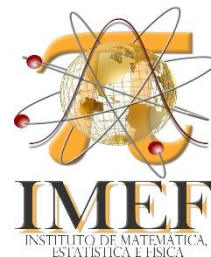




**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE MATEMÁTICA, ESTÁTISTICA
E FÍSICA**



PROPOSTA DO USO DA MÚSICA NO ENSINO DE FÍSICA

RAFAEL LUIS SWAROWSKY

Trabalho de Conclusão de Curso como
requisito parcial para conclusão do
Curso de Licenciatura em Física da
Universidade Federal do Rio Grande –
FURG.

Orientador: Prof. Dr. Valmir Heckler

RIO GRANDE, Dezembro de 2018.

RESUMO

Apresenta-se nesse estudo o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) sobre o uso da Música na Formação de Professores de Física, com uma breve proposta de recursos digitais que poderão ser utilizados em futuros processos formativos. Inicialmente é desenvolvida uma breve revisão em torno do tema da Música trabalhada no Ensino de Física. Após a análise dos textos encontrados, descreve-se uma breve proposta didática para o assunto, de forma a contemplar recursos eletrônicos disponíveis, como softwares de espectros musicais na perspectiva de ser uma diferente abordagem para o tema. A proposta de uma atividade envolvendo tecnologias de fácil acesso e softwares que estão disponíveis na internet. Uma das principais ideias do trabalho é tentar expor um pouco da semelhança dos conhecimentos entre produtores Musicais e a Física Acústica e mostrar mais uma alternativa de caminho para se seguir e ser explorado por nós professores Física. Durante o período da construção deste TCC percebeu-se a importância de procurar por boas referências além do conteúdo de livros e apostilas de estudo. Ao longo do estudo registra-se a falta de materiais didáticos que abordem temas de Física a partir da Música. Nesse sentido buscou-se elaborar atividades que fizessem com que o assunto fosse interessante e motivador para os alunos. Este trabalho terá continuidade futuramente com possíveis aplicações e testes de aprendizagem, assim como todo o material didático estará sendo adaptado e atualizado conforme o desenvolvimento do estudo. O material desenvolvido neste trabalho é uma sugestão alternativa para o trabalho com temas da Física Ondulatória, com forte aposta na inclusão da Música no contexto formativo.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 01: Representação do que os alunos acham que é som..... | 16 |
| Figura 02: Onda quadrada analisada no equalizador tocada em nota lá (A4)..... | 30 |
| Figura 03: Fluxograma das etapas sonoras..... | 31 |
| Figura 04: Frequências Audíveis..... | 37 |
| Figura 05: Comprimento de ondas..... | 38 |
| Figura 06: Espectro do Bumbo e do Prato..... | 38 |
| Figura 07: Zoom no espectro dos elementos musicais..... | 39 |
| Figura 08: Espectro audível e suas características..... | 39 |
| Figura 09: Frequências dos correspondentes aos Elementos musicais..... | 40 |
| Figura 10: 3x Osc..... | 41 |
| Figura 11: Zoom no Knob do Volume do plugin 3x Osc..... | 41 |
| Figura 12: Tipos de ondas do plugin 3x Osc..... | 42 |
| Figura 13: Notas musicais em um teclado..... | 42 |
| Figura 14: Tabela de valores de frequência para cada nota musical..... | 43 |
| Figura 15: ONDA SENO – Sendo tocada em C5..... | 43 |
| Figura 16: ONDA QUADRADA – Sendo tocada em C5..... | 43 |
| Figura 17: ONDA MESCLA QUADRADA/SENO – Sendo tocada em C5..... | 44 |
| Figura 18: ONDA TRIÂNGULAR – Sendo tocada em C5..... | 44 |
| Figura 19: ONDA DENTE DE SERRA – Sendo tocada em C5..... | 44 |
| Figura 20: RUÍDO BRANCO – Sendo tocada em C5..... | 44 |
| Figura 21: Invertendo a fase da onda e aumentando o volume do oscilador 2..... | 45 |
| Figura 22: Interferência de ondas..... | 46 |
| Figura 23: Vídeo Aula 1 – Frequência..... | 48 |
| Figura 24: Video Aula 2 – Harmônicos Sonoros..... | 49 |
| Figura 25: Vídeo aula 3 – Interferência de onda..... | 50 |
| Figura 26: Mapa Conceitual..... | 51 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Trabalhos encontrados nos SNEF's..... | 11 |
| Tabela 2: Dissertações MNPEF e PPGfis da UFRGS..... | 24 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| LISTA DE FIGURAS | 3 |
| LISTA DE TABELAS | 4 |
| INTRODUÇÃO | 1 |
| 1. ENSINO DE MÚSICA EM TRABALHOS DO SNEF | 9 |
| 1.1 Contextos das Atividades com Música..... | 9 |
| 1.2 Onde Acontecem as Atividades com Som?..... | 13 |
| 1.3 Instrumentos e Tecnologias que são Utilizadas no Contexto Da Música no Ensino de Física..... | 16 |
| 1.4 Metodologias Voltadas a Formação de Professores | 19 |
| 2. A MÚSICA PRESENTE NOS PRODUTOS EDUCACIONAIS DE FÍSICA | 23 |
| 2.1 Análise dos Produtos Educacionais em Mestrados Profissionais do Ensino de Física..... | 24 |
| 2.2 Instrumentos Musicais inseridos no Ensino de Física | 28 |
| 2.3 Recursos Audiovisuais e Tecnológicos No Ensino De Física..... | 29 |
| 2.4 Ensino Voltado A Inclusão Social..... | 33 |
| 3. PROPOSTA DE UM PRODUTO EDUCACIONAL | 35 |
| 3.1 A Ementa Do Conteúdo e Justificativa | 35 |
| 3.2 Material E Método..... | 36 |
| 3.3 O Mapa Conceitual..... | 51 |
| CONCLUSÃO | 53 |
| REFERÊNCIAS | 55 |

INTRODUÇÃO

A escolha do tema surgiu de uma conexão da Física sonora com o manifesto da arte musical na forma de produção musical. Nos primeiros passos dentro do curso de Licenciatura Física observou-se que haviam poucos materiais para um ensino de Física associado a Música, em nenhum momento percebeu-se algum instrumento musical voltado para as aulas e nem em forma de *software*, por isto, foi elaborado esse texto como Trabalho de Conclusão de Curso e desenvolvido no período do ano letivo de 2018 no curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

A pesquisa abrange o tema da Física da Música na formação de professores, inicialmente apresenta-se os trabalhos realizados por alunos de graduações em Física com relação a Música que foram apresentados nos Simpósios Nacionais de Ensino de Física (SNEFs) desde 2003. Após a análise de trabalhos encontrados no SNEF, iniciou-se a nova etapa de formulação da pergunta central para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso II, ou seja, o que constitui o presente TCC. Compreende-se, após a coleta de informações, que há uma falta da utilização de tecnologias aplicadas à música e em especial na formação de professores. Assim, a pergunta investigativa foi desenvolvida em dois bancos de dissertações, o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e o banco de dados do Programa de Pós-Graduação em ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A pergunta geral a ser compreendida é: **O que se apresenta dos aspectos tecnológicos e metodológicos sobre a Música no Ensino de Física na análise de dissertações e produtos educacionais no mestrado profissional da área?**

A referida pergunta auxiliou a desenvolver **o objetivo central do estudo**, que foi o de desenvolver uma breve revisão sobre o tema, com a proposição didática sobre a temática Música no Ensino de Física a partir de recursos digitais.

Foram assumidos como **objetivos específicos no TCC**:

- I. Selecionar dissertações e produtos educacionais de ensino de Física que trabalham com a música e ou Física ondulatória.
- II. Investigar as tecnologias e metodologias desenvolvidas nas práticas de ensino de música comunicados nos produtos educacionais e dissertações.

III. Comunicar os resultados das aplicações de tecnologias e metodologias do ensino da música na formação de professores de Física.

Salienta-se que esse TCC está fortemente pautado na experiência com a Música do autor da proposta, que tem percebido a dificuldade de se fazer o que gosta e fazer disso a sua profissão. Conciliar um trabalho com a vida pessoal parece algo tão distante, não é por menos que muitos entram na graduação sem saber o que gostam e quais caminhos seguir para conciliar seus sonhos ao lado profissional. Olhando para o mercado de trabalho pode-se observar o quanto essa separação acaba trazendo infelicidade para as pessoas e cria a ilusão de que há uma necessidade de balancear duas coisas que são opostas. Porém, quando consegue-se trazer para o lado profissional e pessoal o mesmo tipo de trabalho que realmente tem significado para as pessoas, é gratificante.

Desde pequeno existe na vida do autor uma relação com a música. Está sempre foi essencial durante os seus dias. As primeiras músicas que despertaram interesse foram as encontradas nas trilhas sonoras de jogos de vídeo game, que normalmente são eletrônicas desenvolvidas em estúdios por produtores musicais. O tempo passou e o autor continuou a se interessar cada vez mais pela produção de músicas eletrônicas de forma digital. A qualidade sonora que produtores musicais conseguem chegar ao desenvolverem elementos musicais com timbres tão bem definidos, músicas que realmente criam uma atmosfera sonora ao seu redor, profundidade do som que insere a pessoa em outro plano onde os sentidos e emoções são aflorados sempre foi motivo de encanto para o autor.

Ao entrar no curso de Licenciatura em Física, não imaginava a dimensão e as possíveis relações com a Música que poderia desenvolver. Em sua experiência, durante as aulas do Ensino Médio, infelizmente não houve conexão de relacionar a música aos conceitos da Física. Após muito tempo sem entender como funcionava os padrões da natureza do som, o autor julgava-se apenas um admirador de música sem saber nada em específico a seu respeito. Durante o caminho de uma graduação, com muitas angustias e medos, busca-se saídas para aliviar o estresse acadêmico e social e, para o autor, a saída sempre foi a Música. A Música sempre lhe despertou um bem estar, fazendo uma trilha sonora para cada momento, despertando sentimentos e desafiando a buscar que cada vez mais entender a natureza desta.

Ao vir estudar na Universidade Federal do Rio Grande (FURG) em Rio Grande - RS, teve a oportunidade de conhecer um mundo dentro desta arte que é a música,

conheceu produtores musicais iniciantes, músicos e pessoas que trabalham com sonorização de festas, participou de cursos relacionados a Percepção Musical, Mixagem e Masterização de Músicas. Aos poucos se interessou pela produção musical, pela parte técnica do tratamento de áudio e foi só o começo para se aprofundar no assunto.

Durante o curso de Licenciatura em Física cursado na FURG, surgiu a oportunidade de estudar a Física da Música, embora muitas das oportunidades apareceram quando houve a determinação de buscar sozinho o conteúdo. Normalmente, nas disciplinas como Física II e Física Experimental II apresenta-se alguns conceitos, mas foram poucas as atividades práticas e exploração dos detalhes da música, destaca-se também que os aspectos sentidos dos efeitos sonoros foram pouco explorados em aulas.

Visualizou-se que geralmente esse assunto tem uma necessidade de explanação mais diversificada pela sua riqueza de linguagem, mas é pouco abordado. Um exemplo de como isso acontece é o fato de que fala-se para o aluno o que é um harmônico, que as notas musicais são uma série harmônica, estuda-se a natureza do som, fala-se de como surge, mas pouco se aprofunda. Então o autor dedicou-se por si mesmo a aprender com muitos materiais disponíveis em livros específicos e na internet para aperfeiçoar os seus conhecimentos relacionados à música nas principais técnicas de tratamento de som. Em sua experiência de estágio como Técnico de som, pôde colocar em prática os conhecimentos, trabalhou em festas diversas como por exemplo: raves, carnaval, eventos com bandas, como bandas de pagode, rock, reggae e sertanejo e voz violão.

Entretanto, a vontade do autor de conhecer mais da natureza do som, o motivou a voltar a buscar conteúdos relacionados com a Física Ondulatória e, para sua surpresa, descobriu que não se encontram muitos materiais disponíveis, grande parte do que é encontrado é de um conhecimento arcaico. A Física acústica tem inúmeros componentes que podem ser abordados que praticamente não se encontram nos livros didáticos que são geralmente utilizados na graduação e no Ensino Médio, exemplo disso é que não se encontra muitos assuntos como isolamentos acústicos, elementos musicais, experimentos práticos e demonstrações com instrumentos digitais e auxílio de *softwares* que apresentam inúmeras maneiras de observar o mundo audível e principalmente o interligado à música.

1. ENSINO DE MÚSICA EM TRABALHOS DO SNEF

No período da graduação, o autor obteve conhecimento através de diversos textos de produtores musicais, engenheiros de acústica e artistas que mergulharam na música e fizeram dela suas vidas. Estes sabem que o caminho para quem quer trabalhar com música não é fácil. Geralmente quando músicos compõem, suas músicas são frutos de uma exaustiva tentativa de fazer as coisas encaixarem, tanto na melodia como no tempo ideal, para que a mensagem e o sentimento que eles querem passar com a sua música seja atingido. Músicos são geralmente perfeccionistas e passam muito tempo em suas produções, ter o conhecimento notável é algo que pode lhes render um aumento considerável no aproveitamento do tempo nas suas produções. Estudantes que entendem as grandezas Físicas podem entender o que acontece quando aumentamos uma oitava musical, já os músicos que não possuem esse conhecimento não têm a percepção de o que é isto, levando em conta apenas a percepção sonora, mas sem representações Matemáticas e Físicas.

Trabalhar com a Física Ondulatória portanto, abre opções de entendimentos também para outros assuntos, assim como movimentos periódicos como exemplo. Pode-se listar maneiras diferentes de se abordar o assunto, mas partindo de um movimento inicial, neste projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) optou-se por procurar trabalhos encontrados no SNEF e identificar quais estão dentro de nosso tema.

1.1 CONTEXTOS DAS ATIVIDADES COM MÚSICA

Segundo os PCN's (Parâmetros Curriculares Nacionais), esses que são as diretrizes dos projetos voltados ao ensino médio, atualmente há uma motivação de se reinventar, renovar a educação com a possibilidade de se trabalhar a diversidade dos conceitos, abrangendo temas vividos na sociedade e temas culturais, enriquecendo as possibilidades para se trabalhar em áreas das ciências exatas. Neste sentido, o documento aponta que é possível.

"[...] compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana" (BRASIL, 2002, p. 68).

Nessa perspectiva, inclui o estudo de ondas mecânicas pode tornar-se o espaço adequado para discutir o som como:

"[...] formas de transmissão de informação, analisando os fenômenos e processo de produção de sons, mas também os processos de codificação, registro e transmissão de informações através do som. O estudo do som pode ainda permitir uma interface importante com as artes, a música em particular, ou, ainda, o reconhecimento dos vários instrumentos associados a diferentes culturas" (BRASIL, 2002, p.70).

Já que os PCN reconhecem a disciplinarização do conhecimento e apresentam a interdisciplinaridade como um convite ao desenvolvimento de qualificações humanas amplas, tratar esses conhecimentos mais amplos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo é uma possibilidade que se apresenta a cada professor. Ao analisar o PCN+ que são orientações educacionais complementares, destaca-se que a música está relacionada de forma subentendida na terceira unidade.

O documento a se referir ao Som, Imagem e Informação nos sugere como deve ser o ensino de Ondas Sonoras:

"[...] identificar objetos, sistemas e fenômenos que produzem sons para reconhecer as características que os diferenciam;
- associar diferentes características de sons a grandezas Físicas (como frequência, intensidade, etc.) para explicar, reproduzir, avaliar ou controlar a emissão de sons por instrumentos musicais ou outros sistemas semelhantes". (BRASIL, 2002, p.76).

Compreende-se que dentro destas unidades e conceitos, podemos interagir com os alunos pelo processo histórico cultural, trazer aquilo que mais está contextualizado nos dias deles, e para falar de som nada melhor que a Música, um tema inspirador e incentivador. Analisando estruturas e processos de construção musical, pode-se explorar a gravação e reprodução de sons, transmissão de sons e fontes sonoras, o que enquadra no contexto.

Nesse texto o estudo desenvolve-se no propósito de explorar os trabalhos relacionados com o tema da música para o ensino de Física, e de enfatizar a importância da contextualização no ensino com um conteúdo que está tão inserido na sociedade com grande enfoque cultural e desenvolvimento artístico que é a produção musical. A partir disso busca-se relacionar os trabalhos nesta área na formação de professores e em que aspectos isso influencia numa aprendizagem significativa ao aluno.

Embasado nas diretrizes nacionais, que indicam a possibilidade de um trabalho de Física voltado a música, interligado ao gosto pessoal do autor pelo tema inicial a

proposição de um TCC, buscando mapear os trabalhos focados no Ensino de Física. Então definiu-se como movimento inicial do estudo desenvolver uma pesquisa relacionada a Física da música em todos os Simpósios Nacionais de Ensino de Física (SNEF) a partir de 2002, que é onde pela primeira vez é citada no PCN, e no PCN+ o tema sugerido para se trabalhar com a arte e desenvolvimento da cultura da música relacionada a Física.

O SNEF é um evento que ocorre de dois em dois anos, nesses encontros são discutidos temas relacionados a tudo aquilo que está relacionado ao ensino de Física, desde partes governamentais, PCN+'s, PLND's à formação do professor. O evento conta com uma amostra de trabalhos para questões a serem enfrentadas pelo Ensino de Física em todos os níveis da educação formal no país.

Em vista o acervo de trabalhos que estão divulgados no site dos eventos dos SNEF's e do fácil acesso, foi feito uma busca de todos os trabalhos relacionados a descritor Música. O texto mais antigo que retornou do estudo foi o de 2003, para caso de curiosidade este não foi o primeiro simpósio nacional de ensino de Física, pois os SNEF's ocorrem desde 1970. Na pesquisa do autor os trabalhos apresentados são dos eventos de 2003 até 2015, os trabalhos de 2017 ainda não estão disponíveis online no site assim como o acervo dos trabalhos SNEF XIX, realizado em Manaus em 2011, não puderam ser acessados online. Abaixo há uma tabela com os nomes dos trabalhos e seus respectivos anos TABELA 1. Foram totalizados 12 trabalhos, podemos ver na Tabela 1, abaixo:

Tabela 1: Trabalhos encontrados nos SNEF's.

| | TRABALHO | AUTORES | ANO | SNEF |
|-----|---|--|------|-------|
| (a) | A FÍSICA PRESENTE NOS INSTRUMENTOS MÚSICAIS | Trentin, Elisabete & Pacca, Jesuína L. de A. | 2003 | XV |
| (b) | PROPOSTA PARA O ENSINO DE ONDAS E ACÚSTICA UTILIZANDO MÚSICA E INSTRUMENTOS MÚSICAIS | Lopes, F. Souza et al. | 2005 | XVI |
| (c) | ESTUDO DE UM CASO: UMA ATIVIDADE DE FÍSICA QUE ENVOLVE A RELAÇÃO COM A CULTURA E A MUSICA ATRAVÉS DE UM CONCERTO DE UMA ORQUESTRA | Morais, F. Valdomiro et al. | 2005 | XVI |
| (d) | A CONSTRUÇÃO DE ESCALAS MÚSICAIS E INSTRUMENTOS MÚSICAIS DE BAIXO CUSTO COMO RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE FÍSICA ONDULATÓRIA | Ribeiro, I. Souza & Crochik, Leonardo. | 2009 | XVIII |
| (e) | UMA PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DA ACÚSTICA MUSICAL NO ENSINO DE FÍSICA | Conceição, M. O. Talarico et al. | 2009 | XVIII |

| | | | | |
|-----|--|--|------|-----|
| (f) | ENSINO DE FÍSICA CONTEXTUALIZADO ATRAVÉS DA HISTÓRIA, DA FILOSOFIA E DA MÚSICA | Grillo, M. Lúcia N. et al. | 2013 | XX |
| (g) | OFICINAS DE SOM: RELAÇÕES ENTRE FÍSICA E MÚSICA NAS SÉRIES INICIAIS | Mattiuci, A. Carolina & Santos, Z. T. Saraiva. | 2013 | XX |
| (h) | ENSINO DE FÍSICA E MÚSICA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ACÚSTICA | Neto, P. Bernardes & Moura, D. de Andrade. | 2013 | XX |
| (i) | USANDO SOFTWARE DE EDIÇÃO DE AUDIO NA COMPREENSÃO DA ACÚSTICA: O AUDACITY COMO FERRAMENTA DIDÁTICA | Jesus W. A. Pereira et al. | 2015 | XXI |
| (j) | MÚSICA: TEORIA E EXPERIMENTAÇÃO NA ACÚSTICA E NO ELETROMAGNETISMO | Filho, M. A. B. Simões et al. | 2015 | XXI |
| (k) | MÚSICA COMO TEMA PARA O ENSINO DE FÍSICA POR PROJETO | Seabra, M. E. Faria & Maciel, A. M. Martins. | 2015 | XXI |
| (l) | ESCUA QUE ISSO AQUI É FÍSICA! | Santos, J. Lopes & Cruz, F. A. de Oliveira | 2015 | XXI |

Fonte: Autor.

Observando a Tabela 1 pode-se notar que não consta o nome do evento SNEF XVII, pois nesse evento não foi apresentado nenhum trabalho relacionado o descritor música. No total são 12 trabalhos encontrados em 6 eventos distribuídos ao longo de 12 anos, lembre-se que os eventos de 2011 e 2017 não fizeram parte dessa pesquisa por estarem inacessíveis. Pode-se observar com o passar dos anos o números de trabalhos relacionados com música tiveram um aumento, um exemplo disso no evento do SNEF XXI encontram-se 4 trabalhos relacionados ao tema, o que representa uma crescente nos trabalhos de Física que envolvem a Música, mas que ainda existem poucos trabalhos sugeridos com esse tema nas escolas segundo Conceição et al. (2009, p. 10): "Embora o ensino da Acústica esteja previsto nos PCN's, não é um tema que receba muita atenção, tanto nas escolas quanto nas universidades."

Percebe-se que existe uma carência do assunto no ensino, hoje busca-se alternativas que motivem os alunos ao estudo da Física, para deixar o conteúdo interessantes a utilização de instrumentos musicais parece ser uma solução interessante, assim como Pinto (2010) traz sua percepção do fato em seu Trabalho de Mestrado:

"[...] a observação de que poucos professores, principalmente os da rede pública, trabalham conteúdos de ondulatória, especialmente voltados à acústica e a instrumentos musicais que, notadamente, se caracterizam

como uma das principais evidências das aplicações dos conhecimentos da Física Ondulatória."(PINTO, 2010, p. 15).

A Física pode ser utilizada de diferentes formas para ensinar um mesmo fenômeno, pode-se utilizar a teoria, a prática experimental, uma dinâmica interativa, dialógica, tudo depende de como o professor prepara a sua aula e seu cronograma, nisto necessita de tempo para preparar boas aulas para explorar o conteúdo de maneiras diferentes do natural e metódico que vemos nos livros didáticos. Uma maneira de contextualizar por exemplo o timbre para os alunos é tocar a mesma nota musical em diferentes instrumentos, uma prática simples que mostra a diferença dos sons, sendo uma alternativa ou a utilização de um aparato tecnológico para observação das ondas podem trazer uma visão diferente para os alunos de música e Física ambos relacionados.

Separou-se uma breve revisão em torno dos 12 trabalhos encontrados na pesquisa, foram dividido em três categorias afim de verificar as natureza de abordagem de cada um, são estas as seguintes categorias:

- Onde acontecem as atividades?
- Que tipo de instrumentos musicais e aparatos tecnológicos foram usados?
- Que metodologias estão voltadas para a formação de professores?

1.2 ONDE ACONTECEM AS ATIVIDADES COM SOM?

O principal propósito foi estabelecer um paralelo entre os artigos utilizados, analisando de forma qualitativa, para posteriormente desenvolver a contextualização do ensino da Física Ondulatória com a Música. Para FREIRE (1979) a atividade prática tem uma função teórica: suscitam questões investigações, modificações nos esquemas de pensamento. A atividade prática deve ir além da simples ação, sob pena de cair em mero ativismo. O aluno precisa refletir, antes, durante e, principalmente, após a ação, objetivando aproveitar a experiência vivenciada e progredir em sua capacidade de explorar o ambiente. Levar para os estudantes aulas expositivas permite os alunos observar onde estão as aplicabilidades dos conhecimentos, nessa mesma perspectiva o trabalho de Moraes, et al. (2005) os alunos do curso de Licenciatura em Física da UFRN, Campus Natal desenvolveram uma atividade didática relacionando com a cultura da música através de um concerto de uma orquestra. Foram feitas em sala de aula

observações das equações da Física Acústica e também foi explorado o tema sobre a expressão artística da música erudita. Após isso foram a um concerto para apreciar a Orquestra Sinfônica do Rio Grande do norte no teatro Alberto Maranhão.

“Evidenciamos apenas o aspecto físico da música, através de suas propriedades ondulatórias, aplicando-as ao entendimento dos tons musicais, na explanação do princípio de funcionamento de algumas classes de instrumentos musicais e na dinâmica de uma orquestra.”
(MORAIS, et al, 2005, p. 4).

A atividade foi resultado de teoria e um evento localizado fora da escola onde assistiram a música clássica contextualizada com a Física. No próximo Trabalho para o autor Lopes, et al. (2005) trata-se de um trabalho em qual a escola participa de uma palestra sobre alguns instrumentos musicais tais como: violão, violino, contra-baixo, percussão, flauta, berrante. A análise de cada trabalho ressalta uma perspectiva diferente para cada um deles, pois as atividades acontecem em locais diferentes, a partir desse fator conclui-se que não existe um local ideal para o estudo do Som, mas que esse estudo pode se desenvolver em escolas, laboratórios, Concertos musicais, e até mesmo dentro de cursos de graduação como é o caso do trabalho Ribeiro & Crochik em que temos uma proposta didática aplicada no Curso de Licenciatura em Física em CEFET-SP. Mas que segundo Ribeiro & Crochik (2009) a oficina proposta por eles pode ser trabalhadas com turmas de Ensino Médio e com qualquer pessoa mesmo que está não tenha contato com nenhuma das áreas conhecimento.

Percebe-se que muitas vezes nas escolas os laboratórios não estão prontos para serem utilizados ou não tem os materiais necessários para o estudo assim acaba dificultando para o professor construir aulas relacionadas com o laboratórios. Encontra-se no trabalho do Grillo, et al. (2013) um grupo de estudantes realizou atividades na escola e com apoio da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ montaram um laboratório na Universidade onde preparam diversos experimentos com equipamentos e instrumentos musicais, e depois levaram os alunos para a universidade com a proposta inicial de explorar a Física Acústica no laboratório.

"Estamos preparando um pequeno laboratório de Acústica. A escola disponibilizou uma sala própria para as atividades extracurriculares (não obrigatórias). A presença dos instrumentos já muda o ambiente, fazendo com que os alunos gostem de frequentar a sala." (GRILLO, et al., 2013, p. 5).

Se registra uma mudança nas ideias de como se ensinar, em que se percebe que os professores estão preocupados em levar um material diferente para seus alunos e que os tempos estão mudando, hoje em dia busca-se muito pela participação significativa do aluno assim como a mudança daquele clima de uma sala de aula de antigamente onde só o professor depositava o conteúdo sobre o aluno. Novos tempos requerem novas atividades que complementem os sentidos dos alunos e que eles possam contextualizar esses conhecimentos em suas vidas diárias. Outra característica atualmente a sala de aula não é um espaço completo. Em algumas escolas as já existem salas próprias para ensino musical, é possível recriar uma sala com uma boa acústica com materiais de baixo custo e esta poderia ser usada para tecnologias utilizadas por produtores musicais. Aos poucos que surgem novos espaços o ensino de Física Acústica, não está mais limitado a apenas uma sala de aula, locais como laboratórios, concertos, universidades, salas de estúdio musical, etc, são locais para aprender a Física Acústica.

"No mundo globalizado que vivemos, a interdisciplinaridade é uma "arma" interessante para a melhoria da qualidade do ensino nas escolas públicas. Mas para que novas atividades possam ser colocadas em prática, as Universidades teriam que se reformular, para poder formar novos profissionais habilitados com essas práticas. E não só isso, é urgente que novas políticas públicas sejam implantadas para permitir a melhoria em todos os níveis de ensino." (GRILLO, et al., 2013, p. 7).

A partir da revisão, conclui-se que não existe apenas um local específico para se estudar sobre as questões que envolvem a Música com a Física, pois ela está acontecendo em diversos âmbitos sociais como teatros, escolas e universidades. A Música esta presente assim como a Física a todos nós em toda nossas etapas da vida, no trabalho de Mattiuci & Santos (2013) são trabalhadas oficinas da Física do som com crianças segundo eles a escolha deste tema, foi por estar presente no cotidiano das pessoas de muitas formas e por isso, qualquer criança pode ter suas próprias opiniões sobre o assunto. Foram feitas perguntas simples para as crianças sem envolvimento com fórmulas ou conceito avançado de Física e o resultado está representado na Figura 01:

Figura 01: Respostas dos alunos dada a questão “O que os alunos acham que é som?”

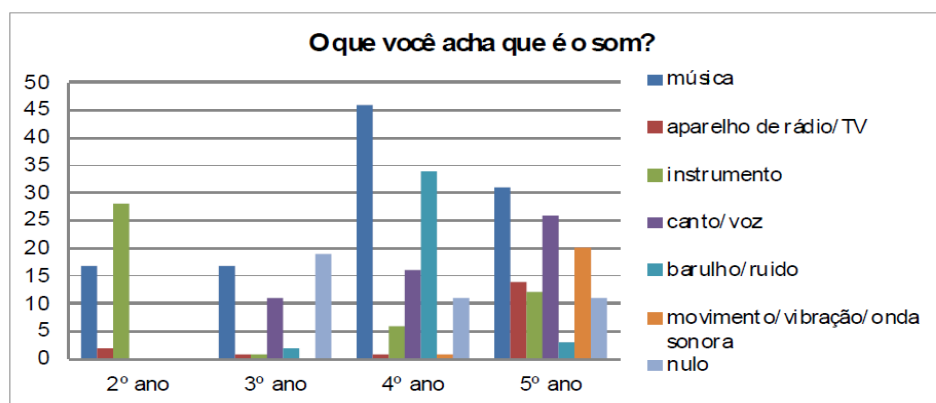


Gráfico 01: O que os alunos acham que é o som.

Fonte: MATTIUCI, et al. (2013, p.5)

Observa-se no gráfico na Figura 01, a relação do som e a música, a percepção das crianças nas séries iniciais fazem associação de som e música, e a explicação de música nada mais é do que combinação de sons e vazios intercalados ordenadamente, ritmicamente. Pode-se ver que no quinto ano começam a surgir resultados para o conhecimento das características do fenômeno do sonoro, como por exemplo a vibração das partículas provocado pela onda sonora.

Destaca-se que em parte dos trabalhos acontecem nas escolas apenas um trabalho aplicado com graduandos na universidade, mas que também houve graduandos que preparam um laboratório e levaram os alunos até a universidade. Também há um estudo em concertos musical, laboratórios, séries iniciais entre outros locais.

1.3 INSTRUMENTOS E TECNOLOGIAS QUE SÃO UTILIZADAS NO CONTEXTO DA MÚSICA NO ENSINO DE FÍSICA

A análise encontrada neste item tem o propósito de encontrar e verificar quais trabalhos utilizam algum tipo de aparato tecnológico, musical e computacional para

promover uma aprendizagem da Física relacionada a Música. Com apenas um instrumento musical específico, pode-se explorar e aprofundar os conceitos da Física Acústica, sem que precisemos estudar toda a diversidade de instrumentos musicais existentes. Procura-se incentivar a busca por *softwares* de reprodução de sons que trazem todos os elementos musicais de forma digital, para um *software* temos uma fonte inesgotável de opções de estudo basta saber priorizar o caminho de nosso estudo, nesse sentido pode-se utilizar mais sons de diferentes instrumentos para diferir entre um e outro, além de todos os espectros de ondas possíveis que possam ser analisados com um *software* reprodutor de sons de instrumento musicais.

Inicialmente analisando o trabalho do autor Lopes, et al. (2015) em sua aula traz uma variedade de instrumentos musicais, onde ele explorou características de cada, os instrumentos utilizados durante a palestra foram violão, violino, contrabaixo, percussão, flauta e berrante. Os alunos participaram de uma palestra onde também foram exposto a teoria observável sem o envolvimento direto dos alunos com nenhuma prática experimental, mas com uma metodologia de ensino ativa onde os alunos conduziam o direcionamento dos assuntos em base de suas dúvidas.

A atividade feita tem um potencial significativo na aprendizagem, mas que necessita de uma dedicação do professor para levar os instrumentos musicais até a escola. Uma maneira diferente e bem criativa foram desenvolvidas pelos graduandos Ribeiro & Crochik (2009) a atividade desenvolvida por eles contata se na construção de instrumentos musicais pedagógicos no sentido de não ser um instrumento profissional, mas uma cópia de algum instrumento, com fins apenas didáticos foram feitos com materiais de baixo custo. Um exemplo disto o Planetário:

"Planetário: Esse instrumento é construído sob uma caixa acústica de maderite de 2,5cm. As medidas da caixa são as seguintes: 120 centímetros de comprimento de comprimento, 75 centímetros de largura e 25 centímetros de altura. Este instrumento ainda possui dois orifícios para a saída de som, um deles está localizado na parte lateral e suas dimensões são as seguintes: 35 cm de comprimento e 2 cm de altura. Canos Acoplados, Garrafas de vidro, Conduite, Pan inclinado." (RIBEIRO & CROCHIK, 2009, p.5).

Logo de início percebe-se uma alternativa é a possibilidade de se trabalhar com baixo custo de material, pode se explorar a teoria e uma atividade experimental simples,

que propõe uma dinâmica diferente ao aluno e exige a criatividade do mesmo para a confecção do instrumento musical. A atividade proposta por Conceição, et al. (2009) utiliza-se de um *software* de visualização da onda mecânica, o programa usado é *GRAM 10* para comparar ondas de alguns instrumentos diferentes e examinado pela Física acústica. Utilizaram de instrumentos como flauta, violino e um tarol para fazer as análises gráficas e o resultado é visualmente é bem interessante, é possível observar a diferença dos harmônicos em cada instrumento.

Quando a escola possui uma sala para Música a interdisciplinaridade com a Física fica acessível, trabalhar a interdisciplinaridade com maestria, no caso de Grillo, et al (2013) conseguiram uma sala especialmente para o trabalho, relacionando com a Física com a Música para deixar o espaço interessante e dinâmico com uma variedade de instrumentos precisaram comprar dois instrumentos musicais que foram um teclado e uma bateria, instrumentos como violão, diapasões e flautas foram levados também para o laboratório. Uma variedade de instrumentos para os alunos compreenderem as diferentes características de cada elemento musical.

No trabalho de Neto & Moura (2013) foi proposto uma atividade totalmente criativa em que os alunos construiriam seus próprios instrumentos musicais com materiais um tanto inusitados como feijão e arroz por exemplo, também foram usados copos de vidros, caixas de sapato entre outros materiais de baixo custo financeiro. Uma atividade que envolveu os alunos em desenvolver suas habilidades curiosas e criativas para conclusão da tarefa.

O autor Jesus et al. (2015) em seu trabalho utilizou o *software Audacity* e um computador onde pode analisar a onda acústica produzida pelos seguintes instrumentos musicais: Baixo, Guitarra Elétrica, Violão de Nylon e Violão de aço,

"A proposta aqui apresentada busca desenvolver uma ferramenta pedagógica para auxiliar o professor de Física no ensino de acústica, levando o seu aluno a compreender e identificar em gráficos de um software de edição de áudio propriedades como frequência, timbre, intensidade sonoras e harmônicos. Destacar as semelhanças entre, música e acústica pode despertar o interesse do aluno pela Física. (JESUS, 2015, p. 1)."

O *software* usado é grátis e encontra-se na internet disponível o que facilita para o professor a utilização. A representação das ondas ajuda a compreender melhor a

diferença entre as intensidades e harmônicos dos instrumentos. Aqui o professor ainda pode contextualizar a cena de produtores musicais que trabalham com diversas técnicas no tratamento de áudio observando espectros de ondas.

No trabalho do autor Filho, et al. (2015) usaram uma metodologia experimental. Com análise do comportamento do violão para compreender a Acústica. Utilizaram uma Guitarra elétrica para o seu funcionamento a guitarra tem características do som que surgem por distorções causados pelo eletromagnetismo, porem foi uma técnica para contextualizar e compreender outros conceitos, como gaiola de Faraday, campo elétrico, paramagnetismo de material, não muito relacionada ao som, mas sim como o eletromagnetismo está inserido nos instrumentos musical.

No trabalho dos autores Santos & Cruz (2015) foram usados três tipos de softwares para a reprodução de sons de forma digital um para a gravação da onda e um de análise espectral. Fazendo assim a contextualização de conteúdos como timbres, amplitude, período.

"Conclui-se que o uso desses *softwares* torna possível uma maior dinâmica em sala de aula, refletindo na possibilidade das aulas de Física sobre som agora adquirirem outra forma, outra motivação, fazendo com que o processo ensino aprendizagem tenha uma resposta mais favorável, além de possivelmente despertar o interesse dos alunos no estudo de música, Física e acústica." (SANTOS & CRUZ, 2015, p. 8).

A utilização de um aparato tecnológico para obter imagens, análises gráficas facilitam a compreensão dos conteúdos da Física Ondulatória. A utilização de mais de um instrumento musical proporciona ao aluno uma experiência com mais diversos timbres, o que pode gerar diferentes percepções para cada aluno e juntar com a visualização da representação das ondas com algum *software* proporciona uma contextualização do fenômeno sonoro e a percepção do sentido com a audição. Esta se torna uma abordagem didática potencialmente para um melhor resultado na aprendizagem do estudante.

1.4 METODOLOGIAS VOLTADAS A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Quando trata-se de ensinar, sempre existe a preocupação com o aprendizado do aluno, procura-se assim estudar a própria didática como campo de conhecimento cujo área de estudo está no desafio ensinar, um desafio de quais caminhos e processos podem auxiliar os professores em formação a compreender e realizar o ensino. Temos o exemplo das autoras Beatrici e Bau (2006) que em seu artigo citam Nóvoa: "autor destaca que é necessário encontrar processos que valorizem a sistematização dos saberes próprios, a capacidade para transformar a experiência em conhecimento e a formalização de um saber profissional de referência." e continuam "Nóvoa (2009) elucida que a formação de professores deve passar para 'dentro' da profissão, isto é, deve basear-se na aquisição de uma cultura profissional, concedendo aos professores mais experientes um papel central na formação dos mais jovens."

Não é de hoje que existe uma grande falta de trabalhos na área da Física que envolva ondas sonoras, tanto no ensino superior como no ensino médio. Observo os desafios encontrados por muitos professores que tentam trazer um método diferente ao alunos para que esses possam se interessar pelo conteúdo da Física ondulatória em seus aspectos relacionados com a música é consideravelmente uma opção bem atrativa.

Observa-se que ainda existem muitas dificuldades encontradas pelos professores para ensinar a Física Acústica, concordamos com Conceição, et al. (2009) quando ela diz:

"Embora o ensino da Acústica esteja previsto nos PCN's, não é um tema que receba muita atenção, tanto nas escolas quanto nas universidades. Temos observado e confirmado que a Acústica, especialmente a Acústica Musical, é realmente um instrumento capaz de motivar os alunos e permitir a abordagem de diferentes aspectos da Física." (CONCEIÇÃO, 2009, p. 10).

A utilização de recurso visual para analisar espectros de ondas sonoras é um artefato poderoso para que o aluno entenda as características diferentes de cada instrumentos musical e entender o conceito da onda fundamental e suas derivadas. Esse tipo de metodologia ainda pode trazer o interesse de pessoas com deficiência auditiva, pois ali eles tem o encontro do plano visual com a sua sensação das vibrações sonoras, a música torna-se um instrumento de grande relevância nesse sentido.

Segundo Mantoan:

"Ensinar significa atender às diferenças dos alunos, mas sem diferenciar o ensino para cada um, o que depende, entre outras condições, de se abandonar um ensino transmissivo e adotar uma pedagogia ativa, dialógica, interativa, integradora, que se contrapõe a toda e qualquer visão unidirecional, de transferência unitária, individualizada e

hierárquica do saber. Portanto devemos ter a racionalização e sensibilidade aos construir metodologias de ensino para que englobe todos os alunos em suas diferentes necessidades e culturas sociais. (MANTOAN, 2006, p. 49).

Assim como a metodologia prática de Conceição et al. (2009):

"A situação-problema proposta na introdução poderá, após esse estudo, ser resolvida: os alunos saberão como melhorar uma apresentação musical identificando cada instrumento (através dos parâmetros dos espectros), mostrando como saber se estão afinados, e como o som pode ser ouvido (para isso precisarão entender as oscilações, as ondas, como as ondas se propagam e como os sons interferem). Inclusive poderão avaliar se a acústica de uma sala é adequada ou não, observando se há "pontos cegos", com interferência destrutiva e como esses podem ser eliminados. Dessa forma as equações estudadas serão vistas como ferramentas de uma Física viva."(CONCEIÇÃO, 2009, p. 10).

A metodologia prática permite que o aluno mesmo sem dominar o conhecimento sobre a Física ondulatória consiga contextualizar e compreender ao conteúdo prático do cotidiano, a pedagogia aplicada em aulas com saberes tecnicistas. Segundo Matui (1988), a escola tecnicista desenvolve uma teoria de aprendizagem que torna o aluno como depositário passivo dos conhecimentos.

Em todos os trabalhos analisados até aqui os autores utilizam do ensino contextualizado na suas formas de ensinar, o que há em comum é o conhecimento geral teórico sobre a Física Acústica sempre discutida anteriormente para o conhecimento prévio dos alunos. Em 8 artigos encontram-se padrões da Música estar intrinsecamente interligado aos instrumentos musicais e que são utilizados como incentivador para fazer uma didática diferente, destaca-se que nestes 8 artigos, dois deles trazem a construção do instrumento com materiais de baixo custo, instigando a criatividade dos alunos.

Dentre os trabalhos encontra-se um trabalho que utiliza-se do processo histórico e cultural da Música. Em 2 trabalho são ensinados os conceitos da Física Ondulatória a partir da Música Clássica e erudita, também é citado o método de divisão das escalas musicais feitas por Pitágoras. Juntamente com um estudo com perguntas para análise do conhecimentos prévios dos alunos.

Inserido nesse contexto de ensino interdisciplinar com música poucos são os trabalhos que utilizam aparatos tecnológicos como som digital, em apenas 1 trabalho é apresentado um *software* que reproduz o som, facilitando o professor só precisa de caixas de som e um computador para sua aula ou até mesmo um celular e caixa de sons, pois existem hoje em dia inúmeros destes *softwares* na internet disponíveis, mais ainda existe uma carência de uso, outra opção é utilizar de *softwares* que analisam o espectro das

ondas, um exemplo é utilizar Equalizadores que analisam as frequências do som é um *plug-in* muito comum em estúdios de produção musical. Uma música será analisada de elemento musical por elemento, nas suas minuciosidades é que ela é definida, sons bem definidos são frutos de sons bem analisados, para cada etapa da musical existe uma exigência de técnicas para atender as características universais dos alto falantes de inúmeros aparelhos de sons.

Aqui instiga-se se essa seria uma didática possível de trabalhar, valorizada atualmente com a era digital e que pode incentivar os estudantes a gostarem das ondas sonoras com uma tecnologia totalmente usual em meios do mundo artístico. Outro fator a ressaltar que atualmente encontramos essa abordagem na forma de Ciência, Tecnologia e Sociedade envolvendo a comunidade de Músicos aprenderem a Física e a estudantes aprenderem ambos.

2. A MÚSICA PRESENTE NOS PRODUTOS EDUCACIONAIS DE FÍSICA

Após a análise dos Trabalhos encontrados no SNEF constatou-se que há diferentes locais para se trabalhar a Física envolvendo a Música, que existem muitos instrumentos musicais para se explorar e quando possível inserir alguns acessórios tecnológicos ajudam na contextualização do ensino de ondas sonoras. Assim pode-se compreender pela coleta de informações encontradas nos textos acima que há uma falta da utilização de tecnologias aplicadas ao ensino de Física com a Música e em especialmente na formação de professores, então desenvolveu-se uma pergunta investigativa. A pergunta geral a ser compreendida é: **O que se apresenta dos aspectos tecnológicos e metodológicos sobre a Música no Ensino de Física na análise de dissertações e produtos educacionais no mestrado profissional da área?**

A referida pergunta auxiliou a desenvolver **o objetivo central do estudo**, que foi o de desenvolver uma breve revisão sobre o tema, com a proposição didática sobre a temática Música no Ensino de Física a partir de recursos digitais.

Foram assumidos como **objetivos específicos no TCC**:

- I. Selecionar as dissertações e produtos educacionais de ensino de Física que trabalham com a música e ou Física ondulatória.
- II. Investigar as tecnologias e metodologias desenvolvidas nas práticas de ensino de música comunicados nos produtos educacionais e dissertações.
- III. Comunicar os resultados das aplicações de tecnologias e metodologias do ensino da música na formação de professores de Física.

Um motivo do pessoal do Autor em estudar a Física é que pode-se explorá-la de muitas maneiras diferentes, formas como estudar através da Matemática, prática experimental, teoria, Filosofia, entre outras. A Música é um tipo de arte com imenso potencial educativo para Saviani 2003:

“Uma vez que, estando a par de manifestações estéticas por excelência, explicitamente ela se vincula a conhecimentos científicos ligados a Física e a Matemática, além de exigir habilidade motora e destreza que a colocam, sem dúvida, como um dos recursos mais eficazes na direção de uma educação voltada para o objetivo de atingir o desenvolvimento integral do ser humano (Saviani, 2003, p.40).

O PCN Arte (1997) informa que, ao conhecer a arte, o aluno tem uma visão ampla ao estudar um determinado período histórico. Além disso, um aluno que exercita continuamente sua imaginação estará mais habilitado a construir um texto e desenvolver estratégias pessoais para resolver problemas matemáticos. Nesse sentido, podemos afirmar que o tema da música tem um potencial imenso em desenvolver habilidades no aluno voltadas para o seu dia a dia.

Para aprofundar-se no tema foi feita uma pequena pesquisa voltada aos bancos de Teses do curso de pós-graduação da UFRGS e do MNPEF que estão relacionados com a prática de ensino sobre o assunto de ondas sonoras. Nessa pequena análise, identifica-se quais eram as motivações dos autores ao desenvolver suas dissertações e produtos com tema relacionado a Física na Música, uma vez que ainda existem poucos trabalhos com essa temática.

2.1 ANÁLISE DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS EM MESTRADOS PROFISSIONAIS DO ENSINO DE FÍSICA

A pesquisa feita com os descritores Física e a Música renderam poucos trabalhos, a busca foi abrangida para o descritor Física ondulatória, pois o número de trabalhos relacionados à música foi muito o inferior ao que se esperava. Abaixo na Tabela 2 apresenta-se os nomes dos autores e as características centrais assumidas por estes em suas dissertações e produtos que justificam a escolha do tema Música no Ensino de Física ou ensino da Acústica.

Tabela 2: Dissertações MNPEF e PPGfis da UFRGS.

| Autores e seus textos | Justificativas e características assumidas pelos autores |
|--|---|
| <p>WASHINGTON ROBERTO LERIAS A Física da música e a pluralidade didática. UTFPR – 2016.</p> | <p>Para esse autor há um motivo pessoal em querer trabalhar com a música, pois ele sempre esteve conectado desde muito jovem a ela. Foi aplicado no ensino médio e adaptado para professores em forma de oficina.</p> |
| <p>DOUGLAS KRÜGER DA SILVA A Física e os instrumentos musicais - construindo significados em uma aula de Acústica. PORTO ALEGRE – 2017</p> | <p>Para o autor a música tem o potencial de fazer a aula tornar-se algo interessante e deixar de ser monótona como cita as aulas de Física. Foi aplicado em turmas de nono ano (ensino fundamental).</p> |

| | |
|---|---|
| <p>ANDRÉ LUÍS MIRANDA DE BARCELLOS COELHO</p> <p>Aplicação do monocórdio e o uso de elementos musicais perceptuais como estruturantes para o ensino de conceitos da Física Ondulatória.</p> <p>BRASÍLIA UNB – 2016.</p> | <p>O seu motivo foi buscar um experimento prático que poderia ser trabalhado a Física teórica e prática, também utilizando-se da matemática e a música, por isso a escolha do monocórdio. A atividade proposta foi feita em turma do segundo ano do ensino médio.</p> |
| <p>JEDERSON WILLIAN PEREIRA DE CASTRO</p> <p>Inclusão no ensino de Física: o ensino das qualidades fisiológicas do som para alunos surdos e ouvintes.</p> <p>LAVRAS – MG – 2015</p> | <p>O motivo aqui vem pela necessidade da inclusão, surge como trabalhar um assunto associado a deficiência Física de uma maneira inovadora com materiais em audiovisuais. As atividades foram feitas em turmas de segundo ano do ensino médio.</p> |
| <p>GRACILENE GAIA CALDAS</p> <p>Atividades experimentais de acústica para o ensino de física: Uma Proposta na Inclusão de Surdos.</p> <p>BELÉM – PARÁ, 2017</p> | <p>Para esta autora o motivo foi buscar por aulas mais dinâmicas e experimentos que captam a atenção dos alunos. O projeto foi aplicado a 15 turmas de uma escola na região de Tocantins.</p> |
| <p>REGIANE NUNES DRONOV MURGI</p> <p>Proposta de sequência didática para o ensino de ondas: uma abordagem teórico-experimental.</p> <p>DOURADOS - 2016</p> | <p>Trabalha as ondas sonoras e ondas eletromagnéticas com maior ênfase no eletromagnetismo. Foram desenvolvidas em uma turma de um curso técnico em Automação Industrial.</p> |
| <p>LAURA RITA RUI</p> <p>Uma proposta de introdução de conceitos físicos na oitava série através do Som, e algumas importantes curiosidades e aplicações do seu estudo.</p> <p>PORTO ALEGRE - UFRGS – 2006.</p> | <p>A necessidade de levar a aula um conteúdo interativista com os alunos, a música foi utilizada como maneira incentivadora de estudar a Física. Foi desenvolvida com turmas de oitava série do ensino fundamental.</p> |
| <p>LUCAS JESUS BETTIOL MAZETI</p> <p>Sequência Didática: Uma alternativa para o ensino de acústica no Ensino Médio</p> <p>SOROCABA - UFSCAR – 2017.</p> | <p>A questão de se trabalhar não só a Física, mas também a proposta histórica e filosófica e a música no seu contexto traz a matemática e a Física desde o surgimento da música pelos gregos. Foi trabalhado com turmas de segundo ano do ensino médio.</p> |

Nessas dissertações e produtos educacionais pode-se ver que existem poucos trabalhos envolvendo a Música. Feita Análise do texto da autora MURGI (2016), pode-se perceber que em sua dissertação o assunto está voltado para o Eletromagnetismo, nesse contexto a autora utilizou a Física Ondulatória como meio para inserir as ondas eletromagnéticas e não fez um envolvimento direto com a música, mas sim com a questão da Física Acústica, que é pouco explorada por ela. A ênfase de seu trabalho é dada pelo Eletromagnetismo. Ela utiliza-se de circuitos elétricos para trabalhar a frequência e período das ondas e usa esse assunto para construir a sequência didática com o conteúdo de ondas eletromagnéticas.

Também foram encontrados dois trabalhos que propõem a inclusão de surdos. São os trabalhos dos autores Caldas (2017) e Castro (2015), cada um com uma proposta diferente. O trabalho do Castro (2015), usa recursos tecnológicos como caixas de som e apresentações digitais projetadas em sala de aula e utiliza-se também de *softwares* como *Visual Analyser* e o *Audacity* que mostram em forma de gráfico como a onda sonora se comporta. Ele traz esses recursos audiovisuais para o ensino dos surdos para que, desta maneira, os alunos possam tocar nas caixas de som e comparar o formato das ondas expostas na projeção com a vibração do alto falante das caixas e assim associar os fenômenos físicos envolvidos.

Já a professora Caldas (2017) buscou levar os alunos para o laboratório, onde desenvolveu uma série de experimentos que relacionam as propriedades das ondas sonoras com a Física. Ela cita que “aprender ciência requer uma ‘enculturação’, onde a cultura trazida pelo aluno em seu contexto social não deve, obrigatoriamente, ser permutada pelo conhecimento científico”. (CALDAS, 2017, p.16).

Para ela, a participação do aluno na atividade experimental faz com que ele tenha mais prazer em realizar a atividade. Parte deste momento estimula a reflexão sobre o assunto e estimula o raciocínio lógico do aluno, ela completa:

“[...] A produção dessa aprendizagem tem que ser dinâmica, onde o aluno é levado em conta com todos os seus saberes e interconexões mentais. A partir do momento em que o aluno (re)constrói o conhecimento e forma conceitos sólidos sobre o mundo, possibilita o agir e reagir diante da realidade. Cremos, com convicção e com respaldo do mundo que nos cerca, que não há mais espaço para a repetição automática, para a falta de contextualização e para a aprendizagem que não seja significativa” (CALDAS, 2017, p. 23).

Sabemos também que a música requer muito desse esforço que ela fala, pois é um processo de internalização do som, do movimento, da coordenação motora da pessoa que

com a prática acontece e interioriza na pessoa, mas que necessita muito treino alguns tem mais facilidade outros nem tanto, mas o treino e a experiência levam a perfeição.

Pensando na música como uma atividade prática para o ensino Lérias (2016), Silva (2017) e Coelho (2016) são autores que levam os instrumentos musicais para as salas de aula propõe a análise dos espectros das ondas de alguns instrumentos, estudam fenômenos físicos a partir da exploração de conceitos da música, como tom, harmonia, harmônicos e notas musicais. Vale ressaltar a importância do material prático dos instrumentos, dos softwares usados para as análises do espectros, os softwares que geram sons sem que precise do instrumento, simulando sons dos instrumentos são técnicas para a apresentação deste conteúdo de uma maneira mais simplificada.

No trabalho desenvolvido por Lérias (2016) ele preparou uma vasta quantidade de recursos para as suas aulas, assim como dito por ele mesmo que isto consumiria muito tempo de suas aulas se ele precisa se montar novamente toda vez que fosse dar sua aula, ele contou com o apoio da escola e montou seu experimentos no laboratório da escola assim ele não precisava perder o tempo de remonta-los enquanto trabalhava o assunto. Vejo que para um professor que tem sua rotina diária “corrida”, é praticamente impossível pensar numa aula com esses recursos frente ao planejamento requerido, mas que pode ser facilmente reduzida com uso das tecnologias atuais que nos dispõe um arsenal de possibilidades para trabalhar os efeitos sonoros e relativamente o professor estudando o software em pouco tempo já reconheceu os parâmetros e poderá construir aulas contextualizadas com a tecnologia e voltada a uma parte da sociedade musical que são os produtores musicais.

O autor Silva (2017), ressaltou as notas musicais e até falou da criação de acordes, suas aulas foram utilizando softwares que o auxiliariam no processo e contou também com alguns instrumentos musicais como violão, flauta, guitarra, xilofone e lira entre outros. Ao autor André Luís Miranda de Barcellos Coelho também optou por utilizar uma simulação virtual para melhor visualização do fenômeno, sua metodologia de ensino foi voltada para a teoria de David Ausubel, pelo fato dos conhecimentos subsunçores que são aqueles conceitos já conhecidos pelos alunos. Trabalhando com a música podemos tornar essa metodologia ainda mais eficaz para nosso caso no ensino da Física ondulatória, trazendo noções sobre a frequência do som influencia no timbre do som, sem que eles saibam ainda da Física, mas que é de grande facilidade perceber a diferença sonora.

Para uma melhor compreensão das características de cada texto, resolveu-se catalogar os textos acima em tópicos de prioridade para fins deste trabalho de pesquisa. Divididos em 3 categorias, salienta-se que os textos aparecem em mais de uma categoria.

A - Instrumentos Musicais;

B - Recursos Audiovisuais e Tecnológicos no Ensino de Física;

C - Ensino voltado a Inclusão social.

2.2 INSTRUMENTOS MÚSICAIS INSERIDOS NO ENSINO DE FÍSICA

Categoria A: Física nos Instrumentos Musicais.

Nessa categoria apresentamos os trabalhos que abordam a Física a partir dos instrumentos Musicais. Isso envolve o desafio dos professores contemplarem as aspectos sensoriais em sala de aula.

“Segundo Puchta (1993), o professor deve acionar todos os canais sensoriais, ou como afirma Stefanakis (2002) as inteligências múltiplas (linguística, lógico-matemática, cinestésico-corporal, espacial, musical, naturalista, interpessoal e intrapessoal) utilizando âncoras visuais, auditivas e cinestésicas na ativação de memórias dentro do aprendizado. Tal como as inteligências verbal e lógico-matemática, que têm nas letras e nos símbolos geométricos e numéricos um sistema simbólico universal, também a inteligência musical oferece um sistema simbólico acessível e internacional... A inteligência verbal ou linguística se manifesta pela fluidez em organizar o pensamento palavras, sentenças e discurso. A inteligência lógico matemática se manifesta pelo reconhecimento e uso de estruturas numéricas e lógicas. A inteligência cinestésico-corporal ou motricidade se manifesta pelo controle dos movimentos do corpo para resolver ou elaborar produtos. A inteligência espacial se manifesta pelo sentido da relação tri-dimensional que nos permite perceber o mundo visual com precisão. A inteligência musical se manifesta pela habilidade de reconhecimento do ritmo, da melodia e reprodução do tom. A inteligência naturalista ou biológica se manifesta pela capacidade de organizar e categorizar o mundo natural em espécies. A inteligências interpessoal se manifesta pela sensibilidade de reconhecer os sentimentos dos outros visando a interação. A inteligência intrapessoal se manifesta pela sensibilidade de reconhecer e entender os próprios sentimentos e avaliando-os visando um crescimento pessoal. Hoje, pesquisadores já apontam para o estudo da inteligência existencial que se manifesta através da percepção do indivíduo em reconhecer que ele é um ser único e responsável pela sua própria história de vida” (Antunes 1999)

Para dar continuidade ao pensamento desenvolvido por Gardner (1985), citado pelo autor LERIAS (2016), o conteúdo físico envolvido na música mesmo para aqueles que não a estudam profundamente já tem um grau alto de subsunções (conteúdos prévios não identificados pelos significados de suas características Físicas) de aprendizado para se explorar. Então o LERIAS (2016) busca trabalhar sua sequência didática com alguns

instrumentos musicais cordas, barbantes, diapasões, copos de cristal, violino, violão, xilofone, flautas doce e transversal, ele abrange para usar também diversas ferramentas TIC's e explora os conceitos da Física Ondulatória que fazem parte do nossa segunda categoria. SILVA (2017) também evidência a necessidade de se trabalhar a Música com instrumentos musicais, em seu trabalho ele propõe inicialmente

Ao iniciar sua sequência pedagógica como professor Silva (2017) se depara com um problema pela falta de comprometimento do alunos em uma atividade desenvolvida pelo professor que pediu a eles para construírem um instrumento musical em grupos. Em suas aulas ele tinha sempre o auxílio de instrumentos musicais para a contextualização dos assuntos físicos.

Para COELHO (2016) sua proposta está envolta de um instrumento musical chamado monocórdio, mas que em suas aulas o professor também aderiu a utilização de violão. A autora RUI (2006), tem uma sequência didática envolvendo a interdisciplinaridade contando que o projeto é feito com turmas de primeiro ano, a autora busca reconectar os assuntos já vistos antes em ciências com alunos, traz conceitos voltados a biologia, como o efeito do sonar dos morcegos, explica o comportamento da audição humana e animal, e também utiliza se de instrumentos musicais e a música para falar sobre a Física ondulatória de uma maneira criativa.

2.3 RECURSOS AUDIOVISUAIS E TECNOLÓGICOS NO ENSINO DE FÍSICA

Categoria B: Recursos Audiovisuais e Tecnológicos no Ensino de Física.

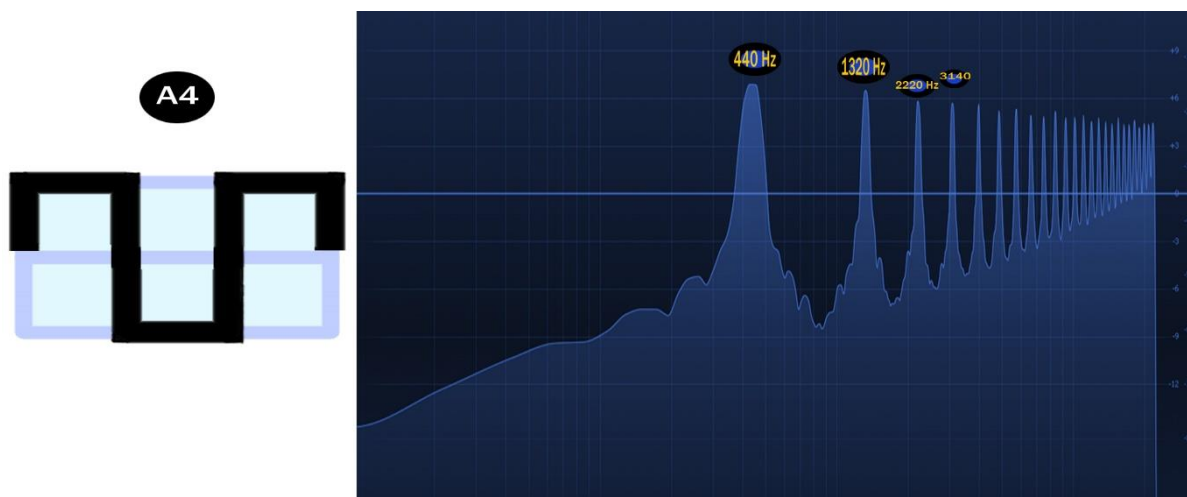
Produtores musicais, principalmente os produtores de músicas eletrônicas encontram em suas produções nos seus softwares muitos espectros de ondas de vários tipos, espectros de amostras, espectros que eles mesmo constroem ou modulam para ter o efeito sonoro desejado. Para cada instrumento musical é possível encontrar uma amostra desse som na internet ou como na linguagem da produção um SAMPLE, nessa amostra pode se observar o espectro da onda e apenas de olharmos para ela somos capazes de dizer se ela tem um volume exagerado, se ela é mais aguda ou grave, simplesmente olhando para seu espectro. Na sequência do Lérias (2016) ele utiliza dois softwares o Oscilloscope 2.51 (Winscope) e Audacity 2.0.3 que o auxiliam na hora de contextualizar

a com a visualização das ondas, nesse mesmo sentido o autor Silva (2017), utiliza outro software para o estudo das ondas

“...utilizando o *software Spectrogram*, o microfone do próprio computador e um afinador eletrônico instalado no celular, iremos captar essas ondas para compreender o conceito de harmônico fundamental (ou frequência fundamental) e demais harmônicos” (SILVA, 2017, p. 49).

Estudar os harmônicos é importante para identificar a diferença do sons de cada instrumento, podendo a partir deste assunto identificar qual som é mais metálico, madeira, normalmente são denominados assim pela característica parecida com o som de quando se houve uma madeira batendo. Cada instrumento musical tem um espectro musical e a forma como essa onda se comporta no tempo é o que vai mostrar os seus harmônicos, para algumas ondas encontra-se mais harmônicos e outras menos o que vai trazer uma grande diferença no som. Um exemplo disso é a onda quadrada tocada na nota Lá fundamental em 440Hz terá um espectro como na Figura 02 abaixo a imagem é analisada na forma de 2D apenas duas dimensões, não existe profundidade, mesmo que possa instigar a crer que exista profundidade, na imagem é possível ver a relação de Decibéis e Frequência em Hertz.

Figura 02: Onda quadrada analisada no equalizador tocada em nota lá (A4)



Fonte: Autor.

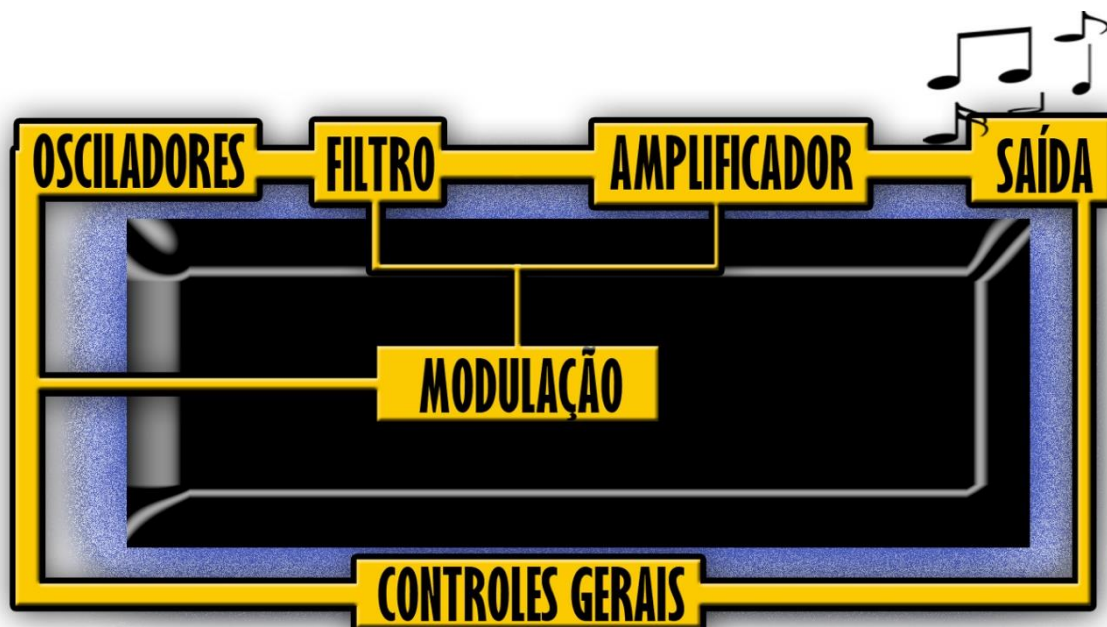
A onda Square ou Quadrada é rica em harmônicos ímpares, uma maneira de entender isso estará contextualizada na vídeo aula 2 feito pelo autor deste TCC, No próximo capítulo encontra-se o link do vídeo. Ela possui um som mais metálico, robotizado e com um conteúdo de grave (Low End) muito preponderante.

Além da música estar longe de estar isolada em apenas um assunto, a música pode ser explorada no aprendizado de uma variedade de disciplinas escolares:

“A música auxilia na aprendizagem de várias matérias. Ela é componente histórico de qualquer época, portanto oferece condição de estudos na identificação de questões, comportamentos fatos e contextos de determinada fase da história. Os estudantes podem apreciar várias questões sociais e políticas, escutando canções, música clássica ou comédias musicais. O professor pode utilizar a música em vários segmentos do conhecimento, sempre de forma prazerosa, bem como na expressão e comunicação, linguagem lógico-matemática, conhecimento científico, saúde e outras. Os currículos de ensino devem incentivar a interdisciplinaridade e suas várias possibilidades... A utilização da música, bem como o uso de outros meios, pode incentivar a participação, a cooperação, socialização, e assim destruir as barreiras que atrasam a democratização curricular do ensino. (CORREIA, 2003).

Sendo que pode-se ver o espectro das ondas sonoras de gravações ou utilizar um gerador de sons para ai então entender a diferença, também há opção de criar a onda e então ouvir que som ela representa. Um exemplo prático de ver é utilizar um Synthetizador, a partir de um oscilador escolhe-se qual a forma da onda usar para o som desejado que queira alcançar, após isso o sinal desse oscilador passa por um tratamento dessa onda escolhendo por exemplo manter só as frequências altas desta onda com um filtro (HIGH PASS), após isso pode-se aumentar e intensidade, pode-se adicionar efeitos como REVERBIRAÇÃO, DELAY, COMPRESSORES e assim o som estará pronto para sair no canal de saída. O processo de criação se dá como o visto no fluxograma da Figura 03:

Figura 03: Fluxograma das etapas sonoras



Fonte: Autor.

Pode-se escolher por quais caminhos seguir quando se trata da construção de um som, sabendo onde deseja-se chegar as etapas de construção podem ser invertidas, assim

pensa-se que na vida esse conceito também é aplicado como uma maneira reversa de aprender. O importante observar que a tecnologia trouxe essa facilidade para a resolução de qualquer tipo de problema, *softwares* que permitem estudar atualmente o som sem ao menos precisar ouvi-los ou sentir, através de imagens, COELHO (2016), aderiu a dois outros softwares que foram WavePadAudioEditing e o PitchPerfect Musical InstrumentTuner utilizados para analisar uma corda vibrante.

“O WavePadAudioEditing é um software que representa os sons captados através de ondas transversais e o PitchPerfect representa esses sons através de números associados à frequência de oscilação da corda. Utilizar o WavePadAudioEditing foi particularmente interessante, pois foi muito fácil mostrar aos alunos a relação que existe entre comprimento de onda e frequência de oscilação, para uma onda que se propaga com velocidade constante, em uma corda de extremidades fixas. Além de mostrar muito claramente as diferenças entre sons agudos e graves. Após essa exposição, o PitchPerfect nos serviu para associar a imagem pictográfica de uma onda transversal a um número que facilmente foi compreendido como a frequência de oscilação de uma onda.” (COELHO, 2016, p. 41).

O autor Castro (2015) em suas aulas trouxe o recurso audiovisual, com projeções de slides e a utilização do software Audacity e VA que analisam o espectro da onda. Assim como também utilizou alguns aplicativos de celulares para a reprodução de sons, dentre estes ele utilizou o Pitch Perfect, Piano, Flauta Real e Virtual Violin. Suas aulas foram aplicadas a alunos especiais com deficiência auditiva e alunos normais e a interação entre eles proporcionou um potencial motivador para os alunos estudarem a Física acústica, alguns relatos dos alunos podem ser encontrados no seu trabalho e percebe-se que os alunos gostaram da didática diferente abordada pelo professor, vejamos nesse trecho:

“As aulas ficam mais interessante, mais atrativas para podermos entender mais a Física, e fez muita diferença no recurso do som que conseguimos distinguir as intensidade e vibrações dos sons, quanto para ouvintes, quanto para surdos.”. (CASTRO, 2015, p. 46)

Atualmente o professor tem diversos softwares para auxiliar suas aulas, vemos exemplos de softwares que proporcionam uma didática alternativa interessante para nós profissionais do ensino. Essas oportunidades estão em alta e trazem cada vez maior facilidade para o professor. Vale lembrar que esse tipo de experimento como dito pelo autor COELHO (2016) facilita o entendimento dos fenômenos que podem ser observados, antes de ser apenas aplicação de fórmulas matemáticas. Com a evolução das tecnologias que vem cada vez com mais recursos, que surgem dos desenvolvimentos da produção musical, exemplos disso são o aperfeiçoamento do teclado e o aperfeiçoamento da edição musical

2.4 ENSINO VOLTADO A INCLUSÃO SOCIAL.

Categoria C: Ensino Voltado a Inclusão Social.

Segundo dados do Censo Escolar da Educação Básica 2017, o índice de inclusão de pessoas com deficiência em classes regulares, passou de 85,5% em 2013 para 90,9% em 2017. A maior parte dos alunos com deficiência, no entanto, não tem acesso ao atendimento educacional especializado. Somente 40,1% conseguem utilizar o serviço. Em relação à 2013, o ensino médio conseguiu quase dobrar o número de matrículas de pessoas com deficiência, passando de 48.589 para 94.274 em 2017. Mas esse grupo ainda corresponde a um percentual irrisório do total de matrículas na etapa, apenas 1,2%. Quando chega à escola, no entanto, muitas vezes o aluno não encontra aparatos para atendê-lo. Segundo CASTRO (2015):

“Dentre vários entraves que impedem a plena inclusão desses alunos está a falta de recursos didáticos específicos para atendê-los. É fato que houve um grande avanço no processo de formação das pessoas surdas, mas ainda há muito trabalho pela frente.”. (CASTRO, 2015, p.12)

Sabe-se da dificuldade que é ensinar Física e o desafio de ensinar a pessoas com deficiências aumenta o grau de dificuldade, estas precisam técnicas dos professores para aprenderem, necessitam de novas maneiras de comunicação entre professor e estudante um exemplo disso são os alunos surdos. Para CASTRO (2015) o que motivou foi buscar um método com recursos audiovisuais com a interação direta com a turma para que compreendessem as características fisiológicas da acústica.

A alternativa encontrada para a autora Caldas (2017), ela preferiu utilizar os experimentos práticos para facilitar o envolvimento e promover a inclusão dos alunos especiais, segundo a autora:

“Na história do ensino de Física do século XX a experimentação foi principalmente utilizada como um recurso de aprendizagem, como uma forma do aluno *entrar em contato com a realidade*, com a intenção de *comprovar* modelos ou teorias, ou ainda com o objetivo de motivar o aluno e despertar seu interesse pelo tema, por isso atraído as atenções de estudiosos e pesquisadores da área.” (CALDAS, 2017, p. 21).

Um experimento muito interessante a se destacar foi o de poder observar a sua própria voz. Ao falar próximo à extremidade livre de um tubo com o feixe laser incidindo no espelho e refletindo para a parede branca para saber qual imagem o som de sua voz

criará, assuntos como a vibração das partículas do ar e o fenômeno de ressonância podem ser observados pelo som da voz. Além da reflexão regular da luz posta em jogo pelo espelho plano.

O tema de inclusão ainda é um assunto desafiador aos professores. Necessitam estar a todo momento se atualizando e aprendendo, estarem aptos a trocar informações e promover o aprendizado a todos estudantes, sabe-se que até os dias de hoje já houve grande avanço, mas que ainda há muito para evoluir. A descriminalização é um exemplo forte de como não pode-se deixar isso tornar-se parte do processo e sim promover o desenvolvimento dessas pessoas em todas as suas potencialidades, para que elas também estejam aptas a sociedade, ao mercado de trabalho e todos os grupos sociais que estas queiram estar e tem por direito.

3. PROPOSTA DE UM PRODUTO EDUCACIONAL

Após as análises dos capítulos anteriores, identifiquei que são poucos trabalhos específicos para o ensino da Física com a Música. Em contrapartida é possível observar que as atividades propostas acima trazem uma diversidade de opções para se trabalhar em sala de aula, como por exemplo utilizar os instrumentos musicais, usar softwares para analisá-los, construir instrumentos, utilizar experimentos práticos tudo para nossa melhor compreensão dos conceitos da Física Ondulatória.

Pensando nisso, enquanto autor deste TCC, opto por deixar a minha sugestão de atividade para o ensino da Física Sonora. Uma opção que faz jus de tudo que foi estudado anteriormente. Considero essa proposta didática em que podemos analisar inúmeros espectros de variados elementos musicais, ouvir e interagir diretamente com eles sem que eles precisem estar fisicamente na sala de aula, mas de uma forma digital. Esta sugestão é inspirada na produção musical feita em computadores, que atualmente é um ramo do mercado de trabalho que vem expandindo, surgem novos produtores em suas casas fazendo novas batidas, músicas e novas melodias, trabalho este que vai além da questão só musical, mas também puramente Física como por exemplo a sonoplastia, técnico de áudio entre outros tipos de trabalhos que envolvem os dois lados da Física e a Música.

Podem ser encontradas diferentes opções para aqueles que tenham os conhecimentos da Física e de produção musical. Tendo em vista que é uma maneira contextualizada nos dias atuais, no cenário da música, com propósito de despertar o interesse dos alunos, para além das ondas sonoras, mas para o estudo de temas da Física.

3.1 A EMENTA DO CONTEÚDO E JUSTIFICATIVA

Pensando que atualmente encontra-se dificuldades em trabalhar com muitas equações matemáticas, e visando a importância de estudar um assunto que tenha interdisciplinaridade para que o aluno consiga identificar onde o tema está inserido venho por meio desta revisão propor uma sugestão de ementa pedagógica para se ensinar a Física Ondulatória. Nesta ementa proponho a utilização de apenas computador com software que permitem a visualização do exercício proposto e caixas de som. Como visto também

acima, um método audiovisual como esse tem influência não só em alunos normais como também abrange para a inclusão de alunos com deficiência auditiva.

Vejo como o tema da música é motivadora em diferentes pontos positivos no desenvolvimento intelectual dos seres humanos, e mais “a música faz bem para a autoestima do estudante, já que alimenta a criação” (LIMA & MELLO, 2013, p. 7). Faz com que a criatividade extrapole para todas os setores da vida da pessoa que convive com a música.

Essa alternativa de ensino se propaga para além do quadro e giz, com muitas equações. Ela vem para complementar e fundamentar os conceitos físicos dos alunos com uma proposta de mostrar como a música está intrínseca a Física. E como professores precisamos buscar o novo conceito de instrução, em que o professor, tem a necessidade de levar ao aluno coisas novas que estão entrelaçadas em seu dia a dia. Para que isso ocorra, é fundamental que o docente leve ao aluno o aprender conceitos novos, pela participação, pelo interesse diante às atividades apresentadas.

A observação de que a altura do som produzido por uma corda vibratória varia com o seu comprimento é atribuída a Pitágoras (século VI a.C.) descoberta que o levou à da escala musical, em eu ainda se baseia a música ocidental. Analisando isso podemos concluir a importância da Acústica, pois sem o estudo desta não é possível o desenvolvimento e o processo de criação artística. Sem o estudo do som, suas combinações, harmonia, interações entre as notas musicais não existe.

A utilização do *software Fruity Loops Studio* foi de preferência do autor, poderiam ser utilizados outros *softwares*. Ao iniciar o programa encontrará inúmeros *plug-ins*, mas aqui para esta proposta utilizaremos apenas os *plug-ins 3xOSC, Parametric EQ2 e Edison*. Termos como KICK, HI-HAT CLOSED, BASS, EFFECTS, NOISE apareceram, são apenas nomes para elementos musicais e instrumentos. Foram feitas três vídeos aulas pelo autor deste TCC que se encontram no seu canal Physics Acustic Física do Som no *Youtube* para ajudar a compreender o material. De forma não apenas em que o professor precise utilizar o software, mas que possa utilizar os vídeos como forma de explorar o assunto.

3.2 MATERIAL E MÉTODO

A partir de agora partiremos para o detalhamento do assunto. Os conteúdos abordados serão:

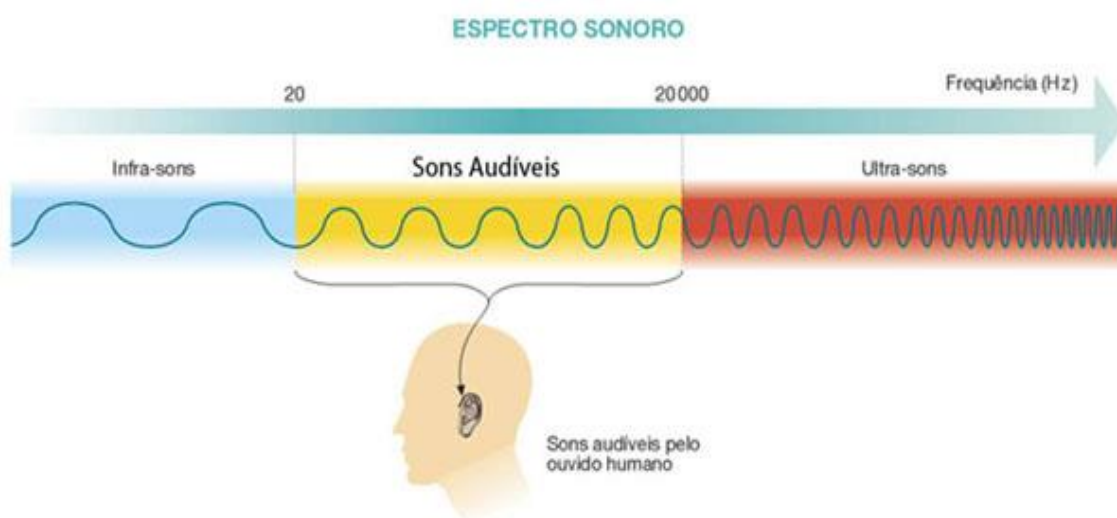
- Frequência e Comprimento de Onda
- Harmônicos e Interferência

Todos estes assuntos serão abordados vistos referentes ao conhecimento do tratamento de áudio. A importância de um domínio do software e os passos a passos serão explicados, de maneira que o professor pode utilizar esse conteúdo de forma indiferente na sua aula para completar o raciocínio lógico do aluno.

1. FREQUÊNCIA e COMPRIMENTO DE ONDA

Primeiramente o professor estará se relacionando a natureza do som, que nada mais é que a perturbação no espaço, pois o som é uma onda mecânica que precisa de moléculas para se propagar no espaço tridimensional. A frequência com qual essas moléculas vibram alteram a pressão periodicamente dos sólidos e assim que essas ondas chegam até os nossos ouvidos, propõe se a interdisciplinaridade com a biologia para fundamentar a frequências limitadas da audição humana que estão na faixa de resposta de 20Hz e até 20kHz, alguns exemplos de animais como morcego, elefante e golfinho são interessante visto que alguns conseguem captar frequências acima do ultra som acima de 20kHz e outros abaixo do infra som que é uma faixa abaixo dos 20Hz. A imagem representada na figura 04, continua a exemplificação:

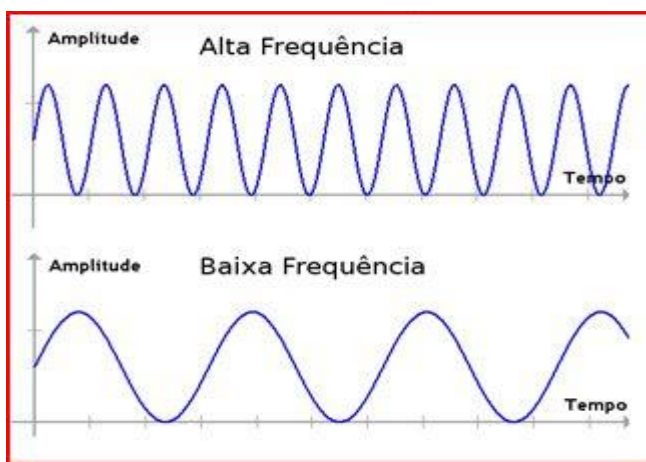
Figura 04: Frequências Audíveis



Fonte: http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_07.html

Aproveitando o assunto definimos também o que é frequência como sendo o número de vibrações (oscilações ou ciclos) por segundo. Para contextualizar o ensino mostre essas duas imagens para o aluno e contextualize com a música conforme a Figura 05 abaixo:

Figura 05: Comprimento de ondas



Fonte: <http://pedromorgadoomb.blogspot.com/2010/02/>

Em qual das imagens temos um som mais agudo? Por que? Deixe que os alunos conclua suas opiniões. Nesse momento abra o *software FRUITY LOOPS STUDIO* e utilize o *EDISON* que é *plug-in* nativo do programa, para análise dos instrumentos musicais com eles, por exemplo um BUMBO (*kick*) e um PRATO (*hi-hat closed*). Qual das dos dois espectros abaixo é o bumbo? Como soa um bumbo? Vejamos na Figura 06.

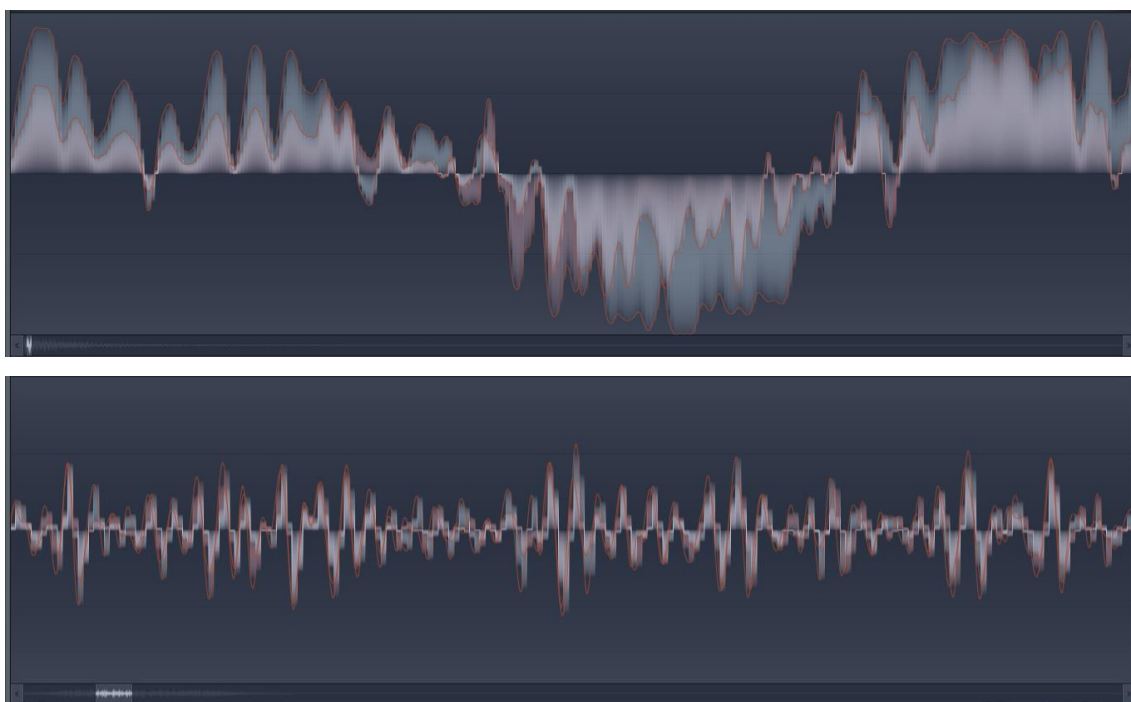
Figura 06: Espectro do Bumbo e do Prato



Fonte: Autor.

A partir daqui o professor pode explorar inúmeros valores de frequências. Aplicando um maior zoom no espectro do bumbo e do prato. Pode se observar que os ciclos no bumbo são mais espaçados entre dois vales ou duas cristas, conseqüentemente sua frequência é menor que a do prato, e uma frequência baixa está na faixa das frequências graves do som. Analisando a Figura 07:

Figura 07: Zoom no espectro dos elementos musicais



Fonte: Autor.

Após a identificação que com maior frequência mais agudo o som o professor pode demonstrar outros instrumentos que estiverem a sua disposição na biblioteca do software e relacionar com a Figura 08 abaixo:

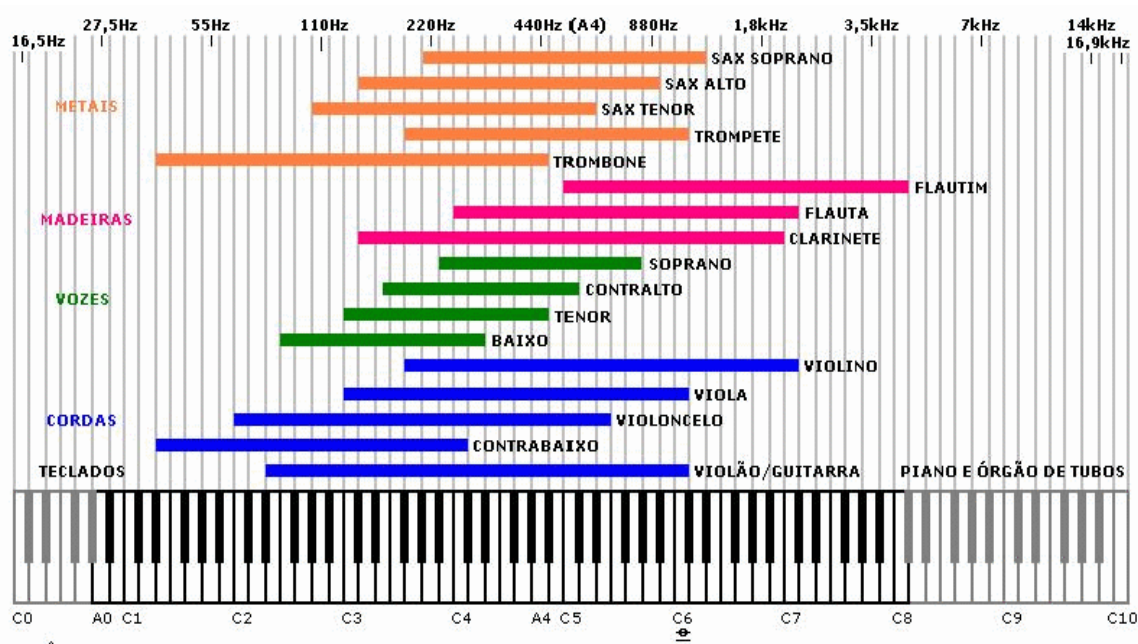
Figura 08: Espectro audível e suas características



Fonte: <http://recursos.somsc.com.br/MediaCenter/3.jpg>

Com um equalizador agora o professor pode mostrar ao aluno com alguma música tocando os efeitos proporcionados se a gente cortar alguma banda de frequências da música. Ao cortar a banda de frequência alguns elementos devem sumir da música por exemplo, se for um corte HIGH PASS (PASSA ALTAS) até 1kHz os elementos graves serão excluídos da música, pois estamos liberando só as frequências acima de 1kHz, então bumbo, tons, baixo e instrumentos mais graves sumirão. Usando a Figura 09 como exemplo, para ser utilizada como demonstração para mostrar as faixas das frequências de cada elemento musical, analisando por isto pode se observar que se aplicarmos um filtro muito longo alguns elementos sumirão.

Figura 09: Frequências dos correspondentes aos Elementos musicais



Fonte:

www.musicaeadoracao.com.br/recursos/imagens/tecnicos/matematica/lui_z_netto/tessitura_sonora.gif

2. HARMÔNICOS E INTERFERÊNCIA

Até já conseguimos observar alguns fenômenos da música que estão relacionadas com a frequência e comprimento de onda. Dando sequência ao estudo podemos entender a amplitude relacionada com volume e a imagem espectral. Para a sequência para entendermos os Harmônicos vamos olhar para os tipos de ondas como onda seno, onda triangular, onda quadrada com a utilização de um plugin que vem junto com o software

o professor pode ficar a vontade de testar outros plugins, aqui vamos trabalhar com o 3x OSC por considerar ser o mais didático possível. Vejamos na Figura 10 o plugin.

Figura 10: 3x Osc



Fonte: Autor.

Automaticamente ao abrir o plugin ele vem com 3 osciladores, e necessariamente o oscilador 1 estará sempre ligado, o 2 e 3 é possível diminuir o seu volume conforme o professor quiser, sendo assim o volume 2 e 3 vamos zerar, pois queremos estudar apenas os harmônicos das ondas sozinhas, para isso existem dois botões (knob) na extrema direita em suas respectivas linhas. Em alguns casos, estes já vem sem volume e então nem precisamos alterar.

Figura 11: Zoom no Knob do Volume do plugin 3x Osc



Fonte: Autor

O que precisamos saber agora é escolher a onda e com um equalizador analisar o espectro a partir daquela onda geradora do som. O plug-in já vem com a onda seno

selecionada e nos dá mais 5 opções de ondas, seguindo da esquerda para a direita e depois descendo a linha temos:

1- Onda seno; 2- Onda quadrada; 3- mescla da onda quadrada com a seno;

4- tem uma opção de você importar algum amostra de som; 5- onda triangulo

6 – onda dente de serra; 7- White noise (ruído branco) aquele chiado típico de quando a TV está fora de sintonização ou a rádio e por fim 8- uma opção de inverter qualquer uma das outras ondas.

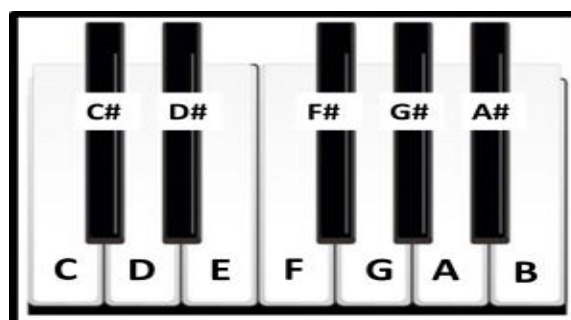
Figura 12: Tipos de ondas do plugin 3x Osc



Fonte: Autor.

O professor deve direcionar cada plug-in para um canal na saída do Master, após isso o professor deve selecionar um Equalizador, para que possa analisar a imagem espectral de cada onda. O teclado do computador tem a função de ser como a de um piano, imagem para exemplificar, na Figura 13 abaixo:

Figura 13: Notas musicais em um teclado



Fonte: Autor.

No teclado é possível tocar duas oitavas sendo do C4 ao A#5, mas o professor pode explorar a função do Piano Roll e tocar as notas nas sua frequências fundamentais. Uma tabela dos valores das notas fundamentais pra exemplificar mais uma vez:

Figura 14: Tabela de valores de frequência para cada nota musical

| | | Frequência em Hz | | | | | | | | |
|--------------|-------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Nota musical | - | 1° Oitava | 2° Oitava | 3° Oitava | 4° Oitava | 5° Oitava | 6° Oitava | 7° Oitava | 8° Oitava | 9° Oitava |
| Dó | | 33 | 66 | 132 | 264 | 528 | 1056 | 2112 | 4224 | 8448 |
| Dó # | | 34,947 | 69,894 | 139,79 | 279,6 | 559,15 | 1118,3 | 2236,6 | 4473,2 | 8946,4 |
| Ré | | 37,026 | 74,052 | 148,1 | 296,2 | 592,42 | 1184,8 | 2369,7 | 4739,3 | 9478,7 |
| Ré # | | 39,237 | 78,474 | 156,95 | 313,9 | 627,79 | 1255,6 | 2511,2 | 5022,3 | 10045 |
| Mi | 20,79 | 41,58 | 83,16 | 166,32 | 332,6 | 665,28 | 1330,6 | 2661,1 | 5322,2 | 10644 |
| Fá | 22,03 | 44,055 | 88,11 | 176,22 | 352,4 | 704,88 | 1409,8 | 2819,5 | 5639 | 11278 |
| Fá # | 23,33 | 46,662 | 93,324 | 186,65 | 373,3 | 746,59 | 1493,2 | 2986,4 | 5972,7 | 11945 |
| Sol | 24,72 | 49,434 | 98,868 | 197,74 | 395,5 | 790,94 | 1581,9 | 3163,8 | 6327,6 | 12655 |
| Sol # | 26,19 | 52,371 | 104,74 | 209,48 | 419 | 837,94 | 1675,9 | 3351,7 | 6703,5 | 13407 |
| Lá | 27,75 | 55,506 | 111,01 | 222,02 | 444 | 888,1 | 1776,2 | 3552,4 | 7104,8 | 14210 |
| Lá # | 29,4 | 58,806 | 117,61 | 235,22 | 470,4 | 940,9 | 1881,8 | 3763,6 | 7527,2 | 15054 |
| Si | 31,15 | 62,304 | 124,61 | 249,22 | 498,4 | 996,86 | 1993,7 | 3987,5 | 7974,9 | 15950 |
| Dó | 33 | 66 | 132 | 264 | 528 | 1056 | 2112 | 4224 | 8448 | 16896 |

Fonte: <http://blogtudoamao.blogspot.com/2016/06/tabela-com-frequencia-de-todas-as-notas.html>

Teclando a tecla Q o professor estará tocando a nota DÓ (quinta oitava) ou C5, assim professor deve obter as imagens respectivamente para cada onda, vejamos as figuras a seguir.

Figura 15: ONDA SENO – Sendo tocada em C5



Fonte: Autor.

Figura 16: ONDA QUADRADA – Sendo tocada em C5



Fonte: Autor.

Figura 17: ONDA MESCLA QUADRADA/SENO – Sendo tocada em C5



Fonte: Autor.

Figura 18: ONDA TRIÂNGULAR – Sendo tocada em C5



Fonte: Autor.

Figura 19: ONDA DENTE DE SERRA – Sendo tocada em C5



Fonte: Autor.

Figura 20: RUÍDO BRANCO – Sendo tocada em C5



Fonte: Autor.

Agora vendo cada imagem correspondente a cada criada pela produção de uma única onda pode se ver os harmônicos, e neste momento que o professor deve trazer o

conceito de harmônicos. Os corpos possuem várias frequências de ressonância, que podemos chamar de modos harmônicos. Produzindo-se uma perturbação em um dado local de uma corda esticada, essa perturbação irá se propagar por toda a corda em forma de onda.

A nota Dó 261.6 Hz é o que chamamos de nota fundamental ou 1º Harmônico. No entanto, a corda do piano vibra ao mesmo tempo em metade de sua extensão. É o que chamamos de 2º Harmônico. É outro tom puro gerado, porém com frequência dobrada 523,2 Hz, Já que vibra na metade do comprimento de onda do tom puro fundamental, sua frequência dobra. Analogamente, a mesma corda possui uma vibração que é feita no espaço de 1/3 do comprimento de onda original (3º Harmônico), esta frequência será 3 vezes maior que a frequência da nota fundamental e assim por diante. Isso é o que chamamos de série Harmônica.

Ainda utilizando o mesmo plug-in vamos mostrar como acontece a interferência destrutiva. Para isso vamos habilitar o volume do OSC 2. Vamos utilizar o acionar a inversão de onda (quadrado amarelo) e aos poucos vamos aumentando o volume do OSC 2 (seta amarela), demonstrado na Figura 21.

Figura 21: Invertendo a fase da onda e aumentando o volume do oscilador 2

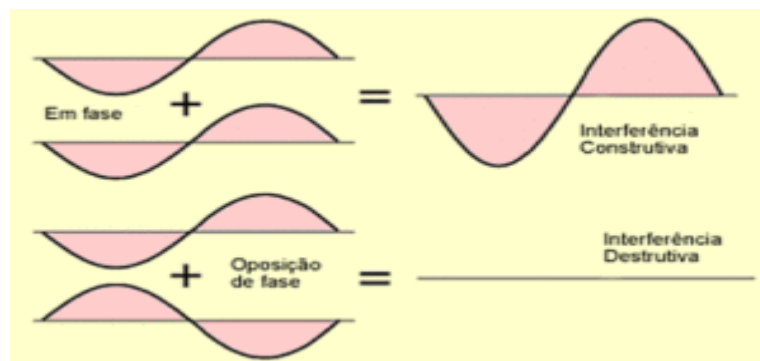


Fonte: Autor.

E então o que aconteceu? Por que parou de sair som? Faça o teste desabilite o volume da onda, e depois volte aos poucos, e então novamente o som sumiu, na verdade o que acontece é que duas ondas sendo uma inversamente proporcional ocorrerá uma interferência destrutiva, fazendo assim se anular, se você desativar o inversamente da

onda você terá um aumento no volume dessa onda que poderá ser sentido. A explicação do fenômeno pode ser ilustrado pela imagem abaixo da Figura 22.

Figura 22: Interferência de ondas



Fonte: <http://isabeladavid.com/interferencia-construtiva-e-destrutiva/>

Para o bom andamento da aula o professor deve mediar a turma dando o apoio necessária para que os alunos formem as suas ideias sobre as ondas, mais importante é aproveitar o tempo e mostrar inúmeros elementos musicais que estão a disposição na biblioteca do programa, fazendo um apanhado geral de como as ondas em cada elemento musical são propagadas e também mostrar como isso se aplica na matemática da Física com exemplos de equações. A importância de que os alunos visualizem e ouçam os efeitos dos fenômenos físicos de muito exemplos, mas que após esta parte devemos pôr os alunos para concluírem pessoalmente alguns fenômenos com a Física experimental no qual o aluno vai botar em ação o conteúdo prévio da aula. Utilizando o livro Física e Música do MNPEF escrito por Grillo L. Maria e Perez R. Luiz, para fazer um experimento relacionado com a propagação das ondas que está descrito das páginas 104 a 105 do livro, tendo como objetivo visualizar as três formas de propagação das ondas mecânicas.

Material:

- Mola Maluca
- Espiral de apostila
- Corda usada para pular
- Elásticos
- Garrafa Pet (600ml)
- Gesso

- Tesoura
- Arame fino

Procedimento:

1. Duas pessoas, de pé, seguram a espiral da apostila ou a corda, cada uma em uma extremidade, sem deixar tocar o chão. Mantendo uma extremidade fixa, a outra extremidade terá movimentos verticais. Observe e explique o tipo de onda formada. A pessoa que produz os movimentos verticais poderá variar a frequência. Observe e explique o que mudou.
2. Duas pessoas seguram as extremidades da mola maluca ou da espiral de caderno sobre uma mesa. Uma das extremidades ficará fixa. A pessoa da outra extremidade produzirá movimentos de vai e volta com a mola, produzindo assim compressões e distensões. Observe e explique o tipo de onda formada.
3. Com uma tesoura recortar uma garra PET de 600ml formando um cone. Colocar uma massa de gesso com a garrafa tampada, e o arame fino, formando uma haste central no sentido do eixo da garrafa, formando na extremidade um gancho. Aguarde secar.

Os elásticos deverão ser entrelaçados entre si, formando um fio longo, A seguir, a extremidade deverá ser presa no gancho e seguro na vertical. Segurando na extremidade desse fio, mantendo suspenso o conjunto (elástico + garrafa), girar a garrafa até esse fio ficar bem enrolado. Observe e explique o que ocorre.

PERGUNTAS

- A. Que tipo de onda é formada no procedimento 1 (considere o tipo de propagação)? A onda é estacionária ou progressiva? O que muda se a frequência do movimento variar? Dê exemplos de instrumentos musicais que apresentam esse tipo de onda.
- B. Faça a mesma análise do item A para a onda proposta no procedimento 2. Há algum instrumento musical com esse tipo de onda? Dê outro exemplo desse tipo de onda.
- C. Analise e explique a onda formada no procedimento 3. Que tipo de instrumento musical forma essas ondas?
- D. Comparando as ondas mecânicas com as ondas eletromagnéticas, que tipo de onda é a luz?

Sugestão de atividade:

Em um laboratório com computadores faça grupos com os alunos é interessante que os computadores tenham no mínimo uma pequena caixinha de som ou fones de ouvidos para que os alunos possam ouvir as frequências mais baixas, prepare os seguintes vídeos abaixo para os alunos assistirem:

Vídeo 1 – FREQUÊNCIA

Figura 23: Vídeoaula 1 – Frequência



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=RquCFkWa-2I&t=235s>

Nesse vídeo é possível ver os assunto do som audível e interpretar o som pela diferença de frequência.

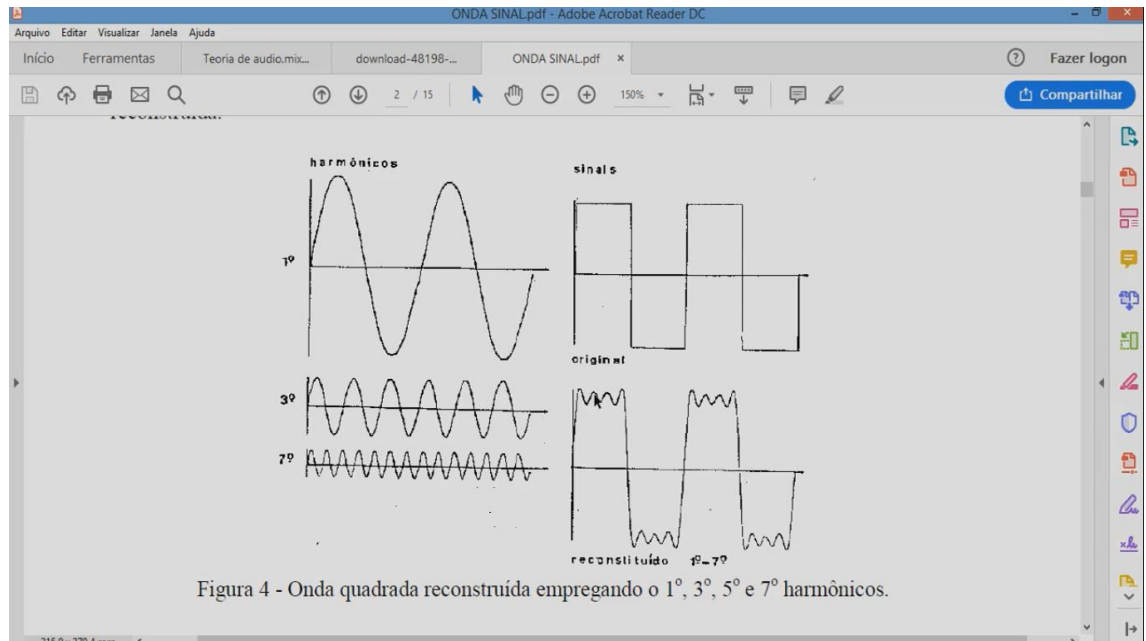
Questionário para o vídeo 1.

1. O que é comprimento de onda?
 - 1.1. O que é Frequência?
 - 1.2. O que difere de dois instrumentos diferentes tocados na mesma nota DÓ(C5)?
 - 1.3. Qual a diferença de uma frequência de 10kHz e uma de 200hz em uma escala acústica?

1.4 O espectro audível pela audição humana está entre quais valores de frequência?

Vídeo 2 – HARMÔNICOS SONOROS

Figura 24: Vídeoaula 2 – Harmônicos Sonoros



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=hUWO97QfR6E&t=19s>

Aqui neste vídeo analisamos as ondas diferentes da onda senoidal, sendo que onda senoidal é a responsável pela criação de todas as outras ondas.

Questionário para o vídeo 2.

2. Um oscilador que gera uma onda senoidal é tocada nas seguintes notas C4, C5, C6, quais são os valores de cada nota? (Dica faça a análise no vídeo.). Responda agora:
 - a) Qual das notas tem a frequência mais aguda?
 - b) Qual das notas tem a frequência mais grave?
- 2.1 O que acontece quando temos um onda diferente de uma onda senoidal?
- 2.2 Os Harmônicos são dados pela equação $F_n = n \cdot F_1$ (sendo o F_1 a nota fundamental). Se uma nota tocada no C4 seu primeiro harmônico é em?

2.3 Os Harmônicos ajudam a esquentar o som, revelando transientes para que estes soem melhor, a diferença de uma onda quadrada para uma onda triangular, tocadas em uma mesma nota por exemplo C5, elas tem apenas a diferença nas frequências que surgem da ressonância da frequência fundamental da onda. Explique com suas palavras as diferenças entre as ondas quadrada e senoidal?

Vídeo 3 – INTERFERÊNCIA DE ONDAS.

Figura 25: Vídeoaula 3 – Interferência de onda



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=DoO3R6qkxDo&t=4s>

Neste vídeo foi mostrado o que acontece quando as ondas estão em fase e quando a fase é invertida.

Questionário para o vídeo 3.

3. O que acontecem quando sobrepomos ondas com a fase iguais?

3.1 O que acontece quando temos ondas com fases inversas?

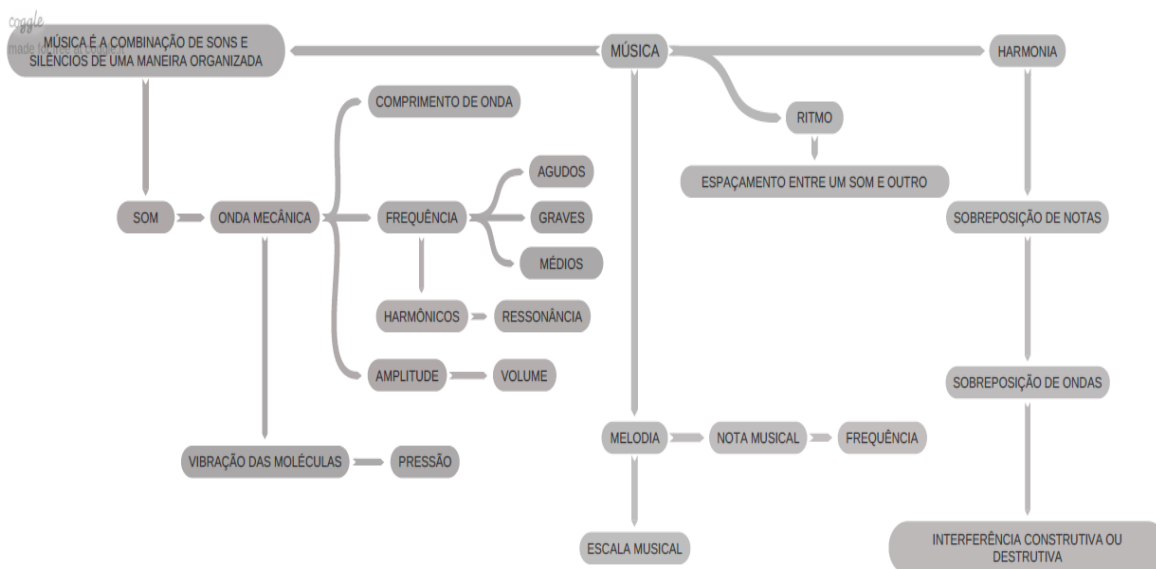
Em cada vídeo o aluno deverá explicar de forma descritiva o conceitos entendidos. Após a análise audiovisual dos vídeos, peça para estes grupos criarem um mapa conceitual em conjunto com outros grupos façam os grupos se juntarem e que a turma criei dois mapas conceituais. Caso necessário o professor faça a mediação e criei junto com a turma o mapa conceitual.

3.3 O MAPA CONCEITUAL

O que são os mapas conceituais? É uma maneira diferente de organizar o conhecimento com diagramas descrito em forma de sequência didática que ajudam os alunos refletirem e organizarem seus próprios conhecimentos. A partir da análise dos mapas feitos pelos alunos o professor deve montar e apontar aqueles detalhes ou assuntos que não foram conexo com o conceito. Esse tipo de abordagem aponta para o entendimento dos conceitos físicos e entrelaça com o cotidiano do aluno, o que muitas vezes não é visto em sala de aula, perdidos em meio a tantas formulas que não tem concepções claras e acabam sem significado nenhum.

Neste sentido o um exemplo de Mapa Conceitual para as atividades propostas é:

Figura 26: Mapa Conceitual



Fonte: Autor.

Nesse mapa pode-se ver as relações dos conceitos da Física e interpolação que pode ser explorada com a música, este é apenas um exemplo simples. Ao final do trabalho veem-se conceitos da Física Acústica sem muitas equações, mas que com muita informação conceitual e Teórica.

Assim encerram-se todas as atividades no assunto da Física acústica desta proposta, mas que pode ser expandida para muitos focos dependendo da intenção de onde professor quer chegar, assim como um professor de música poderia utilizar esse conteúdo para aprofundar o conhecimento dos alunos sobre as ondas. Essa alternativa de ensino é uma proposta para fugir do óbvio da sala de aula e trabalhar com ferramentas de fácil acesso para contextualizar um pouco mais da vivência da música, sendo aqui por escolha a música eletrônica pela facilidade, mas que pode ser qualquer música, basta escolher os métodos de análises que for utilizar e explorar as informações nos dados pelas imagens e sons.

CONCLUSÃO

Ao finalizar este Trabalho de Conclusão de Curso é importante ressaltar que o tema foi escolhido a partir da experiência pessoal do autor com o tema da música. Depois que foi escolhido o assunto de estudo, durante a pesquisa foram encontradas novas razões para continuidade do trabalho. Entre estes destacamos a falta inerente de propostas didáticas voltados ao ensino de Física com a Música na Formação de Professores. A relevância das informações voltadas ao assunto da música tem se mostrado cada vez mais, uma ferramenta valiosa para nos conectar com novas formas de aprendizado. Essas informações podem ser exploradas em diferentes linguagens, entre elas a Musical, Matemática e também da Física.

Com a breve revisão bibliográfica ao longo do trabalho registramos que os avanços tecnológicos proporcionam opções de se analisar um fenômeno que é totalmente audível por imagens. Para tal, existem ferramentas que podem nos auxiliar, como um Equalizador, que nos mostra cada região de espectro audível e podemos compreender o fator importante da frequência. Analisando instrumentos diferentes sendo tocado na mesma nota podemos perceber ao olhar para o equalizador a mesma frequência, mas ao ouvir o som perceber a diferença de timbre. Nisso está envolver a Música na prática de sala de aula com um propósito a ser trabalhado e também explorado além do audiovisual, com a opção de se explorar sintetizadores analógicos, que são aparatos que geram sons assim como os softwares encontrados no Fruity Loops Studio.

Neste contexto de forma embrionária propomos algumas atividades com recursos digitais no ensino da Música. Ainda é desafio implementar a referida proposta em futuras ações na formação de professores de Física para que possamos avaliar possíveis resultados e aprimorar a próprio material didático apresentado. Apostamos em uma ideia inovadora de trazer este lado musical de um produtor musical que tem o acervo de recursos para suas produções que podemos usar para ensinar Física, além de uma forma para romper com ensino convencional deste relevante tema em cursos de graduação ou até mesmo em salas de aulas de ensino médio. A referida proposta continua em desenvolvimento, na expectativa de se ampliar o ensino de Física pautado na Música e no cotidiano de um produtor musical. Terá nos próximos meses um maior acervo de vídeos

a ser disponibilizado no canal do Youtube, afins de trabalhar a Física Acústica de uma maneira inovadora.

Em perspectivas futuras visa oferta de um curso de extensão num ensino a distância para a comunidade. Em que nesse curso podem ser implementados os materiais propostos, bem como constituir um processo de análise da aprendizagem de emas de Física a partir dos recursos utilizados. Reconhecemos que existem muitas formas de se explorar os fenômenos físicos, basta uma dose de criatividade, há percepção de que a cada momento estão surgindo tecnologias que podem facilitar o nosso trabalho como professor.

Reconhecemos que ao longo da construção dos materiais didáticos sentimos dificuldades em como abordar o temas das Física em um vídeo articulado ao recursos digitais disponíveis. Recomenda-se que o material não seja apenas como o principal recurso, mas que seja utilizado com um material auxiliar das aulas, dos livros didáticos e para estratégias de ensino de cada proponente de atividades. Nesse sentido, frisamos que a proposta não é um guia a ser seguido, mas sim um ponto inicial para que mais trabalhos sejam desenvolvidos neste campo.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Celso. Jogos para a estimulação das múltiplas inteligências. Editora Vozes, 1999.

ARAÚJO, Débora Cristina; MOTTA, Alexandre Negreiros; LIMA, Renato Abreu. O uso da música como auxílio no processo de aprendizagem: Um Recurso Pedagógico. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 4, n. 1, 2017.

Banco de Dissertações do Mestrado Profissional em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>>. Acesso em 10 de maio de 2018.

BERNARDINO, Juliana; COSTA, Cynthia; QUEEN, Mariana. Música na escola. Disponível em: <<http://educarparacrescer.abril.com.br/politica-publica/musica-escolas-432857.shtml>>. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

BRASIL. PCN+ ensino médio: Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

CALDAS, Gracilene Gaia. Atividades experimentais de acústica para o ensino. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Pará, PA, 2017.

CAMPOS, Diego de Andrade. Revisão de literatura sobre Física do som para o ensino médio nos periódicos nacionais de 2001-2010. **Dissertação de mestrado**. Universidade Estadual do Ceará, CE, 2011.

CASTRO, Jederson Willian Pereira. Inclusão no Ensino de Física: O ensino das qualidades fisiológicas do som para alunos surdos e ouvintes. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Minas Gerais, MG, 2015.

COELHO, André Luís Miranda de Barcellos. Aplicação do monocórdio e o uso de elementos musicais perceptuais como estruturantes para o ensino de conceitos da Física ondulatória. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Nacional de Brasília. Brasília, DF, 2016.

CONCEIÇÃO, M. O. Talarico, GRILLO, M. L. Netto, BAPTISTA, L. R. P. Lisbôa, CONCEIÇÃO, V. Rodrigues, GSCHWEND, J. Figueiredo. Uma proposta de utilização da acústica musical no ensino de Física. **Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, 2009.

FILHO, M. A. B. Simões, SANTOS, C. D. Farias, SILVA, E. Tavares. Música: teoria e experimentação na acústica e no eletromagnetismo. **Anais do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Uberlândia, MG, 2015.

FREIRE, Paulo. Educação como prática da liberdade. 17.ed. Editora Paz e Terra. Rio de Janeiro, RJ, 1979.

GRILLO, M. L. Netto, BAPTISTA, L. R. P. LISBÔA, Brandão, L. Pugginelli. Ensino de Física contextualizado através da história, da filosofia e da música. **Anais do XX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Paulos, SP, 2013.

JESUS, W. A. Pereira, BARROS, L. P. Bizerra, SILVA, V. Afonso, CARDOSO, G. Magela. Usando software de edição de áudio na compreensão da acústica: o Audacity como ferramenta didática. **Anais do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Uberlândia, MG, 2015.

Jornal O Globo. Aumenta inclusão de alunos com deficiência, mas escolas não têm estrutura para recebê-los. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/educacao/aumenta-inclusao-de-alunos-com-deficiencia-mas-escolas-nao-tem-estrutura-para-recebe-los-2348736#ixzz5RIYvRFCg>>. Acesso em 14 de setembro de 2018.

LERIAS, Washington Roberto. A Física da música e a pluralidade didática. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, PR, 2016.

LIMA, C.; MELLO, Leila Mara. A importância da música no processo de aprendizagem. **Revista Científica Multidisciplinar das Faculdades São José-Ciência Atual**, v. 1, n. 01, p. 97-106, 2013.

LOPES, F. Souza, Bellan, C. Lino & TAGLIATI, J. Roberto. Proposta para o ensino de ondas e acústica utilizando música e instrumentos musicais. **Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

MANTOAN, Maria Tereza. Compreendendo a deficiência Mental. São Paulo: Scipione, 1989 In: Hathenher, M. D. L. A., Gonçalves, D. B., Silva, G. S., & Araújo, S. A música como meio e processo de aprendizagem na construção do conhecimento do aluno surdo. **V Seminário Nacional De Educação Especial e IV Encontro de Pesquisadores em Educação Especial E Inclusão Escolar**. Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2012.

MATTIUCI, A. Carolina & SANTOS, Z. T. Saraiva. Oficinas de som: relações entre Física e música nas séries iniciais. **Anais do XX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Paulos, SP, 2013.

MATUI, Jiron. Construtivismo. Editora Moderna. São Paulo, 1998.

MAZETI, Lucas Jesus Bettiol. Sequência Didática: Uma alternativa para o ensino de acústica no Ensino Médio. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de São Carlos, SP, 2017.

MORAIS, F. Valdomiro, BORBA, G. L., MEDEIROS, G.C. Moura, MENESES, F. Carlos. Estudo de um caso: Uma atividade de Física que envolve a relação com a cultura e a música através de um concerto de uma orquestra. **Anais do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

MURGI, Regiane Nunes Dronov. Proposta de sequência didática para o ensino de ondas: uma abordagem teórico-experimental. **Dissertação de Mestrado**. UFGD. Dourados, MS, 2016.

NETO, P. Bernardes & Moura, D. de Andrade. Ensino de Física e música: uma proposta para o ensino de acústica. **Anais do XX Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Paulos, SP, 2013.

PINTO, M. M. A utilização de instrumentos musicais e aparatos computacionais como estratégia de promoção da aprendizagem significativa no campo conceitual da Física ondulatória, na educação de jovens e adultos. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, UNB. Brasília, DF, 2010.

RIBEIRO, I. Souza & CROCHIK, Leonardo. Construção de escalas musicais e instrumentos musicais de baixo custo como recurso didático para o ensino de Física ondulatória. **Anais do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Vitória, ES, 2009.

RUI, Laura Rita. Uma proposta de introdução de conceitos físicos na 8a. série através do som, e algumas importantes curiosidades e aplicações do seu estudo. **Dissertação de Mestrado**. UFRGS. Porto Alegre, RS, 2006.

SANTOS, J. Lopes & CRUZ, F. A. de Oliveira. Escuta que isso aqui é Física! **Anais do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Uberlândia, MG, 2015.

SAVIANI, D. Escola e Democracia. 36. ed. Campinas: Autores Associados, 2003.

SEABRA, M. E. Faria & MACIEL, A. M. Martins. Música como tema para o ensino de Física por projeto. **Anais do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Uberlândia, MG, 2015.

SILVA, Douglas Krüger. A Física e os instrumentos musicais construindo significados em uma aula de acústica. **Dissertação de Mestrado**. UFRGS. Porto Alegre, RS, 2017.

TRENTIN, Elisabete & PACCA, Jesuína L. de A. A Física presente nos instrumentos musicais. **Anais do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física**. Curitiba, PR, 2003.