou com a punição para eliminar o comportamento não desejado. Para Lima (2003, p. 33), a educação, segundo a suposição behaviorista, se expressaria pela ideia de que a “aprendizagem depende da *repetição*, do prêmio e do castigo (modelos dos ratos e pombos nos laboratórios)”.

Tentando propor algo diferente, onde são consideradas as concepções prévias dos alunos e o contexto histórico-cultural, conforme a estratégia educacional de Zylbersztajn (apud Ostermann 1996) pautada na teoria de Thomas Kuhn que Ostermann (1996) recupera e melhora. Ela propõe que os alunos de disciplinas científicas sejam encarados como cientistas kuhnianos. Os passos instrucionais delineados por Ostermann são:

- (1) Elevação do nível de consciência conceitual;



- (2) Introdução de anomalias;
- (3) Apresentação da nova teoria;
- (4) Articulação conceitual.

Essa abordagem é visivelmente construtivista e a consideramos para a análise do trabalho por nós desenvolvido. A cada passo instrucional, percebemos algumas mudanças necessárias, complementando o trabalho de Ostermann.

Denominamos nossa abordagem da educação científica, concebida nesses moldes, de *ativa*. A abordagem ativa é, portanto, baseada na teoria de Kuhn e na leitura da mesma por Ostermann. No entanto, foi necessário atualizar o trabalho de Ostermann, considerando as atuais discussões sobre o conflito cognitivo. Nesse sentido, buscamos uma aproximação ao conceito de atividade de Leontiev (*apud* Nuñez, 2009).

Também agregamos estratégias didáticas como a utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e a abordagem das relações entre a Ciência, a Cultura e a Sociedade.

Em nosso trabalho com alunos do ensino médio do período diurno numa escola da rede estadual paulista, encontramos paralelos com as quatro fases determinadas por Ostermann para o desenvolvimento de conteúdos de acústica nas aulas de Física. Portanto, resolvemos comentar a proposta de Ostermann introduzindo nossas modificações, no sentido de considerá-la uma abordagem ativa do ensino de Física.

### **3.1. Fase 1: Elevação do nível de consciência conceitual**

Esse período seria o equivalente ao período de ciência normal da epistemologia kuhniana. Os alunos se conscientizariam de suas concepções alternativas, ou seja, teriam consciência do paradigma adotado por eles, até então, para explicar o mundo.

De acordo com a suposição interacionista (LIMA, 2003), a educação acontece por meio da relação dialética entre o sujeito e o meio. Os indivíduos são observados em seu desenvolvimento biológico e cognitivo e o ambiente nos seus aspectos físicos e sociais. Assim, ao invés de ser apenas produto do meio, o sujeito transforma o ambiente ao mesmo tempo que é transformado por ele.

Correspondendo a esse momento, realizamos, em sala de aula, uma atividade como *brainstorming*, na qual o aluno expunha suas concepções, dialogava com as concepções dos colegas, o que o possibilitava reconhecer seu pensamento sobre o assunto estudado.

Obtivemos resultados bastante significativos, como a percepção, por parte dos alunos, da concepção incorreta, sob o ponto de vista da Física, de que o som é capaz de transportar matéria.

### **3.2. Fase 2: Introdução de anomalias.**

Essa etapa corresponde ao período de ciência extraordinária na teoria de Kuhn. Nela o professor introduz situações de conflito cognitivo, ou seja, atividades que produzem desconforto e insatisfação dos alunos com as concepções sobre o fenômeno em estudo, uma vez que eles não pudessem explicá-los. A situação é análoga a das anomalias no processo de produção científica. O paradigma vigente (análogo das concepções espontâneas dos alunos) é incomensurável com a compreensão científica comumente adotada para explicar os fenômenos.

Na teoria cognitivista de Piaget, o conflito cognitivo acionaria o mecanismo de equilíbrio: transformar e ser transformado coexistem durante o ensino-aprendizagem de maneira dinâmica (LIMA, 2003). Assim, a educação tem o papel de desequilibrar, motivando o indivíduo a buscar formas de reequilibrar-se. Isso tudo só se dá por um processo voluntário, em que o sujeito é o grande responsável por sua aprendizagem.

De acordo com Lima (2003), o conflito cognitivo só acontece quando se propõe ao aluno circunstâncias nas quais ele possa construir hipóteses e ser capaz de planejar, realizar e analisar os resultados dos experimentos. Isso implica que a mudança conceitual só ocorre com uma mudança metodológica que supere a forma de pensar do senso comum.

Corroborando essa ideia, Hodson (1992 *apud* Lima 2003) considera que os alunos manifestam, de forma mais significativa, a compreensão da natureza da Ciência quando participam de investigações científicas.

O problema aparece quando o processo de conflito cognitivo não produz a resposta esperada. Piaget (1977 *apud* Faria e Nuñez, 2004) já previa a existência de resposta negativa aos desequilíbrios causados pelas perturbações. Era o que ele chamava de resposta não adaptativa. Ela acontece quando o indivíduo não toma consciência do conflito existente e, conseqüentemente, não faz nada para modificar as concepções espontâneas iniciais. A esse respeito Moreira e Greca (2004, p. 16) comentam:

Cabe ainda registrar que o modelo kuhniano de mudança de paradigma foi tomado quase ao pé-da-letra para a mudança conceitual dos alunos na aprendizagem de ciências.

As concepções alternativas dos alunos foram consideradas o velho paradigma e as concepções científicas o novo. Ao professor cabia causar insatisfação com as concepções prévias gerando conflito cognitivo que seria resolvido pela apresentação de concepções científicas inteligíveis, plausíveis e frutíferas. Uma enorme quantidade de pesquisas foram feitas baseadas nesse modelo proposto por Posner et al., em 1982. Os resultados foram desanimadores: os alunos não substituíram suas concepções alternativas pelas científicas assim tão facilmente, tão logicamente. Como dizia Kuhn, e como todo o professor experiente sabe, a mudança de paradigmas, ou a mudança de concepções, depende de muito mais fatores do que insatisfação, inteligibilidade, plausibilidade e frutificação. A mudança conceitual, assim como a mudança de paradigmas, é muito mais evolutiva do que substitutiva.

Silva *et al* (2004) vão mais além na crítica ao modelo de mudança conceitual. No estudo que realizam, defendem que os alunos não necessariamente entram em conflito cognitivo, e conseqüentemente, podem não mudar suas ideias prévias. Eles afirmam que “estudantes não podem ser comparados de forma simples com as mudanças de teorias nas ciências, baseados nas epistemologias de Kuhn, Toulmin e Lakatos” (idem, p.26).

Mortimer (1996) afirma que as estratégias de ensino fundamentadas em Piaget não levam em consideração características importantes da teoria de equilíbrio. A primeira delas é que as lacunas de informações são tão importantes quanto os conflitos. A outra esta relacionada com a terceira forma de equilíbrio da teoria piagetiana caracterizada como a integração dos subsistemas coordenados de forma a construir uma nova totalidade.

O tratamento comumente dispensado ao processo de conflito cognitivo esquece que há dificuldades durante a construção de totalidades, ou seja, dificilmente ao se deparar com um conflito, o aluno constrói uma resposta com forte poder de explicação, ou seja, totalizada.

Assim, os estudantes se deparariam com problemas sérios, pois as estratégias didáticas ignoram que a falta de informações (lacunas) para interpretar um experimento é obstáculo maior que o conflito entre as ideias do estudante e os resultados. Ademais, elas geralmente permanecem no plano de esquemas, “receitas de bolo”, procedimentos e não passam para o plano superior dos princípios e explicações.

Ainda segundo Mortimer (1996), outro problema é a dificuldade que os alunos enfrentam em reconhecer e vivenciar conflitos. Durante o processo de ensino, em uma discussão em sala de aula, por exemplo, os alunos podem criar “cinturões protetores”

em torno das ideias espontâneas em vez de superar possíveis conflitos. Desse modo, os alunos não reconheceriam perturbações e mesmo quando as reconhecessem, suas ideias permaneceriam inalteradas, com a criação de hipóteses *ad-hoc* para a adaptação da velha ideia à perturbação.

Para solucionar esse problema Hewson e Beet (apud. Silva e Nuñez, 2004) argumentam que é necessário conhecer o *status* das concepções dos estudantes num dado momento, ou seja, é preciso saber não apenas o conteúdo das concepções, mas as opiniões, os sentimentos e as atitudes dos estudantes em relação a elas. Desse modo, o estudo das concepções não se resume ao componente cognitivo, uma vez que os componentes afetivos são fundamentais para interpretá-las.

Por outro lado, considerar o processo de aprendizagem, na sala de aula, como uma atividade social, conforme a perspectiva de Vygotsky (Faria e Nuñez, 2004), nos parece mais conforme a nossa realidade do ensino na escola do que apenas nos pautarmos pela noção do conflito cognitivo. Admitimos, portanto, que a aprendizagem é um processo de construção e reconstrução da cultura, mediante o qual, o indivíduo assimila os modos sociais da atividade. Nesse sentido, nosso trabalho se diferencia do de Ostermann.

Segundo Pacheco (apud Nuñez, 2004), na escola, os conhecimentos científicos são assimilados mediante uma orientação, mediação e interação social e cultural. Assim, nossas aulas de acústica foram organizadas com a inserção de elementos culturais no Ensino de Física.

Na teoria de Vygotsky, as concepções prévias dos alunos podem ser associadas ao que ele chama de conceitos espontâneos e o conhecimento formal de conceitos científicos (conceitos escolares).

A elaboração do conceito científico tem como base os conceitos espontâneos e acontece ao longo do tempo de modo complexo e não a partir da aprendizagem estritamente receptiva e memorística. Essa elaboração se dá por uma “atividade” produtiva, mediada e social do aluno, sendo, portanto, um processo mais complexo que apenas adaptação passiva do meio.

Por isso, consideramos para estruturar nossa aula, a alternativa de uma atividade que perpassa o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) levando em conta a presença do papel do “mais capaz” na condução do processo de aprendizagem.

A ZDP, segundo Vygotsky (Faria e Nuñez, 2004), corresponde à distância entre o nível de desenvolvimento real, onde o indivíduo é capaz de agir sozinho, e o nível de

desenvolvimento potencial, onde há a necessidade de ajuda de outro (o “mais capaz”). A noção de zona de desenvolvimento proximal permite propor uma estrutura para o ensino baseada no conceito de atividade.

Nos empenhamos em situar o ensino dentro da zona de desenvolvimento proximal de nossos alunos e de levar em consideração as características e a estrutura do conceito de atividade. Sobre atividade Nuñez (2004, p. 55) diz que:

A atividade humana é o processo que medeia a relação entre o sujeito (ser humano) e o objeto (como realidade a ser transformada) pela ação do sujeito. Nesse processo dialético, o sujeito é também transformado, pois se formam ou modificam qualidades do pensamento, atitudes, valores etc.

Consideramos que as aulas de acústica que propusemos têm as características principais de uma atividade conforme a caracterização que lhe dá Nuñez.

Segundo a Teoria da Atividade de Leontiev (*apud* Nuñez, 2009) toda atividade possui a seguinte estrutura invariante: um sujeito, um objeto, os motivos, o objetivo, o sistema de operações, a base orientadora da ação, as condições de realização e o produto.

O sujeito da atividade, em nosso trabalho são os alunos. O objeto da atividade é o conteúdo de acústica e os motivos eram compreender os conceitos de Física presentes na música.

Já como objetivo, os alunos tinham de construir artefatos musicais. O sistema de operações é a própria construção dos instrumentos. Os meios para realizar a ação, a base orientadora da ação e as condições de realização, foram a sala de aula e as tecnologias acessíveis. Por fim, os produtos foram os próprios artefatos musicais criados pelos alunos.

Leontiev (*apud* Nuñez 2009) considera a educação um processo de apropriação da cultura produzida historicamente. Para ele, a educação é um conjunto de vivências que, diferentemente do cotidiano, possibilita, aos alunos, apropriarem-se dos conceitos científicos, a partir de uma atividade contextualizada pela sua cultura.

Assim, nossa proposta educacional foi uma atividade, onde a construção de instrumentos musicais teve características de contextualização, motivação, vivência experimental, inserção de elementos culturais e significação dos conceitos de acústica.

A realização da atividade de criação de instrumentos musicais com materiais de baixo custo contempla as duas características que Leontiev (*apud* Nuñez) atribui ao processo de aprendizagem:

- a) É um processo que depende completamente da ação do sujeito, ou seja, a aprendizagem não acontece de forma passiva. Assim a concepção do instrumento musical e a construção dele era uma atividade que necessitava da criatividade e uma participação ativa dos alunos;
- b) Uma atividade que acontece por meio da relação com “os outros” e os objetos culturais. Nossa aula trabalhava em equipes, como falado anteriormente, remetendo à comunidade científica de Thomas Kuhn. Houve, também, a inserção da música como objeto cultural.

Ainda quanto à contextualização cultural da Ciência no ensino de Física, acreditamos que é uma das peças chaves para o processo de aprendizagem e corrobora a alegação de que nossa proposta de ensino se caracteriza como atividade. Os elementos culturais têm o papel de motivação e aproximação ao objeto de aprendizagem. Em termos do referencial teórico freireano (Freire *apud* Zanetic, 2006, p. 21), a atividade promove a passagem da curiosidade ingênua do aluno à sua curiosidade epistemológica:

Não é a curiosidade espontânea que viabiliza a tomada de distância epistemológica. Essa tarefa cabe à curiosidade epistemológica – superando a curiosidade ingênua, ela se faz mais metodicamente rigorosa. Essa rigorosidade metódica é que faz a passagem do conhecimento ao nível do senso comum para o conhecimento científico. Não é o conhecimento científico que é rigoroso. A rigorosidade se acha no método de aproximação do objeto.

Ainda segundo Zanetic (2006, p. 24), a cultura tem a capacidade de exercer o método de aproximação. Ela é um instrumento capaz de realizar o papel de curiosidade epistemológica:

Ou seja, as operações culturais desses dois campos do conhecimento – literatura e ciência – acabam se cruzando e, talvez, apresentando uma certa complementaridade de construção sobre a realidade.

Assim a atividade é criativa, reprodutora e produtiva. Essas características possibilitam considerar nossa aula como um instrumento adequado à realização do processo de ensino e aprendizagem, isso porque a educação necessita da capacidade criativa. Becker (2003, p. 18) enfatiza:

A invenção, e não a mera cópia! Eis a novidade dessa concepção de aprendizagem. Quem sabe inventar sabe copiar; o inverso não é verdadeiro. Quem sabe copiar sabe apenas copiar. Talvez mais do que em qualquer outra época, a atual exige indivíduos inventivos e construtivos e não copistas.

Além do caráter inventivo, trabalhar com a construção de instrumentos remete a possibilidade de uma abordagem didática com artefatos industrializados, um processo de bricolagem e reutilização dos mesmos na composição de novos objetos. De acordo com Leodoro (2008, pag. 47):

a contextualização da ciência, por meio do aproveitamento e manipulação dos artefatos tecnológicos do entorno contemporâneo, é uma modalidade de educação científica ou tecnocientífica que pretende dialogar com a realidade contemporânea de uma maneira protagonista e não apenas voltada à conformação ou inserção dos sujeitos ao mundo do trabalho segundo uma performatividade que é imposição do sistema produtivo industrial à educação.

Assim, trabalhar com materiais recicláveis de baixo custo para construção de instrumentos musicais propicia um momento ativo e criativo no processo de aprendizagem por parte do aluno, pois esse realiza uma modificação da função original para a qual o objeto industrializado foi criado tornando-se, assim, um criador.

Núñez (2009, p. 55) considera a atividade como processo ao mesmo tempo individual, social e cultural:

A atividade tem como objeto a natureza, a sociedade, o homem ou a própria personalidade do sujeito que aprende. É considerada atividade porque se destina a satisfazer necessidades cognitivas do aluno. É também reprodutora, produtiva ou criativa.

O processo chamado “bricolagem” ou “faça você mesmo” além da criatividade, proporciona uma apropriação dos meios de produção e um enfoque tecnológico trazendo a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade para o ensino de Física. Ou seja, há uma mediação da cultura e dos artefatos no processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, acreditamos que trabalhar com a concepção de atividade não impede de pensar nosso plano educacional como condizente com os passos propostos na metodologia de Ostermann. A atividade permite, de uma forma mais significativa e concreta, utilizar os conceitos primitivos dos alunos, e não apenas colocá-los em um conflito cognitivo. Dessa forma a atividade também permite evidenciar a falibilidade do senso comum e a necessidade de assimilação cultural dos conceitos formais (científicos).

### 3. 3. Fase 3: Apresentação da nova teoria

Essa fase corresponderia, no referencial epistemológico kuhniano, ao período de quebra do paradigma e instalação de um novo, ou seja, a revolução científica. O professor realiza o papel de um cientista tentando convencer outros a adotarem um novo paradigma que melhor explicaria os fenômenos estudados. Por meio de instrução, os alunos entram em contato com um conjunto de ideias e teorias que acomodam melhor as anomalias.

Sob essa ótica, nossa proposta pedagógica possui um momento mais tradicional do processo de ensino-aprendizagem, onde nos utilizamos de instrumentos diversos para a formalização do conteúdo trabalhado, tais como a utilização do quadro negro e aula expositiva.

Moreira (2000, p. 17) faz uma crítica da utilização do quadro negro no ensino:

Mas o quadro-de-giz simboliza e estimula um ensino no qual o aluno espera que nele o professor escreva respostas certas e este acredita que deve fazê-lo porque assim estará ensinando. Por isso, o uso do quadro-de-giz deve ser minimizado, ou abandonado de vez.

No entanto, o quadro-de-giz foi um dos instrumentos didáticos escolhidos por nós durante as aulas. É evidente que o processo de formalizar o conteúdo apenas a partir do quadro-de-giz denota um ensino pobre e nada significativo. Mas, o problema é a forma como é aproveitado tal recurso. Por exemplo, quando o professor apenas escreve no quadro, os alunos copiam, decoram e reproduzem. Visivelmente uma aprendizagem estritamente mecânica e não ativa.

Por outro lado, Becker (2003, p. 105) defende que:

O professor pode – e muitas vezes deve – expor unidades de matéria aos alunos. Isso não significa que esteja necessariamente professando a crença empirista na transmissão de conhecimento. A exposição é vista como útil, necessária e perfeitamente compatível com uma epistemologia crítica, desde que não seja entendida como condição suficiente de aprendizagem, mas como momento importante de um processo pedagógico ativo. A dicotomia entre transmissão e exposição só existe se esses termos remontarem a compreensões conceituais epistemologicamente opostas. A dicotomia entre construção e transmissão, que o professor mostra ainda não ter criticado (a gente já está conseguindo mesclar essas coisas), achando possível mesclas as duas, constitui o verdadeiro desafio teórico posto a esse professor.



Portanto, fica claro que não se pode considerar a exposição do conteúdo como um processo suficiente. Em nossa proposta de ensino de acústica, fizemos uso, também, de Tecnologia da Informação e da Comunicação (TIC) – para melhorar e complementar a formalização dos conceitos científicos estudados.

Moreira (2000) alega que o quadro-de-giz deve ser substituído por distintas estratégias instrucionais que necessite da participação do aluno, e, assim, promover, de fato, a aprendizagem significativa.

Nessa mesma perspectiva, Fiolhais e Trindade (2003, p. 260) realizaram um estudo sobre o histórico da utilização do computador em sala de aula e analisam os principais modos de sua utilização:

A necessidade de diversificar métodos de ensino para contrariar o insucesso escolar ajudou ao uso crescente do computador no ensino da Física. A utilização de *software* apropriado, por exemplo de simulação, para além do apoio computacional na realização de experiências e na apresentação audiovisual, pode facilitar o ensino, não oferecendo todavia garantias de sucesso pleno

Portanto, fizemos uso de simulações em nossa proposta educacional. A vantagem da utilização de tais simulações computacionais é que, sendo baseadas num modelo da realidade física, as ações básicas do aluno consistem em alterar valores de variáveis ou parâmetros de entrada e observar as alterações nos resultados. Assim, embora as simulações não substituam a realidade que representam, elas são bastante úteis para abordar experiências difíceis ou impossíveis de realizar na prática, além de possibilitar a atividade do aluno.

Ainda segundo Fiolhais e Trindade (2003), o balanço da utilização do computador no ensino revela-se inegavelmente positivo, isso porque é um instrumento que hoje, é imprescindível a um ensino ativo baseado na descoberta progressiva do conhecimento pelo aluno e na maior autonomia de aprendizagem. Os mesmos autores ressaltam:

Naturalmente que a tecnologia só por si não basta (nunca bastou!), cabendo aos professores um papel essencial na forma de rendibilização desses meios pedagógicos e aos alunos, como é óbvio, um esforço efectivo de aprendizagem.(idem, p. 271)

Por isso, em nossa aula, fizemos uso de simulações do “Physics Education Technology (PhET)”, da Universidade do Colorado<sup>4</sup>, disponibilizadas gratuitamente para auxiliar processos de ensino-aprendizagem.

Por fim, nessa fase de nossa proposta educacional, consideramos extremamente necessário a formalização matemática dos conceitos apresentados. Esse ponto sempre se caracterizou como um momento delicado no ensino de Física, pois muito se fala sobre as dificuldades com a Matemática no ensino de Ciências.

Segundo Pietrocola (2002), é preciso encontrar formas de mostrar qual o papel desempenhado pela Matemática na aprendizagem da Física, pois o desinteresse é a resposta frequentemente oferecida pelos alunos a um ensino sem motivos claros:

A Matemática se constitui numa linguagem dentre várias outras linguagens a nossa disposição para estruturar nosso pensamento. Ela provou, ao longo dos séculos, sua excepcional capacidade de dar suporte ao nosso pensamento sobre o mundo. Na ciência atual, nos domínios do muito rápido, do muito pequeno e do grande, do muito antigo (universo primordial) ou do muito futuro (da evolução do universo), nossa linguagem comum é impotente para interpretar o mundo. (idem, p.103)

Assim, ele considera que a apreensão do real é um fruto de um processo de interação dialética entre abstrato e concreto, entre teórico e empírico, não há como evitar o tratamento da Matemática como elemento que participa, com sua especificidade própria, do contexto da construção do conhecimento da Física.

Para melhorar o ensino através da linguagem matemática, utilizamos o software Soundcard Oscilloscope V1.4 que, com a ajuda da placa de som de um computador pessoal, realiza a aquisição de dados e produz tabelas e gráficos a partir do som emitido pelos instrumentos musicais, inclusive aqueles produzidos pelos alunos.

Assim, foi possível mostrar que a modelagem matemática, nessa circunstância, tinha uma finalidade, pois por meio dela se podia descobrir a nota musical produzida e, ainda, a afinação do instrumento.

Com a devida demonstração da pertinência da matemática, os alunos se mostraram muito mais motivados e interessados pelos cálculos necessários para realização do experimento.

---

<sup>4</sup> [http://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](http://phet.colorado.edu/pt_BR/)

### **3.4. Fase 4: Articulação Conceitual**

Essa fase corresponde ao período de ciência normal no esquema epistemológico kuhniano.

Segundo Kuhn (2006), uma vez consolidado o novo paradigma, a ciência normal se instala e, a partir dessa nova concepção de mundo, os cientistas voltam a se concentrar na “resolução de problemas” e nas interpretações de situações experimentais ou teóricas.

Nesse ponto, a formalização do conteúdo se deu por meio de melhorias técnicas dos instrumentos musicais produzidos pelos alunos. Com a análise quantitativa, foi possível identificar notas musicais e até mesmo realizar afinações.

Também foram trabalhados exercícios propostos no Caderno de Aluno (2010) da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. O mesmo é utilizado como uma referência de material didático em nosso trabalho, uma vez que sou professor da rede pública estadual paulista.

#### **4. ORGANIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DAS AULAS DE ACÚSTICA RELACIONANDO MÚSICA E FÍSICA**

Nossa proposta educacional foi desenvolvida na Escola Estadual Ângela Maria da Paixão Costa, cidade de Mogi Guaçu, estado de São Paulo, onde eu era professor efetivo durante o ano de 2010.

Estruturalmente ela é constituída de dois grandes galpões: em um deles fica a parte administrativa, biblioteca e cantina e o outro possui oito salas de aula e banheiros. Com salas grandes, mas não muito arejadas, a parte física do prédio estava bem conservada e correspondia bem às necessidades presentes. A escola conta ainda com uma quadra de esportes coberta e um pátio bastante amplo.

O período da manhã possui seis turmas de Ensino Médio - dois primeiros anos, dois segundos e dois terceiros - e duas de Ensino Fundamental de nono ano. O período da tarde possuía apenas Ensino Fundamental e a noite Ensino Médio.

A escola, contava com uma diretora, uma vice-diretora e uma coordenadora para cada nível de Ensino, Fundamental e Médio. A coordenação e o corpo docente deram todo o apoio necessário e colaboraram em muito no processo de desenvolvimento da proposta didática.

Nosso trabalho foi aplicado apenas no período da manhã com as duas turmas do segundo ano do Ensino Médio, turma A e turma B, totalizando 63 alunos.

Portanto, a escola possui condições físicas boas e o problema maior que enfrentei foi a ausência de um laboratório de informática, que durante o período de aplicação ainda estava sendo instalado.

O relato, a seguir, é uma experiência no desenvolvimento do projeto objeto desse trabalho.

Os registros para a análise foram obtidos por meio da utilização de um diário confeccionado durante as aulas ministradas. Também foram coletados fotos e vídeos. Algumas atividades realizadas pelos alunos foram utilizadas como instrumentos avaliativos e, principalmente, foram registrados, em fotos, os instrumentos musicais confeccionados pelos alunos.

O trabalho não tem pretensões de apresentar um método infalível para o ensino de acústica, mas o de enfrentar a nossa questão-foco: “É possível ensinar conceitos de ondas e som, de forma qualitativa e quantitativa, por meio da música?”. Nesse sentido, desenvolvemos uma proposta de ensino ativo, para a qual buscamos respaldo na área de

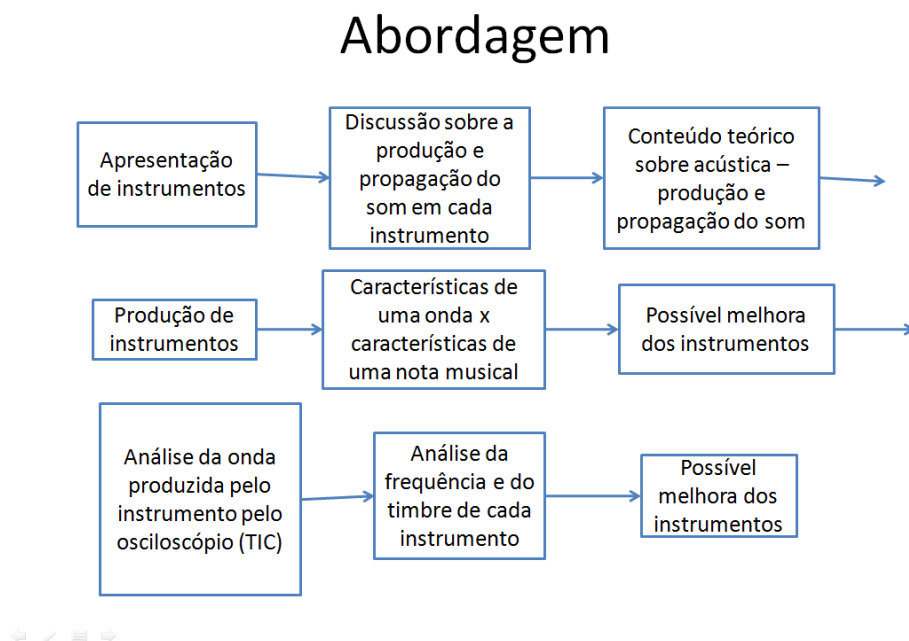
Ensino de Física e da Educação, conforme os argumentos desenvolvidos no capítulo três desse trabalho.

Deve-se considerar o contexto onde a proposta foi desenvolvida e, sendo um relato de experiência, sabemos que nosso trabalho é um evento local. Na escola em que trabalhamos, com os alunos que tínhamos e na comunidade em que estes estavam inseridos, tivemos os resultados que relataremos a seguir.

Mesmo assim, consideramos nossa proposta bastante promissora, pois, mesmo considerando as condições adversas em que trabalhamos, o interesse, o empenho e o *feedback* dos alunos foi bastante gratificante.

### Organização das aulas

A figura, a seguir, mostra a concepção inicial de como se pretendia estruturar as aulas. Essa é uma sequência de passos que corresponde, de forma objetiva, ao que foi trabalhado posteriormente em sala de aula:



**Figura 18** – Esquema estruturante da sequência didática.

O trabalho foi desenvolvido ao longo de cinco aulas com a duração de cinquenta minutos cada uma. Faremos, a seguir, o relato pautado em nossas observações e registros das aulas.

#### 4.1. Primeira aula:

Inicialmente, foram trazidos para a sala de aula instrumentos musicais de vários tipos:

- Instrumento de Sopro: Flauta Doce
- Instrumento de Corda: Violão
- Instrumento de Percussão: Pandeiro

Separamos os alunos em grupos e cada grupo recebeu um instrumento.

A escolha dos instrumentos entregues foi pensada a partir da classificação quanto ao modo de produção do som: um instrumento de corda (violão); um instrumento percussivo (pandeiro) e um instrumento de sopro (a flauta doce).

Também foram trazidos para a sala de aula, uma guitarra infantil e um berimbau.

As fotos (figuras 19 e 20) mostram essa primeira etapa do processo, ou seja, os alunos tendo contato com os instrumentos musicais.

Apesar de instrumentos bastante conhecidos e presentes na cultura dos alunos, pedimos para que eles olhassem tais artefatos sob uma ótica diferente, a científica, tentando identificar características físicas de cada um deles.



**Figura 19** – Fotos dos instrumentos musicais com os alunos Turma A.



**Figura 20** – Fotos dos instrumentos musicais com os alunos Turma B.

A partir da posse dos instrumentos, foi iniciada uma discussão junto aos alunos sobre os processos de produção do som. Perguntas levavam os alunos a perceberem os elementos necessários à produção do som: fonte excitante, superfície vibratória, meio de propagação e o receptor. As perguntas que endereçamos aos alunos foram as seguintes:

1. Como o som é produzido?
2. O que vibra?
3. Como o som se propaga?
4. O que amplifica o som?
5. Como emitir tipos diferentes de som?

Cada grupo de alunos pode exercitar a percepção sobre os processos de produção do som, pois as perguntas remetiam aos seus elementos principais.

Depois de respondidas por escrito, as perguntas foram recolhidas e, a partir desse material, foi iniciada uma discussão com toda a sala, em uma espécie de “*brainstorming*”.

A primeira pergunta, “como o som é produzido?”, aponta para a necessidade de uma fonte vibratória.

A segunda pergunta, “o que vibra?”, visa por em evidencia que a superfície vibratória é responsável pelo som e varia conforme o instrumento. A classificação dos instrumentos está relacionada a esse aspecto da produção do som. Assim, no violão, o que vibra e, conseqüentemente, produz o som, é a corda. No pandeiro, é a membrana e na flauta doce, é o próprio ar.

A terceira pergunta, “como o som se propaga?”, se refere ao conceito de onda mecânica. A questão, por si só, não leva a pressupor a necessidade de um meio para a propagação do som. É necessário um conjunto de outras perguntas: “debaixo da água esse instrumento poderia ser ouvido?”; “Se não existisse ar nessa sala vocês poderiam me ouvir?”.

A quarta pergunta, “o que amplifica o som?”, destaca a necessidade de efeitos sonoros mais complexos para a produção de som. Nesse ponto, discutimos com os alunos o conceito de ressonância e de caixa de ressonância. A discussão foi ilustrada com a guitarra infantil e o berimbau. Eles tinham o intuito de mostrar a necessidade de uma caixa de ressonância no violão, uma vez que, na guitarra infantil, o som não é tão audível. Por conta de a guitarra elétrica também não emitir um som com volume, houve uma manifestação dos alunos que tocavam tal instrumento, comentando a necessidade de “plugar” a guitarra.

O berimbau foi trazido para a sala com a intenção de mostrar que a caixa de ressonância, no caso, a cabaça, pode ter vários formatos possíveis e que possui grande relevância no processo de produção do som.

A quinta pergunta, “como emitir vários tipos de som?”, traz à discussão, o tema da música.

Uma vez que a música é uma união de várias notas musicais, é imprescindível que todo instrumento musical seja capaz de produzir uma grande gama de notas diferentes. Um instrumento que produza apenas uma única nota não pode ser considerado “eficiente” do ponto de vista musical.

Para conseguir sons variados, cada instrumento se utiliza de um artifício. O instrumento de corda, por exemplo, varia o comprimento da corda vibrante. Na flauta, o comprimento do tubo onde o ar vibra é que é alterado. No pandeiro, a posição da batida na membrana – mais ao centro, ou mais nas bordas – altera a nota produzida.

## **4.2. Segunda aula**

A segunda aula foi realizada com a utilização do Caderno do Aluno – Física- 2ª Série do Ensino Médio, volume 3 (2010) da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. O Caderno propõe uma discussão sobre a diferença entre barulho e música. Esse tema remete à quinta pergunta feita na primeira aula e introduz a seguinte problemática:



apesar de extremamente subjetivo, o que é necessário, do ponto de vista físico, para um som ser considerado música?

Dentro dessa abordagem, com a participação dos alunos, elencamos, no cotidiano deles, sons agradáveis e sons desagradáveis e, em uma tabela, relacionamos esses sons à música ou ao ruído. Houve, então, um debate na tentativa de classificar estilos musicais como sendo ou não música.

Para incrementar o debate e visando uma sistematização do tema, trouxemos para a sala de aula músicas de diversos estilos: *heavy metal* e sertanejo—. Consideramos ruído como sendo todo som que não se repete com regularidade no tempo e não possui ritmo ou harmonia. Finalmente, retomamos alguns exercícios do Caderno.

Depois dessa discussão inicial sobre a diferença entre música e ruído, foi possível relembrar as respostas às perguntas da primeira aula, formalizando o conteúdo a respeito do som. Foram conceituados o som, seus elementos e características.

Nessa parte da aula, realizamos um experimento, proposto no Caderno, utilizando uma régua e a colocando para vibrar.



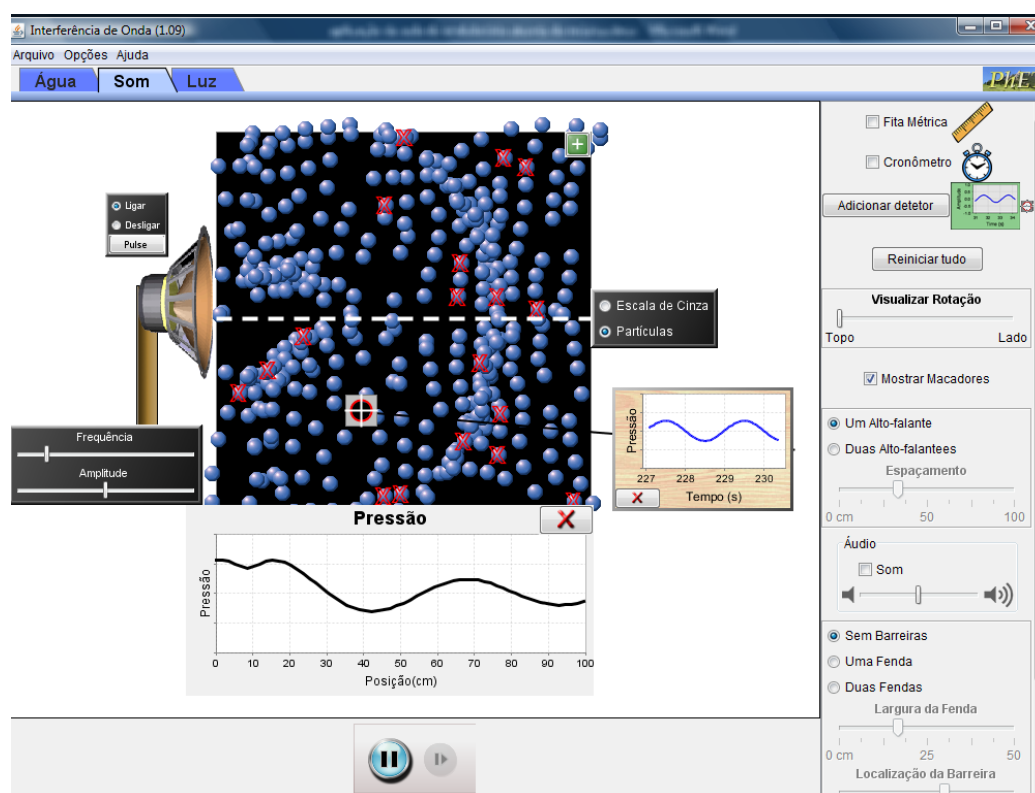
**Figura 21** – Experimento realizado em sala de aula. (Caderno do Aluno – Física - 2ª Série do Ensino Médio, volume 3, 2010).

A seguir, fizemos uso de um objeto virtual de aprendizagem. No caso, a simulação “Interferência de Onda”<sup>5</sup> produzida pelo “Physics Education Technology” (PhET), da Universidade do Colorado, nos Estados Unidos. Com a simulação é possível observar,

<sup>5</sup> <http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-interference>

dentre outras coisas, as características de amplitude, frequência, compressão e rarefação das partículas numa onda sonora. Com os gráficos de pressão por posição e pressão por tempo, é possível visualizar, de forma mais palpável, o caráter ondulatório do som. Percebe-se a correlação entre a vibração impressa pela fonte às moléculas de ar e o gráfico senoidal.

A figura, a seguir, mostra a interface amigável e de fácil utilização do simulador PhET, assim como suas potencialidades:



**Figura 22** – Interface do simulador Interferência de Onda do PhET.

A simulação foi utilizada na forma de uma apresentação aos alunos. O ideal seria que cada aluno, individualmente ou em duplas, explorasse o simulador. Mas, a escola não conta com um laboratório de informática.

Ainda nessa aula, foi possível iniciar o estudo do espectro emitido por uma onda sonora, o que corresponde a uma descrição matemática da onda. Iniciamos, assim, o tratamento qualitativo do conteúdo, mostrando a forma de uma senóide e a descrição matemática dessa figura.

A partir disso, foram estudados, matematicamente, os conceitos de amplitude, frequência, comprimento de onda e velocidade, assim como o princípio fundamental da ondulatória. Nesse princípio, a equação matemática permite, ao multiplicar o caminho percorrido por uma onda num período de tempo – comprimento de onda – e a frequência dela, determinar a velocidade de propagação da onda.

Por fim, concluímos a análise das características de uma onda sonora através do simulador “Interferência de onda” do PhET.

Em seguida, apresentamos, aos alunos, alguns trechos de filmes e cenas de jogos de videogames em que pessoas gritando conseguem mover coisas.

A intenção era explicar o erro presente nesses casos, ou seja, a onda não transporta matéria, apenas energia. É muito comum a concepção espontânea sobre o transporte de matéria por uma onda. Isso talvez exista por causa do nome dado à onda do mar em que é possível surfar. Mas, em alto-mar, as ondas não transportam matéria. Mas, nas proximidades da praia, devido à diminuição brusca de profundidade por um banco de areia ou coral, as ondas "quebram", provocando movimento de toda a massa de água e formando correntezas capazes de arrastar corpos que lá se encontram. Essas “ondas quebradas” não são consideradas pela física onda.

### 4.3. Terceira aula

Na terceira aula, realizamos, de forma expositiva, a formalização do conteúdo apresentado até então. Para isso foram utilizadas apresentações de slides em Datashow e na lousa. O Caderno do aluno possui bons textos, os quais foram discutidos em sala de aula. Tais textos já iniciavam as correspondências entre os parâmetros básicos que definem fisicamente o som e a música conforme tabela a seguir:

Parâmetro Musical	Conceitos físicos equivalentes
Altura (dó, ré,...)	Frequência (Hz)
Intensidade	Potência (dB)
Duração (semínima,...)	Duração (segundos.)
Timbre (violão, flauta,...)	Espectro, envoltória...

**Tabela 1:** Comparação entre parâmetros musical e seus respectivos equivalentes físicos

Cada parâmetro musical foi discutido e comparado com seu correspondente físico. Uma vez que todos os elementos da Física já haviam sido trabalhados quantitativa e qualitativamente, estabelecer as relações entre Física e música foi de extrema importância para o próximo passo da abordagem: a construção de instrumentos musicais com materiais de baixo custo.

Antes disso, foram realizados mais exercícios do Caderno. Os exercícios complementavam as atividades realizadas até então, pois as perguntas estão relacionadas à análise de gráficos de pressão X espaço, tema bastante discutido no simulador, assim como a relação entre sons e música.

Ao fim da atividade, foi proposto, aos alunos, que elaborassem um projeto de um instrumento musical produzido com materiais de baixo custo. Nesse projeto, era necessário especificar qual o tipo de fonte excitadora sonora a ser utilizada (corda, sopro ou membrana), os materiais necessários e o modo de confecção dos instrumentos.

Os alunos deveriam trazer os materiais necessários na aula seguinte, para construção dos artefatos musicais em sala.

#### **4.4.Quarta aula**

A quarta aula foi dedicada à confecção dos instrumentos planejados na aula anterior.

Uma aula não foi tempo suficiente para a confecção dos instrumentos, mas a experiência se revelou interessante já que, nessa aula, os alunos compreenderam a ideia de instrumento musical, sua necessidade de produzir sons diferentes para a existência da música e não apenas ruídos.

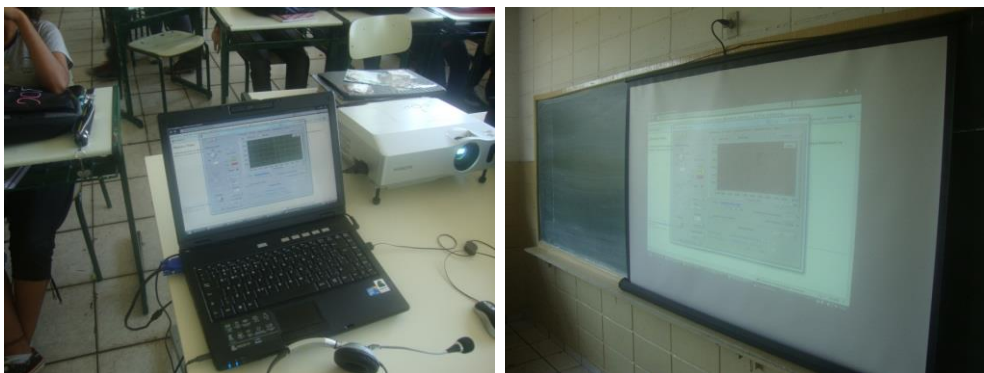
A grande maioria dos alunos abraçou a ideia e realmente participou da confecção dos instrumentos. Os materiais trazidos por eles próprios foram os mais diversos, desde bexiga, elástico, saco plástico, canudo, garrafa, cano de PVC e até restos de um violão. Quem não conseguiu finalizar a montagem em sala terminou como uma tarefa para casa.

A descrição dos artefatos sonoros confeccionados pelos alunos se encontra no capítulo 5. Nos moldes do que foi apontado no capítulo 3, destacamos o trabalho de bricolagem e a inventividade dos alunos, além da incorporação, na elaboração dos artefatos, de conceitos científicos que foram desenvolvidos durante as aulas.

#### 4.5. Quinta aula

A quinta aula foi dedicada à apresentação dos instrumentos elaborados pelos alunos e à análise harmônica dos mesmos com a utilização do software “Soundcard Scope V1.4”<sup>6</sup>. Tal análise possibilitou observar a frequência emitida pelos instrumentos e o espectro sonoro onde se observa o comprimento de onda, amplitude e até mesmo o que caracteriza o timbre.

As análises foram realizadas com a ajuda de um notebook e um data-show, materiais disponíveis em quase todas as escolas do estado de São Paulo.



**Figura 23** – Equipamento utilizado em sala para análise dos instrumentos.

É importante ressaltar, novamente, que o ideal seria um equipamento para cada aluno ou para grupos pequenos de alunos. Mas na impossibilidade disso, utilizamos o equipamento mostrado na figura 23.

O software utilizado, o “Soundcard Scope V1.4”, não é livre. No entanto, a licença garante liberdade para usos educacionais.

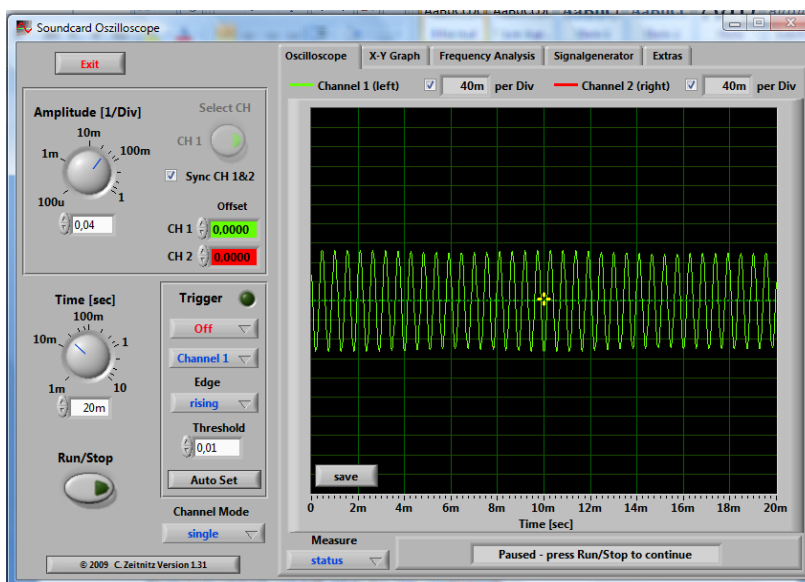
O programa funciona como um osciloscópio virtual, sendo a captação de informação realizada a partir da placa de som do computador. Assim, qualquer computador que possua uma placa de som é suficiente para adquirir e analisar dados como em um laboratório de física convencional.

Com o programa, é possível realizarmos as análises quantitativas do processo de produção do som e discutirmos a respeito de cada característica da onda.

---

<sup>6</sup> [http://www.zeitnitz.de/Christian/scope\\_en](http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en)

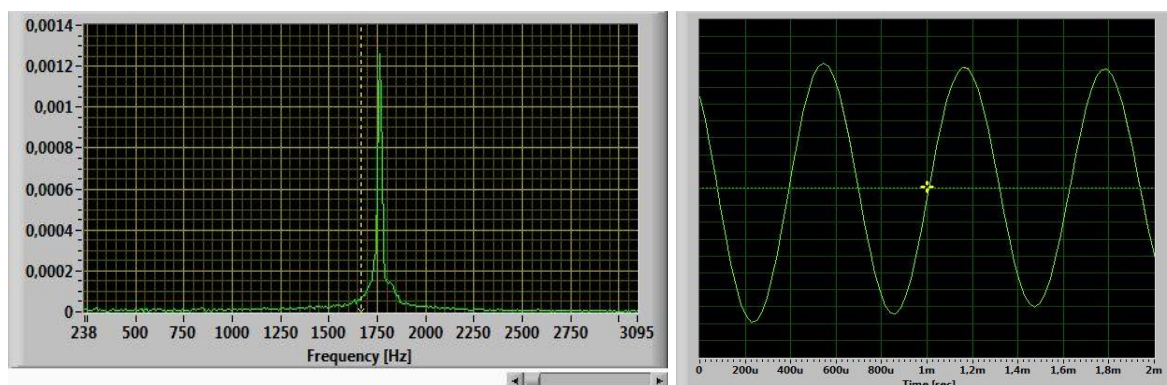
A interface do programa, apesar de apresentada no idioma inglês, é bem simples e amigável, sendo possível encontrar todas as configurações necessárias, como escala e os canais de entrada, de forma prática e muito parecida com a de um osciloscópio convencional:



**Figura 24** – Interface do software *Soundcard Scope* utilizado na aula.

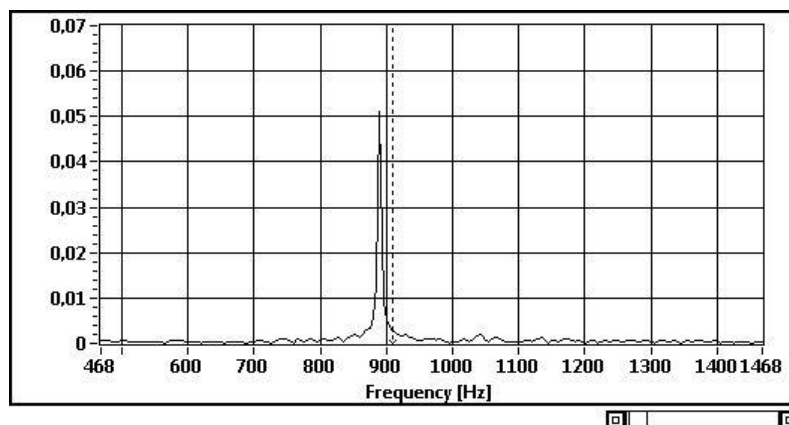
Através do osciloscópio virtual, realizamos uma análise do som emitido por cada instrumento produzido pelos alunos. O software possibilitou a observação da frequência e, conseqüentemente, a interpretação da nota musical correspondente.

Os gráficos produzidos pelo programa foram parecidos como o apresentado na figura 25.



**Figura 25** – Gráficos produzidos pelo software “Soundcard Scope V1.4” .  
(Intensidade x Frequencia) e (Amplitude x Tempo)

Nesses gráficos, ficam evidenciadas as informações da onda sonora emitida como frequência e amplitude, o que possibilita a correlação com a teoria musical. O programa permite, ainda, salvar os gráficos em preto e branco, o que auxilia ainda mais na análise:



**Figura 26** – Detalhe do gráfico de Intensidade sonora x Frequência (em preto e branco) produzido pelo software “Soundcard Scope V1.4”.

Os gráficos de Intensidade x Frequência e Amplitude x Tempo não possuem escalas na vertical por problemas técnicos do sistema operacional, falhas de hardware e erros no software.

Segundo o manual do aplicativo Soundcard Scope V1.4 os valores de amplitude são dadas em unidades por divisão da tela do osciloscópio. O valor da amplitude corresponde ao nível de som digitalizado dividido por 32768, isso representa a resolução 16Bit dos dados, que são tomadas com a placa de som.

As imperfeições são determinadas devido a diferentes configurações do volume no Windows, não permitindo determinar de forma absoluta o nível do som. Por conseguinte, os valores apresentados são para ser entendidos em unidades arbitrárias.

De qualquer forma, nosso interesse no software era determinar frequência e trabalhar qualitativamente os conteúdos de amplitude, não sendo necessário determinar a intensidade do som, mas apenas sua altura.

Após a coleta de dados de todos os instrumentos, foram entregues, impressos, os gráficos produzidos pelos grupos de alunos.

Na forma de atividade, foi solicitado aos alunos que determinassem as características físicas e musicais do som emitido por seus instrumentos.



Essa atividade possibilitou uma melhora significativa dos instrumentos, pois, a partir de então, era possível afiná-los ou determinar qual nota musical era produzida.

Após a análise, dois instrumentos foram capazes de produzirem uma pequena melodia: a flauta e uma espécie de xilofone produzido com canos de PVC. Eles emitiam o som a partir da vibração do ar dentro de tubos sonoros.



**Figura 27** – Flauta e xilofone.

Com a utilização do software “Soundcard Scope V1.4”, a possibilidade de melhora do instrumento fica evidenciada. A determinação da nota musical produzida por cada tubo possibilitou montar a afinação desses instrumentos.



**Figura 28** – Determinação das notas produzidas pelos instrumentos.

A possibilidade de realizar a análise harmônica e os cálculos a partir da relação fundamental da ondulatória permitiu identificar a nota musical emitida. Desse modo, foi possível executar músicas simples que necessitam de apenas poucas notas musicais.



Para os cálculos, foi utilizada a tabela 2 que relaciona as notas musicais com as frequências correspondentes.

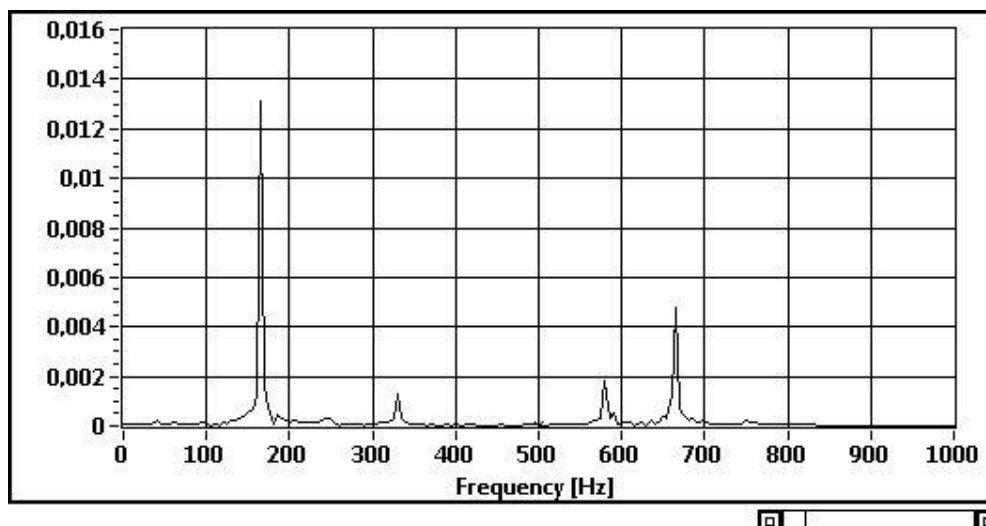
<i>Frequências fundamentais das notas musicais (Hz) - Oitava</i>	<i>Dó</i>	<i>Ré</i>	<i>Mi</i>	<i>Fá</i>	<i>Sol</i>	<i>Lá</i>	<i>Si</i>
Zero	16,351	18,354	20,601	21,827	24,499	27,500	30,362
Um	32,703	36,708	41,203	43,654	48,999	55,000	60,725
Dois	65,406	73,416	82,407	87,307	97,999	110,00	121,45
Três	130,81	146,83	164,81	174,61	196,00	220,00	242,90
Quatro	261,63	293,66	329,63	349,23	391,99	440,00	485,80
Cinco	523,25	587,33	659,26	698,46	783,99	880,00	971,60
Seis	1046,5	1174,7	1318,5	1396,9	1568,0	1760,0	1943,2
Sete	2093,0	2349,3	2637,0	2793,8	3136,0	3520,0	3886,4
Oito	4186,0	4698,6	5274,0	5587,7	6271,9	7040,0	7772,8
Nove	8372,0	9397,3	10548,0	11175,0	12544,0	14080,0	15546,0

**Tabela 2** – Notas musicais e suas frequências correspondentes.

Essa atividade teve uma participação maciça dos alunos que se empenharam realizando os cálculos e verificando as notas.

A utilização do osciloscópio e da Tabela 2 permite compreender que um som emitido quase nunca possui apenas uma frequência. Ou seja, os chamados harmônicos sempre são emitidos juntamente com a frequência fundamental. O harmônico é sempre múltiplo inteiro da frequência fundamental.

O gráfico representado na figura 29 foi obtido a partir de um dos tubos da flauta mostrada na figura 27. O tubo foi definido como o emissor da nota Mi (E).



**Figura 29** – Análise harmônica.

Nessa análise harmônica, foi possível ver um pico próximo ao 160hz, um menor perto do 330hz, um próximo a 580hz e um ultimo no 660hz. Desses quatro picos, exceto o 580hz, nota-se, observando a tabela 2, a correspondência com a nota Mi (E).

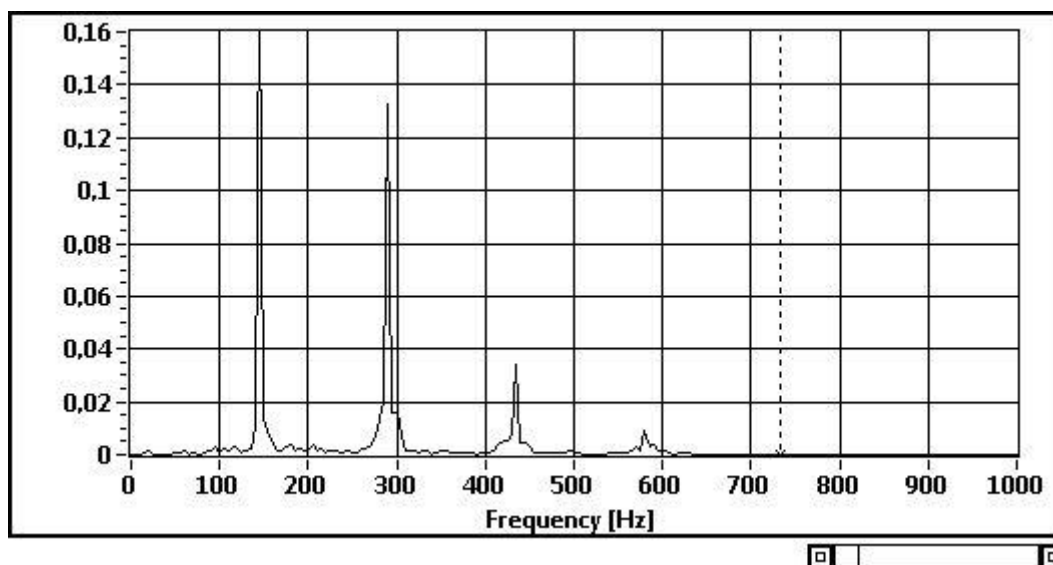
A presença de uma frequência que não corresponde à nota, (580hz), é providencial, pois possibilita a discussão acerca de ruído. Tal frequência fora do grupo pode ser considerada apenas um ruído, principalmente por ser muito baixa sua intensidade, sendo incapaz de alterar a nota musical emitida pelo instrumento.

A discussão acerca do ruído é potencializada pelos Cadernos de Física (SEESP, 2010). Neles, se alega que ruído é o som produzido pela vibração desordenada, sendo a forma objetiva de categorizar o som como ruído, a observação de valores indesejados de frequências. Ou seja, mesmo sendo o som a somatória de um numero muito grande de frequências, a presença de frequências diferentes das esperadas pela escala convencional indica que o instrumento emissor do som se encontra desafinado. Portanto, afinar um instrumento significa ajustá-lo de modo a não emitir as ondas sonoras indesejadas, senão, apenas os sons com as frequências determinadas pela escala musical.

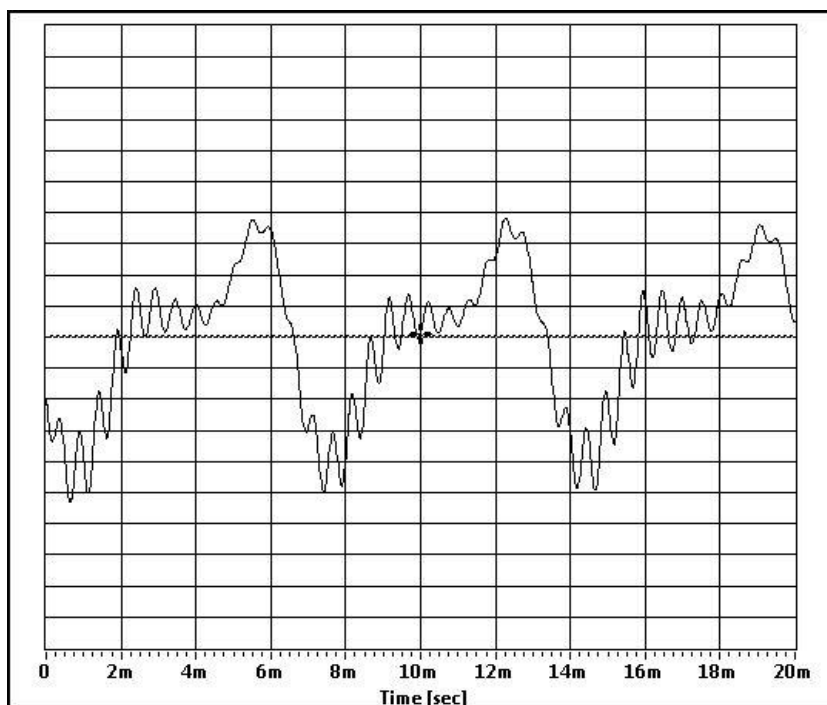
O Caderno do aluno apresenta um texto explicativo sobre as notas musicais, os harmônicos, as frequências de uma nota musical e os múltiplos inteiros da frequência natural como sendo o harmônico. A explicação a respeito do harmônico se dá a partir de um instrumento de corda, no caso, o violão. Mostra, ainda, as formas de produção de sons diferentes com uma mesma corda: através da alteração do comprimento, modificando a tensão e com diferentes densidades de cordas.

Depois de alguns exercícios de fixação, é apresentado mais um texto sobre o timbre de um instrumento, relacionando a diferença entre um lá4, de 440hz, emitido por um violão e por um piano.

O timbre está relacionado com o número de harmônicos e conseqüentemente com o espectro da onda emitida. Os gráficos das figuras 30 e 31 mostram as análises harmônica e espectral. Evidenciam a alteração no formato da onda graças aos vários harmônicos presentes.



**Figura 30** – Análise harmônica (Intensidade x Frequência).



**Figura 31** – Análise espectral.

O timbre é, portanto, a assinatura sonora de um instrumento. Isso porque, uma nota musical produzida em instrumentos diferentes, mesmo apresentando a mesma frequência, produz sons diferentes. É fácil diferenciar o som produzido em um piano daquele produzido por uma flauta.

#### **4.6. O uso do Caderno do Aluno**

O uso do Caderno do Aluno fornecido pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (2010) foi de grande valia para o trabalho ainda que a ordem da sequência didática proposta foi alterada por nós. Os textos e exercícios propostos são bons e úteis para a retomada e síntese dos conteúdos. Com questões de diferentes níveis de dificuldade, indo desde moderado a fácil. O título da seção de exercícios explicita seu propósito: “VOCÊ APRENDEU?”.

A relação entre som e música foi desenvolvida a com a abordagem dos exercícios. Textos como “Barulho x Música” “Energia Musical” e “Notas Musicais” (SEESP, 2010) foram adequados para formalizar os conteúdos desenvolvidos tais como: características do som, intensidade sonora e escala decibel, e frequências diferentes emitidas por uma mesma corda.

Ao final do trabalho foi aproveitado, do Caderno do Aluno, um conjunto de perguntas sobre timbre, harmônicos, ressonância e onda estacionária, que auxiliaram na síntese desses assuntos. .



## VOCÊ APRENDEU?



1. O que um violão, um xilofone, uma gaita e um atabaque têm em comum em relação à produção de som?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Qual a diferença entre uma nota tocada no violão e a mesma nota tocada em um xilofone?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. O que é timbre?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. Se o som do violão é produzido pelas cordas e notas determinadas pela escala no braço do instrumento, porque ele precisa do corpo?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. O que é ressonância?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
6. O que é uma onda estacionária?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
7. O que é um harmônico e como é possível calcular seu valor?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Figura 32** – Caderno do aluno (2010, p. 22) com os exercícios utilizados em sala.

## 5. DESCRIÇÃO DOS ARTEFATOS SONOROS PRODUZIDOS PELOS ALUNOS

Neste capítulo, é apresentada, ao leitor, uma descrição dos artefatos sonoros que foram produzidos pelos alunos com a caracterização dos materiais e ferramentas utilizados, assim como breve comentário sobre a estrutura do artefato e os resultados obtidos na produção sonora.

### Pandeiro 1

**Materiais:** Pasta escolar, lacre de latinha de refrigerante, linha, garrafa PET.

**Ferramentas usadas:** Tesoura, agulha.



**Figura 33** – Pandeiro 1.

Com a preocupação em produzir a sonoridade do pandeiro, os lacres de garrafas fazem o papel das platinelas ou soalhas do instrumento original e a pasta escolar realiza a função da membrana vibratória em analogia a pele no pandeiro.

Para simulação do aro de madeira, foi utilizada garrafa PET. A membrana os lacres foram unidos ao “aro” com linha de costura.

Encontra-se presente, nesse artefato, quase todas as partes principais de um pandeiro. O som é produzido através da membrana vibratória das “platinelas” quando o artefato é chacoalhado.

Tal instrumento não obteve, no entanto, uma sonoridade muito boa. A membrana era muito rígida, não vibrando o suficiente e as platinelas não realizavam um som muito audível ao se chocarem umas com as outras. O instrumento não possibilitou afinação e nem alteração do som emitido.

### **Pandeiro 2**

**Materiais:** Prato plástico para vaso, arame, 5 tampinhas de garrafa e tinta.

**Ferramentas usadas:** Tesoura, alicate.



**Figura 34–** Pandeiro 2.

### **Violão 1**

**Materiais:** madeira, prego, cola, parafuso, adesivo, tampo de violão e cordas de violão.

**Ferramentas utilizadas:** martelo, serrote e pincel.



**Figura 35 – Violão 1.**

A maioria das partes constituintes de um violão está presente. Foi utilizado apenas um tampo de violão velho como estrutura guia para montagem do corpo. Cavalete, braço, cabeça, pestana, e caixa acústica foram feitos com madeira pelo próprio aluno. Apenas as tarraxas e os trastes não estão presentes.

Instrumento bastante interessante, pois se percebe a preocupação com a produção de sons diferente por cordas de densidades e com tensões diferentes.

A sonoridade do instrumento ficou debilitada por alguns motivos: a caixa acústica foi montada com uma madeira relativamente dura que não ajudava no processo de amplificação. A estrutura do violão, como um todo, era relativamente fraca, isso porque o cavalete e a cabeça não suportariam uma tensão nas cordas suficientemente forte para conseguir emitir algum som aceitável. A ausência de tarraxas impossibilitava alterar a tensão nas cordas e, portanto, a afinação do instrumento ficou comprometida. Uma vez alterada a tensão da corda por meio de um alicate era impossível, apenas com a mão, modificar a nota emitida.

### **Violão 2:**

**Materiais:** Tábua, caixa de papelão, cola quente, fio de nylon, parafusos, prendedores, papel e fita.

**Ferramentas utilizadas:** Martelo, serrote chave de fenda.





**Figura 36** – Violão 2.

### **Violão 3:**

**Materiais:** três cordas de violão, caixa de sapato, madeira, parafusos.

**Ferramentas utilizadas:** Martelo, serrote chave de fenda.



**Figura 37** – Violão 3.

## “Chinelofone”

**Materiais:** canos de PVC, barbante, madeira, “pezinho” como suporte, sandália.

**Ferramentas utilizadas:** Furadeira, tesoura e serrote.



**Figura 38** – Chinelofone.

Instrumento com ótimas características acústicas. Produz o som com tubos sonoros abertos através da vibração do ar.

Possui as características de aerofone<sup>7</sup> e, visivelmente, houve a preocupação com a utilização de tubos de tamanhos variados.

O instrumento tem uma excelente estrutura, sendo rígido e suportando bem os impactos necessários para produção do som.

Foi possível realizar a afinação do instrumento, determinando a nota musical produzida por cada tubo sonoro.

Por conta da pequena diferença entre o tamanho dos tubos, dois deles possuíram a mesma frequência do som emitido, conseqüentemente a mesma nota musical.

---

<sup>7</sup> Instrumento musical em que o som é produzido principalmente pela vibração do ar sem a necessidade de membranas e cordas

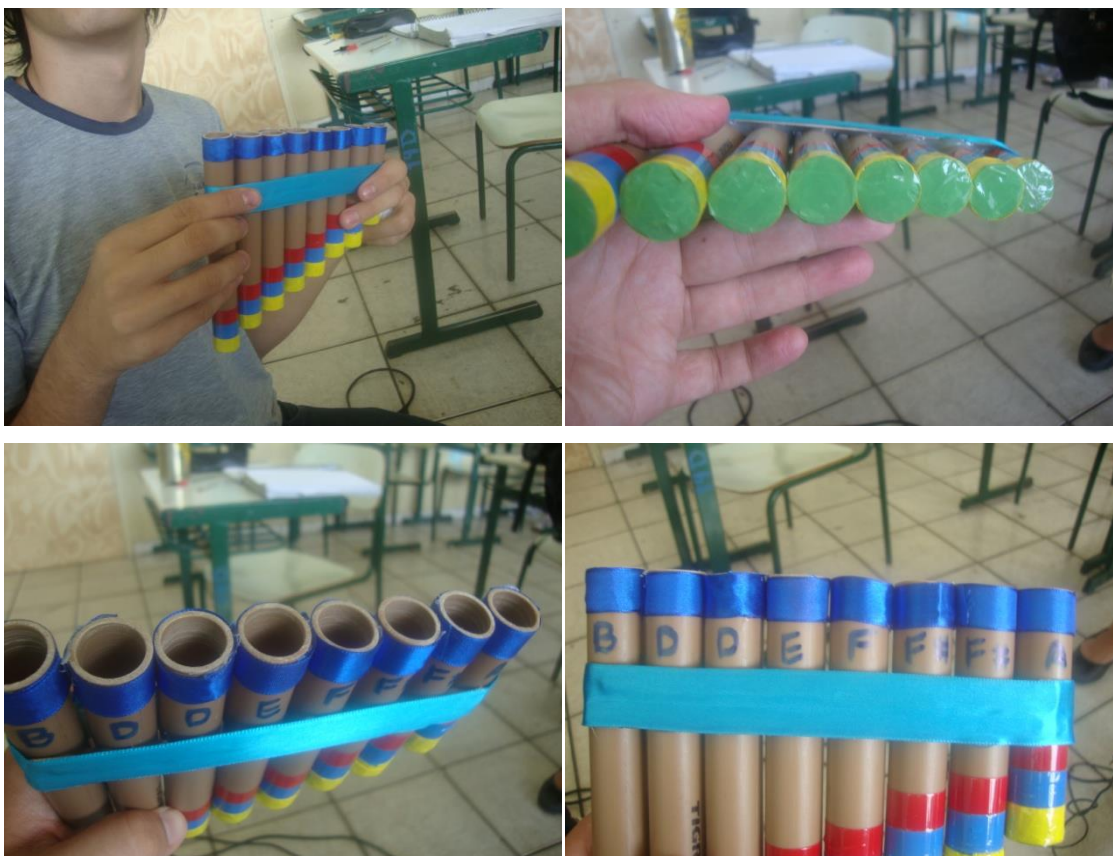


**Figura 39** – Chinelofone.

**Flauta:**

**Materiais:** cano de PVC, fita de cetim, fita adesiva.

**Ferramentas utilizadas:** cola quente e duas lixas



**Figura 40** – Flauta.

Instrumento onde a vibração do ar ocorre em tubos sonoros fechados de vários tamanhos como em uma Flauta de Pã, um instrumento musical sul americano.

Com acabamento primoroso, o instrumento foi pensado para produzir uma nota musical diferente para cada tubo, pois os mesmos possuíam tamanhos diferentes.

A ausência de embocadura, com estrangulamento na parte superior dos tubos, como ocorre numa Flauta de Pã, dificultou a produção do som. Mas, com alguma prática, é possível produzir sons relativamente puros.

A pequena diferença de tamanho entre os tubos resultou em tubos com frequências sonoras emitidas muito próximas, implicando em notas musicais iguais e dificultando a produção de melodias.

### **Metaharpalão:**

**Materiais:** lata de óleo, cordas usadas de violão, arames.

**Ferramentas utilizadas:** abridor de latas, prego e martelo.



**Figura 41** – Metaharpalão.

Instrumento produzido nos moldes de uma harpa, com vários comprimentos de cordas vibrantes diferentes, sem possibilidade de alterar a tensão exercida nelas.

Se nota a preocupação com a diferenciação do comprimento das cordas, o que possibilita a produção de diferentes notas musicais.



Não houve preocupação com a aplicação de tensão nas cordas. A força exercida sobre elas não era capaz de produzir sons audíveis e, por conta da ausência de caixa acústica, o problema da ausência de som audível foi intensificado.

### **Batucada de latas**

**Materiais:** pregos, latas de diferentes tamanhos : pequena (ervilha), média (leite Ninho) e grande (leite em pó), fita crepe, pedra, terra

**Ferramentas utilizadas:** serrote e martelo.



**Figura 42** – Batucada de Latas.

Instrumento de percussão, de vários tons, emitindo som a partir de vibração de latas de tamanhos variados, além de terra e pedras no interior das latas para produzir sons parecidos com o chocalho.

### **Ganzá:**

**Materiais:** duas latinhas de cerveja, arroz e areia grossa, esparadrapo.

**Ferramentas utilizadas:** abridor de latas e tesoura.



**Figura 43 – Ganzá.**

O artefato foi idealizado baseando-se no instrumento afro-brasileiro de percussão.

O som emitido possibilitava mudança do timbre dependendo da quantidade de arroz ou areia colocado no interior do instrumento. Quanto maior a quantidade desses materiais, mais grave será o som.

## 6. BREVES CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso trabalho foi orientado por uma questão-foco: “É possível ensinar conceitos de ondas e som, de forma qualitativa e quantitativa, por meio da música?”. As aulas foram desenvolvidas a partir de nosso interesse numa abordagem ativa do ensino, o qual foi subsidiado com leituras de um referencial teórico que nos permitiu analisar e refletir sobre a prática empreendida do ensino de acústica no Ensino Médio.

Desde o início, não tivemos a pretensão de apresentar uma receita para o professor de como ensinar. Nossa intenção é, apenas, realizar o relato da experiência que tivemos na elaboração, desenvolvimento e análise da proposta de ensino ativo com a qual embasamos nosso trabalho, a partir da questão-foco que nos orientou.

O trabalho se concentrou mais na descrição do processo de ensino. Não mensuramos o processo de aprendizagem dos alunos para a validação da eficácia didática de nossa proposta. Portanto, não temos como demonstrar que os alunos aprenderam mais, ou melhor, a acústica, por conta da metodologia que empregamos.

Como professor, me coube, durante as aulas ministradas, uma apreensão subjetiva do envolvimento e motivação positivos dos alunos com o trabalho. Objetivamente, os mesmos podem ser aferidos pela qualidade dos artefatos musicais produzidos por eles durante o período em que realizávamos a proposta educacional.

Tais indícios, presentes na materialidade dos artefatos e na descrição do processo de produção dos mesmos, essa última realizada no capítulo 5, nos permitem dizer que os alunos tiveram alguns ganhos conceituais, demonstraram criatividade, interesse, postura ativa e contextualização do conhecimento tratado na proposta educacional.

Creditamos esses resultados ao que chamamos de abordagem ativa no processo de ensino. Caracterizamos tal abordagem como uma proposta educacional que concebe os alunos como uma comunidade investigativa apoiados nas ideias de Kuhn. Isso implica em dialogar com os conhecimentos espontâneos (paradigmas) dos alunos e promover o trabalho cooperativo entre eles.

Estruturamos as aulas considerando as relações entre Ciência, a Cultura e a Sociedade, de modo a contextualizar o conhecimento e favorecer o aprendizado dos conceitos científicos. A contextualização também favoreceu a motivação dos alunos, contribuindo para que a aula tenha a estrutura de uma atividade de ensino.

Nesse sentido, a música se mostrou uma ferramenta poderosa como objeto cultural mediador dessa relação. Presente em todos os âmbitos da sociedade e da cultura, ela potencializou o papel motivador da proposta educacional.

As aulas visaram situar a abordagem dos conceitos da acústica dentro da ZDP dos alunos, considerando seus conhecimentos espontâneos e valorizando a mediação do aprendizado desses pelo “mais capaz”, ou seja, o professor. Utilizamos as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e mesmo a tradicional lousa para a articulação conceitual.

A abordagem ativa, portanto, foi baseada nas ideias de Kuhn estruturadas por Ostermann (1996). No nosso trabalho dialogamos com os quatro passos instrucionais propostos por Ostermann, mas foi necessário atualizar o seu trabalho considerando as atuais discussões sobre o conflito cognitivo.

O estudo da teoria da atividade de Leontiev (*apud* Nuñez, 2009), nos permitiu também classificar nossa proposta como condizente com a estrutura da atividade de ensino, possuindo um sujeito, um objeto, os motivos, o objetivo, o sistema de operações, a base orientadora da ação, as condições de realização e o produto.

Buscamos, a partir de referências teóricas da Educação e do Ensino de Física, corroborar a nossa proposta inicial, em que apostávamos na construção de artefatos musicais para a motivação dos alunos, proporcionando uma vivência experimental e possibilitando a construção de significados sobre a acústica.

Portanto, consideramos que em nossa proposta educacional, durante as cinco aulas realizadas, nos aproximamos bastante da abordagem ativa do ensino que pretendíamos originalmente.

Desde a primeira aula a participação dos alunos foi maciça. Durante o *brainstorming*, o diálogo foi rico, produtivo e, uma vez que havia interação entre os alunos, se realizou um processo coletivo de reflexão.

Na segunda aula, a participação dos alunos se deu quando montaram a lista de sons agradáveis e desagradáveis do cotidiano. O debate sobre estilos musicais foi bastante caloroso e a discussão sobre música se mostrou motivadora.

Durante a utilização dos simuladores do PhET, nos confrontamos, talvez, com o maior empecilho que enfrentamos e o momento em que o caráter ativo do processo de ensino não pode ser abordado conforme desejávamos. A ausência de um laboratório de informática nos obrigou a utilizar um simulador apenas para a apresentação do fenômeno físico permitindo, ao aluno, somente a visualização do evento sem poder



realizar alterações de valores de frequência e amplitude e observar os resultados. A principal potencialidade de um simulador, que é possibilidade de alterações de parâmetros, não pode ser vivenciada pelos alunos.

Esse ponto, consideramos um problema, uma vez que o simulador muito poderia fazer para colocar o aluno em contato com suas concepções prévias.

Considerando o processo de ensino um evento de construção e reconstrução cultural, o caráter ativo não se perdeu, uma vez que o ensino se dá por uma “atividade” produtiva, mediada e social do aluno, sendo, portanto, um processo mais complexo que apenas adaptação passiva ao meio. Nesse sentido, a atividade de construção de aparatos musicais com materiais de baixo custo colocou o aluno numa perspectiva que dependia completamente de sua ação como sujeito da aprendizagem, ou seja, não permitia uma postura passiva e a construção só acontecia por meio da interação com os “outros” e com os objetos culturais.

Acreditamos que faz parte dessa abordagem ativa, a presença de momentos de formalização do conteúdo. A preocupação com o rigor matemático, nesses instantes mais tradicionais, mostrava que o papel ativo do ensino também se fazia presente, uma vez que tais formalizações se deram a partir de análises de gráficos e tabelas dos sons emitidos pelos instrumentos produzidos pelos alunos. A qualidade do som emitido, a possibilidade de melhorias nos instrumentos, e a compreensão da nota musical produzida, dependiam do empenho e dedicação na construção do aparato musical.

Argumentamos que a qualidade dos aparatos musicais produzidos pelos alunos é indício da incorporação de alguns conceitos científicos sobre acústica e, também, da grande motivação dos alunos nas atividades propostas.

Todos os grupos se empenharam em realizar projetos de instrumentos que poderiam produzir sons audíveis e o processo de confecção deles foi muito proveitoso.

Esses instrumentos possibilitam verificar uma apreensão de conteúdos por parte dos alunos, pois nota-se a preocupação deles com conceitos de ressonância, comprimento de cordas vibrantes, tamanho de tubos sonoros e a necessidade de produção de diversas notas musicais por um mesmo instrumento.

Ao analisar o material produzido pelos alunos, presentes no capítulo 5, percebemos nos instrumentos de corda, ao estilo violão, a compreensão da variação da frequência de uma corda vibrante, a partir da alteração de seu comprimento e da densidade da corda. É possível notar, ainda, em alguns instrumentos, a preocupação com a caixa de ressonância e com o volume do som produzido.

Também vemos, nos instrumentos de tubos sonoros, a preocupação com tubos de vários comprimentos diferentes, a noção da diferença de sonoridade de tubos fechados e dos abertos. Além das diferentes formas de fontes vibrantes, pois a flauta produz som a partir do sopro, enquanto o xilofone através da percussão do tubo com uma sandália velha.

Nos instrumentos percussivos, por conta da necessidade de sons variados, vemos aparatos com mais de uma caixa percussiva, instrumentos com membrana e chocalhos. Constatamos, ainda, a preocupação com o timbre a partir da variação da quantidade de areia dentro do ganzá.

Não pretendemos, ao término desse trabalho, montar um manual de aplicação da proposta educacional. O que realizamos foi uma atividade local, com todas as especificidades descritas no texto. Mesmo assim, a descrição da pesquisa conceitual sobre acústica e suas relações com a música, realizada para respaldar nossa abordagem teórica do assunto, está disponibilizada no Apêndice 1 deste trabalho. Também confeccionamos um breve manual de utilização do software “Soundcard Scope V1.4” (apêndice 2). Eles são destinados ao professor que desejar realizar uma abordagem ativa da acústica com seus alunos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, F. et al. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em ciências: revisitando os debates sobre construtivismo. In: BASTOS, F. et al. **Pesquisas em Ensino de Ciências: contribuições para a formação de professores**. São Paulo: Escrituras, pp.9-56, 2004.

BASTOS, F.; NARDI, R.; DINIZ, R. E. da S. *Objecções em relação a propostas construtivistas para a educação em ciências: possíveis implicações para a constituição de referenciais teóricos norteadores da pesquisa e do ensino*. In: **III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Atas... Atibaia: ABRAPEC, 2001. (CD-ROM)

BECKER, Fernando. **A origem do conhecimento e a aprendizagem escolar**. Porto Alegre. Artmed, 2003.

FARIA, Lucimar Moreira; MORAES, Itamar José; BARRIO, Juan Bernardino Marques. *A Visão de Ciência em Livros Didáticos Utilizados por Professores de Física do Ensino Médio*. Anais do **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**. 26 a 30 de Janeiro de 2009 - Vitória, ES. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/> Acesso em: 05 Mar. 2012.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. **Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas**. *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2003, vol.25, n.3, p. 259-272. ISSN 1806-1117.

FREITA, Renan S. de. *Des-naturalizando Kuhn*. **Estudos Avançados**. v.12 n.33. São Paulo, 1998, p. 185 – 196.

GOMES, Emerson Batista. **A história da matemática como metodologia de ensino da matemática: perspectivas epistemológicas e evolução de conceitos**. 2005. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico, Belém, 2005. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas.

- GREENE, Brian. **O universo elegante**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. São Paulo: Editora Bookman, 9ª edição, 2002.
- KÖHNLEIN, J. F. K. **Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, 2003.
- KUHN, Thomas S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 9ª edição. 2006.
- LEODORO, Marcos P. **A educação científica pelos artefatos tecnológicos**. Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia, v. 1, n. 3, p. 34 – 49, dez. 2008.
- LIMA, A. A.; Paulino, J. F. ; NUNEZ, I. B. . **O construtivismo no ensino de ciências da Natureza e da Matemática**. In: Isauro Béltran Núñez e Betânia Leite Ramalho. (Org.). Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio. Porto Alegre: Sulina, 2003, p. 84-102.
- MATTHEWS, M. **Construtivismo e o ensino de ciências: uma avaliação**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.17, n.3, p.270-94, 2000.
- MENDONCA, André Luis de Oliveira; VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. **Progresso científico e incomensurabilidade em Thomas Kuhn**. *Sci. stud.*, São Paulo, v. 5, n. 2, June 2007 .
- MENEZES, Flo. **A Música e a Física – Elos e Paralelos**. São Paulo, 2003.
- MOREIRA, Marco Antônio; OSTERMANN, Fernanda. *Sobre o ensino do método científico*. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.10, n. 2, p. 108-117, Ago.1993.
- MOREIRA, Marco A. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre. 2000. Acessado em : <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>

MOREIRA, Marco A; GRECA, Ileana M. **Cambio Conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo.** *Ciência & Educação*, 2004, v. 9, n.2, p. 301-315.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Investigações em ensino de ciências.** Porto Alegre, v. 1, n.1, 1996. Disponível em: \<<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>>. Acesso em: 10 set. 2011.

NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio Fernandes. *Fragmentos da Construção Histórica do Pensamento Neo-Empirista.* **Revista Ciência & Educação.** V. 5. São Paulo, 1998, p. 37-54.

NUÑEZ, I. B; FARIA T. C. L. de. **O enfoque sócio-histórico-cultural da aprendizagem: os aportes de L. S. Vygotsky, A. N. Leontiev e P. Ya Galperin.** Em: Nuñez, I. B.; Ramalho, B. L. *Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio.* Porto Alegre: Sulina, 2004.

NUÑEZ, I. B., PACHECO, O. G. **La formación de conceptos científicos: una perspectiva desde la teoría de la actividad.** Natal: EDUFRRN, 1997.

NÚÑEZ, Isauro B. **Vygotsky, Leontiev e Galperin: formação de conceitos e princípios didáticos.** Brasília: Liber Livro, 2009.

OSTERMANN, Fernanda. *A Epistemologia de Kuhn.* **Caderno Catarinense de Ensino de Física.** v.13, n3. Porto Alegre, 1996, p.184-196.

PIETROCOLA, M. *Construção e realidade: o realismo científico de Mario Bunge e o ensino de ciências através de modelos.* **Investigações em Ensino de ciências,** Porto Alegre, v. 4, n. 3, dez. 1999.

PIETROCOLA, M. **A Matemática como Estruturante do Conhecimento Físico.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* V.19, N.1, P.93-114, 2002.

PUGLIESE, R. M; ZANETIC, J. *A Música Popular como Instrumento para o Ensino*

de Física. IN: **XVII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**. MA: UFMA, 2007.

WUENSCHÉ, C.A. **A Física da Música** INPE/MCT – Divisão de Astrofísica, São José dos Campos, 2004).

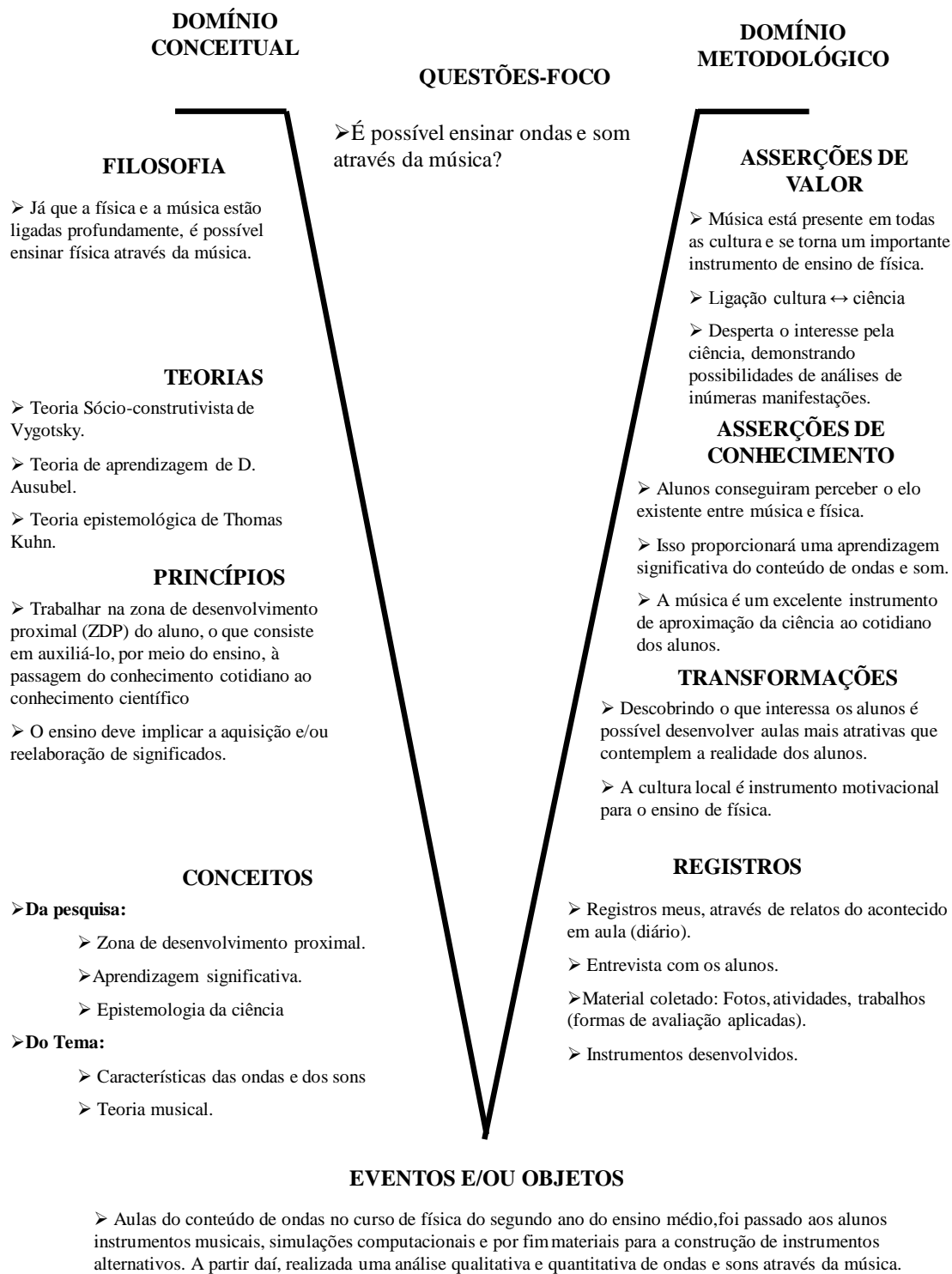
SILVA, M. G. L.; SILVA, A. F.; NUÑEZ, I. B. **Dos modelos de mudança conceitual à aprendizagem como pesquisa orientada**. In: NUÑEZ, B. I.; RAMALHO, B. L. Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio. Porto alegre: Sulina, 2004.

SECRETARIA DO ESTADO DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SEESP). **Caderno do aluno: Física, Ensino Médio – 2ª série, volume 3**. São Paulo: SEE, 2010.

SECRETARIA DO ESTADO DA EDUCAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SEESP). **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Física**. São Paulo: SEE, 2010.

ZANETIC, João. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. In: **Pró-Posições**, Campinas, v. 17, n. 49, p. 39-57, janeiro/abril de 2006.

## ANEXO 1: DIAGRAMA “V” epistemológico referente ao projeto de pesquisa inicial



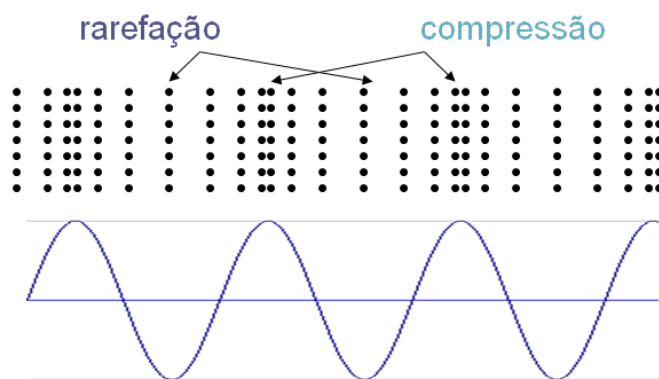
## APÊNDICE 1: ASPECTOS FÍSICOS DA ONDA SONORA: UM GUIA CONCEITUAL

### Produção e características físicas do som

O som é uma forma de energia mecânica (onda) que se propaga causando compressão e rarefação das moléculas de um meio elástico e inercial (gases, líquidos, sólidos e plasmas), com frequência entre 20 Hz e 20 kHz.

Tal definição deixa clara a forma como ocorre a produção do som: através de algum mecanismo que altere a pressão do ar a nossa volta. É relevante, entretanto, salientar que é mais importante a velocidade com que essa variação ocorre do que o quanto variou. Um exemplo clássico disso é o comportamento de uma bexiga cheia de ar: se soltarmos o ar da bexiga lenta e naturalmente pelo seu orifício não ouviremos som algum, mas, se a estourarmos, escutaremos o barulho referente à brusca saída do ar. Ou seja, em ambos os casos a variação da pressão foi a mesma, mas a velocidade com que se deu não foi.

A figura 1 mostra a forma com que o som se propaga – através de compressões e rarefações – e mostra uma analogia com a onda senoidal.



**Figura 2** – Propagação sonora e onda senoidal

Outro detalhe importante da definição do som é a limitação das frequências para o sua audição pelo ser humano. Isso demonstra o caráter psicofísico do som, pois a sua existência depende também de um ouvinte ou receptor e tem íntima relação com a percepção deste.

O ouvido humano é capaz de ser sensibilizado apenas dentro de uma faixa de frequências. Acima ou abaixo dos limites dessa faixa não conseguimos escutar e,



consequentemente, não podemos considerar a onda mecânica como sendo também sonora.

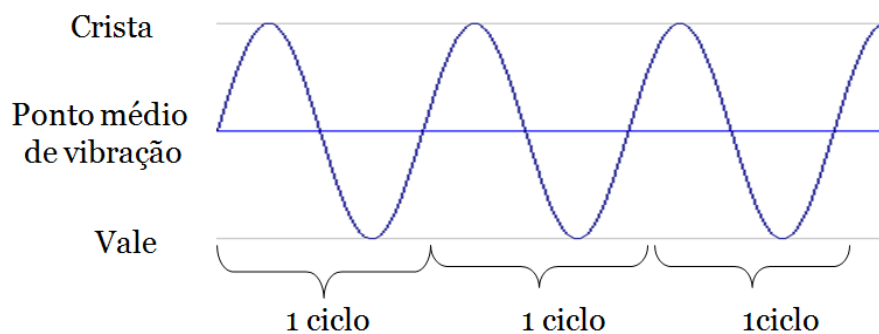
A condição de existência do som consiste em quatro elementos: uma fonte excitante, uma superfície vibratória, um meio de propagação e um receptor. Para exemplificar, usaremos os quatro elementos para o som gerado por um violão:

- Fonte excitante: dedos + cordas
- Superfície vibratória: caixa do violão
- Meio de propagação: ar
- Receptor: ouvido

O tipo de som que nos interessa nesse estudo são os periódicos, Suas características, que destrincharemos mais adiante são: frequência, período, amplitude, comprimento de onda, velocidade, fase, potência e envoltória. Características essas que descrevem uma onda periódica com o mesmo comportamento dos movimentos periódicos.

Comentaremos as características das ondas periódicas, visando estabelecer uma analogia com a teoria musical.

As figuras de 3 a 5 sistematizam visualmente as características das ondas sonoras:

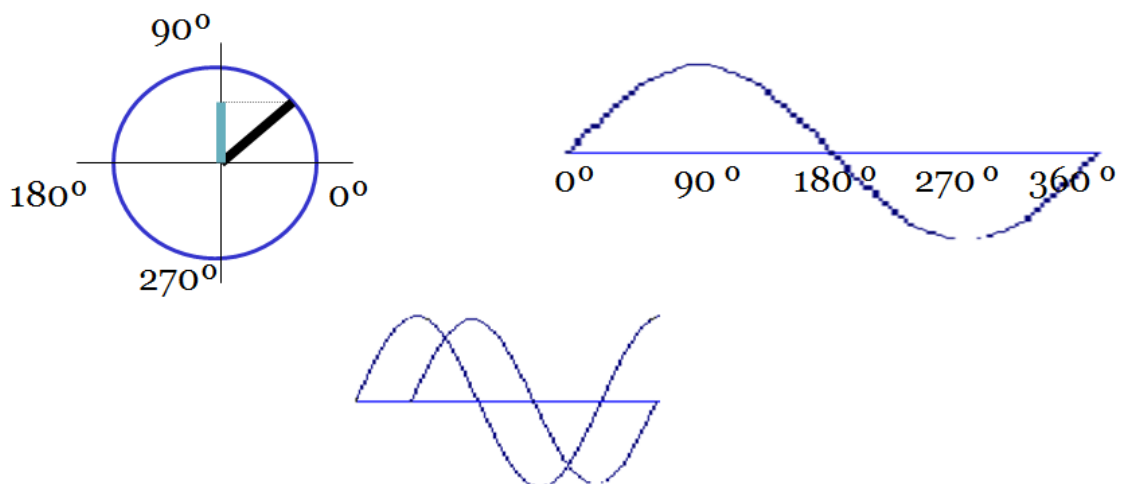


**Figura 3** – Principais características de ondas sonoras periódicas.

- **Amplitude:** Distância entre o ponto médio da vibração e a crista (ou o vale) da onda.
- **Período:** Tempo (em segundos) de duração de um ciclo.
- **Frequência:** Taxa de repetição da vibração (número de ciclos por segundo - Hz)
  - Quanto maior a frequência, mais agudo o som.

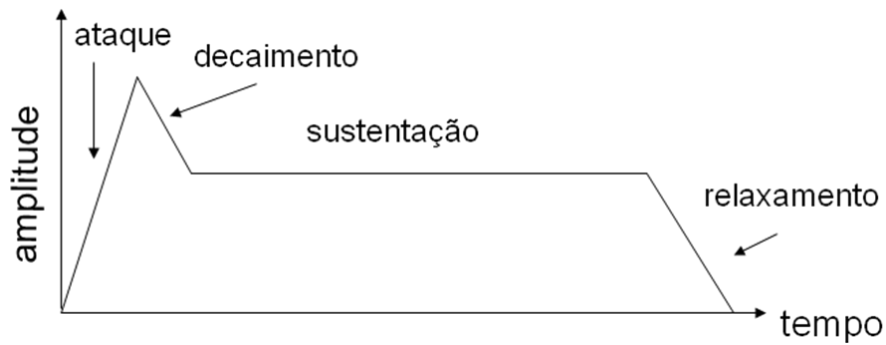
$$\bullet \quad f = \frac{1}{T} \quad \text{ou} \quad T = \frac{1}{f}$$

- **Comprimento de onda ( $\lambda$ ):** Semelhante ao período, só que mede a *distância física* de um ciclo.
  - É inversamente proporcional à frequência:
    - Som agudo (alta frequência) → pequeno comprimento de onda
    - Som grave (baixa frequência) → grande comprimento de onda
- **Velocidade do som:**  $v = \lambda \cdot f = \lambda/T$ 
  - Onde  $v$  é a velocidade do som,  $f$  a frequência e  $T$  o período.
    - Depende do meio e da temperatura.
      - 344 m/s no ar
      - 1500 m/s na água
      - 5000 m/s no aço
- **Fase:** depende do instante em que a onda começou.
  - Medida em graus ou radianos, sendo  $360^\circ$ , ou  $(2\pi)$  rad, o ciclo completo – como demonstrado na Figura 4



**Figura 4** – Representação da fase de uma onda e sua medida em graus.

- **Envoltória:** Descreve como a energia do som se distribui no tempo. A figura 5 mostra um exemplo de envoltória com seu comportamento típico



**Figura 5** – Envoltória

### Forma de uma Onda e sua descrição matemática

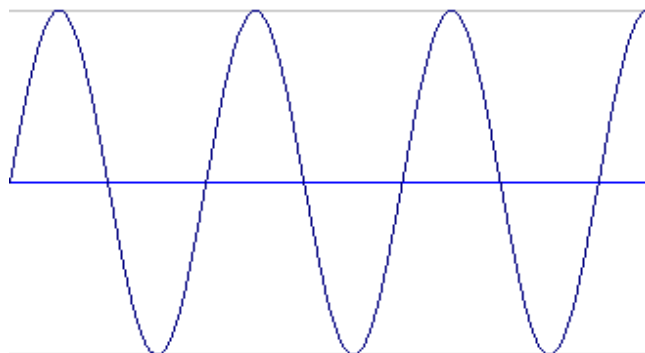
A forma de uma onda também é uma característica extremamente importante para o estudo do som. A sua análise se dá a partir do que chamamos de espectro.

O espectro é a figura que representa, graficamente, a forma da onda.

As ondas se dividem, quanto à forma, em simples e complexas.

As ondas simples possuem a forma da função matemática seno ou senóide. Tal forma nos possibilita estudar o som apenas com as variáveis citadas até agora.

A figura 6 mostra um exemplo de uma onda senóide.



**Figura 6** – Onda simples descrita por uma função senóide.

A função seno matematicamente é muito bem definida:

$$x(t) = A \sin(f \cdot t + \varphi_0)$$

Com  $\varphi = f \cdot t$

Onde:

A: amplitude (m)

$f$  : frequência angular ( $s^{-1}$ )

$\varphi_0$  : fase inicial (rad)

$\varphi = f \cdot t + \varphi_0$  : fase do movimento no instante t (rad)

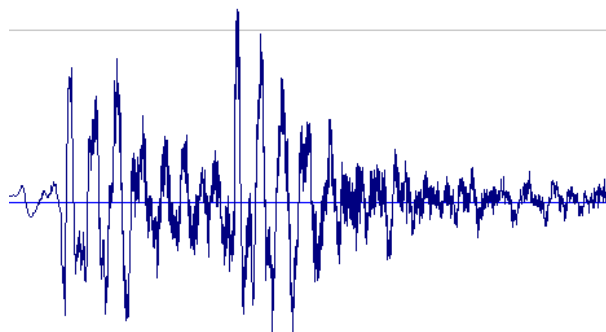
As ondas simples são muito raras na natureza e, com uma análise profunda, é possível perceber que, até mesmo as ondas que aparentam serem simples, como o som gerado por um diapasão, são, na realidade, ondas complexas.

O diapasão é um instrumento metálico em forma de forquilha, que serve para afinar instrumentos e vozes através da vibração de um som musical de determinada altura. Mesmo sendo tratado como uma nota musical pura, ainda apresenta harmônicos e ruídos na constituição da onda, a caracterizando como uma onda complexa.

Entramos, então, no estudo das ondas mais comumente encontradas na natureza: as complexas.

As ondas complexas não possuem, necessariamente, um padrão simples para ser estudada. Nela, as características principais das ondas que temos visto até então são variantes no tempo.

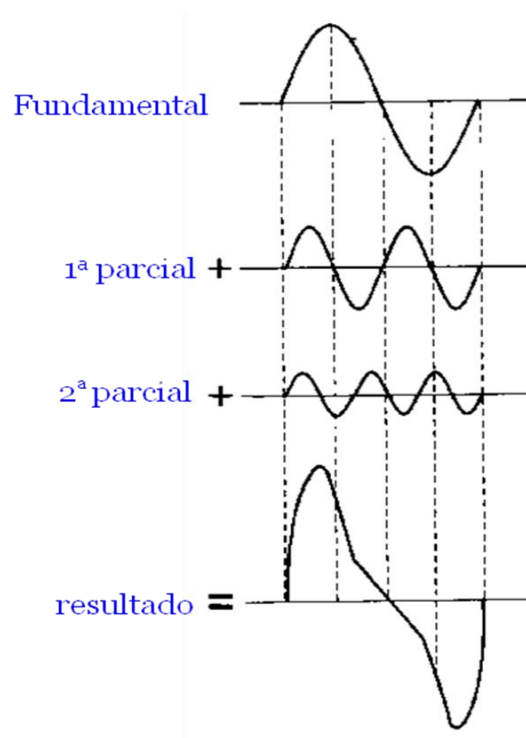
A figura 7 exemplifica uma onda complexa.



**Figura 7** – Onda complexa.

Uma das formas de estudar as ondas complexas é a análise e da Série de Fourier. Consiste em escrever uma onda complexa como a soma de várias ondas simples, ou seja, fazer uma composição de várias senóides para descrever a onda complexa.

A figura 8 mostra a composição de uma onda complexa a partir de várias ondas simples, chamadas de parciais, que possuem frequências e comprimentos de onda diferentes.



**Figura 8** – Composição de uma Onda complexa a partir de ondas simples (senóides).

A onda complexa é formada por uma onda com a frequência principal, chamada de frequência fundamental, pois definirá a frequência da onda complexa, somada a outras várias ondas com distintas frequências.

A Série de Fourier consiste exatamente em realizar essa soma:

$$x(t) = A_0 \sin(f_0 t_0) + A_1 \sin(f_1 t_1) + A_2 \sin(f_2 t_2) + \dots$$

Onde:

$A_0$ : amplitude fundamental

$f_0$ : frequência fundamental

As demais frequências são chamadas de parciais. Na música essas parciais são chamadas de harmônicos.

### O que é Música?

Descreveremos a música e suas características físicas, exibindo os inúmeros paralelos entre essas duas áreas do conhecimento. De fato, todos os conceitos da Música estão associados aos fenômenos físicos.

Uma pergunta relevante é: “O que é música?”. Se essa pergunta fosse feita para inúmeros músicos e físicos haveria, provavelmente, tantas respostas diferentes quanto o número de entrevistados. É importante comparar a música ao ruído. A diferenciação entre música e ruído é muito tênue e subjetiva. Exemplo disso, é que o Rock’n Roll pertence ao grupo de ruído em inúmeros textos e artigos, inclusive os acadêmicos. Isso, provavelmente, desagrada os roqueiros e apreciadores de tal gênero musical.

Consideraremos música como sendo ondas sonoras com frequências periódicas que apresentem alguma harmonia auditiva e espectral caracterizada pela sensação audível agradável e, matematicamente falando, por ondas possíveis que possam ser analisadas pela Série de Fourier.

O ruído, por sua vez, produz uma sensação audível desagradável com espectro pouco harmônico.



**Figura 9** – Espectro de um ruído e de um som musical (HEWITT, 2002, p.361).

A música ocidental se caracteriza por um conjunto definido de frequências dividido de forma bastante arbitrária e que obedece à psicofísica, pois está intimamente ligada à sensação auditiva que cada frequência propicia ao organismo humano. Vamos, então, analisar os quatro parâmetros básicos que definem uma nota musical e fazer menção aos correspondentes conceitos físicos:

Parâmetro Musical	Conceitos físicos equivalentes
Altura (dó, ré,...)	Frequência (Hz)
Intensidade	Potência (dB)
Duração (semínima,...)	Duração (segundos.)
Timbre (violão, flauta,...)	Espectro, envoltória...

**Tabela:** Comparação entre parâmetros musical e físico

### A Altura e a Frequência.

A altura representa cada nota musical e corresponde a uma frequência (fundamental) diferente. Ela está intimamente ligada à percepção de som mais agudo ou mais grave.

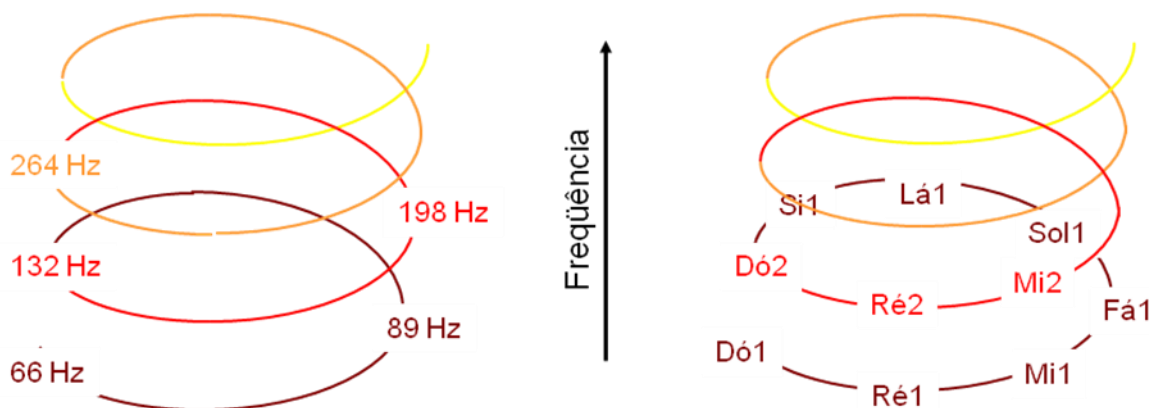
Quanto mais alto é o som, mais agudo ele é. É importante deixar claro que a frequência (o número de ondas completas ou ciclos por segundo) é um conceito objetivo e pode ser cientificamente medido. A altura do som depende da percepção sonora de quem está ouvindo o som e é bastante subjetiva. Entretanto, a relação direta entre os dois pode ser claramente percebida.

Os nomes dados para cada frequência bem definida são as notas musicais. São sete notas principais: dó, ré, mi, fá, sol, lá, si e os cinco acidentes musicais - que são as frequências intermediárias entre as notas principais, dó#, ré#, fá#, sol# e lá# - totalizando 12 notas.

O ouvido humano consegue distinguir, dentro da extensão auditiva de 20 Hz a 20 kHz, 1400 mudanças de frequências. A música ocidental, por sua vez, utiliza somente 120 frequências divididas em 10 blocos das 12 notas musicais agrupadas de sete em sete (tonalidades). Tais blocos são chamados de oitavas.

As oitavas são notas musicais diferentes que apresentam a sensação auditiva de repetição. Curiosamente, essas sensações se dão multiplicando por dois uma dada

frequência. Ou seja, tendo uma frequência fundamental de dó, que também pode ser chamado de tom (66 Hz), a segunda oitava de dó – primeiro sobretom – é o dobro daquela frequência (132 Hz). A terceira oitava (264 Hz) é o dobro da segunda e assim por diante até alcançarmos a décima oitava de dó. Assim, o termo fundamental é o tom e os termos seguintes são os sobretons (ou tons de frequência superior ou componentes secundários).



**Figura 16** – espiral que exhibe frequências de algumas notas musicais e suas oitavas

### **A Intensidade e a Amplitude – A Duração.**

A intensidade é a grandeza que está ligada à amplitude das vibrações. Matematicamente, ela é diretamente proporcional ao quadrado da amplitude da onda o que corresponde à potência de uma onda mecânica para a Física.

A intensidade corresponde à energia empregada ao tocar o instrumento e é comumente confundida com a altura. A altura, por sua vez, é confundida como volume. É importante deixar claro a distinção: o volume está relacionado à intensidade sonora e a altura corresponde à frequência do som.

Por fim, o último dos quatro parâmetros que definem uma nota musical é a duração de uma nota. Ela está intimamente ligada com o conceito de tempo na Física. Corresponde ao lapso temporal entre o início e o fim do som.

A notação da duração de uma nota é dada pelas figuras rítmicas. As unidades de duração são **relativas** e dependentes de um determinado andamento, que é o grau de velocidade do compasso. São elas: semibreve, mínima, semínima, colcheia, semicolcheia, fusa, semifusa e quartifusa.





**Figura 17** – Notação musical para a duração as notas.

### O Timbre, o Espectro e a Envoltória.

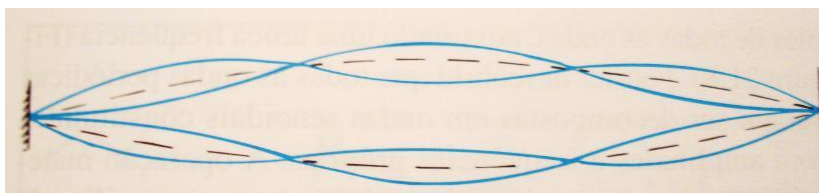
É o timbre o responsável pelas diferentes sensações musicais dadas pelos instrumentos. É graças ao timbre que uma mesma nota, Lá4 (440 Hz), por exemplo, soa diferente, ou pelo menos a percepção auditiva humana propicia essa diferença, quando tocada em um violão ou em um piano.

Muitas são as características físicas que definem o timbre de um instrumento produzindo o que podemos chamar de “assinatura musical” do mesmo. O timbre tem relação, principalmente, com o espectro e a envoltória da onda sonora.

A relação do timbre com o espectro está ligada à quantidade e à intensidade das parciais (ondas simples) que formam a onda complexa.

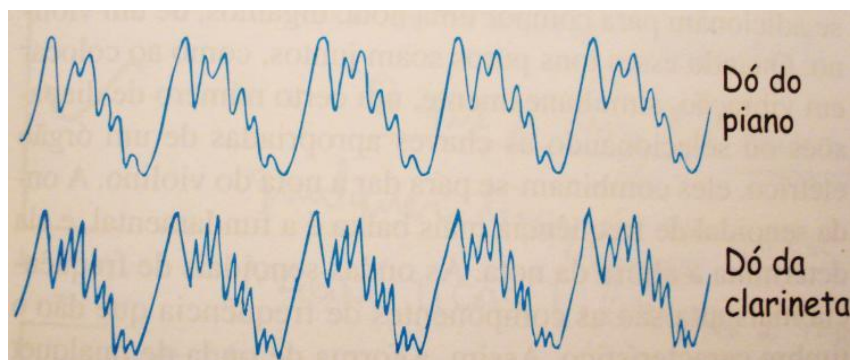
As ondas sonoras complexas geradas por um instrumento musical sempre poderão ser representadas por uma série de Fourier, compostas das notas fundamentais e da série de harmônicos ou sobretons, cada um com a sua amplitude e fase característicos. Ou seja, a frequência mais baixa é a **frequência fundamental**, que determina a altura da nota e as frequências seguintes, que são múltiplos inteiros da frequência fundamental, são chamados de harmônicos.

A figura 10 apresenta a corda de um violão que exibe uma vibração composta do modo fundamental e de seu terceiro harmônico



**Figura 10** – Corda de Violão – vibração composta – 1º e 3º harmônico (HEWITT, 2002, p.363).

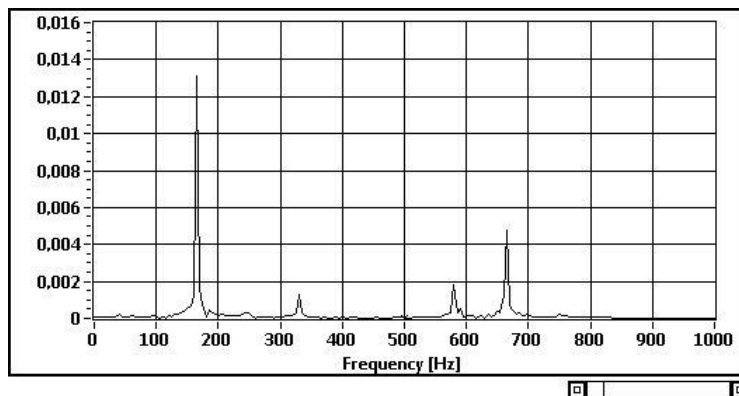
Como já mencionado, a soma das várias parciais implicam na formação de um espectro diferente. Assim, cada instrumento apresenta um harmônico parcial mais ressaltado do que outros e a soma deles é um dos responsáveis pelo timbre.



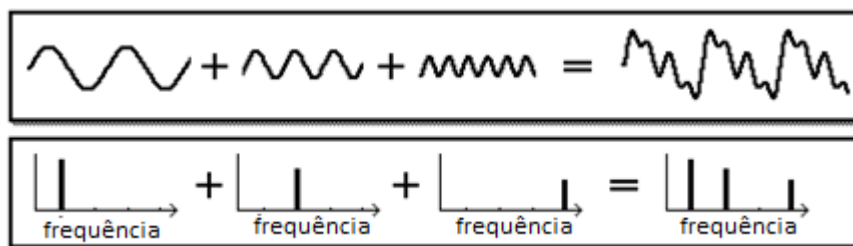
**Figura 11** – Espectro da nota Dó de dois diferentes instrumentos (HEWITT, 2002, p.363).

Um estudo possível para identificar a frequência e a amplitude de cada harmônico é a chamada análise harmônica, que é um gráfico de amplitude por frequência de cada harmônico. Nessa análise, a frequência do harmônico esta no eixo horizontal, a amplitude no eixo vertical e não é mostrada a fase.

As figuras 12 e 13 mostram gráficos de análises harmônicas e suas composições.



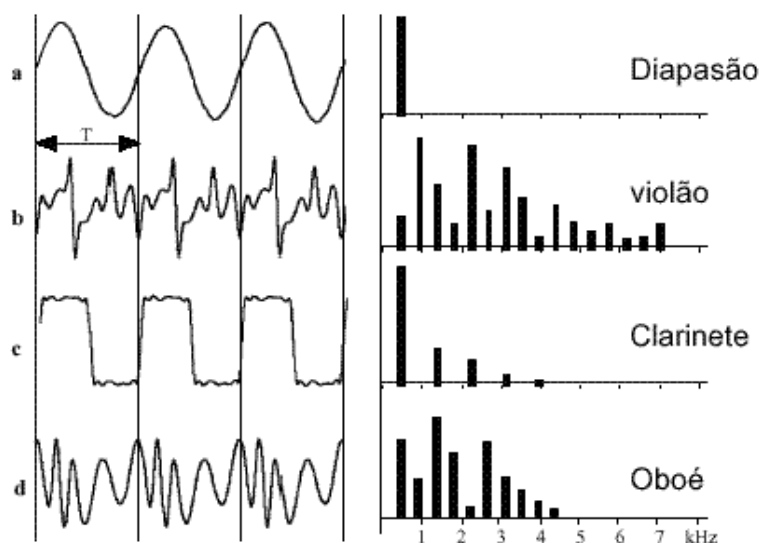
**Figura 12** – Exemplo de uma análise harmônica.



**Figura 13** – Como é criado o gráfico da análise harmônica.

Todas essas evidências mostram a estrita relação entre o timbre e o espectro, isso porque é ele que diz como é a forma da onda complexa. Utilizando a Análise de Fourier e a análise harmônica, é possível identificar um instrumento apenas visualmente, observando sua assinatura musical.

A figura 14 apresenta a análise harmônica de vários instrumentos para uma mesma nota.



**Figura 14** – Análise harmônica de vários instrumentos para uma mesma nota musical  
(Fonte: [http://conservatorio0.tripod.com/propriedades\\_do\\_som\\_.htm](http://conservatorio0.tripod.com/propriedades_do_som_.htm)).

É perceptível que, apesar de apresentarem a mesma frequência fundamental (Tom), o que define a nota musical, cada instrumento produz quantidades e intensidades de harmônicos completamente diferentes, ficando claro a impossibilidade de dois instrumentos musicais soarem idênticos para uma mesma nota musical.

O timbre, no entanto, não está ligado única e exclusivamente ao espectro. A envoltória, apresentada anteriormente também tem sua contribuição para a sensação sonora diferenciada produzida por frequências iguais emitidas por instrumentos diferentes.

A envoltória descrita por uma onda gerada por um instrumentos percussivos, por exemplo, apresenta um ataque e um decaimento rápido e uma ausência de sustentação. Bem diferente da envoltória de um órgão de tubo conforme representado na figura 15.

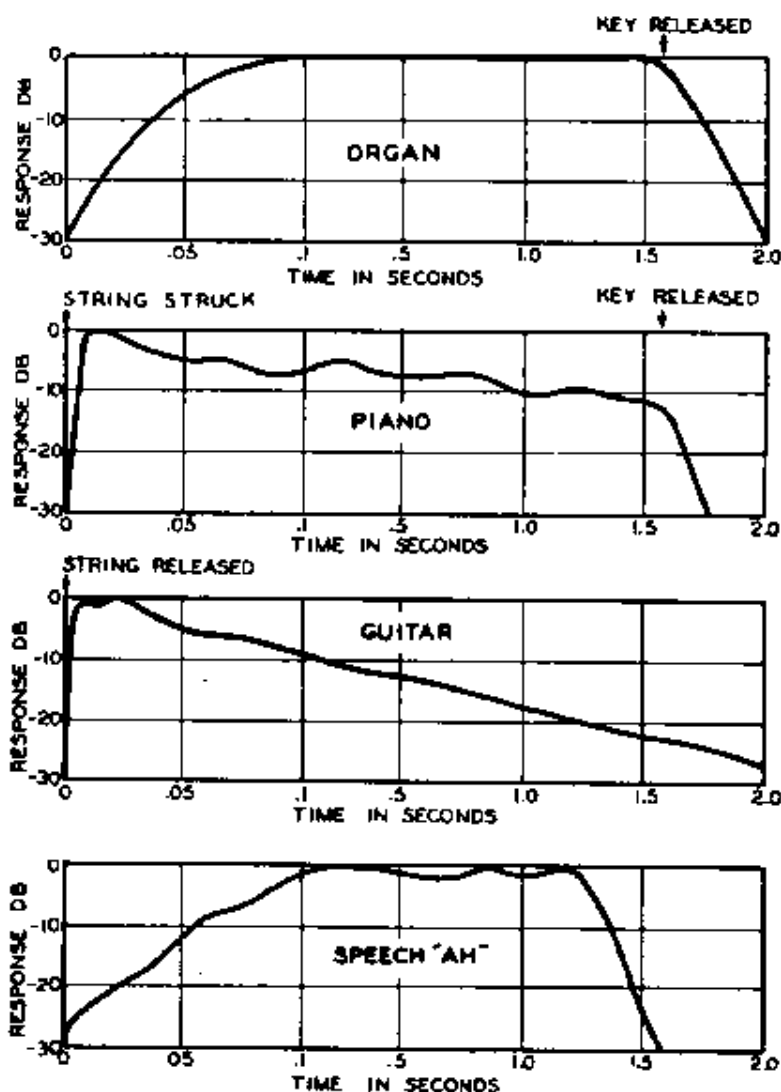


Figura 15 – Envoltória de vários instrumentos

(Fonte: [http://conservatorio0.tripod.com/propriedades\\_do\\_som\\_.htm](http://conservatorio0.tripod.com/propriedades_do_som_.htm)).

## **APÊNDICE 2: Breve manual de utilização do Software Soundcard Scope V1.4**

### **Descrição**

O Soundcard Scope é um software não gratuito. Mas, a licença de utilização é concedida apenas para uso privado e não comercial em instituições educacionais. Qualquer aplicação comercial exige uma licença correspondente assim como a distribuição e venda do programa é proibida.

O software que pode ser utilizado para a visualização e análise de ondas sonoras. Os dados são gravados diretamente a partir da placa de som (um microfone ou entrada de linha) ou a partir de uma fonte, tal como um CD ou Media player.

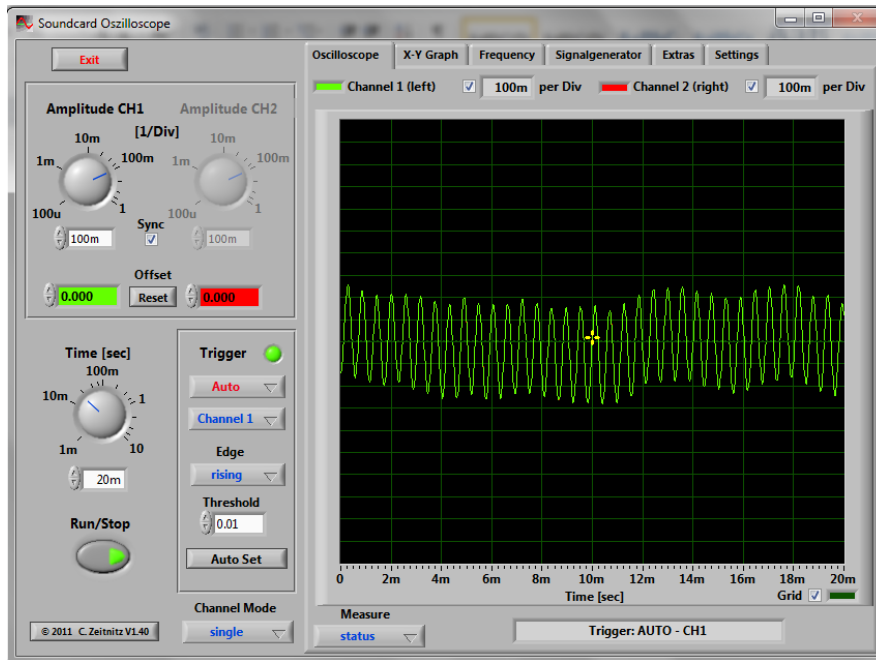
Os dados de entrada são obtidos pela placa de som através da interface do Windows. O software não se comunica diretamente com a placa de som. Portanto problemas da placa de som devem ser solucionados ao nível do sistema operacional.

A interface do usuário é organizada como um osciloscópio convencional. Na janela do programa, além da tela do osciloscópio, é possível visualizar a exibição XY – formato que compara ponto a ponto os níveis de tensão de duas formas de onda, útil para estudar relações de fase entre duas formas de onda – análise de frequência e as configurações.

### **Osciloscópio**

O software mostra o canal esquerdo e direito da placa de som na janela do osciloscópio. O canal esquerdo é representado por uma linha verde e o canal direito como uma linha vermelha.

Na janela de interface do utilizador existem os botões e janelas de entrada para as três seguintes funções: amplitude, tempo, e trigger.



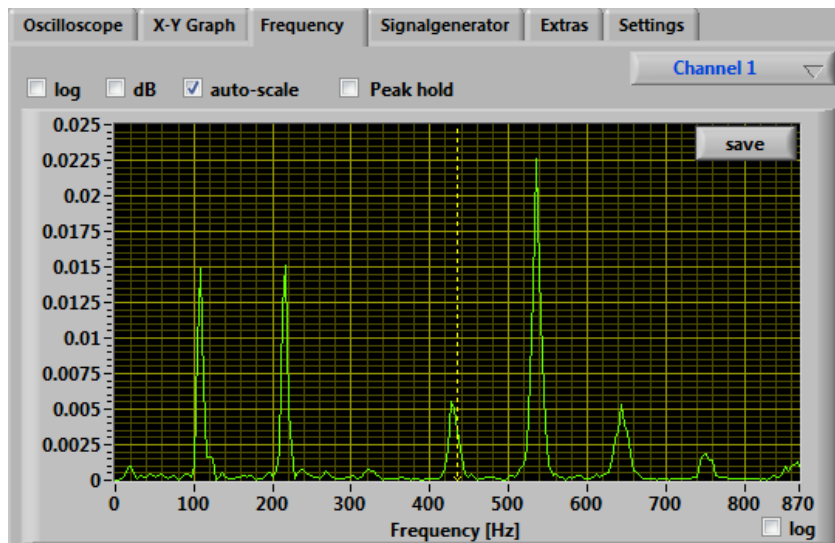
O Botão Run/Stop possibilita iniciar e interromper a aquisição de dados:



Uma vez selecionado “Run/Stop”, o botão “Auto Set”, da interface trigger, possibilita a melhor visualização da onda sonora captada pelo software na tela de análise. Isso, porque ele ajusta os valores de amplitude e tempo automaticamente, além de capturar a onda possibilitando salvar o gráfico referente aos dados coletados.



Na aba frequência, é possível visualizar uma análise harmônica da onda emitida, possibilitando perceber a frequência do som captado, assim como os seus harmônicos.



Por fim, o osciloscópio permite uma visualização do espectro da onda captada, além da análise do período dessa onda, com imagens bastante nítidas e de fácil interpretação. Isso possibilita a análise de todas as principais características físicas da onda.