

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

DOUGLAS DA COSTA STINGLIN

**ENSINO DE ACÚSTICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA
AUXILIAR O ENSINO DE INTENSIDADE E FREQUÊNCIA SONORA,
BASEADA NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2014

DOUGLAS DA COSTA STINGLIN

**ENSINO DE ACÚSTICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA
AUXILIAR O ENSINO DE INTENSIDADE E FREQUÊNCIA SONORA,
BASEADA NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física – DAFIS – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a aprovação na disciplina.

Professora responsável pela disciplina:
Prof^a. Dr^a. Noemi Sutil

Orientador: Prof. Dr. Mário Sérgio Teixeira
de Freitas

CURITIBA

2014

AGRADECIMENTOS

Estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte deste momento de minha vida, e por isso peço desculpas aos que não estão presentes entre essas palavras.

Agradeço ao Professor Dr. Mário Sérgio Teixeira de Freitas pela sua dedicação e orientação a este trabalho.

Agradeço ao Professor Marcio Monteiro de Melo por abdicar de seu tempo de aulas para me dar a oportunidade de colocar em prática as atividades necessárias para a realização deste trabalho. É importante registrar meus agradecimentos aos alunos que participaram da pesquisa, pois sem sua colaboração o trabalho nunca estaria completo.

Agradeço aos professores e pesquisadores da banca examinadora pela atenção e contribuição dedicadas a este estudo.

Gostaria de deixar registrada a importância de minha família, principalmente minha mãe, pois sem eles seria muito difícil vencer esse desafio.

RESUMO

STINGLIN, Douglas. Ensino de Acústica: Uma seqüência didática para auxiliar o ensino de intensidade e frequência sonora, baseada na teoria da aprendizagem significativa. 2014. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

A música tem grande riqueza conceitual física e isso deve ser explorado em sala de aula, causando discussões sobre os elementos ali existentes e dando subsídios para que os alunos possam entender o que acontece fisicamente. Seguindo esta linha o trabalho presente tem como objetivo usar uma seqüência didática para observar se os alunos tiveram aprendizagem significativa com relação à intensidade e frequência sonora, além do conteúdo, novo para o ensino médio, a propagação esférica da onda sonora. O referencial teórico é baseado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel junto às explicações de Marco Antonio Moreira, também em uma pesquisa bibliográfica feita nos Simpósios Nacionais de Física dos últimos dez anos, de 2003 a 2013, além da teoria de Física escrita por Eisberg. Com isso este trabalho visou aplicar a seqüência didática de 2 horas-aula para a coleta de dados referente à aprendizagem significativa, com o uso de um diário de campo. A análise de conteúdo feita pelo diário é fundamentada em Laurence Bardin.

Palavras-chave: Ensino de Acústica. Aprendizagem Significativa. Acústica.

ABSTRACT

STINGLIN, Douglas. Education in Acoustics: A teaching sequence to assist the teaching of sound intensity and frequency, based on the theory of meaningful learning. 2014. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Music has great richness concerning conceptual physics, and that should be explored in a classroom, leading to discussions about the elements therein and giving grants for students to understand what happens physically. Following this line, the present work aims to use a didactic sequence to verify whether the students had significant learning related to sound intensity and frequency, in addition to the new contents to high school, the spherical sound wave propagation. The theoretical framework is based on the theory of meaningful learning of Ausubel with the explanations of Marco Antonio Moreira, and also on a literature survey in the National Symposium of Physics of the last ten years, from 2003 to 2013, beyond theory of physics written by Eisberg. Thus this study aimed to apply the instructional sequence of 2 hours-class to collect data related to meaningful learning, with the use of a diary. Content analysis is taken by daily based on Laurence Bardin.

Keywords: Teaching acoustics. Meaningful Learning. Acoustics.

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1.INTRODUÇÃO | 4 |
| 2.REFERENCIAL TEÓRICO..... | 8 |
| 2.1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA..... | 8 |
| 2.2. ENSINO DE ACÚSTICA..... | 13 |
| 2.3. ACÚSTICA | 15 |
| 3.DESENVOLVIMENTO | 16 |
| 4.CONCLUSÕES | 19 |
| REFERÊNCIAS..... | 22 |
| APÊNDICES E ANEXOS..... | 25 |

1. INTRODUÇÃO

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) no Ensino Médio a Física deve ser voltada para a formação de alunos para a sociedade que tenham instrumentos para entender os aspectos do cotidiano mesmo que, ao final de sua vida escolar, não tenham mais contato com os conhecimentos aprendidos. A Física nos ajuda a explicar os fenômenos da natureza e as tecnologias com suas leis e seus modelos. Isso leva à introdução à linguagem específica, porém sem que se deixe de lado o fator cultural, histórico, econômico e social.

Os PCN+ abordam que:

No entanto, as competências para lidar com o mundo físico não têm qualquer significado quando trabalhadas de forma isolada. Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Elas passam a ganhar sentido somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens. (BRASIL, 2002, p. 2)

A música entra neste caso como contextualização do conteúdo de ondas sonoras na parte de Acústica. Ela está presente no dia a dia do aluno e principalmente, em suas horas de lazer e isso mostra seu grande potencial em uma sala de aula. A ideia de levar a música para a sala de aula é transformar o material didático a ser aplicado em um material potencialmente significativo, baseado no texto de Moreira (2009).

A riqueza conceitual da música pode ajudar em várias discussões, como por exemplo, o problema da diferença entre intensidade sonora e frequência que é causado pela linguagem musical. Esse trata de som alto e baixo para a intensidade sonora, grave e agudo para a frequência sonora, porém a linguagem Física tem termos diferentes.

Portanto o tema é Ensino de Física e o objetivo geral de pesquisa é usar uma sequência didática para auxiliar a aprendizagem significativa com relação à distinção entre intensidade sonora e frequência, além de ensinar o conteúdo de propagação da onda sonora. Os objetivos específicos são: Produzir e avaliar a sequência didática.

A pergunta a ser respondida, ao desenvolver e aplicar a sequência didática será a seguinte:

“Empregando uma sequência didática que envolva a percepção musical, com o objetivo de esclarecer melhor a distinção, no ensino de acústica, em relação à intensidade e frequência sonora, além de ensinar como a onda sonora se propaga, percebe-se a ocorrência de aprendizagem significativa?”

Quando era estudante do Ensino Médio adorava que meus professores levassem música para a sala, era sempre um momento diferente, aonde aprendíamos e nos divertíamos. A música sempre foi um fator forte em minha vida e isso acarretou em uma dúvida, tratar de esportes, outra paixão minha, ou de música neste trabalho. Optei pela música em um momento de reflexão, percebendo que me agradava mais.

Quando um professor leciona acústica, acredita-se que uma das melhores maneiras de se referir ao som pode ser a música. Ela ajuda na contextualização, já que a maioria das pessoas tem gosto por alguma música, além da importância social que tem, com a grande influência de suas letras e dos artistas.

Os PCN+ mostram que as competências em Física devem ser contextualizadas com competências de outras áreas da vida, que só vão ganhar significado se colocadas juntas.

A música pode ajudar na interpretação de uma equação, por exemplo, a equação da intensidade sonora, mostrando o que acontece com cada termo, como no Apêndice 1. Ou seja, ajuda a conhecer e utilizar símbolos, códigos e nomenclaturas de grandezas físicas, outro fato tratado nos PCN+. A importância social da música aparece nas letras, melodias e nas pessoas envolvidas na produção. Ela pode tornar o material didático potencialmente significativo e dar subsídios para que a aprendizagem significativa ocorra.

Com a pesquisa bibliográfica de análise dos últimos dez anos, de 2003 a 2013, do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), percebe-se que existem poucos trabalhos sobre ensino de acústica e principalmente poucos trabalhos usando a aprendizagem significativa como base, o que significa que haverá novos dados obtidos, auxiliando a pesquisa nesta área.

Por ser um estudo que busca a aprendizagem significativa de acústica a partir de uma unidade didática, a pesquisa é qualitativa e ganha esta classificação

pois pode ser usada em um número menor de alunos já que não está ligada a fazer uma estatística. Bardin aponta sobre pesquisa qualitativa:

É válida, sobretudo, na elaboração das deduções específicas sobre um acontecimento ou uma variável de interferência precisa, e não em interferências gerais. Pode funcionar sobre corpos reduzidos e estabelecer categorias mais discriminantes, visto não estar ligada, enquanto análise quantitativa, a categorias que dêem lugar as frequências, suficientemente elevadas, para que os cálculos se tornem possíveis. (Bardin, 2011, p. 115)

Para Fiorentini (2010) é no diário de campo que o professor-pesquisador narra os fatos acontecidos, o que significam para ele e os interpreta baseados em suas experiências.

O diário de campo é um instrumento de coleta de dados que permite a avaliação do professor-pesquisador por sua própria visão, sendo neste caso, baseado também na aprendizagem significativa, visto que no diário pode-se escrever informações listadas por Fiorentini (2010, p.109) :

- A dinâmica e a comunicação em sala de aula;
- O que os alunos dizem, fazem ou escrevem...;
- Os gestos/silêncios, as resistências e as táticas dos alunos;
- A didática do professor e suas posturas em classe;
- Os problemas, os exercícios e as atividades desenvolvidas em sala de aula;
- Os episódios durante as aulas, detalhando-os;
- Os pensamentos e os sentimentos do diarista;
- Suas dúvidas, inseguranças, incertezas e seu comportamento como professor.

Do referencial teórico a sequência didática será elaborada considerando-se a teoria da aprendizagem significativa de modo que seja possível coletar os dados referentes à aprendizagem do aluno. A sequência didática foi esquematizada para duas intervenções, sendo que na primeira aula o professor promoveu uma discussão sobre música e em seguida sobre Física. Essa discussão conteve aspectos referentes à linguagem musical, como o nome do instrumento “baixo” ou as notas de

um piano. Isso tem como objetivo identificar as ideias prévias dos alunos quanto a música, intensidade sonora e frequência sonora.

A intervenção seguinte teve a intenção de buscar a aprendizagem significativa dos elementos físicos de intensidade e frequência sonora com a música presente em todos os momentos, além da tentativa de ensinar como o som se propaga. A aula foi baseada nas ideias prévias dos alunos, percebidas na primeira aula.

A seqüência didática foi aplicada para alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola em Curitiba, Paraná. É uma escola particular, que tem como característica principal as turmas reduzidas e um convívio maior entre professores e alunos. A turma tem 40 alunos, porém muitos não entregaram as autorizações para o uso dos dados relacionados a eles e o número da amostra reduziu para 22 alunos. Esta turma foi escolhida devido ao calendário, pois alunos da Segunda Série não veriam o conteúdo antes do término do prazo do trabalho, e portanto a única opção foi recorrer a turma de terceiro ano.

A análise dos dados foi baseada no livro “Análise de Conteúdo” de Laurence Bardin seguindo a organização dos dados como primeiro passo, a seleção deles em seguida, a categorização e a interpretação.

A organização dos dados é referente à maneira com que o diário de campo será feito. A seleção dos dados é a forma do pesquisador selecionar apenas os dados que vão ser usados em sua pesquisa, excluindo o restante das informações, ou seja, é um filtro. A categorização consiste em dividir as informações úteis em diferentes categorias, de acordo com o referencial teórico. A interpretação é o momento em que o pesquisador usa sua experiência e seu referencial teórico para analisar todos os dados por sua própria visão. (BARDIN, 2011)

O referencial teórico adotado foi a teoria da aprendizagem significativa que Marco Antonio Moreira (2009) transpôs para dar subsídios teóricos para professores pesquisadores. Esta teoria ajuda a entender como podemos ligar os conhecimentos dos alunos com o que eles já sabem, sendo esse o ponto chave desta.

Também é necessário um referencial para os conceitos científicos envolvidos em uma aula de Física, mais especificamente de acústica. Eisberg e Lerner (1982) foram os principais autores, pois seu livro tem uma visão qualitativa do conteúdo e Halliday *et al.* (2012) por ter exercícios que ajudaram na compreensão da matéria.

O trabalho explica o que é a teoria de aprendizagem significativa, traz uma pesquisa dos trabalhos de ensino em acústica feitos nos últimos dez anos de SNEF (2003 a 2013) e uma parte sobre Física, tudo isso para dar embasamento à atividade feita. Então segue a descrição da atividade planejada e a descrição da atividade realizada, constando os dados e sua compreensão, por fim a conclusão, consegue-se ou não observar a aprendizagem significativa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

O mais importante para Ausubel é o que o indivíduo já sabe, ou seja, a sua estrutura cognitiva (Moreira, 2009). Esta estrutura contém tudo o que o indivíduo já aprendeu de maneira significativa e isso o ajudará a adquirir conteúdos novos também significativamente. O que o indivíduo já tem interage com o conteúdo a ser aprendido, o que causa uma aprendizagem significativa.

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, um processo através do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não-litera) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de “conceito subsunçor” ou, simplesmente “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende. (MOREIRA, 2009, p. 8).

O subsunçor é uma palavra que Ausubel usou para tratar da estrutura de conhecimento específica ao qual o novo conhecimento vai interagir.

Para usar a estrutura cognitiva é necessário fazer um “mapeamento” desta, algo difícil de ser conseguido, e ensinar a partir disto é algo que dificulta mais ainda o trabalho. A estrutura tem uma organização hierárquica como cita Moreira:

Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma espécie de hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados por) a conceitos, ideias, proposições mais gerais e inclusivos. Esta organização decorre, em parte, da interação que caracteriza a aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2009, p. 9).

A interação entre os conceitos, proposições e idéias formam uma hierarquia na estrutura cognitiva para ajudar na aprendizagem significativa.

A aprendizagem mecânica é o oposto da significativa. Tem como característica principal a pouca interação entre os conceitos novos e os da estrutura cognitiva do aprendiz. Porém, a aprendizagem mecânica não ocorre no vazio, existem algumas relações, mas não como as interações existentes na aprendizagem significativa. Ausubel não vê a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica como uma divisão, mas sim como um “continuum”.

A aprendizagem, tanto mecânica como significativa, pode ocorrer de duas maneiras diferentes. A primeira é a aprendizagem por recepção que ocorre quando o conhecimento é apresentado pronto ao aprendiz. A segunda é a aprendizagem por descoberta que ocorre quando o conhecimento deve ser descoberto pelo indivíduo. Ambas tem seu valor, geralmente sendo a aprendizagem por descoberta nos anos iniciais e por recepção quando o aprendiz já tiver um amadurecimento cognitivo. A aprendizagem por descoberta e a por recepção são diferentes, mas podem ocorrer juntas, uma auxiliando a outra, em um processo de aprendizagem.

As condições de ocorrência da aprendizagem significativa são a não-arbitrariedade que significa que o material potencialmente significativo precisa se relacionar com a estrutura cognitiva, ou seja, com os subsunçores e a substantividade significa que a essência do conhecimento é incorporada à estrutura cognitiva.

O material deve ser logicamente significativo, que está relacionado à natureza do material e à estrutura cognitiva do aprendiz. Também temos o caso psicologicamente significativo, que está relacionado à experiência própria do aprendiz, o que ele formou em sua estrutura cognitiva.

Ausubel propõe o uso de organizadores prévios que ajudem, fazendo a ligação como o novo conhecimento, levando ao desenvolvimento de novos subsunçores para facilitar a aprendizagem. Os organizadores prévios, segundo

Moreira (2009, p.14) são: “materiais introdutórios, apresentados antes do próprio material a ser aprendido, porém, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade do que esse material.”. Ou seja, são usados para facilitar a aprendizagem, funcionando como “pontes cognitivas”, entre o que ele já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender significativamente.

A aprendizagem significativa é dividida em três tipos. O primeiro é a aprendizagem representacional que consiste em dar significado a alguma palavra, por exemplo. Para uma criança a palavra cachorro ganha significado do animal que ela costuma ver em sua casa. Ou seja, animal e símbolo se tornam a mesma coisa.

O segundo tipo é a aprendizagem de conceitos que para Moreira:

[...] é, de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois conceitos são, também, representados por símbolos particulares, porém, são genéricos ou categóricos já que representam abstrações dos atributos criteriais (essenciais) dos referentes, i.e., representam regularidades em eventos ou objetos. Ausubel (1978, p. 89) define conceitos como "objetos, eventos, situações ou propriedades que possuem atributos criteriais comuns e são designados, em uma dada cultura, por algum signo ou símbolo aceito". (MOREIRA, 2009, p. 16)

Neste caso não ocorre a igualdade entre o animal e a palavra, mas sim uma relação entre a palavra e as características em comum de diferentes animais.

A aprendizagem proposicional consiste em aprender o significado da proposição como um todo, ou seja, a ideia como uma proposição e não o significado da soma dos conceitos que estão nesta.

O que se pode observar é que a aprendizagem representacional é pré-requisito para a aprendizagem proposicional.

Mas como perceber as evidências de uma aprendizagem significativa? Deve-se trabalhar com questões e problemas diferentes do habitual do aprendiz, para que ele não memorize a maneira de formular as questões.

O princípio de assimilação consiste em uma interação entre o novo material e a estrutura cognitiva. Moreira representa esquematicamente o princípio de assimilação, que pode ser visto na Figura 1.

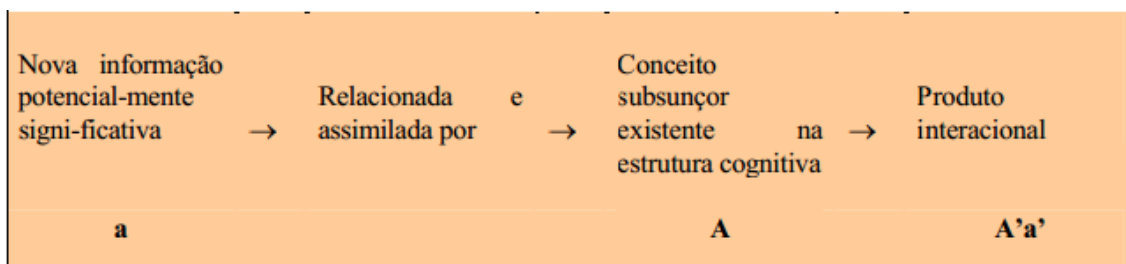


Figura 1 – Esquema do princípio de assimilação (Fonte: MOREIRA, 2009)

No esquema a nova informação **a** e o conceito subsunçor **A**, com quem se relaciona e interage, são modificados pela interação. Portanto, o que caracteriza a aprendizagem significativa não é apenas o novo significado de **a'**, mas também a modificação do subsunçor que é o significado composto **A'a'**. O que se pode observar no processo de assimilação está no mecanismo de esquecimento.

O significado das novas idéias será assimilado pelo significado mais estável até que as novas idéias não poderão ser reproduzidas sozinhas, ou seja, da maneira que chegaram, sempre tendo uma ligação com a idéia mais estável. Portanto como Moreira diz:

Pode-se então dizer que, imediatamente após a aprendizagem significativa, cujo resultado é um produto interacional do tipo **A'a'**, começa um segundo estágio da assimilação: a assimilação obliteradora. As novas informações tornam-se, espontânea e progressivamente, menos dissociáveis de suas idéias-âncora (subsunçores) até que não mais estejam disponíveis, i.e., não mais reproduzíveis como entidades individuais. Atinge-se assim um grau de dissociabilidade nulo, e **A'a'** reduz-se simplesmente a **A'**. O esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo que facilita a aprendizagem e retenção de novas informações. (MOREIRA, 2009, p. 20)

O novo material **a** passou pelo processo de assimilação e isso faz com que talvez este material não seja lembrado da forma em que chegou, pois é alterado para **a'** e isso deixa claro a necessidade de avaliações não repetitivas.

As formas de aprendizagem significativa são a aprendizagem subordinada, a superordenada e a combinatória.

A aprendizagem subordinada é aquela em que a organização hierárquica dos conhecimentos acarreta em uma subordinação dos novos conhecimentos aos existentes na estrutura cognitiva, ou seja, o conceito a ser aprendido será um exemplo ou uma extensão do que já existe.

Esta aprendizagem pode ser dividida em duas, a derivativa e a correlativa. De acordo com Moreira (2009, p. 22), a derivativa é quando “o material aprendido é entendido como um exemplo específico de um conceito já estabelecido”. Já a correlativa “o material é aprendido como uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições previamente aprendidas”.

A aprendizagem superordenada ocorre quando um conhecimento novo, mais geral do que as ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva, interage com estes e passa a assimilá-los, ficando acima na cadeia hierárquica. A aquisição de significados superordenados acontece mais na aprendizagem conceitual do que na proposicional.

A aprendizagem combinatória é quando a proposição ou conceito não faz a relação com conhecimentos específicos, mas sim com conhecimentos mais amplos.

A ocorrência da interação e ancoragem entre um conceito novo e um subsunçor pode modificar também o subsunçor. A ocorrência desse processo leva a uma diferenciação progressiva do conceito subsunçor. É um processo, quase sempre, presente na aprendizagem significativa subordinada.

A reconciliação integrativa é quando os elementos existentes na estrutura cognitiva se reorganizam e adquirem novos significados. Ela ocorre na aprendizagem superordenada.

Cabe, também, destacar que toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará igualmente em diferenciação progressiva adicional de conceitos ou proposições. A reconciliação integrativa é uma forma de diferenciação progressiva da estrutura cognitiva que ocorre na aprendizagem significativa”. (MOREIRA, 1978, p. 125)

2.2. ENSINO DE ACÚSTICA

Nesta seção aborda-se o conteúdo dos artigos dos últimos dez anos, de 2003 até 2013, apresentados no Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) que tenham envolvimento com ensino de acústica.

O artigo “Atividades Lúdicas para o Ensino de Física: Um Relato de Experiências com Estudo de Ondas Mecânicas” (Galdino *et al.*, 2011) é um relato de experiências feitas com uma turma de nono ano do ensino fundamental de uma escola pública em Campina Grande na Paraíba. A idéia era fazer uma atividade mais lúdica para ter a atenção de todos os alunos, visando o aproveitamento melhor no conteúdo de ondas mecânicas.

O artigo “Construção de um Instrumento Musical de Sopro para Auxiliar na Aprendizagem de Conceitos Físicos Relacionados às Ondas Sonoras” (Maeoca e Gobara (2011), apresenta investigação sobre maneiras de facilitar o ensino e aprendizagem de ciências, mais especificamente, a aprendizagem de novos conceitos de física. O trabalho discute uma proposta de uma seqüência didática contextualizada com a construção de um instrumento musical de sopro, para o ensino de conceitos sobre ondas sonoras. Esta proposta é baseada na teoria construtivista de Piaget e apresenta novas idéias para o ensino dos conceitos envolvidos.

“Oficinas de Som: Relações Entre Física e Música nas Séries Iniciais”, (Mattiuci e Santos, 2013), defende a idéia dos Parâmetros Curriculares Nacionais quanto ao ensino de física nas séries iniciais, em ciências, junto com biologia e química. O trabalho é formado por oficinas realizadas no ensino fundamental para mostrar que Física é possível nas séries iniciais, e abordando o som. As oficinas eram compostas de três partes, o Estudo das Realidades, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento.

Em “Poluição Sonora na Física do Ensino Médio numa Abordagem CTS” (Alves *et al.*, 2005) é apresentada uma proposta de atividades, para o ensino médio, sobre poluição sonora, desenvolvido durante várias disciplinas do curso de Licenciatura em Física na Universidade Católica de Brasília. Fizeram estudos em “ciência e cotidiano” e em “ciência, tecnologia e sociedade”, analisando, também, materiais como o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) e o Projeto

Escola e Cidadania (PEC) e produziram as atividades, aplicando-as em uma turma do segundo ano do Ensino médio.

Reflexões Sobre a Implementação de um Planejamento Didático Envolvendo a Física dos Instrumentos Musicais no Ensino Médio é um trabalho que (Freitas et al., 20014) consiste na análise de uma experiência didática sobre a física dos instrumentos musicais, valorizando os livros didáticos formando doze aulas com a estrutura seguinte: “Características do som; caracterização de conceitos; ressonância e interferência; instrumentos de cordas; fonação e audição; tubos sonoros; e instrumentos de percussão.”

Uma Proposta para a Apresentação de Conceitos de Acústica no Ensino Médio, (Tavares e Souza, (sem data)) tem o objetivo de deixar à disposição dos professores de Física maneiras de ensinar acústica ao ensino médio. Primeiramente eles tratam dos aspectos físicos do som e a partir disso estudam a acústica de ambientes. Fizeram uma análise acústica do Teatro Trianon em Campos de Goytacazes para fazer um modelo a ser aplicado pelos professores de maneira lúdica.

Um Ambiente Virtual para Introduzir Conceitos Sobre Ondas Sonoras: O Desafio “ABAIXE O VOLUME”, (Diogo e Gobara, 2009) é um trabalho que mostra os resultados e a análise de atividades desenvolvidas em uma pesquisa de campo para o ensino da Física do Som usando o ambiente virtual Moodle. Foi aplicada em uma escola pública de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. O material foi elaborado baseando na teoria de aprendizagem significativa e o objetivo foi “verificar se as atividades modeladas na forma de desafios favorecem a aprendizagem de conceitos introdutórios da Física do Som e se constituem em materiais potencialmente significativos” (DIOGO e GOBARA, 2009, p. 1). A verificação da aprendizagem foi prejudicada, pois foi utilizada apenas uma questão avaliadora.

Uma Introdução para o Ensino de Ondas Sonoras (Nascimento e Gobara, sem data) é um trabalho que apresenta resultados de uma atividade proposta para alunos da oitava série do ensino fundamental que tinha como objetivo que os alunos estruturassem um modelo explicativo que descreva a produção do som pelo aparelho fonador. Os alunos tiveram contato com objetos simples que produzem som e realizaram a atividade usando um roteiro. As respostas dos alunos foram analisadas e mostraram que eles respondem de maneira intuitiva, de acordo com

sua vivência. Os autores propõem um material a ser aplicado em sala de aula e que visa à promoção da aprendizagem significativa e à compreensão da produção de voz.

O ensino de acústica não é um tema muito tratado, tendo poucos artigos publicados no SNEF em dez anos. Dos poucos artigos encontrados, apenas dois usam a teoria da aprendizagem significativa. A grande maioria visa usar o som de alguma forma motivacional, não se percebendo que é algo a ser explicado para os alunos de Física.

2.3.ACÚSTICA

Ondas sonoras no ar e em outros meios são ondas longitudinais, geralmente com amplitude suficientemente pequena e com resistência à deformação do meio de propagação suficientemente linear, de maneira que o princípio de superposição se aplica com bastante precisão (Eisberg, 1982).

Deve-se ter algum tipo de fonte de vibração, algum contato entre a fonte e o meio de propagação, a propagação pelo meio, o ar que está oscilando faz o tímpano vibrar, o tímpano faz o sistema mecânico sólido e líquido do ouvido vibrar, a vibração mecânica é traduzida em impulsos nervosos e os impulsos são organizados e interpretados pelo nervo auditivo e pelo cérebro. Temos assim o que chamamos de som (Eisberg, 1982).

Olhando para a intensidade do som, Eisberg diz que:

Para dar conta da enorme faixa de intensidade de estímulos aos quais o ouvido pode responder para ser confinado a uma faixa controlável de sensações perceptíveis, o sentido da audição, como o da visão ou do tato, é altamente comprimido. Isto é, ele consome mais do dobro do fluxo de energia sonora S para fazer um ouvinte apresentar um julgamento subjetivo de que o som se tornou “duas vezes mais forte. (Eisberg, 1982, p. 182)

Isto posto, define-se uma escala de nível sonoro, usando um logaritmo. O fluxo de energia ligado ao som mais fraco que o ser humano escuta (S_0) chama-se limiar da audição. O nível sonoro α de um som que tem fluxo de energia S é dado por:

$$\alpha = 10\log\left(\frac{S}{S_0}\right)$$

Isso mostra que se aumentar o fluxo de energia em 10 vezes, causa um acréscimo de 10 unidades no nível sonoro, porém se aumentar 100 vezes o fluxo, apenas acresce em 20 unidades a intensidade. O limiar da audição é usado como uma convenção internacional, pois ele varia de indivíduo para indivíduo. O valor de S_0 é:

$$S_0 = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Percebemos que o nível sonoro é um número adimensional, porém usamos para ele a escala de decibel (dB) em homenagem a Alexander Graham Bell (1847-1922), professor de surdos, fonologista, acústico, inventor e pintor. (Eisberg, 1982)

A afinação de um determinado instrumento depende de uma variável física, a frequência. Quanto maior ela for, mais agudo o som será e quanto menor ela for mais grave será o som. As notas musicais estão ligadas a sons com frequências bem definidas. É importante perceber que uma nota aguda não tem necessariamente maior intensidade do que uma nota grave.

Com isso uma sequência didática pode trazer uma aprendizagem significativa da escala de decibel e da frequência do som. É importante mostrar que dentro desta escala exploram-se fatores sociais, como o som alto até certo horário, ou a questão da saúde do ouvido e com relação à frequência pode-se abordar a denominação do instrumento baixo e o incômodo de um som agudo ao ouvido humano.

3. DESENVOLVIMENTO

Este trabalho tem a intenção de proporcionar a aprendizagem significativa dos conceitos de nível sonoro, frequência sonora e propagação do som aos alunos do Ensino Médio. Isso leva à preparação de duas aulas baseadas num texto de Moreira (2009) sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa.

A primeira aula consiste num jogo de perguntas e respostas feito com os alunos com o intuito de mapear a estrutura cognitiva da turma e de maneira superficial, tanto com relação à Música, quanto em relação à Física. Esta aula tem uma divisão inicial entre Música e Física; enquanto se fala de Música, a Física fica em segundo plano. Exploram-se os ritmos musicais, como o Rock ou Samba e os instrumentos, para a discussão do que é uma nota e o que é o volume do som. Além disso, a utilização do conceito de “som irritante” é acrescentado nessa discussão.

Em seguida, ocorre a discussão física, com perguntas que mostrem o que o aluno pensa sobre a intensidade sonora e a frequência sonora. Também se deve tratar da propagação do som de maneira teórica. Próximo ao final da aula, os alunos devem responder se têm a capacidade de unir os dois temas principais de alguma maneira. A lista de perguntas que deve ser seguida está no Apêndice 1.

A segunda aula tem outra ideia central, a de usar o mapeamento feito na primeira aula para explicar os conceitos principais e obter o devido retorno. Visto que é uma aula explicativa, os alunos têm participação menor, porém deve haver alguma participação, pois é necessário saber se a aprendizagem ocorreu. Usa-se uma música para mostrar o que foi discutido na aula anterior, já visando explicar os conceitos chave. A música escolhida foi *Dark Horse*, interpretada por Katy Perry e Juicy J., pois tem elementos musicais fáceis de perceber, além de ser uma música atual e conhecida. Portanto, com ela pode-se observar a diferença entre grave e agudo, além de existir a possibilidade de aumentar ou diminuir o volume. Na sala de aula há um woofer que pode ser usado para demonstrar como acontece a vibração, além de ser utilizado para a explicação da propagação esférica do som.

Ter a estrutura das aulas não significa que estas ocorreram exatamente como o previsto. Os alunos responderam de maneiras diversas, e em vários momentos mostrou-se necessário adaptar, o que gerou discussões que deixaram a aula mais limitada.

O desenvolvimento da primeira aula se deu seguindo as perguntas que estão no Apêndice 1. A aula começou com poucas respostas e muita dispersão, porém ao chegarmos à terceira pergunta (“O que difere o Rock e o Funk brasileiro?”) os alunos já estavam mais à vontade com o processo e começaram a responder com mais seriedade, e a diferença entre um estilo musical e outro trouxe boas respostas. A discussão passou por quais instrumentos eles tocam e a diferença entre as notas, o

que acarretou em respostas interessantes e espontâneas, que auxiliaram na segunda aula. Porém, um momento em que eles acertaram o vocabulário, foi na discussão sobre as notas do piano, e, com isso, apareceram algumas perguntas, o que mostra o quanto os alunos estavam participativos.

Para obter informações sobre a intensidade do som, a pergunta inicial foi: “Como tocar uma nota específica do piano em um volume mais baixo?”. Verificou-se um retorno positivo da parte de vários alunos, emitindo respostas contraditórias, sobre o uso do pedal abafador, além de uma confusão entre a escala do piano e a intensidade da nota tocada. Diante da situação gerada, julgou-se necessário utilizar a caixa de som e relacioná-la com o conceito, gerando progressos verificados na aula seguinte.

O foco da aula mudou para a Física, e eles citaram algumas coisas que aprenderam quando estudaram o conteúdo de ondas sonoras. Percebeu-se pelas respostas que havia uma confusão considerável entre conceitos sobre ondas sonoras e ondas transversais (a amplitude seria “a altura da onda”), e inclusive a falta de conhecimento sobre o significado de “frequência”. Por fim a intenção era juntar a Física e a Música que foram discutidas, porém existiu apenas uma tentativa.

A segunda aula seguiu a estrutura contida no Apêndice 1, e tendo sua atenção os três trechos específicos da música, a discussão não durou muito, pois com o vocabulário de “grave” e “agudo” eles definiram as diferenças entre os trechos, com exceção de um, em que era necessário que a atenção fosse voltada para o grave e os alunos acabaram por prestar atenção em um agudo sutil e mesmo assim, com a correção feita, viu-se a facilidade de chegar a uma conclusão plausível. Também por isso, a explicação sobre o grave e o agudo foi facilitada. Então, com o pedido da explicação do que era a frequência em uma onda transversal, percebeu-se que existia uma dificuldade quanto a período e frequência, pois os alunos trocavam um conceito pelo outro.

Visto que os alunos estavam com dificuldades, a decisão foi de falar da amplitude do som, para que o conhecimento se expandisse. Utilizando a caixa de som e o próprio som produzido, deram a informação de que amplitude era a altura da onda, no desenho de uma onda transversal. Indagados sobre como era isso na onda sonora, eles não tiveram reação. Percebeu-se então que explicar a natureza do som seria uma boa estratégia, e isso foi feito usando o movimento das moléculas,

porém com um modelo que releva a agitação térmica, junto a um movimento das mãos pensado no momento, que consistia em deixar uma das mãos paradas como o referencial e a outra vibrava como um pedaço do ar. Uma aluna demonstrou estar entendendo melhor e com o woofer, que já estava na sala, possibilitou-se a observação das vibrações, e também uma comparação com a caixa de som. Voltando a usar a mão, tornou-se possível a explicação do que é a frequência e a amplitude de uma onda sonora e recebi uma resposta importante.

A dedicação ficou para a explicação da propagação da onda sonora, algo novo para a turma. Usando apenas um desenho, descrito no Apêndice 1, resultou em uma resposta negativa, então com a descrição de um sistema no qual a esfera está saindo da fonte e no instante seguinte ela “abriu” (a utilização deste termo foi crucial para o desenvolvimento da aula) trouxe resultados positivos. Para saber se existiu alguma aprendizagem, o pedido para alguém explicar o que acontece no processo teve papel importante e um dos alunos conseguiu atingir o objetivo. Utilizando outro sistema, dessa vez para explicar a dependência da intensidade com o raio, gerou confusão e uma lógica da não dependência. Então se fez necessária a matemática como auxílio, e rendeu resultados positivos, pois demonstraram entender melhor quando houve a demonstração matemática.

4. CONCLUSÕES

A primeira aula tinha a intenção de saber o que os alunos tinham de conhecimento ligado à acústica estudada no ensino médio, ou seja, o que eles trazem em sua estrutura cognitiva. Como os alunos responderam a todas as perguntas que eu fiz e mostraram interesse no assunto, consegui obter muitos conceitos subsunçores para que na segunda aula os usasse para explicar o conteúdo, fazendo um “mapeamento” da estrutura cognitiva. Percebi que os alunos obtiveram uma aprendizagem mecânica dos conteúdos de acústica, pois tinham decorado o que era a amplitude de uma onda, por exemplo, mas não a entendiam, apenas tinham noção de que ela estava ligada ao volume de uma onda sonora e a mesma coisa acontecia com a frequência. Isso também aconteceu quando falei do formato de uma onda e eles me deram o modelo de onda transversal e percebi que não lembravam de um ponto chave disso tudo, que onda não carrega matéria e sim energia.

Pode-se perceber que na primeira aula as perguntas ajudaram com uma aprendizagem por descoberta, por exemplo, quando perguntei de como era a amplitude em uma onda sonora e logo em seguida perguntei se tínhamos várias ondas transversais no ar e obtive a resposta de que era isso mesmo e que a amplitude era muito baixa, por isso não conseguimos ver. Eles pararam para pensar em algo que não haviam pensado antes.

A primeira aula teve seu papel cumprido, principalmente devido ao número de respostas dadas e à colaboração dos alunos em responder.

A segunda aula tinha a intenção de uma aprendizagem significativa por recepção, usando o que foi conversado na aula anterior para explicar o conteúdo, fazendo assim uma conexão entre os conceitos. A música usada os ajudou a perceberem o agudo, grave e o volume do som, mas não ajudou a entender o que acontecia com a frequência e amplitude em termos físicos. Usando a onda transversal, que foi o conteúdo que eles entenderam melhor, ocorreu uma tentativa de explicar amplitude e frequência de uma onda sonora fazendo relações entre as duas, porém eles não conseguiram fazer a ligação com a onda sonora.

Usando o woofer e a caixa de som, assuntos que eu perguntei na aula anterior, consegui explicar melhor o que é a amplitude e a frequência de uma onda sonora e recebi a resposta “agora eu entendi”, além do aluno ter explicado com suas palavras o que entendeu. Ou seja, a contextualização dos conceitos da onda no exemplo do woofer (uma frequência e uma amplitude que são relacionadas à nota que será produzida e ao seu volume) possibilitou uma reformulação destes conceitos, que antes haviam sido aprendidos de maneira mais geral. Essa transformação na hierarquia cognitiva se enquadra no processo que é chamado por Moreira de aprendizagem superordenada (MOREIRA, 2009, p. 23), porém não há maneira de ter certeza de que ocorreu a aprendizagem em apenas duas aulas.

O desafio foi a explicação da propagação da onda sonora e com algumas adaptações consegui com que os alunos me explicassem o que acontecia e pensar um pouco mais além, com um aluno até perguntando do eco. Quando falei do show foi unânime a resposta deles, porém quando disse que não havia dissipação eles se confundiram. Até agora a aula mostrava que a aprendizagem foi significativa para os conceitos de amplitude, frequência e uma boa parte da propagação da onda sonora, pois eles conseguiram me explicar, no meio da aula, o que acontecia.

Na explicação da relação de intensidade sonora com o raio da esfera eles conseguiram perceber que quanto maior o raio, menor seria a energia em um pequeno elemento de área e um dos alunos disse que isso é “óbvio”. Expliquei isso com um desenho e logo após usei a matemática para mostrar a dependência que a intensidade tem com o raio da esfera e uma das alunas disse que sabia o que era o nível sonoro e que agora conseguia entender o que ele significa fisicamente.

A segunda aula teve um bom papel, porém teve menos espaço para perguntas e pouco material para a análise. O que se percebe com relação à aprendizagem é que foi uma aprendizagem por recepção e que há indícios de que foi significativa devido a ligação que fizeram com os conceitos discutidos na primeira aula.

REFERÊNCIAS

- ALVESA, Paulo Rafael Pereira; SOUSA, Demutiey Rodrigues; da SILVA Henrique César. **Poluição Sonora na Física do Ensino Médio numa Abordagem CTS**. *SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA*, jan. Rio de Janeiro. 2005. Disponível em < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvi/sys/resumos/T0069-2.pdf>>. Acesso em 13 mar. 2014
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Edição. Lisboa: Persona, 2001. P. 231
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**, 2002. Disponível em < http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em 13 mar. 2014
- DIOGO, Rodrigo Claudino; GOBARA, Shirley Takeco. **Um Ambiente Virtual para Introduzir Conceitos Sobre Ondas Sonoras: O Desafio “ABAIXE O VOLUME”**. *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, jan. Vitória. 2009. Disponível em < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0329-1.pdf>>. Acesso em 13 mar. 2014
- EISBERG R.M; LERNER L.S. **Física, Fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 1982, v. 2.
- FIORENTINI, Dario. **"Diários e narrativas reflexivos sobre a prática de ensinar e aprender"**. In: Pesquisa e Ensino em Ciências e Matemática I. FE-UNICAMP, pp.107-119, 2010
- FREITAS, Deicielle Souza de; SANTOS, Naiara Signorelli; ARANTES, Eder Antônio de Souza; USTRA, Sandro Rogério Vargas. **Reflexões Sobre a Implementação de um Planejamento Didático Envolvendo a Física dos Instrumentos Musicais no Ensino Médio**. *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, jan. São Paulo. 2013.

Disponível em < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0544-1.pdf>>. Acesso em 13 mar. 2014

GALDINO, Danila Macêdo; DOS SANTOS, Aline Simões; DA SILVEIRA Alessandro Frederico. **Atividades Lúdicas para o Ensino de Física: Um Relato de Experiências com Estudo de Ondas Mecânicas.** *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, jan. 2011. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0635-1.pdf>>. Acesso em 13 mar. 2014

HALLIDAY D.; RESNICK R.; WALKER J. *Fundamentos da Física 2: Gravitação, Ondas, Termodinâmica.* São Paulo: Ltc, 2012, v. 2. 8ª ed.

Katy Perry feat Juicy J. **Dark Horse.** Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=0KSOMA3QBU0>>. Acesso em: 20 Ago. 2014

MAEOCA, Gláucia da Silva; GOBARA, Shirley Takeco. **Construção de um Instrumento Musical de Sopro para Auxiliar na Aprendizagem de Conceitos Físicos Relacionados às Ondas Sonoras.** *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, jan. 2011.

MATTIUCI, Ana Carolina; DOS SANTOS, Zanoni Tadeu Saraiva. **Oficinas de Som: Relações Entre Física e Música nas Séries Iniciais.** *Simpósio Nacional de Ensino de Física*, jan. São Paulo. 2013. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0553-1.pdf>>. Acesso em 13 mar. 2014

MOREIRA, Marco Antonio. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências.** 2009. 70 f. Porto Alegre, 2014. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em 29/08/2014

NASCIMENTO A, Cláudia Santos do; GOABARA, Shirley Takeco. **Uma Introdução para o Ensino de Ondas Sonoras.** Disponível em <
<http://200.17.141.35/ladmello/InstrumentacaoIV/ensino%20fis.IV/UMA%20INTRODU%C7%C3O%20PARA%20OENSINO%20DE%20ONDAS%20SONORAS.pdf>>.
Acesso em 15 fev. 2014.

TAVARES, Juliana Rocha; SOUZA, Marcelo de Oliveira. **Uma Proposta para a Apresentação de Conceitos de Acústica no Ensino Médio.** Disponível em <
http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_umapropostaparaaapresent.trabalho.pdf>.
Acesso em 16 fev. 2014

APÊNDICE 1 – Descrição detalhada das atividades

A intenção deste trabalho é dar ao aluno a aprendizagem significativa dos conceitos de nível sonoro e frequência sonora, além de implementar o conceito de propagação do som. Para isso foram montadas duas aulas baseadas na teoria de aprendizagem significativa do texto de Moreira (2009).

A primeira atividade consiste em uma conversa com os alunos para que se possa diagnosticar o que eles sabem, tanto sobre música quanto sobre Física. As perguntas são direcionadas ao conteúdo principal, amplitude e frequência sonora, já encaminhando à atividade seguinte. Primeiro as perguntas são feitas a respeito da música, começando por qual estilo eles gostam, depois das respostas vem outra pergunta, porém direcionada a instrumentos, para saber qual instrumento os alunos tocam. Isso é uma introdução para usar os estilos musicais e os instrumentos para fazer a interação com a discussão seguinte. Essa começa com a pergunta, baseada em algum instrumento, sobre as notas musicais e os sons específicos, sem envolver a Física. Em seguida saber o que eles entendem sobre o volume do som. Ainda falando de música, usar a relação de som mais “irritante” para ver se sabem a diferença das notas. Isso será anotado na lousa para que não se perca as palavras-chave do tema. Também algumas outras perguntas que ditarão a sequência da discussão. Em seguida começam a ser exploradas as perguntas sobre Física, com o objetivo de levantar o que foi aprendido em sala e extrair disso os conhecimentos que podem interagir com os outros. Começa com uma pergunta de como o som se propaga e se eles conseguem explicar isso. Após a discussão, a pergunta será voltada à amplitude da onda sonora e em seguida à frequência, novamente anotando as palavras-chave na lousa. A seguir temos a lista de perguntas que ditam a discussão:

Música

O que pensam quando falamos de ondas sonoras?

De que estilo gostam mais?

O que difere o estilo musical x do y? Qual o diferencial desses estilos?

Os instrumentos diferem?

Quem toca algum instrumento e qual é este instrumento?

O que difere uma nota da outra?

O que é um som irritante?

Guitarra, qual diferença entre solo e base?

Bateria, qual a diferença entre os tambores e os pratos?

O que seria a afinação de um instrumento?

Como faço para tocar um som mais alto no piano?

Isso que acontece quando aumento o volume da caixa de som??

Já ouviram falar em woofer?

Física

Como foram essas aulas?

Lembram quais são as variáveis do som?

O que significa a frequência para a onda sonora?

O que significa a amplitude para a onda sonora?

É longitudinal ou transversal?

Sabem como a onda se propaga?

Juntando

Conseguem fazer a ligação entre música e física?

A primeira aula precisou mais da participação dos alunos, respondendo às perguntas e participando, sem que fosse explicado nada de conteúdo ou mesmo das perguntas que foram feitas. Já na segunda aula a ideia foi continuar a perguntar, porém em menor escala, pois o conteúdo precisava ser explicado. A segunda atividade tem como objetivo observar o que foi discutido na primeira atividade na prática. Usando uma música, mostrar os efeitos do som, como a frequência e a amplitude, comparadas as notas e volume que eles conhecem, juntar um ao outro, para que se tenha uma aprendizagem significativa. Foi considerada a música *Dark Horse*, interpretada por Katy Perry e Juice J. para isso, pois possui um som grave bem evidente e a voz da cantora é mais aguda, assim pode ser feita a comparação das diferentes frequências, além de ser uma música da moda e chama a atenção dos alunos. Usando a mesma música pode-se mostrar a relação de intensidade

sonora e nível sonoro, controlando o volume do som e até explorar a dependência da intensidade sonora com a distância entre a fonte e o ouvinte. Falar da propagação das ondas e dos elementos de área existentes na esfera. Essa aula tem algumas perguntas que darão o caminho para a aula como a diferença entre a voz da cantora, do cantor e um trecho em que não existe vocal. Depois de discutir sobre onda transversal e longitudinal, a pergunta é como é a amplitude de uma onda sonora? Como funciona a caixa de som? Como a onda sonora se propaga e como vemos a amplitude e a frequência nesta onda?

As aulas não saíram exatamente como o planejado, pois os alunos responderam as perguntas de maneiras diversas e mostrou-se necessário adaptar muitas coisas no momento da resposta. Isso gerou discussões a mais que não estavam previstas no tempo das aulas.

Usou-se apenas o diário de campo para a coleta e análise dos dados, que foram os mais diversos. Então a primeira aula se desenvolveu da seguinte maneira: O início da aula demorou 5 minutos devido ao deslocamento e à agitação da turma, depois vieram os agradecimentos aos alunos por participarem do trabalho e o pedido de participação ativa, interagindo na aula. Perguntei o que vem a cabeça de vocês quando falamos de ondas sonoras? A primeira resposta foi de F5 (Sigla referente ao sexo feminino, aluna número 5. Faz-se a mesma analogia a sigla iniciada com M para o masculino.) que respondeu “som” e em seguida veio “música” com F10. Neste momento a turma estava começando a se concentrar, porém a segunda pergunta que fiz os agitou. Quando falamos de músicas, quais estilos que vocês mais gostam? F10 respondeu MPB, F5 respondeu Indie Rock, F7 e M4 responderam Rock, M8 respondeu Eletrobrega e F11 respondeu POP. A partir disso eu elegi o rock como o ponto para a nossa discussão e perguntei o que ele tem de diferente do Eletrobrega, este citado por um aluno como um dos ritmos? Ninguém tentou responder, então eu perguntei qual a diferença entre o Rock e o Funk brasileiro? M4 respondeu que era o ritmo, M7 disse que eram os instrumentos diferentes e isso foi a resposta de boa parte da turma. A próxima pergunta foi se alguém tocava algum instrumento e as respostas foram violão e guitarra de F5, F7 e M7. Unindo as ideias a pergunta seguinte foi se sabem diferenciar uma nota da outra e recebi uma resposta instantânea de M6, “frequência”, Então M7 respondeu “Tom”

o que me abriu margem para perguntar a diferença entre um dó e outro e F8 disse que “um é mais grave e o outro é mais agudo”.

O que é um som irritante para vocês? F5 disse “Rock pesado”, M7 disse “barulho agudo” e F10 respondeu “Barulho de mosca”. Então F5 perguntou: “Não é algo físico que acontece no nosso corpo? Como quando tocam música clássica a um rato e ele fica calmo e tocam rock para outro e ele fica agitado”. Eu disse que tem a ver com questões biológicas e físicas, mas não respondi à pergunta. Voltei ao assunto instrumento perguntando se eles conseguem diferenciar o som da guitarra base e da guitarra solo e M4 disse que a guitarra base tem um som repetitivo e previsível, periódico e a solo é “fora da música”, ou seja, não acompanha o ritmo da bateria. Isso deu margem para perguntar a diferença entre tambor e pratos na bateria. O som do tambor é mais grave e mais rápido e do prato é mais fino e contínuo, disse F8. Perguntei o que significa afinar um instrumento e os alunos tiveram dificuldades em pensar em algo até que F10 disse que é para deixar a nota limpa, não ficar feia e sair o som certo. Seguindo com a conversa, pensei na discussão da nota dó e quis saber como tocar uma nota específica no piano em um volume baixo. Então a F5 disse que “é só tocar em uma escala menor”, repeti dizendo que quero um volume maior e ela falou que se deve abafar o som com um pedal que existe no piano, M7 falou que já viu colocarem uma toalha para abafar o som e então surgiu a outra pergunta, Não basta eu apertar a nota com menos força? “Não” disse F5 e F10 disse que pode sim, o som sai mais baixo. E se for o caso de tocar um som mais forte? É só bater mais forte na tecla? A discussão foi entre eles e chegaram à conclusão de que quanto mais forte se bate, mais alto sai o som. Essa discussão trouxe uma pergunta na hora e que causou confusão. É isso que acontece quando você aumenta o volume do computador com o botão da caixa de som? “Não” foi a resposta de F10 e logo em seguida ela disse que não sabe o que acontece, mas que não é a mesma coisa. É diferente você gritar ou aumentar o volume da sua voz? Um dó no piano e um dó no computador tem diferença? Eles ficaram confusos com as perguntas e F10 disse “o processo é o mesmo, mas são coisas diferentes”, e completou dizendo que o piano é um elemento físico e o computador é eletrônico. Eu falei que a intensidade do som em ambos está aumentando e eles só concordaram. Então perguntei se sabem como uma caixa de som funciona e eles disseram que não. Pedi para que lembrassem de quando estava tocando algo e se olha para a caixa e F5 disse que ela vibra e se aumentar o

som ela vibra mais forte, então M3 disse que ela vibra mais rápido. Então M7 perguntou se aumentar a caixa de som ela vai vibrar mais rápido? E ele mesmo respondeu que vai vibrar mais forte. Sabem o que é um woofer? E ninguém soube responder.

Então a discussão passou para a Física e a primeira coisa que deveria saber era como foram as aulas de ondas sonoras e F10 respondeu que estudaram som agudo, grave, frequência, amplitude e comprimento de onda. Pedi que me explicassem o que é a amplitude de uma onda e F10 disse que é a altura da onda, do meio até crista ou do meio até o vale. Como se vê a amplitude em uma onda sonora? F5 disse que é igual a da onda que eles desenham no caderno, a onda transversal. Perguntei se tem um monte dessas ondas no ar e ela respondeu que sim, mas não dá para ver porque a amplitude é muito baixa. Passei a discussão para a frequência perguntando o que ela é e se ela depende da amplitude. É vibração, disse M7 e eu perguntei se a onda não é uma vibração. Se desse para ver a onda, ela sairia como uma onda unidimensional? E F5 disse que sim.

Lembram-se de onda transversal e longitudinal? Todos responderam que sim, mas não conseguiram explicar o que era. Então perguntei se conseguiam juntar a música que discutimos e a Física que observamos. F5 dispersou e eu perguntei se conseguem dizer o que é a amplitude em ondas sonoras, fisicamente falando. E F5 responde “volume” falei que ficou vago e ela perguntou se o volume não dependia da distância. Então expliquei que tem a ver com a propagação do som e com a dissipação da energia no ar, que eram coisas que explicaria na aula seguinte. Voltei à discussão de juntar música e Física e de novo F5 me disse que quando a música é mais agitada a amplitude é mais alta e a primeira aula terminou.

A segunda aula também demorou um pouco para começar devido ao preparo do aparelho de reprodução de som. Então a turma se acalmou e começamos a escutar a música escolhida, *Dark Horse* de Katy Perry e Juicy J. Preferi colocar o clipe para que prestassem atenção ao máximo. Expliquei que a música escolhida tinha motivos específicos, como o grave e pedi para que prestassem atenção em alguns trechos, o primeiro era a voz da Katy Perry que estava em destaque entre 0:50 até 1:17 minutos, o segundo era o som do grave de 1:18 até 1:25 minutos e o terceiro era a voz do Juicy J de 2:23 até 3:07 minutos. Então a pergunta inicial foi qual a diferença entre a voz de Katy Perry e Juicy J? E F10 disse que a voz dele era

mais grave que a dela e em seguida comparei a voz dela com a do som grave do segundo trecho. O problema é que os alunos acabaram reparando que existia um som agudo junto ao grave e foi neste que eles prestaram atenção. F5 disse que o som é parecido com a voz da Katy Perry. Não estava errado, o som é parecido, porém o intuito era que reparassem no outro som, portanto passei o trecho mais uma vez e mostrei o que deviam prestar mais atenção e M7 disse que é mais grave que a voz do Juicy J. Com isso fizemos uma pequena escala percebendo que o som grave era o mais grave, seguindo da voz de Juicy J e por fim a voz de Katy Perry. Com isso expliquei que o som grave e o som agudo estão diretamente ligados à frequência sonora, coisa que eles já sabiam. Mas para tentar explicar isso usei a analogia com a onda transversal, pois na aula anterior percebeu-se que os alunos tinham aquela imagem de uma onda e nada mais. Então perguntei o que era a frequência de uma onda transversal e a desenhei no quadro. F10 respondeu que era o tempo para completar o tamanho da onda. Eu corrigi dizendo que isso era o período. Então ninguém conseguiu responder e eu tentei fazer com que pensassem na onda sonora, porém eles não conseguiam pensar nela, pois não conheciam o seu formato e como ela se comportava.

Decidi ir para a amplitude e deixar a frequência da onda para depois, para ficar mais fácil de discutir quando soubessem mais. Então mexi no volume da música e perguntei, o que está acontecendo quando eu mexo no volume do som? Eles olharam para a onda transversal desenhada no quadro e F5 disse que a amplitude diminuiu, então abriu o espaço para perguntar o que é a amplitude na onda transversal? F10 respondeu que era a “altura” da onda. Onde temos amplitude na onda sonora? E eles não conseguiam ver como isso funcionava?

Percebi que eles não se lembravam da onda longitudinal e então eu perguntei o que ela é. Não sabiam e eu expliquei usando o exemplo de uma mola. Mesmo assim eles não conseguiram explicar amplitude e frequência. Neste momento percebi que na sala havia um pequeno woofer que poderia me ajudar a explicar muitas coisas. Expliquei que quando o som é produzido ele faz a molécula de ar vibrar, que faz a outra vibrar e assim por diante, mas sem que elas saiam da posição antes da vibração começar, pois não carrega matéria, apenas energia. M7 disse que agora estava entendendo o que acontecia. Então mostrei o woofer e perguntei se eles conseguiam ver o que estava acontecendo ali. Todos viram o woofer vibrar e

com isso eu expliquei que a caixa de som faz a mesma coisa, porém no woofer enxergamos melhor e aquilo fazia com que o ar na frente dele vibrasse e assim por diante. Com minha mão expliquei o que acontecia com a amplitude e com a frequência, deixando uma parada como referencial e a outra eu vibrava como se fosse a molécula de ar e F5 disse: “agora eu entendi”.

Comecei a explicar como o som se propaga de maneira esférica e que é um tema explicado apenas no ensino superior. A propagação esférica não foi fácil de eles entenderem, mas eu demorei um pouco a perceber que eles não estavam conseguindo assimilar. Fiz um desenho no quadro com uma fonte no centro de um círculo e mostrando que o círculo abria, fiz outro círculo maior e mesmo assim M7 e F5 disseram que não entenderam. Então eu disse que pensem que tem uma esfera saindo da minha boca e que ela vai se expandir, em um instante ela está de um jeito e logo em seguida ela abriu. Este “abriu” fez sentido para eles e eu escutei um “ahhh” da turma em geral. Então eu perguntei para M7 se ele conseguia ver o que acontecia e ele me explicou que a onda crescia em volta da minha boca. Virei de costas para mostrar que o som não iria só para frente, pois eles me escutavam.

Usando a imaginação tentei colocá-los em uma situação para explicar o nível sonoro e sua dependência com o raio da esfera de propagação. Eu disse que estávamos em um show e metade ficou na grade, a outra metade ficou no fundo e perguntei quem escutaria mais alto (volume). A maioria que respondeu disse que os da frente, então eu perguntei, mesmo que não haja dissipação de energia no ar? O pessoal ficou confuso, mas F5 tentou responder e disse que assim todos escutariam igual.

Pedi para que prestassem atenção no pouco de matemática que eu ia usar na aula, que já estava no final. Comecei falando do pequeno elemento de área finito da superfície da esfera e do quanto de energia ele estava carregando. Com o mesmo desenho das duas esferas de som que já estavam no quadro, desenhei um pequeno elemento de área de tamanho igual nas duas e disse que as superfícies carregam a mesma quantidade de energia e perguntei qual dos elementos carrega maior energia. M7 respondeu que o da esfera menor e disse que era “obvio” que tinha mais energia. Eles entenderam com facilidade, pois os outros alunos que responderam disseram que entenderam bem e que era fácil.

Mostrei que intensidade é potência dividida pela área:

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

E que potencia é energia dividida pelo tempo:

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

Juntando as duas temos que:

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

Então eu disse que a intensidade sonora tem uma relação inversa com a área que depende do raio. Com isso pude falar do nível sonoro, porém a aula estava por acabar e tive que me apressar. Falei rapidamente do limiar de audibilidade e mostrei a equação do nível sonoro:

$$\alpha = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Perguntei se lembravam dessa equação e se sabiam o que ela representava. F5 disse que era uma escala para o som alto ou baixo e com a matemática acima entendeu o que ela significava, assim terminando a aula.

ANEXO 1 - TERMO DE ASSENTIMENTO

TERMO DE ASSENTIMENTO INFORMADO LIVRE E ESCLARECIDO (Adolescentes com 12 anos completos, maiores de 12 anos e menores de 18 anos)

Informação geral: O assentimento informado para a criança/adolescente não substitui a necessidade de consentimento informado dos pais ou guardiães. O assentimento assinado pela criança demonstra a sua cooperação na pesquisa.

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: ENSINO DE ACÚSTICA: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA AUXILIAR O ENSINO DE INTENSIDADE E FREQUÊNCIA SONORA, BASEADA NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

Investigador: Douglas da Costa Stinglin

Local da Pesquisa:

Endereço:

O que significa assentimento?

O assentimento significa que você concorda em fazer parte de um grupo de adolescentes, da sua faixa de idade, para participar de uma pesquisa. Serão respeitados seus direitos e você receberá todas as informações por mais simples que possam parecer.

Pode ser que este documento denominado TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO contenha palavras que você não entenda. Por favor, peça ao responsável pela pesquisa ou à equipe do estudo para explicar qualquer palavra ou informação que você não entenda claramente.

Informação ao sujeito da pesquisa:

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa, com o objetivo de usar atividades relacionadas à acústica e observar se os alunos tiveram uma aprendizagem significativa com relação à distinção entre a percepção auditiva da intensidade sonora e da frequência.

Esta pesquisa faz parte de um Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e será feita na turma de terceiro ano do Ensino Médio. Serão duas atividades, a primeira para sondar aspectos da estrutura cognitiva do aluno e a segunda para fazer a relação do que já existe nesta estrutura com os novos conteúdos. A análise dos dados será feita a partir de um diário de campo em que serão anotados momentos chave da aula, porém os nomes dos alunos ficarão em sigilo, não sendo informados no trabalho.

Espera-se obter dados para avaliar estas atividades e observar se ocorreu a aprendizagem significativa, tendo como benefícios a parte acadêmica, pois toda e qualquer atividade em sala de aula gera uma discussão, e a possível utilização destas atividades por outros professores.

Se concordar voluntariamente em participar da pesquisa, o sujeito terá que assistir as aulas e sempre que puder, participar, respondendo às questões feitas pelo professor-pesquisador.

Caso você aceite participar, a pesquisa envolverá duas aulas de Física sobre acústica, na primeira serão investigados os seus conhecimentos prévios sobre música, com relação a afinação e volume, e a segunda será uma aula que estará baseada em uma música escolhida para chegar aos conceitos de Física e tentar acabar com a confusão entre frequência e amplitude sonora.

A participação nesta pesquisa é voluntária e caso você opte por não participar, não terá nenhum prejuízo ou represálias.

Contato para dúvidas:

Se você ou os responsáveis por você tiver(em) dúvidas com relação ao estudo, direitos do participante, ou no caso de riscos relacionados ao estudo, você deve contatar o(a) Investigador(a) do estudo: Douglas da Costa Stinglin, telefone fixo número: (41)3528-0272 e celular (41)9849-6690. Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como um paciente de pesquisa, você pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O CEP é constituído por um grupo de profissionais de diversas áreas, com conhecimentos científicos e não científicos que realizam a revisão ética inicial e continuada da pesquisa para mantê-lo seguro e proteger seus direitos.

DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO SUJEITO DA PESQUISA:

Eu li e discuti com o investigador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma cópia assinada e datada deste TERMO DE ASSENTIMENTO INFORMADO.

| | | |
|---------------------|------------|------|
| NOME DO ADOLESCENTE | ASSINATURA | DATA |
|---------------------|------------|------|

| | | |
|----------------------|------------|------|
| NOME DO INVESTIGADOR | ASSINATURA | DATA |
|----------------------|------------|------|

| | | |
|---------------------|------------|------|
| NOME DO RESPONSÁVEL | ASSINATURA | DATA |
|---------------------|------------|------|

Endereço do Comitê de Ética em Pesquisa para recurso ou reclamações do sujeito pesquisado

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR) REITORIA: Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, telefone: 3310-4943, e-mail: coep@utfpr.edu.br