

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

DOUGLAS DA COSTA STINGLIN

**RELAÇÕES ENTRE A PERCEPÇÃO MUSICAL E O ENSINO DAS
CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS SONORAS.**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2017

DOUGLAS DA COSTA STINGLIN

**RELAÇÕES ENTRE A PERCEPÇÃO MUSICAL E O ENSINO
DAS CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS SONORAS.**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de “Mestre em Ensino de Ciências” – Linha de Pesquisa: Tecnologias de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Mario Sérgio Teixeira de Freitas

CURITIBA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e
Tecnológica - PPGFCET

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

S859r
2017
Stinglin, Douglas da Costa
Relações entre a percepção musical e o ensino das características das ondas sonoras / Douglas da Costa Stinglin.-- 2017.
66 f.: il.; 30 cm.

Disponível também via World Wide Web.
Texto em português, com resumo em inglês.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Curitiba, 2017.

Bibliografia: f. 58-61.

1. Acústica - Estudo e ensino (Ensino médio). 2. Ondas sonoras. 3. Poluição sonora. 4. Percepção musical. 5. Psicologia da aprendizagem. 6. Prática de ensino. 7. Física - Estudo e ensino. 8. Ciência - Estudo e ensino - Dissertações. I. Freitas, Mário Sérgio Teixeira de, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica. III. Título.

CDD: Ed. 22 -- 507.2

Biblioteca Central do Câmpus Curitiba - UTFPR

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 06/2017

A Dissertação de Mestrado intitulada Relações entre a percepção musical e o ensino das características das ondas sonoras, defendida em sessão pública pelo candidato Douglas da Costa Stinglin, no dia 08 de junho de 2017, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em ENSINO DE CIÊNCIAS, área de concentração Ciência, tecnologia e ambiente educacional, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em FORMAÇÃO CIENTÍFICA, EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Mario Sergio Teixeira de Freitas - Dr. - UTFPR

Prof. Dr. Nestor Cortez Saavedra Filho - Dr. - UTFPR

Prof. Dr. Bani Szeremeta - Dr. - CEP

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 08 de junho de 2017.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

AGRADECIMENTOS

Começo me desculpando por não agradecer a todos, pois foram muitos os que fizeram parte destes anos em que estive no processo do Mestrado, colegas, professores, e muitos outros que me auxiliaram nesta etapa da vida.

Agradeço ao Professor Dr. Mario Sérgio Teixeira de Freitas por sua dedicação e orientação. Além disso, seus conselhos e sua amizade que foram de grande importância para minha formação, tanto acadêmica, como profissional.

Devo citar aqui os alunos que se dispuseram a auxiliar no trabalho, permitindo utilizar os dados que produziram para um melhor aproveitamento do trabalho. O Colégio Integral tem que ser lembrado por abrir as portas para esta experiência acadêmica e entregar total liberdade para o trabalho corresse o melhor possível.

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

Por fim gostaria de deixar registrada a importância de minha família e amigos que estiveram comigo no decorrer desta caminhada, principalmente minha mãe, pois sem eles seria muito difícil vencer esse desafio.

RESUMO

STINGLIN, Douglas. **Relações entre a percepção musical e o ensino das características das ondas sonoras.** Dissertação (Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

O presente trabalho consiste em uma pesquisa em ensino de física, mais especificamente em ensino de acústica. Foi aplicada uma sequência didática em uma turma de primeiro ano do ensino médio, contextualizando os conceitos de acústica na audição de música e na vivência com a poluição sonora e utilizando como marco teórico a teoria da aprendizagem significativa desenvolvida por Ausubel. O objetivo foi aplicar a sequência didática para obter dados relativos à aprendizagem dos conceitos, analisando se foram, ou não, facilitadores significativos. Utilizou-se a gravação de áudio das aulas e um questionário, aplicado no início e no fim da sequência, para que se possa analisar o antes e depois, além do diário de campo, registrado pelo autor. A sequência foi composta por seis aulas de quarenta e cinco minutos. A análise dos dados obtidos aponta para uma facilitação da aprendizagem significativa de Acústica. Entretanto, seria importante dar continuidade à aplicação dos instrumentos de coleta de dados a um público mais numeroso e com perfis de turmas mais diversificados, para que os resultados propiciem resultados mais conclusivos e abrangentes.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa, Ensino de acústica, acústica, poluição sonora, ensino de física.

ABSTRACT

STINGLIN, Douglas. **Relations between musical perception and the teaching of sound waves characteristics**. Master's Thesis – Graduation in Scientific, Educational and Technological Formation. Federal University of Technology, Paraná. Curitiba, 2016.

The present work consists of a research in physics teaching, more specifically in acoustic teaching. A didactic sequence was applied in a first year high school class, contextualizing the concepts of acoustics in listening to music and living with noise pollution and using as theoretical framework the theory of meaningful learning developed by Ausubel. The objective was to apply the didactic sequence to obtain data regarding the learning of the concepts, analyzing whether or not they were significant facilitators. The audio recording of the classes and a questionnaire, applied at the beginning and at the end of the sequence, were used to analyze the before and after, besides the field diary, recorded by the author. The sequence consisted of six forty-five minute classes. The analysis of the data points to a facilitation of the significant learning of Acoustics. However, it would be important to continue the application of the data collection instruments to a larger audience and with more diverse class profiles, so that the results can lead to more conclusive and comprehensive results.

Keywords: Meaningful learning, Teaching acoustics, Acoustic, Noise Pollution, Physics teaching

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Placa de proibido som alto (parque barigui, curitiba).....	19
Figura 2- Esquema do sistema auditivo do ser humano	22
Figura 3 - Representação do ouvido externo.....	23
Figura 4 – Esquema do ossículo martelo contendo os nomes de suas partes.....	24
Figura 5 - Esquema do ossículo bigorna contendo os nomes de suas partes.....	25
Figura 6 - Esquema do estribo contendo os nomes de suas partes.....	25
Figura 7 - Esquema do ouvido médio.....	28
Figura 8 - Esquema do caminho da energia sonora no ouvido médio.....	28
Figura 9 - Esquema do princípio da assimilação baseado no esquema de moreira(2009).....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
1.1. JUSTIFICATIVA.....	6
1.2. OBJETIVOS E PROBLEMA DE PESQUISA.....	8
2. ENSINO DE ACÚSTICA.....	9
3. ACÚSTICA.....	14
4. SISTEMA AUDITIVO.....	21
4.1. SISTEMA AUDITIVO PERIFÉRICO.....	23
4.1.1. ANATOMIA.....	23
4.1.2. FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO.....	27
5. POLUIÇÃO SONORA.....	30
6. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	33
7. METODOLOGIA.....	39
8. ANÁLISE DOS DADOS.....	45
8.1. QUESTIONÁRIOS E DIÁRIO DE CAMPO.....	45
8.2. ANÁLISE DO DESENHO E DO TEXTO.....	55
9. CONCLUSÕES.....	56
10. REFERÊNCIAS.....	58
ANEXOS E APÊNDICES.....	62

1. INTRODUÇÃO

A música tem potencial para contextualização em uma aula de Física. Quando se estuda a ondulatória, é necessário que os conceitos sejam ligados aos já presentes do cotidiano do aluno, fazendo com que se relacionem e neste ponto entra a importância da música, que está constantemente presente em seu dia-a-dia, seja para seu lazer, ou em alguma publicidade, vídeo, etc.

Como a música tem esse potencial, pode também nos auxiliar a seguir as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1997) que explicitam o seguinte:

Na visão aqui assumida, os alunos constroem significados a partir de múltiplas e complexas interações. Cada aluno é sujeito de seu processo de aprendizagem, enquanto o professor é o mediador na interação dos alunos com os objetos de conhecimento; o processo de aprendizagem compreende também a interação dos alunos entre si, essencial à socialização. Assim sendo, as orientações didáticas apresentadas enfocam fundamentalmente a intervenção do professor na criação de situações de aprendizagem coerentes com essa concepção. (BRASIL, 1997, p. 61)

Existe, também, a necessidade de se formar alunos que usem seus conhecimentos científicos inseridos na sociedade, tendo noções de cidadania (BRASIL, 2002). Sendo assim, a música aparece como possível discussão referente à saúde, ambiente, relações sociais e muito mais.

A tecnologia tende a avançar e evoluir, e com isso causa mudanças, tanto nos conceitos empregados em sala de aula, como na maneira como uma aula deve ser estruturada. Esta tecnologia presente nos aparelhos reprodutores de som pode abordar todos esses pontos, fazendo com que seja escolhida para ser um dos pontos utilizados neste trabalho, iniciando discussões com os alunos. Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2000), indicam que:

A denominada “revolução informática” promove mudanças radicais na área do conhecimento, que passa a ocupar um lugar central nos processos de desenvolvimento, em geral. É possível afirmar que, nas próximas décadas, a educação vá se transformar mais rapidamente do que em muitas outras, em função de uma nova compreensão teórica sobre o papel da escola, estimulada pela incorporação das novas tecnologias. (BRASIL, 2000, p. 5)

Este poder de contextualização da música é um passo importante para que o aluno consiga articular a Física em comum acordo com outras áreas do conhecimento, como é explicitado nos Parâmetros Curriculares Nacionais. Lidar com a Física não terá sentido se não for abordada de maneira isolada, é necessária a contextualização com outras áreas, fazendo com que tudo ganhe sentido, trabalhando lado a lado, de forma integrada (BRASIL, 2002).

Portanto, este estudo busca verificar, por meio de uma sequência didática, se ocorrem indícios de aprendizagem significativa em alunos do primeiro ano do Ensino Médio, a respeito dos conceitos de acústica, utilizando a cultura musical para a contextualização, seguindo os pressupostos de Ausubel (1980). Será utilizada a relação com o funcionamento ouvido humano e os possíveis danos que aparelhos sonoros podem causar à audição, junto a discussões sobre a poluição sonora.

1.1. JUSTIFICATIVA

Ao cursar, na Licenciatura em Física, a unidade curricular chamada “Oscilações, Ondas e Acústica”, percebi o quanto me interessava aprender os conteúdos sobre a natureza dos movimentos envolvidos, bem como a linguagem científica adotada na descrição dos fenômenos. A partir deste momento, pude unir os conceitos que assimilei em sala de aula com os do meu cotidiano, e assim utilizei a Física para entender o que ocorre quando estou escutando música, algo que acompanha praticamente todas as minhas tarefas.

Portanto, se a música pode ser um exemplo de como contextualizar conceitos físicos aprendidos em sala de aula, por que não poderia ser assim para os alunos do ensino médio? A partir dessa indagação, direcionei o meu trabalho de conclusão de curso, que buscou indícios de aprendizagem significativa em alunos quando se contextualizava os conceitos de amplitude e frequência das ondas sonoras utilizando a música. Decidi, portanto, no mestrado, continuar a pesquisa utilizando a música para, no mínimo, despertar o interesse dos alunos.

Sempre que peço aos alunos para que resolvam exercícios em sala de aula, algum deles me pergunta se pode escutar música, pois muitos já tem o costume de fazer suas tarefas escutando música. Por isso também vejo, com meus próprios olhos, o quanto a música está inclusa na realidade de meus alunos. É importante ressaltar que tenho apenas alunos de escolas particulares e que sua realidade sociológica é diferente daquela dos alunos de escolas públicas.

Muitos já tiveram um professor que cantou alguma música para facilitar a aprendizagem do aluno, seja ela para que ele memorize a sequência de cores do arco-íris, ou para que ele não se esqueça dos senos, cossenos e tangentes dos arcos notáveis. Porém, muitas destas situações são apenas para uma aprendizagem mecânica (Ausubel, 1980). Além disso, apesar do ritmo e da melodia terem um poder facilitador para a memorização, nestes casos a informação está inteiramente nas letras, sem haver conexão entre a física e as características musicais em si. Podemos encontrar vários artigos nos eventos sobre ensino de ciências que tratam da música como facilitadora da aprendizagem, mas em maioria utilizando sua letra para isso, como por exemplo “Atividades Lúdicas para o Ensino de Física: Um Relato de Experiências com Estudo de Ondas Mecânicas” (GALDINO *et al.*, 2011) e

“Construção de um Instrumento Musical de Sopro para Auxiliar na Aprendizagem de Conceitos Físicos Relacionados às Ondas Sonoras” (Maeoca e Gobara (2011).

O foco desta dissertação é o ensino de acústica, conectado a temas de interesse como a cultura musical, a fisiologia da audição, e a poluição sonora. Conforme a revisão bibliográfica apresentada no primeiro capítulo, apesar da quantidade de estudos publicados sobre ensino de acústica, estes não são muitos se comparados aos trabalhos sobre outros tópicos da física, como mecânica ou eletricidade. Além disso, a maioria deles não envolve os temas principais aqui tratados. Alguns utilizam a música, mas raramente de forma contextualizada, estando limitada a uma atividade paralela para os alunos.

Outro ponto a ser observado é a pouca utilização de temas como a poluição sonora e a saúde do ouvido humano nas aulas de acústica. A poluição sonora é muito discutida atualmente, estando intimamente ligada às orientações dos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais) a respeito da inclusão do aluno no meio social, e no ganho de suas noções de cidadão. Da mesma forma a saúde do ouvido sendo discutida neste momento pode incluir a “aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação”(PCN, 2002, p.5). A discussão que permeia estes conceitos pode ter um caráter predominantemente social e buscar questionamentos aos alunos sobre os cuidados que devemos ter por uma vida mais saudável e mais harmoniosa.

Nesse contexto, a revisão de literatura apresentada na seção 2 justifica a importância do presente trabalho. Entre as publicações buscadas, poucas têm formatos ou objetivos relacionados ao tema específico deste trabalho. Além disso, a ideia de contextualizar a música, e unir a poluição sonora e a saúde do ouvido é algo que até este momento não foi encontrado nos trabalhos acadêmicos relacionados a este. Dápi a importância de motivar e auxiliar outros pesquisadores, que por algum motivo ainda não transitam nesta área, mas buscam ideias novas para a melhoria da formação de professores e para o ensino de acústica.

1.2. OBJETIVOS E PROBLEMA DE PESQUISA

A justificativa apresentada na seção anterior leva ao problema de pesquisa deste trabalho: “Como pode-se mediar a aprendizagem significativa de conceitos de acústica, utilizando uma sequência didática baseada na música, no sistema auditivo e na poluição sonora?”

O objetivo geral de pesquisa é usar a sequência didática para buscar desenvolver a aprendizagem significativa dos conteúdos de acústica, com aspectos musicais, de saúde e ambientais.

Os objetivos específicos são:

1º Realizar uma pesquisa nos anais de eventos como o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), o Encontro Nacional em Ensino de Física (ENPEC), o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), e em periódicos como Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Ciência e Educação, ENSAIO, Investigação em Ensino de Ciências, e Revista Brasileira de Ensino de Física.

2º Construir, aplicar, e analisar um questionário para a obtenção dos conceitos subsunçores dos alunos e para comparação com os conceitos adquiridos após a aplicação da sequência didática.

3º Produzir a sequência didática que englobe os conceitos de acústica, conceitos básicos de música, poluição sonora e saúde do ouvido humano.

4º Aplicar a sequência didática em sala de aula e utilizar o questionário para a obtenção dos dados.

2. ENSINO DE ACÚSTICA

Nesta seção, será apresentada uma pesquisa feita nos eventos e periódicos que discutem o ensino de física dos últimos dez anos. É importante que o leitor esteja ciente do estado atual do ensino de acústica e de suas pesquisas para que se possibilite uma reflexão acerca da necessidade de mais uma pesquisa nesta área.

Portanto, é uma busca por trabalhos que se mostrem semelhantes ao tema apresentado neste projeto. A revisão se inicia com os anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), que apresenta alguns artigos relacionados ao ensino de acústica. Foram encontrados dez artigos, porém apenas dois que relacionam a acústica com a aprendizagem significativa até o ano de 2013, “Abaixe o Volume” (DIOGO E GOBARA, 2009) e “Uma introdução para o Ensino de Ondas Sonoras (NASCIMENTO E GOBARA, 2007).

Após esta pesquisa, foi necessária uma atualização dos artigos publicados no SNEF, pois até a publicação desta dissertação foram realizados mais dois eventos, um em 2015 e outro em 2017. O SNEF realizado em 2015 publicou três trabalhos que utilizam a música como motivador da pesquisa. O primeiro deles tem como base a utilização de telefones celulares para ensinar ondas sonoras, relacionando com poluição sonora e saúde auditiva. Sua conclusão incentiva o uso de várias sequências didáticas para ensinar ondas sonoras e não apenas a que ele fez (COSTA *et al*, 2015). O segundo objetivou buscar, por meio de softwares gratuitos, melhorar o ensino de acústica do Ensino Médio (DOS SANTOS E CRUZ, 2015). O terceiro busca um ensino por projetos e desenvolveu o tema Música e Emoção, com duração de quatro meses (MACIEL E SEABRA, 2015).

No SNEF realizado em São Carlos, apenas um artigo foi aceito que utiliza a aprendizagem significativa para propor uma sequência didática que favoreça esta aprendizagem. O autor utilizou as concepções prévias dos alunos para observar a evolução dos conceitos no decorrer da aplicação da sequência, que obteve resultados satisfatórios (BAPTISTA *et al*, 2017).

Uma ferramenta de pesquisa pode ser o portal da CAPES, no qual foi encontrado apenas uma tese de mestrado referente a ensino de acústica, e é usada a aprendizagem significativa para a montagem da sequência didática. Este trabalho trata então de uma sequência didática que usa o som como tema motivador em uma turma de oitava série do ensino fundamental. O objetivo do trabalho é proporcionar

ao aluno um primeiro contato com a Física de maneira agradável, usando um tema de agrado da maioria dos alunos desta idade, a música, e fazer a relação com o aparelho auditivo, para que os alunos percebam que existe uma relação entre a Física e outras matérias de ciências estudadas até o momento (RUI, 2006).

Voltando a encontros e simpósios, os Encontros Nacionais em Pesquisa em Educação de Ciências (ENPEC) tem alguns artigos publicados nos últimos dez anos.

Dando início no IX ENPEC, existem dois trabalhos que usam a música, um sobre ensino de química tendo a música como motivação (COUTINHO, 2013) e outro busca, a partir de elementos do músico pernambucano Chico Science, o articulador do movimento artístico manguebeat, elementos do ensino de ciências (ODA, 2013).

O VIII ENPEC tem três artigos relacionados a música, o primeiro busca identificar elementos em canções do rock'n roll que possibilitem reflexões sobre a ciência (GOMES, 2011). De acordo com os autores deste artigo, é possível observar um discurso sobre a ciência na canção analisada, a partir da perspectiva *bakhtiniana* e com isso obter um espaço de discussão dentro da sala de aula. O segundo é uma análise de temas de ciência e tecnologia abordados pelas canções de Huberto Gessinger (MORI, 2011). Neste trabalho os autores concluem que é necessária a investigação da integração destas canções analisadas em situações de ensino. O terceiro propõe a aplicação do enfoque Ciência, tecnologia e sociedade no ensino de Física, usando a história da Música e da Física no período Barroco (GRILLO, 2011). A conclusão foi que no período do Barroco e da Revolução Científica tivemos a produção da base dos conhecimentos que temos hoje, nas ciências, artes, tecnologias e conhecimentos gerais. Com enfoque CTS, é importante o estudo neste período para motivar e ensinar como é fazer ciência, incluindo a sua contribuição social.

Já no VII ENPEC, apenas um trabalho que envolve conteúdo parecido foi visto, e se trata da produção do som pelo corpo humano, investigando se os alunos são capazes de construir um modelo explicativo que descreva isso (NASCIMENTO, 2009).

O VI ENPEC trouxe dois trabalhos relacionados à música, sendo o primeiro sobre uma pesquisa histórico-epistemológica do desenvolvimento da acústica musical no Renascimento (PEREIRA, 2007). O segundo tem como objetivo mostrar evidências

de que os conhecimentos da Física podem ser critérios para a compreensão de aspectos de uma vida saudável (BASTOS, 2007). Neste artigo foram usados conhecimentos da Física na fisiologia da audição e da fonoaudiologia para complexificar os instrumentos de leitura do cotidiano.

No V ENPEC, em Bauru, não foram encontrados trabalhos relacionados à música, ou ensino de acústica, mostrando que este trabalho em ensino de acústica, com a música como foco, e a Aprendizagem Significativa como eixo teórico tem potencial e pode trazer boas novidades ao Ensino de Ciências.

Para que a pesquisa possa se justificar, além do SNEF e do ENPEC, foram encontrados artigos no Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), nos últimos dez anos e na Revista Brasileira de Ensino de Física.

Na procura por trabalhos no EPEF, não foram encontrados, nos anos de 2006, 2014 e 2016, trabalhos que usassem música como motivadora para o ensino de acústica, além de não existirem abordagens ao ensino de acústica de maneira geral. Nos últimos dez anos, ocorreram apenas seis edições do Encontro, porém em metade delas o assunto não foi tratado, o que justifica a iniciativa da presente pesquisa.

Partindo para os que continham trabalhos, no XI EPEF, em 2008, foram encontrados três trabalhos, entre eles um artigo que chamou mais atenção, um trabalho de levantamento de dados a respeito de trabalhos anteriores sobre ensino de acústica, ou seja, o resultado de uma pesquisa bibliográfica que objetiva identificar tendências teóricas e metodológicas, instrumentos de coleta e tratamento de dados utilizados em trabalhos que tinham como objetivo utilizar a transposição didática, som, ondas, ondas sonoras e acústica (JARDIM, 2008).

Dos dados obtidos por JARDIM, 2008, foram observados cinco artigos submetidos no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, sendo que nenhum deles trata diretamente da música como motivação para o ensino de acústica. Continuaram a pesquisa por vários meios de publicação, A Revista Ciência e Educação, ENSAIO, Investigação em Ensino de Ciências e Revista Brasileira de Ensino de Física encontrando mais 25 trabalhos que tratassem dos temas procurados. Porém, nenhum tratando da música, seja como tema principal ou como motivação para o ensino de acústica ou ondas sonoras. Grandes meios de

publicação não contém trabalhos utilizando a música, ficando mais raros a cada momento da pesquisa.

Como já foi dito, no ano de 2008, foram publicados três trabalhos, um já discutido, portanto restam dois. O conceito de ondas sonoras nos livros didáticos é o foco principal de outro, onde o artigo apresenta resultados de uma investigação a respeito do conteúdo de ondas sonoras nos livros didáticos de física dos anos 1927, 1941, 1958 e 1959 (ERROBIDART, 2008). A conclusão retirada da análise foi a grande abordagem teórica com ênfase nos aspectos qualitativos dos assuntos, uma preocupação em contextualizar o conteúdo, a descrição de experimentos.

Por fim, uma relação de física com a poluição sonora, tema abordado na sequência didática apresentada no produto desta dissertação. MATTOS(2008), apresenta evidências de que os conhecimentos da física podem ser utilizados como critérios para a compreensão de situações de uma vida auditiva saudável e a partir de uma análise para estudar a dinâmica do perfil conceitual, afirma que os estudantes passam a incluir em seu dia-a-dia conhecimentos físicos, ligados à poluição sonora.

No XII EPEF, foram encontrados dois artigos a respeito de ondas sonoras. Souza (2010), discute a importância de se distinguir claramente as possíveis caracterizações de uma onda sonora e descreve uma experiência simples para mapear a intensidade sonora no interior de um tubo ressonante. Já BERNARDO, 2010, utiliza a Música Popular para o ensino da reflexão da luz. A utilização da música, neste caso, se dá a partir da poesia contida nesta.

Para finalizar os artigos encontrados no EPEF, temos o organizado em 2012 e que obteve apenas uma publicação a respeito de ondas sonoras. SANTOS, 2012, faz uma análise de como o tema poluição sonora é tratado nos livros didáticos, em sua maioria, no guia do PNLD de 2012. Concluiu que o tema é abordado de maneira meramente disciplinar e que são omitidos os aspectos de relações de ciências, tecnologia e sociedade.

Analisando todos estes trabalhos, pode-se observar a existência de vários que utilizam o tema acústica ou até ondas sonoras, porém, poucos que de fato se apropriam da música como contextualização do conceito. Também deve-se perceber que a poluição sonora é algo pouco abordado da maneira que se aborda nesta dissertação, sendo um tema importante, se considerarmos o crescimento das

idades e da população. Utilizar isto em aulas de física e principalmente nas aulas de acústica tem seu valor e pode ser um grande auxílio ao professor.

3. ACÚSTICA

Se este estudo se caracteriza por uma pesquisa em ensino de acústica, e tem como foco a música, a poluição sonora e a audição humana, devemos definir os conceitos científicos usados para a formação da sequência didática. Como já foi dito, abordaremos noções de música na sequência, então é necessário que sejam disponibilizados os conceitos físicos que a integram. Por isso deve-se entender o que é som e suas características e como elas influenciam a música.

Portanto, iniciamos a discussão a partir disto. O som é um fenômeno no qual as moléculas de ar vibram e causam uma variação da pressão. É uma onda longitudinal e se propaga aproximadamente em forma de esfera, se sua fonte for considerada pontual e suas reflexões forem ignoradas. A fonte, pode ser qualquer tipo de fenômeno que cause uma oscilação que origine ondas de pressão no ar.

“Um fluido como a atmosfera não pode transmitir tensões tangenciais, de modo que as ondas sonoras na atmosfera são ondas longitudinais, associadas a variações de pressão, ou seja, a compressões e rarefações, como as ondas ao longo de uma mola.” (NUSENZVEIG, pag 123, 1983)

Ou seja, podemos pensar em bloquinhos de ar se movimentando de forma harmônica, variando suas posições e em seguida voltando para o mesmo lugar, causando as tais compressões e rarefações, como dito acima por Nussenzveing, isso a partir de uma fonte sonora. Por exemplo, um aparelho muito utilizado por alunos, o fone de ouvido, faz o ar que está dentro do canal auditivo vibrar, causando variações de pressão. O canal auditivo será melhor explicado na próxima seção, porém, resumidamente, é um pequeno tubo, preenchido por ar e que permite que a vibração chegue aos demais órgãos. Nosso sistema auditivo faz a leitura da vibração e interpreta isso com o som.

As características principais do som se dão em três variáveis físicas: intensidade, frequência e timbre.

Frequência é o número de oscilações em um determinado espaço de tempo em que essas oscilações ocorrem. Ou seja, o número de ondas que passa em um determinado referencial por um intervalo de tempo. A unidade de frequência é dada em oscilações por segundo, e é conhecida como hertz (Hz). O ser humano tem uma faixa de frequência audível, que fica entre 20 e 20.000 Hz, sendo abaixo disso o infra-som e acima o ultra-som.

“Oscilações harmônicas podem produzir sons audíveis somente num intervalo limitado de frequência, aproximadamente entre 20Hz e 20kHz (um bom aparelho de som deve ser capaz de reprodução fiel dentro desta faixa)”. (NUSSENZVEIG, pag 122, 1983)

Dentro desta faixa audível, observa-se que o ouvido percebe as frequências de maneira não linear, e com experiências demonstra-se que o ser humano obedece a Lei de Weber-Fechner de estímulo, segundo a qual as sensações variam como o logaritmo dos estímulos que as produzem (JUNIOR, 2012). Um exemplo, no caso da audição, é que o ouvido humano tem um limite inferior para distinguir entre dois sons de intensidades próximas, mas fisicamente, em termos das duas intensidades escutadas, este limite não é expresso por uma subtração, e sim por uma divisão entre elas. Isso significa que a relação entre sensação e estímulo é logarítmica, ou seja, enquanto os estímulos respeitam uma progressão geométrica, as sensações correspondentes no ouvido seguem uma progressão aritmética. E verifica-se uma relação análoga para a percepção das frequências. (TAKA et al, 2011)

Porém, qual a relação da frequência com a música? Uma frequência definida representa uma nota musical, ou seja, se observar o piano, cada tecla representa uma nota, portanto uma frequência fundamental. É necessário ter isso em mente para poder discutir a relação entre este conceito físico e os sons que escutamos e o que isso pode causar ao ouvido humano. Mas o som não depende apenas da frequência, como será visto a seguir.

Outra grandeza física com grande influência no som é a intensidade, que é a quantidade de energia contida na vibração, sendo vista como maior ou menor

amplitude de vibração. A menor intensidade sonora audível ficou tabelada como um valor médio da população e é na ordem de $10^{-6}W/cm^2$.

“A intensidade de uma onda sonora em uma superfície é a taxa média por unidade de área com a qual a energia contida na onda atravessa a superfície ou é absorvida pela superfície”.(HALLIDAY, RESNICK e WALKER, pag 158, 2012)

A intensidade (I) depende diretamente da potencia da fonte sonora, sendo definida pela equação:

$$I = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Onde P é a potência da fonte e A a área de atuação. Já a potencia P é a energia E dividida pelo tempo Δt :

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad (2)$$

Portanto, quando substituímos a potencia na equação da intensidade temos:

$$I = \frac{E}{A \cdot \Delta t} \quad (3)$$

E qual a importancia desta equação? Ela nos mostra que a intensidade do som decairá com o quadrado do raio da esfera. Ou seja, o som se propaga em forma de esfera e, por isso, sua intensidade cai com a distância da fonte. É por isso que quando vamos a um show, temos dificuldade em ficar próximos às caixas de som. Intensidade, neste caso, é praticamente máxima. Isso também explica o porque de alguns artistas da música terem problemas de audição depois de anos nesta atividade, ficam muito expostos ao som, durante muito tempo, causando danos irreversíveis ao sistema auditivo. Ou seja, quanto maior a intensidade da onda sonora, maior será o volume do som.

É necessário que se utilize a Lei de Weber-Fechner, ou seja, a escala logarítmica para observar a percepção da intensidade do som pelo ouvido humano (JUNIOR, 2012). Chamamos então essa escala de nível sonoro, cuja unidade tem o nome de bel, em homenagem ao cientista britânico Alexander Graham Bell (1847-1922), que teve a primeira patente registrada do telefone, e foi professor de surdos, acústico, inventor e pintor (Eisberg, 1982). Como a escala fica muito reduzida

apenas usando o Bel, usamos o prefixo deci para então chegar ao usual décimo do Bel, ou seja, o decibel (dB). Matematicamente esta escala é dada por:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Sendo β o nível sonoro, I a intensidade sonora de um determinado som e I_0 a menor intensidade percebida pelo ser humano.

Em aprendizagem, quando se fala das relações das percepções do ouvido humano com as propriedades físicas da onda, aparece um problema instrucional devido à diferença entre a linguagem científica e a do cotidiano, especificamente quando o som é classificado como *baixo* ou *alto*. Para esclarecer isso melhor, nos parágrafos seguintes é discutida uma revisão baseada em diversos materiais publicados.

Aprende-se nos livros didáticos que uma onda sonora com frequência pequena é percebida pelo ouvido como um *som baixo*, e que um *som alto* é aquele que se percebe quando a frequência é grande. Isso cria a relação entre a frequência da onda e a *altura* do som escutado, mas essa palavra é entendida pela Ciência como a diferença entre grave e agudo, ou seja, numa nota musical, as variações na *afinação*. Já nas conversas informais do cotidiano e mesmo nas informações divulgadas pelos jornais, televisão e internet, são os sons de pequena *amplitude*, e não os de pequena frequência, que recebem a classificação de *som baixo*, fazendo agora pensar na sensação de pouco volume, que é um baixo valor na escala decibel, sendo um *som alto* o que tem grande amplitude, muito volume¹.

¹ A confusão mencionada no ensino de Acústica, sobre os significados das expressões em português "som alto" e "som baixo", na língua inglesa é menos crítica, pois os significados não se alteram na linguagem coloquial e na científica. Para a afinação ("*pitch*", altura ou frequência) se usa *high-pitched sound* e *low-pitched sound*, ao passo que para o volume ("*loudness*", nível sonoro em decibéis), se usa *loud sound* e *low sound*.

No caso tratado aqui, existe um conceito cotidiano dos alunos, que não se pode dizer que está errado, mas que contradiz os livros por causa do uso da linguagem. Essa confusão de termos acaba sendo uma barreira a mais para o aprendiz. Tendo isso em vista, um caminho possível para tratar do problema é investigar com mais cuidado alguns materiais disponíveis para o público que usam o termo “altura” para classificar um som.

Dois livros padrão de ensino médio distinguem as grandezas, altura e intensidade do som, deixando claro que existe um vocabulário científico a ser utilizado. Ferrano e colaboradores (2013, p.449) definem: “A *altura* é a *qualidade* que nos permite classificar os sons em graves e agudos, estando relacionada com a *frequência do som*.”. Já para Xavier e Barreto (2015, p.559), “A *altura* está relacionada com a *frequência da onda sonora* e recebe a *qualidade de som grave ou agudo*.” Observa-se o cuidado destes autores ao dar importância a essas relações. Já para Ferrano e colaboradores (2013, p.450), “A *intensidade* é a *qualidade* que nos permite classificar um som em forte ou fraco. Essa *qualidade* está relacionada com a *energia transportada pela onda*”, e para Xavier e Barreto (2015, p.560), “o *som forte ou fraco* expressa a *maior ou a menor intensidade do som*”. Aqui também se percebe um cuidado para não negligenciar o vocabulário científico, mesmo sendo no ensino médio. Portanto, as informações básicas a respeito dessas relações são encontradas nos livros e de maneira clara e direta. Porém, não existe nenhum alerta ou aviso para o leitor, a respeito da confusão existente entre vocabulários científico e cotidiano. Não é dito que a palavra altura, utilizada no dia-a-dia, consiste aqui em um som com pouca ou muita frequência, e não em um som com pouco ou muito volume.

Por outro lado, em duas matérias divulgadas por um dos jornais mais lidos em Curitiba, os redatores adotam conceitos semelhantes. Uma das matérias trata do barulho que pode ser causado pelo Carnaval e discute a legalidade do som forte feito nesta época (NEITSCH, 2017). São expostos alguns limites de decibel e a palavra *alto*, aqui remetendo ao *volume* do som, é utilizada em duas ocasiões, sendo uma delas quando é exposta a ideia de utilizar o som intenso em bairros pacatos da cidade:

“Durante o feriado, talvez aqueles que não gostam da festa precisem tolerar mais barulho que o habitual, especialmente se morarem em regiões onde haja concentração para festas de rua. Mas isso não

significa que um vizinho que more em uma região pacata poderá manter **som alto** e bagunça 24 horas por dia, do sábado até a quarta-feira de cinzas. Em uma situação de incômodo cabe o bom-senso antes de reclamar ou denunciar.”(Neitsch, 2017 - grifo do autor)

Desconsiderando possíveis equívocos nesta matéria, o autor não causa problemas com as palavras, pois fala pouco em som alto e mais na intensidade e nos limites de decibel, o que mostra critério na redação. Já na segunda matéria, o autor utiliza a fala de um vigia de hospital que reclama de excesso de barulho em locais públicos e este vigia utiliza a linguagem coloquial, com a palavra alto rementendo ao volume do som: “O problema é que, ao avistar a viatura, quem está com o som *alto* abaixa o volume e aí não sobram provas para que a polícia possa fazer algo mais palpável”.



Figura 1- Placa de Proibido som alto (Parque Barigui, Curitiba)

Fonte: FAVRETTO, 2012. Disponível em:

<http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/pm-vai-apreender-som-que-estiver-com-volume-alto-30rrccou1peqxbz29phczqlou>

Pelo que indicam sobre os possíveis significados a linguagem coloquial dá a estes termos que envolvem as características dos sons, é relevante incluir neste levantamento textos extraídos de páginas de internet sobre dúvidas sobre o uso do som ou para auxílio ao público em geral. Foram encontradas passagens a respeito da perturbação causada por sons, seja em residências ou em ambientes públicos e de trabalho. Em sua maioria, estes sites utilizam o termos *som alto* para remeter ao volume do som, ou seja, mesmo quando são mencionadas Leis a respeito dos

limites, a linguagem utilizada é a coloquial. A publicação de Dani Costanti (2014) no site “Vale Independente – O seu jornal digital”, existe uma passagem que exemplifica essa situação. A matéria fala a respeito das orientações da Polícia Militar quanto aos problemas com infrações da Lei do sossego, expondo:

“Portanto, não há uma hora determinada que a pessoa possa utilizar o **som alto**, sendo que a qualquer hora do dia ou da noite, dependendo do volume que a pessoa utilizar o aparelho de som, com volume que venha a perturbar o sossego e com isso incomodar os vizinhos, estes poderão solicitar a presença da policia para lavratura do Boletim de Ocorrência para uma posterior ação penal contra aquele que é causador da perturbação” (Costanti, 2014 - grifo do autor)

Percebe-se que o *som alto* remete ao *volume* do som e não a sua frequência, sendo então utilizada a linguagem cotidiana e não a científica.

Entende-se no presente trabalho que essa questão deve ser esclarecida nas aulas e nos livros de Física, buscando formas de chamar a atenção dos aprendizes a respeito das diferenças de linguagem.

Por fim o timbre é a característica que faz diferenciarmos dois sons de mesma frequência, como por exemplo uma nota tocada em um piano e a mesma em um violino. Em termos de representação gráfica, o timbre é a forma de onda da vibração sonora. Sendo o timbre algo tão importante, deve-se discuti-lo em sala de aula, de alguma forma, para que os alunos percebam o que ocorre quando temos timbres diferentes. Dois cantores podem emitir notas com a mesma frequência, porém com vozes diferentes? A resposta é sim, porém teremos timbres diferentes.

O ruído pode gerar algumas dúvidas em sua definição, pois há uma usada no dia-a-dia e outra física. A noção mais popular está relacionada à percepção do barulho, ou seja, é um “rumor produzido pela queda de um corpo; qualquer estrondo; boato; fama.” (BUENO, 2000). Já na Física o ruído é um som muito complexo, não periódico e sem componentes harmônicos definidos, oriunda da interferência confusa e desarmônica de sons de várias fontes. Na seção sobre Poluição Sonora trataremos mais a respeito do que é o ruído, no dia-a-dia e uma versão mais científica dele.

4. SISTEMA AUDITIVO HUMANO

Tendo sido revisados alguns conhecimentos dos conceitos de física que envolvem o som, e portanto, a música, devemos agora entender como funciona o ouvido humano e o que os sons podem causar a este aparelho tão cheio de detalhes. Da mesma forma que a Física é importante para que se faça toda essa relação que será atingida na sequência didática, também devemos ter conhecimento a respeito do funcionamento do ouvido. A relação é direta com a música e como vivemos em uma época de tecnologias avançadas, temos fones de ouvido e aparelhos de som super sofisticados, porém, o que eles podem causar ao nosso sistema auditivo pode ser um problema, então, devemos entender todo o funcionamento deste.

Para toda esta seção, utilizaremos como base uma dissertação de mestrado defendida na Universidade do Porto a respeito do estudo biomecânico para reabilitação do ouvido médio humano (GARBE, 2010), que inclui uma revisão em termos didáticos a respeito do órgão auditivo e dos ossículos.

O ouvido humano é o órgão responsável pela audição, um dos cinco sentidos básicos, e que transforma as vibrações externas que se propagam através do ar em impulsos elétricos para o cérebro. O sistema auditivo divide-se em duas partes: sistema auditivo periférico e sistema auditivo central. O periférico é dividido em ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno, enquanto o sistema auditivo central contém o nervo e o córtex auditivo.



Figura 2: Esquema do sistema auditivo do ser humano

Fonte: Brasil escola, Disponível em
 <[http://brasilecola.uol.com.br/upload/e/ouvido\(1\).jpg](http://brasilecola.uol.com.br/upload/e/ouvido(1).jpg)>. Acesso em 9 Ago. 2016

O ouvido humano, de acordo com Henrique (2002 apud Garbe, 2010) é o órgão que nos permite perceber e interpretar ondas sonoras em um limiar de frequências entre 16 Hz e 20kHz e intensidades entre 0 dB e 130 dB. Resumindo o processo de audição, o ouvido externo capta os sons, dando o caminho para a onda até o ouvido médio. Por meio da membrana timpânica, os movimentos de pressão e descompressão fazem com que a energia se transfira à cadeia ossicular. Os ossículos do ouvido médio são articulados de maneira que o movimento de um deles interfere indiretamente no outro (Garbe, 2010). Existe uma transformação de energia, de mecânica para hidráulica por meio da movimentação dos ossos. O estribo, pela movimentação dos outros dois ossos, também se move de encontro à janela oval da cóclea, fazendo com que a vibração se propague para os líquidos do ouvido interno. Estas vibrações são captadas pelas terminações das células nervosas da cóclea e então transformadas em impulsos elétricos para o cérebro, transformando novamente a energia, mas dessa vez de hidráulica para elétrica e por fim dando a sensação do som. Nas seções seguintes, estas etapas serão abordadas mais detalhadamente.

4.1. SISTEMA AUDITIVO PERIFÉRICO

4.1.1. ANATOMIA

Para que se possa entender melhor todo o funcionamento do ouvido, é preciso o conhecimento de sua anatomia, que será abordada nas aulas da sequência didática. O sistema auditivo periférico é dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno. O ouvido externo é composto do pavilhão auricular, mais conhecido como orelha, e do canal auditivo externo.



Figura 3 – Representação do ouvido externo

Fonte: Garbe(2010, p. 6)

O pavilhão auricular tem função de possibilitar uma melhor transferência de energia entre o ambiente exterior e o canal auditivo, além de ajudar na localização da fonte sonora. O tímpano, ou membrana timpânica, fecha o fundo do canal auditivo, tendo a forma aproximada de um cone que oscila sem se soltar. Sua função é de transmitir o som do ar para o ouvido médio, ou seja, converte as vibrações do ar para vibrações no sólido, sendo assim transmitido aos ossos.

O ouvido médio, conhecido como caixa do tímpano, é uma cavidade com ar que contém três ossículos: o martelo, a bigorna e o estribo (cadeia ossicular). A

função destes ossículos é de converter, mecanicamente, as vibrações do tímpano em ondas de pressão. Podem também, como forma de proteção, reduzir a pressão sonora, para que a sensibilidade seja diminuída no caso de estímulos muito intensos. A caixa do tímpano também contém seis ligamentos, dois músculos e respectivos tendões e uma porção do nervo facial, além da mastóide e da trompa de Eustáquio, ou tuba auditiva.

O martelo é o primeiro ossículo, estando inserido na camada intermédia da membrana timpânica, e divide-se em cabeça, colo, cabo e duas apófises e tem dimensões na ordem do milímetro.



Figura 4 – Esquema do ossículo martelo contendo os nomes de suas partes (comprimento entre 7,6mm e 9,1mm e tem massa de cerca de 22 a 24mg)

Fonte: Sabotta, 2000, p. 385

A bigorna é o segundo ossículo e está situada atrás e para dentro do martelo. É dividida em um corpo e três apófises e tem peso médio de 25mg.

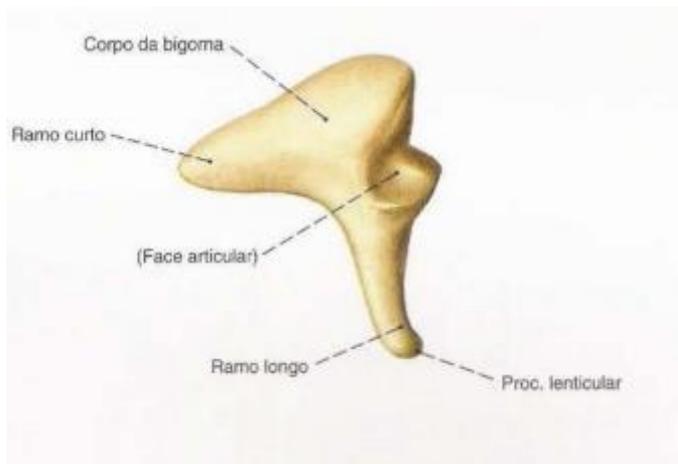


Figura 5 – Esquema do ossículo bigorna contendo os nomes de suas partes

Fonte: Sabotta, 2000, p. 385

O estribo é o terceiro ossículo e é o menor osso do corpo humano. Pesa em média 2mg e divide-se em cabeça, colo, crura anterior, crura posterior e platina, que é uma pequena placa óssea irregular e oval que se insere na janela oval.

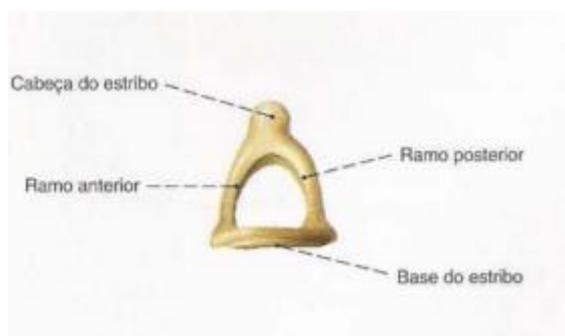


Figura 6 – Esquema do estribo contendo o nome de suas partes

Fonte: Sabotta, 2000, p. 385

O estribo passa as vibrações para a janela oval, que é a porta do ouvido interno, uma membrana que cobre a abertura da cóclea.

O ouvido interno divide-se em labirinto ósseo e labirinto membranoso, além de conter dois líquidos, a enolinfa, que se encontra no labirinto membranoso e a perilinfa, que está entre o labirinto membranoso e o labirinto ósseo. Ele

funciona com a cóclea, responsável pela audição e o vestíbulo e os canais semicirculares, responsáveis pelo equilíbrio, todos receptores sensoriais. O labirinto ósseo constitui-se pelo vestíbulo, canais semicirculares e a cóclea, que se comunicam, direta ou indiretamente com o canal auditivo interno.

O trajeto da energia, das ondas de pressão, começa na janela oval e termina na membrana coberta pela janela redonda, isso tudo dentro da cóclea. Essa é dividida em três seções: rampa vestibular, rampa média e rampa timpânica. A média tem duas fronteiras, a membrana de Reissner e a membrana basilar. A primeira separa a rampa vestibular da média e tem como função separar os líquidos das duas rampas, por terem origens e composições químicas diferentes. A membrana basilar separa a rampa média da timpânica e é a parte mais importante da cóclea, pois é o local que se encontra o órgão de Corti, que tem cerca de 13 mil células ciliadas que recebem a energia.

4.1.2. FISILOGIA DA AUDIÇÃO

Agora que já se conhece as partes do ouvido humano, o próximo passo para se estar preparado para a sequência didática é entender o seu funcionamento e como isto estará nas aulas.

O som é uma onda tridimensional, como já foi dito, e transporta energia quando se propaga. Existe uma sequência de transformações desta energia dentro do sistema auditivo do ser humano, iniciando como energia mecânica na oscilação do ar, em seguida transferindo essa energia, ainda mecânica, para os ossículos, que a transmitem para os líquidos do ouvido interno e que depois se transforma em energia elétrica para o cérebro. Sua vibração sofre a mudança de meio algumas vezes. O aluno precisa entender estes conceitos para que possa ligar a ideia do volume do som. Se o volume está forte, será possível que ocorra algum dano ao ouvido, visto que a vibração vai do ar para os ossículos?

Voltando ao funcionamento do sistema auditivo, o pavilhão auricular capta as ondas sonoras que são direcionadas pelo canal auditivo externo e em seguida chegam à membrana timpânica. A pressão do som é amplificada pelo canal auditivo, que também protege o ouvido e quando o ar chega à membrana timpânica, faz com que ela vibre, com a mesma frequência, para frente e para trás, transmitindo assim, a energia aos ossículos.

Existe então uma conexão entre os ossículos, a membrana é conectada ao cabo do martelo, que por sua vez é conectado a bigorna e esta ao estribo. A membrana vibrando, transfere a energia, que se torna uma movimentação no cabo do martelo, fazendo com que vibrem, mecanicamente, cada um dos ossículos, então transmitindo a energia pelo ouvido médio. Percebe-se que nesta mudança de meio, do ar para a membrana e em seguida para o martelo, se a vibração tem grande amplitude pode acabar por danificar alguns dos ossículos, pois estes vibrarão de acordo com o estímulo. Portanto, a relação do volume do som com este funcionamento estará dentro da discussão utilizada na sequência didática.

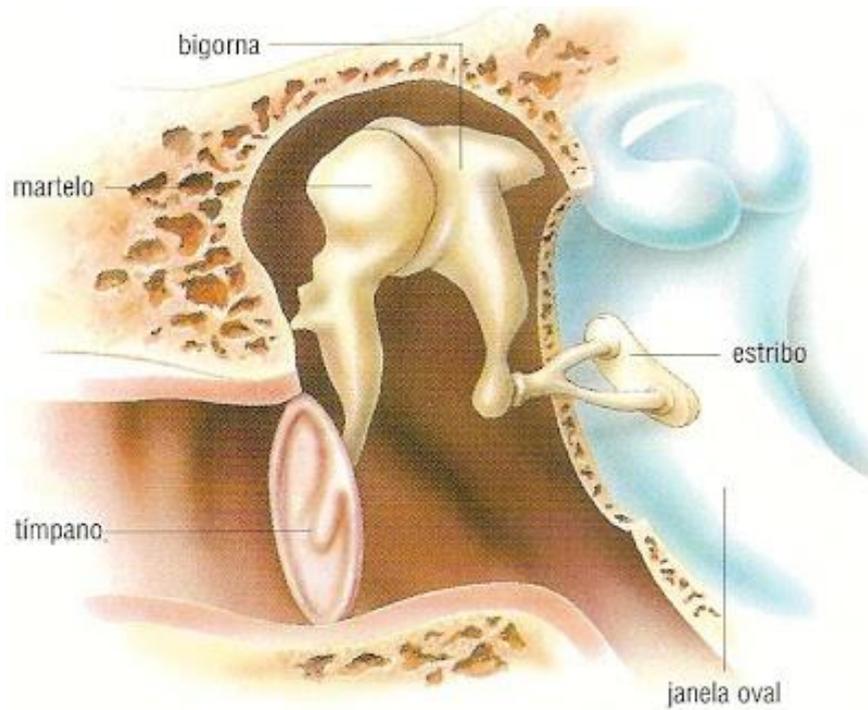


Figura 7 – Esquema do ouvido médio

Fonte: Anônimo, 2016. Disponível em
 <http://2.bp.blogspot.com/_qugjzoZGP_Q/SGAmEoPJkII/AAAAAAAAADWA/Q7jRbcuq2so/s400/Digitalizar0002.jpg>. Acesso em 20 Ago. 2016

O caminho da energia sonora no ouvido médio segue o esquema abaixo:

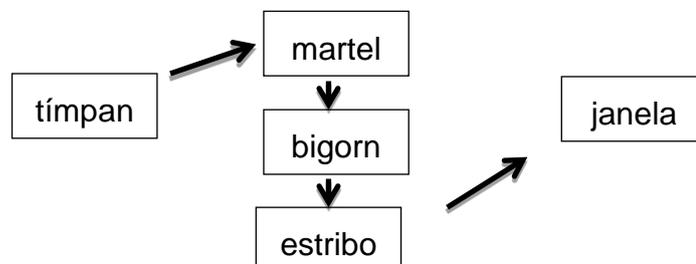


Figura 8 – Esquema do caminho da energia sonora no ouvido médio

Os ossículos aumentam as vibrações, pois se estas fossem diretamente para a janela oval, não haveria pressão suficiente para mover o líquido coclear, devido à inércia do líquido ser maior do que a do ar, causando assim um problema na audição. Como a membrana timpânica capta as ondas sonoras, e tem área maior do que a da janela oval, captando assim mais energia, há a transferência para os ossículos, como já foi dito. Com a captação da energia sendo maior, é possível movimentar o líquido coclear.

Conforme o movimento dos ossículos acontece o estribo faz a janela oval se mover para dentro, vibrando assim a perilinfa da rampa vestibular. Com isso a pressão aumenta e desloca a membrana basilar para dentro da rampa timpânica, forçando o líquido a se movimentar na direção da janela redonda e a fazendo arquear para fora. Da mesma forma, quando o estribo é forçado para fora, o processo é invertido, e faz com que a janela redonda fique arqueada para dentro. Um vídeo que esclarece estes movimentos pode ser assistido no site Youtube (Anônimo, 2013) disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JQHo7ddJzqk>.

O órgão de Corti tem células ciliadas que vibram de acordo com a movimentação da membrana basilar, flexionando os cílios nos pontos de contacto com a membrana tectória (Garbe, 2010, pag 19). Isto excita as células sensoriais, gerando impulsos nas terminações nervosas filamentosas da cóclea. Então o nervo coclear transmite estes impulsos até os centros auditivos do tronco encefálico e córtex cerebral, convertendo a energia mecânica no líquido em energia elétrica.

“Após atravessarem o nervo coclear, os estímulos são transmitidos aos centros auditivos do tronco encefálico e córtex cerebral, onde são processados. Os centros auditivos do tronco encefálico relacionam-se com a localização da direção do som e com a produção reflexa de movimentos rápidos da cabeça, dos olhos ou mesmo de todo o corpo, em resposta a estímulos auditivos. O córtex auditivo, localizado na porção média do giro superior do lobo temporal, recebe os estímulos auditivos e interpreta-os como sons diferentes.”(Garbe, 2010, p. 20)

Com essas noções sobre o funcionamento do ouvido humano, podemos fazer reflexões a respeito de como o som se propaga por ele. Tendo isso em mente, a relação com a saúde auditiva se torna mais simples e se pode utilizar isso na sequência didática.

5. POLUIÇÃO SONORA

É necessário que se apliquem os conceitos, de física e da anatomia e fisiologia do ouvido humano em sala de aula e por isso a paisagem sonora se torna um conceito importante. Ela nos ajuda a fazer a relação direta entre os conteúdos e a vivência dos alunos.

Qualquer ambiente sonoro visto como campo de estudo é chamado de paisagem sonora. Isso significa que se engloba todos os sons do ambiente, sejam agradáveis ou não, de acordo com a opinião da população residente, colocando estes no centro do processo. Ela pode ser uma composição musical, uma propaganda de rádio ou um ambiente acústico.

De acordo com Schafer (2001), em seu livro “A afinação do mundo”,

“Em uma sociedade verdadeiramente democrática, a paisagem sonora será planejada por aqueles que nela vivem, e não por forças imperialistas vindas de fora.”(Schafer, 2001, p. 12)

É necessário que a paisagem sonora dos ambientes seja estudada e analisada de um ponto de vista social, econômico e científico. Reunir profissionais de várias áreas para estudar e, talvez, conseguir controlar o comportamento do som no ambiente, antes de simplesmente colocar um som de maneira indiscriminada.

Obviamente deve existir um analista desta paisagem, um estudioso, que tem o dever de encontrar o que há de mais importante dentre os tantos sons do ambiente.

“O que analista da paisagem sonora precisa fazer, em primeiro lugar, é descobrir os seus aspectos significativos, aqueles sons que são importantes por causa da individualidade, quantidade ou preponderância.”(Schafer, 2011, p. 25)

A música está diretamente ligada ao estudo da paisagem sonora, e além disso, com o momento político e econômico de uma sociedade. Se a música está tranquila, a sociedade também está, porém, se é perceptível a tristeza, percebemos uma sociedade em decadência. Um bom exemplo deste acontecimento são as

músicas produzidas na ditadura militar do Brasil dos anos 60 e 70, que continham grandes protestos dentro de suas letras complexas.

Schafer também ressalta que,

“Desde algum tempo, eu também acredito que o ambiente acústico geral de uma sociedade pode ser lido como um indicador das condições sociais que o produzem e nos contam muita coisa a respeito das tendências e da evolução dessa sociedade.”(Schafer, 2001, p. 23)

Desse modo, podemos também tentar relacionar a poluição sonora com o momento social de um determinado local. Será que um local com maior poluição sonora terá uma maior dificuldade estrutural em sua política ou economia? São perguntas como essa que podem e devem ser discutidas em sala de aula e o momento certo para isso pode ser no ensino de acústica.

Como a ideia é utilizar a música na sequência didática a ser feita, devemos também buscar alguma definição para ela. No mesmo livro, Schafer (2011) dá uma definição muito interessante que diz: “Hoje, todos os sons fazem parte de um campo contínuo de possibilidades, que pertence ao domínio compreensivo da música. Eis a nova orquestra: o universo sonoro!”.

Esta definição, até certo ponto poética, nos mostra como qualquer som pode ser considerada música, pois, lembre-se dos sons das músicas que escuta. Muitas dessas acabam por ter sons da natureza, outras tem sons mais eletrônicos e algumas utilizam instrumentos diversos que acabam por serem encontrados no dia-a-dia. Porém, uma música pode ser considerada como ruído?

Para isso, é necessário que se defina o que é ruído. Schafer (2011) lista quatro definições para o ruído: Um som não-musical, que contradiz a definição de música aplicada acima, pois qualquer som pode ser música. Qualquer som forte é a segunda, porém, um som forte, significa um som de volume alto e para isto existem regras de convivência, o que, em teoria controlaria o ruído. O ruído pode ser usado como um distúrbio em qualquer sistema de sinalização, algo mais voltado a sistemas eletrônicos e não ao som. Por fim, ele utiliza a definição de The Oxford English Dictionary, o ruído é “um som indesejado”.

Se pensarmos no som, é mais prudente e interessante levarmos em consideração a primeira definição, o que nos leva à conclusão de que a música pode, sim, ser um ruído para algumas pessoas e não para outras.

Então, existe uma relação crítica a ser utilizada sobre a música e o ambiente no qual ela está inserida, seja socialmente, seja economicamente. É interessante ressaltar que faremos uma sequência didática para alunos do ensino médio que devem sempre utilizar esse raciocínio crítico, então discussões como esta são de grande importância.

Nesta sequência o conceito de poluição sonora é bastante utilizado e com isso vem o questionamento: o que é poluição sonora? Para responder, utiliza-se a Lei Nº 8583/1995 (Brasil, 1995) da cidade de Curitiba, que defini poluição sonora como: “Toda emissão de som que, direta ou indiretamente seja ofensiva ou nociva à saúde, à segurança e ao bem estar da coletividade ou transgrida as disposições fixadas nesta lei.” Disposições essas que “proíbem perturbar o sossego e o bem estar público com ruídos, vibrações, sons excessivos ou incômodos de qualquer natureza, produzidos por qualquer forma ou contrariem os níveis máximos de intensidade, fixados por esta lei.” (BRASIL, 1995)

A poluição sonora pode causar danos a saúde? Se lembrarmos do que foi dito na seção anterior, o ouvido humano é um sistema muito sensível, com componentes muito pequenos e de extrema importância. Ao escutar um som forte, podemos causar sérios problemas ao aparelho auditivo. Portanto, a poluição sonora pode causar desconforto e até lesões ao ouvido. Além disso, existe o estresse, um problema recorrente dos tempos modernos, e que pode ocorrer devido ao intenso ruído de uma cidade grande. Tudo isso pode ser utilizado em uma sequência didática sobre acústica, como a implementada neste trabalho.

6. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para a montagem da sequência didática ser efetiva, é desejado que se escolha uma teoria de aprendizagem para embasar o processo, do início ao fim. Existe a importância em tentar entender como será a aprendizagem dos alunos e os métodos utilizados para isso. Será utilizada, além da montagem, para a análise dos dados obtidos. A escolha para esta dissertação foi a teoria da Aprendizagem Significativa, e assim, nesta seção são apresentadas algumas noções sobre a obra “Psicologia Educacional” de Ausubel (1980).

A teoria da Aprendizagem Significativa tem como base central a estrutura cognitiva do indivíduo, uma estrutura que contém todas as informações adquiridas por ele. O novo conceito a ser aprendido vai se ligar a um conceito já existente e isso também caracteriza a Aprendizagem Significativa. Por exemplo, no contexto desta dissertação, quando a um aluno é apresentado o conceito de frequência sonora e ele consegue ligar este conceito diretamente à afinação de um instrumento.

“(...) a aprendizagem significativa ocorre quando a tarefa de aprendizagem implica relacionar, de forma não arbitrária e substantiva (não literal), uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado, e quando o aluno adota uma estratégia correspondente para assim proceder.” (AUSUBEL, 1980, p. 23).

Para que essa ligação exista, o indivíduo deve ter alguma estrutura de conhecimento, como já foi dito anteriormente, e a esta estrutura Ausubel deu o nome de “subsunção” (*subsumer*). Existe aqui uma hierarquia de conceitos altamente organizada, o que pode auxiliar a Aprendizagem Significativa.

A Aprendizagem Automática é distinta da Significativa, sendo a de utilizar de arbitrariedade na apresentação dos conceitos e não uma lógica de ligação de conceitos. Porém tem sua grande importância quando é necessário dar ao aluno algum conhecimento prévio para tornar o material seguinte em potencialmente significativo. E apesar de serem diferentes, a Aprendizagem Significativa e a Automática andam juntas, uma ao auxílio da outra. Seguindo esse raciocínio da Aprendizagem Automática, um exemplo é quando um aluno apenas memoriza uma equação importante para a resolução de uma prova, ou no contexto da ondulatória,

quando o aluno apenas decora que amplitude é, no desenho da onda transversal, o quanto ela sobe e o quanto desce.

“Aprendizagem automática, por sua vez, ocorre se a tarefa consistir de associações puramente arbitrárias, como na associação de pares, quebra-cabeça, labirinto, ou aprendizagem de séries e quando falta ao aluno o conhecimento prévio relevante necessário para tornar a tarefa potencialmente significativa, e também (independentemente do potencial significativo contido na tarefa) se o aluno adota uma estratégia apenas para internalizá-la de uma forma arbitrária, literal (por exemplo, como uma série arbitrária de palavras).” (AUSUBEL, 1980, p. 23).

As variáveis de aprendizagem são divididas em duas categorias: a intrapessoal, que são fatores internos do aluno, e a situacional, que são fatores na situação de aprendizagem.

Na intrapessoal temos cinco itens citados por Ausubel(1980) e são as:

- “*variáveis da estrutura cognitiva*” que são conceitos previamente adquiridos relevantes para a assimilação de novos conceitos em uma mesma área;
- temos o desenvolvimento da prontidão que reflete o estágio de desenvolvimento intelectual do aluno, como um aluno de segundo ano do ensino médio tem uma capacidade diferente de um aluno do ensino fundamental para algumas tarefas;
- também aqui podemos falar da “aptidão intelectual” que são as condição do indivíduo a novas aprendizagens, ou seja, sua realidade para a aprendizagem, como local, motivação e outros fatores;
- os “fatores motivacionais e atitudinais” que significam a vontade do aluno de saber ;
- e os “fatores de personalidade” que são as diferenças, entre os alunos, de motivação, ajustamento pessoal, personalidade e ansiedade.

Já na situacional temos quatro itens marcados por Ausubel:

- “prática”;
- “classificação das disciplinas acadêmicas” em vários aspectos, como a dificuldade;
- “fatores sociais e grupais” como o clima da sala e outros;

- “características do professor” como o conhecimento dos conteúdos, suas competências pedagógicas e mais alguns fatores.

Estas duas classificações mostram, num geral, as necessidades para que ocorra a Aprendizagem e é importante destacar que o aluno tem que estar motivado a aprender, além da necessidade de um bom professor, pois deve-se ter a cooperação de ambos os lados no processo de aprendizagem. Outro fator que devemos observar é se o conteúdo é potencialmente significativo, que significa que este material pode ser relacionado a qualquer estrutura cognitiva apropriada, de forma não arbitrária e substantiva. Ou seja, quando um material vai ser apresentado ao aluno com uma lógica por trás de seu significado e não com arbitrariedade, como por exemplo, na Acústica, a diminuição da intensidade do som com a distância, que pode ser explicada com as equações da potência e da intensidade da onda sonora. Já um material que não é potencialmente significativo é colocado de forma arbitrária, como em um sistema de referência, no qual a convenção de sinal é colocada de maneira totalmente arbitrária, ou na Acústica, atribuímos como zero da escala decibel o limiar inferior da audição humana. Um destaque neste ponto sobre o material potencialmente significativo é que a Aprendizagem Significativa não é apenas a aprendizagem deste material.

Aprendizagem, de maneira geral, ocorre por dois caminhos: a aprendizagem por recepção e a aprendizagem por descoberta. Por recepção é quando o aluno recebe o conteúdo já em sua forma final, ou seja o aluno só terá que internalizar ou incorporar o material, o que pode ser exemplificado por uma aula tradicional, onde o professor mostra o conteúdo e o aluno o absorve de alguma forma. Por descoberta é quando o conteúdo principal não é apresentado, e deve ser descoberto antes que possa ser significativamente incorporado a sua estrutura cognitiva, por exemplo quando se pede a um aluno para fazer um experimento para buscar a aceleração da gravidade, cujo valor ele não sabe, mas o professor disponibiliza os aparelhos e o deixa montar e chegar a uma resposta. A aprendizagem por recepção necessita um amadurecimento da estrutura cognitiva e por isso é mais observada nas séries mais avançadas da escola, já a aprendizagem por descoberta nas séries mais iniciais.

Distingue-se três tipos de aprendizagem receptiva significativa, a representacional, a proposicional e a de conceitos.

Aprendizagem representacional ocorre quando a relação estabelecida é entre símbolos arbitrários e os seus correspondentes conceitos, como um objeto, que passam então a ter o mesmo significado para o aluno. Esta aprendizagem está muito próxima à Aprendizagem Automática, porém é significativa pois existe uma relação não arbitrária entre o objeto e o símbolo. Por exemplo ao ensinar o que é comprimento de onda, logo após o professor demonstrar o conceito, ele utiliza o gráfico de pressão e mostra que a distância horizontal entre os picos do gráfico é numericamente igual ao comprimento de onda. A partir disso, o aluno passa a ligar esta distância com o conceito do comprimento de onda.

A aprendizagem proposicional consiste em obter um conceito amplo e geral sem usar da soma de conceitos específicos para o atingir. Ela pode ser subordinada, superordenada ou combinatória.

A subordinada é aquela em que o conceito novo é absorvido por um conceito mais geral na estrutura cognitiva, fazendo com que se torne um exemplo do geral, e se isso acontecer ela será considerada derivativa. Porém se o novo conhecimento se transformar em uma extensão, modificação ou qualificação ela será considerada correlativa. O conceito de eco para os alunos é apenas sua voz repetida em certos ambientes, porém o eco é a reflexão da onda sonora em condições específicas. Ou seja, o conceito do eco é englobado pelo conceito da reflexão de onda.

A aprendizagem superordenada ocorre quando um conceito novo se liga à estrutura cognitiva de maneira a englobar conceitos mais específicos já existentes, fazendo com que tenham uma relação de subordinação com o novo. Até estudar acústica, parece não fazer sentido a sirene do carro de polícia mudar seu som ao passar pelo ouvinte. Quando se ensina o Efeito Doppler ao aluno, a comparação com o dia-a-dia se torna mais eficaz e o conceito do Efeito Doppler toma conta daquele som que varia estranhamente.

A aprendizagem combinatória é o caso em que as ideias que entram na estrutura cognitiva não terão condições de englobar as ideias já existentes na estrutura ou de serem englobadas por elas, estando em igualdade com os conceitos existentes. O aprendiz que tem contato com instrumentos musicais sabe a diferença no comprimento da corda para o som que ele pretende emitir, porém não percebe que tem relação direta com o comprimento da onda, portanto, ao ensinar essa relação, o conceito do comprimento de onda se liga à vivência do aluno.

O terceiro tipo, a aprendizagem de conceitos tem como característica a absorção dos atributos essenciais do novo conceito pela estrutura cognitiva, que resultam em um novo significado genérico e unitário.

A teoria da Assimilação é a base da Aprendizagem Significativa, pois boa parte é a assimilação de novas ideias. Ou seja, a Assimilação ocorre quando o novo conceito está relacionado aos aspectos existentes na estrutura cognitiva e este conceito e a estrutura são modificados no processo de interação. Moreira (2009) representa esquematicamente o princípio de assimilação na Figura 1.

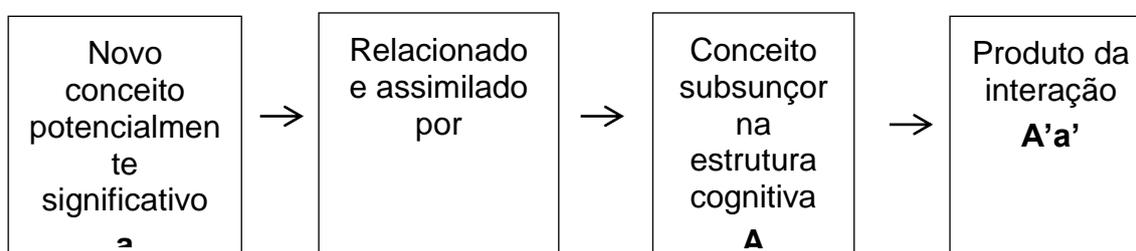


Figura 9 – Esquema do princípio da assimilação baseado no esquema de Moreira(2009)

A nova informação “a” se relaciona com o conceito já existente na estrutura cognitiva, o subsunçor “A”, e o produto disso não é uma variação de “a”, sendo representada como “a”, mas sim a modificação de ambos, o conceito novo e o subsunçor, se tornando “A’a”. As ideias, agora unidas, não serão mais representadas separadamente, pois ambas foram modificadas e se tornaram um conceito maior. Por exemplo, quando o aluno aprende a relação entre a amplitude de uma vibração e o volume do som escutado, não mais pensará na amplitude sem ligá-la diretamente ao volume. É uma relação em que não se consegue desvincular mais.

Voltando ao conceito principal da Aprendizagem Significativa, é necessário fazer a ligação entre o conceito a ser aprendido e o já existente na estrutura cognitiva, o subsunçor. Porém, o que fazer quando não existe nenhum subsunçor capaz de auxiliar a aprendizagem de maneira significativa? Desta pergunta vem a proposta de Ausubel sobre os organizadores prévios, que são materiais introdutórios totalmente claros e estáveis. Eles tem a função de facilitar o processo significativo ajudando o aluno na percepção de quais elementos dos materiais de aprendizagem

podem ser significativamente aprendidos (Ausubel, 1980, p. 143). Antes de ensinar Acústica para um aluno, ele tem que ter os conhecimentos sobre ondas mecânicas, e por isso deve-se introduzi-lo a este assunto, caso faltem conhecimentos prévios, fazendo atividades, jogos, debates etc, sobre o assunto.

A diferenciação progressiva ocorre quando um conceito novo é ligado ao já existente na estrutura cognitiva e isso modifica esse conceito antigo. Ou seja, a nova ideia vai modificar o subsunçor na estrutura cognitiva. A linha de audição do homem está na faixa de 20 a 20kHz, abaixo deste valor está o infra-som e a cima está o ultrassom, conceitos que o aluno pode conhecer de aplicações em tecnologias de seu cotidiano, mas só percebe as diferenças com o conceito de som audível depois de uma aula em que é explicado que a frequência delimita esta classificação, fazendo assim modificar os conceitos que tinha inicialmente.

A reconciliação integradora é quando a nova informação adquirida re-organiza os subsunçores existentes, fazendo com que tenham novos significados. Por exemplo, ainda trabalhando com os conceitos de infra-som e ultrassom. Para o aluno podem ser duas coisas distintas, porém, apesar de não serem audíveis, são o mesmo fenômeno que o som, ondas longitudinais que respeitam as mesmas leis e apresentam os mesmos fenômenos, já apresentados em seções anteriores.

O grande problema está em achar as evidências da Aprendizagem Significativa. Os alunos têm uma vasta experiência em resoluções de problemas e com isso buscam uma Aprendizagem Automática dos conceitos para atingir o objetivo. Com isso em mente, percebe-se que os testes devem ser apresentados em um contexto diferente do apresentado originalmente nos materiais de aprendizagem. Ausubel (1980) diz que:

“Talvez a maneira mais simples de se fazer isto seja solicitar ao indivíduo que diferencie entre ideias correlativas (semelhantes) mas não idênticas ou escolher os elementos característicos de um conceito ou proposição a partir de uma lista contendo aqueles elementos tanto dos conceitos quanto das proposições correlatas.” (AUSUBEL, 1980, p. 122).

Usaremos estes conceitos todos para a formação da sequência didática, lembrando sempre de manter ao máximo a ligação com os subsunçores e buscar uma facilitação da Aprendizagem Significativa. Também usaremos os mesmos conceitos para a análise dos dados obtidos no trabalho.

7. METODOLOGIA

Este é um estudo caracterizado como pesquisa qualitativa, pois é utilizado com um grupo reduzido, visto que a turma tem vinte e cinco alunos e também por isso visa algo mais específico. Bardin esclarece sobre a 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 deem lugar as frequências, suficientemente elevadas, para que os cálculos se tornem possíveis. (Bardin, 2011, p. 115)

A coleta dos dados, obtidos na pesquisa, foi feita a partir do diário de campo, um instrumento que possibilita ao professor-pesquisador avaliar os dados com sua visão, utilizando os marcos teóricos. É definido como um instrumento em que o pesquisador narra os acontecimentos e seus significados, interpretando tudo baseado em seu referencial teórico (Fiorentini, 2010). Este instrumento foi escrito a partir do final de cada aula ministrada. O professor-pesquisador se retirava da sala e escrevia os detalhes mais importantes que buscava em sua memória, tornando os dados mais específicos com relação à utilidade. Isto deixa os dados mais específicos, porém existe o problema do esquecimento de algum fato importante para a pesquisa, principalmente se o escritor do diário for o próprio professor, o que foi o caso deste estudo.

Unida ao diário de campo, adota-se aqui a gravação em áudio, pois as perguntas e respostas dos alunos durante as aulas terão importância na análise dos dados, além de auxiliar no não esquecimento de algum detalhe por parte do pesquisador. Esta gravação foi feita utilizando um telefone celular, que foi deixado em cima da mesa do professor durante as aulas, gravando cada detalhe do que era dito em sala.

O questionário deve ser utilizado como ferramenta de avaliação da mesma maneira, pois pretende-se uma pesquisa de diagnóstico inicial sobre a preferência dos alunos, relacionada ao estilo musical. Além do questionário, foram analisadas algumas tarefas pedidas em sala de aula, que fazem parte da sequência didática, como por exemplo, o desenho do caminho da energia dentro do sistema auditivo humano.

Segundo Chagas (apud Parasuraman 1991), um questionário é apenas um conjunto de perguntas feito para obter dados para atingir os objetivos do projeto. É necessário que o questionário tenha ligação com o problema de pesquisa e com os objetivos de pesquisa. Deve-se então ter em mente as hipóteses da pesquisa, bem como o público alvo e os métodos de análise escolhidos.

Com isso é possível iniciar o processo de elaboração do questionário, que no caso deste trabalho, visa levantar os conhecimentos prévios dos alunos, sabendo como eles estão organizados na estrutura cognitiva destes e também foi aplicado ao final do processo, para que se analisem as mudanças ocorridas ao decorrer da sequência didática. Não foi este o único meio de avaliação da sequência, porém foi de grande auxílio junto aos trabalhos e gravações de áudio feitas.

Tendo isso tudo em mente, a formulação das perguntas deve ser criteriosa, pois deve abordar temas de pesquisa e ao mesmo tempo buscar as informações necessárias.

Usando a técnica da tabela de invenção (Kemmis & McTaggart, 1988), foi produzido um questionário para ser trabalhado nesta pesquisa. Esta técnica consiste em montar uma tabela com os temas principais abordados e estes estarão na tabela na forma de linhas e colunas, podendo assim serem formuladas até duas perguntas que tenham ligações entre dois temas (Mallmann 2004 apud Kemmis e Mactaggart, 1988, p. 123). Deve-se ter atenção na montagem das perguntas, pois elas devem contemplar cada um dos temas, porém não podem se afastar do assunto a ser pesquisado, além de ser importante observar que na montagem da tabela sempre haverá uma pergunta sobre cada tema isolado.

Na tabela a seguir é mostrado o início do esquema utilizado para montar o questionário:

	Música	Acústica	Audição	Poluição Sonora
Música				
Acústica				
Audição				
Poluição Sonora				

Tabela 1 – Início de questionário

Em seguida, deve-se pensar em cada uma das células da tabela, como uma pergunta, ligada aos temas que se cruzam nela. Como exemplo temos o seguinte passo:

	Música	Acústica	Audição	Poluição Sonora
Música	Tocam algum instrumento? Quais?			
Acústica				
Audição				
Poluição Sonora				

Tabela 2 – Primeira pergunta do questionário

A pergunta da primeira deve contemplar os temas que se cruzam na célula, ou seja, música X música.

As respostas do questionário aplicado, serão abertas, podendo haver várias análises a serem feitas, sendo assim, neste passo o avaliador deve recorrer ao referencial teórico utilizado na pesquisa, levado-se em consideração seus objetivos de pesquisa. O questionário final terá dezesseis questões. Encontra-se no Anexo 1, e foi baseado na seguinte tabela:

	Música	Acústica	Audição	Poluição Sonora
Música	Tocam algum instrumento? Quais?	Qual a diferença musical e física entre duas notas de mesmo nome e que pertencem a duas oitavas consecutivas?	Qual a diferença entre a guitarra e o baixo para o ouvido humano?	Uma festa pode trazer transtornos aos vizinhos. Isso pode ser considerado Poluição Sonora?
Acústica	Qual a diferença da música com volume alto para a com volume baixo?	O que é a amplitude e frequência de uma onda sonora	O que muda se dedilharmos uma corda, de qualquer instrumento, com muita força ou com pouca força?	Qual a relação entre a propagação do som e a Poluição Sonora?
Audição	Qual o motivo dos famosos músicos de rock terem problemas de audição?	O tímpano pode ser danificado por grandes amplitudes de som?	Qual é a função do tímpano, membrana localizada no ouvido humano?	O acúmulo de carros no trânsito pode trazer problemas de audição?
Poluição Sonora	Como a música “alta” afeta o ambiente da escola?	Sons de baixa amplitude podem causar Poluição Sonora?	A Poluição Sonora pode atrapalhar a audição de outros sons do dia-a-dia?	O que pode determinar se existe poluição sonora no ambiente?

Tabela 3 – Tabela base para o questionário

O questionário foi aplicado no início e no fim da sequência. A aplicação no início teve cerca de quarenta e cinco minutos, o tempo de uma aula na escola

escolhida para a sequência, e a aplicação final teve menos tempo, cerca de trinta minutos.

A análise dos dados foi baseada no livro “Análise de Conteúdo” de Laurence Bardin (2011), que prevê inicialmente a organização dos dados obtidos em campo, para em seguida selecionar e filtrar os que realmente têm importância para a pesquisa. Divide-se as informações em categorias e por fim se faz a ligação com os conceitos usados no marco teórico. O processo, que seguiu estes passos, foi iniciado com a organização dos questionários e dos trabalhos entregues por cada aluno, separando pela ordem de aplicação:

- primeiro questionário;
- desenho a respeito das conversões de energia;
- texto a respeito dos pontos chave da pesquisa;
- segundo questionário.

Não se utilizou o nome de nenhum dos alunos que realizaram o processo, por isso se separa o que foi entregue por aluno e atribuíram-se siglas para cada um deles, por exemplo, o primeiro aluno do sexo masculino será M1, já a primeira do sexo feminino será F1 e assim por diante.

O texto a respeito dos pontos chave da pesquisa e o desenho das conversões de energia tem uma estrutura pré-definida que pode ser encontrada no produto vinculado a esta dissertação.

Com os dados separados por aluno, analisou-se cada um deles para saber quais têm informações importantes para este trabalho e sua pergunta de pesquisa, e em seguida eliminou-se os dados que não tinham nada a acrescentar. A partir disso, categorizou-se os dados, que por fim foram analisados de acordo com os fundamentos teóricos, buscando os indícios da ocorrência da aprendizagem significativa de acústica e seus conceitos.

A pesquisa realizou-se em uma turma de primeiro ano do ensino médio, em uma escola de Curitiba, Paraná, no final do ano, no mês de Novembro. A turma tinha vinte e cinco alunos e dezoito entregaram a documentação para participar da pesquisa, o que dá um importante auxílio para o professor-pesquisador, pois caso o número de alunos, que permitisse que seus dados fossem usados, fosse pequeno, a atividade perderia parte importante de seu valor e muitos dados seriam

simplesmente perdidos. A escola é particular, portanto com um público alvo de classe média/alta. Foi escolhida uma turma de primeiro ano, visto que os alunos já tinham o conteúdo base para o estudo de acústica. Além disso, o calendário acabou por se tornar curto para uma aplicação no segundo ano. Como o autor não lecionava no segundo ano, teria que interferir no andamento da matéria já planejado por outro professor.

8. ANÁLISE DOS DADOS

8.1. QUESTIONÁRIOS E DIÁRIO DE CAMPO

Nesta etapa serão analisados os dados obtidos pelo professor-pesquisador na aplicação da sequência didática produzida. Esta análise será iniciada a partir do questionário entregue antes do início das aulas, para a percepção da condição dos alunos quanto aos conceitos de acústica, poluição sonora e música e do questionário entregue ao final do processo. É importante que se ressalte que a aplicação dos questionários não aconteceram juntas, como esta análise, mas sim separadas por toda a atividade, porém, achou-se que a melhor forma de se analisar, utilizando um comparativo, era colocando as respostas juntas, em uma só sessão. Também deve-se ressaltar também que o aplicador do questionário tenha pedido respostas compostas, e não apenas “sim ou não” para os alunos, pois é necessário que as respostas sejam as mais sinceras possíveis.

A primeira pergunta busca uma noção de qual o estilo musical que os alunos gostam e qual a importância da música em seu dia-a-dia, sendo ela então:

“Qual seu estilo musical favorito? Você toca algum instrumento? Qual a importância da música em seu dia-a-dia?” (1)

Pré-questionário: Esta pergunta trouxe variados estilos musicais como resposta, e alguns tocam instrumentos, outros não. O mais interessante é que para quase todos a música é vista apenas como lazer, no máximo como forma de relaxamento. Isto mostra como os alunos não percebem a ciência que está envolvida por trás de seu simples gosto.

Pós-questionário: A pergunta (1) não foi respondida a pedido do professor, pois é apenas algo relacionado ao gosto musical e, em teoria, não mudariam as respostas de uma aula para outra.

A pergunta seguinte é:

“Baseado em seus conhecimentos sobre os conceitos de onda, o que é a amplitude de uma onda sonora? O que é a frequência de uma onda sonora?” (2)

Pré-questionário: Esta pergunta traz um caráter mais científico para o questionário, sendo necessário que os alunos recordem as aulas anteriores. Nesta pergunta as respostas foram variadas e bastante interessantes, pois o vocabulário de som forte e fraco, alto e baixo, não havia sido introduzido, portanto os alunos mantiveram uma grande confusão quando utilizaram as palavras que costumam usar no dia-a-dia. M1 respondeu: “A amplitude é a altura da onda. A frequência seria tipo a força da onda.” É um exemplo de falta de vocabulário científico para o aluno, pois ele buscou a palavra altura devido ao gráfico de amplitude por tempo de uma onda genérica. Para reforçar esta situação, M4 também respondeu de forma similar: “Amplitude é a altura e frequência é o comprimento”. Praticamente todos os alunos usaram a palavra “altura” ou “ponto máximo” para a amplitude da onda, portanto, remetendo à sua representação gráfica.

M7 respondeu com a tentativa de lembrar o que seu antigo professor de Física o disse e respondeu: “A amplitude seria seu volume e a frequência seu tom”. Uma resposta diferenciada, no entanto, apenas uma tentativa de se recordar de algo que lhe foi dito. Isto também pode ser confirmado pelo diário de campo, pois o aluno conversou sobre isso com o professor-pesquisador.

Pós-questionário: Já a pergunta (2) teve grande diferença do primeiro questionário. Os alunos utilizaram mais os termos científicos e buscaram entender melhor o significado da amplitude e da frequência em uma onda sonora. Porém, continuaram a utilizar a palavra altura para a amplitude, mas muitos usaram aspas na palavra, como M3: “A amplitude é a ‘altura’ da onda”. M8 respondeu utilizando completamente o vocabulário científico, sem recorrer à música: “Amplitude é a altura em relação a crista e o vale. Frequência é o número de vezes que o período se repete”.

“Qual é a função do tímpano, membrana localizada no ouvido humano?” (3)

Pré-questionário: Esta foi a terceira pergunta e remete aos conhecimentos prévios dos alunos quanto ao ouvido humano. M2 respondeu: “Vibrar igual as ondas sonoras, tornando-as audíveis”. Mostra como alguns alunos já tem um conhecimento básico a respeito do funcionamento do ouvido humano, porém, utilizando como exemplo a resposta de M1, que expôs: “Reconhecer o som e interpretar as ondas

sonoras”; mostra que alguns alunos apenas sabem a relação de uma onda sonora com o ouvido humano. Muitos responderam que o tímpano tem a função de receber o som e o interpretar, mas, segundo a seção a respeito do aparelho auditivo, sabemos que o tímpano não interpreta o som, ele faz com que os ossículos vibrem, ou seja, transmite a vibração para o ouvido médio.

Pós-questionário: Com a questão (3), sobre o ouvido humano, obtivemos várias respostas interessantes, como de M2: “Sua função é vibrar de acordo com as ondas sonoras. É um órgão elástico”. M3 já utilizou a ideia da transmissão de energia, do ar para sólidos, já comentada na seção do aparelho auditivo: “Passar o som do ar para o meio sólido”. A maioria dos alunos respondeu utilizando ideias parecidas com esses dois alunos.

“O que pode determinar se existe poluição sonora no ambiente?”(4)

Pré-questionário: Nesta indagação, a respeito da poluição sonora, os alunos buscaram muitas vezes a palavra “ruído” ou a palavra “barulho” para definir a poluição sonora, como por exemplo, a resposta de F1: Quando tem muito barulho em um mesmo ambiente”. No entanto uma das resposta chamou atenção, a de M6 que respondeu: “A quantidade de decibéis no ar. Um número maior de 120 já é considerado poluído”. Claramente o aluno buscou informações de seu dia-a-dia, algo que leu em algum local ou que escutou. O aluno ligou a poluição sonora ao nível sonoro, que pode ser encontrado na seção a respeito de acústica.

Pós-questionário: A questão (4) representou aos alunos algo difícil de responder. Eles tentaram utilizar os conceitos de sala de aula que foram abordados e muitas vezes acabavam por voltar ao senso comum, o que é interessante, pois eles conseguem ligar o contexto. A maioria insistiu do som desagradável, mas quase todos sempre comentavam a respeito do receptor do som. M7 expôs: “O receptor. A poluição sonora tem um conceito vasto, depende de quem ouve. Se alguém sente-se incomodado devido a um som, é poluição sonora”.

A próxima etapa do questionário consiste na junção dos conceitos de música e física.

“Qual a diferença musical e física entre duas notas de mesmo nome e que pertencem a duas oitavas consecutivas?” (5)

Pré-questionário: A grande maioria das resposta foi: “Não sei”. Dois alunos M7 e F3, souberam responder sua correspondência em música, pois ambos praticam teclado e piano, porém, apenas M7 conseguiu expor a diferença de frequência.

“Qual a diferença da música com volume alto para a com volume baixo?” (6)

Pré-questionário: Relaciona, também, a Física com a música. Muitos acabaram por confundir as grandezas e outros utilizaram a ideia do som com volume alto ser destrutivo ao aparelho sonoro. M7 e F3, novamente, utilizaram o conceito da amplitude para explicar o volume baixo e alto de maneira correta. F3 também utilizou a palavra área, ao responder: “A música de volume alto possui uma amplitude maior, atingindo uma área maior do que a música de volume baixo”, o que pode remeter a um entendimento prévio da propagação esférica do som. Uma resposta interessante foi a de F4: “As de volume alto as ondas são maiores e as de volume baixo as ondas são menores”. Uma resposta como essa pode demonstrar como o aluno não está apropriado do vocabulário científico e também pode apenas pensar em algo grande e pequeno, sem ter ideia de como realmente é.

Pós-questionário: A relação entre música e Física teve respostas bastante diretas, as questões (5) e (6) são a respeito desta relação. Os alunos apenas responderam “frequência” para a primeira e “amplitude” para a segunda. Porém, M7 relacionou as palavras com a música quando respondeu para (5): “Musical – Uma mais aguda e outra mais grave. Física – Uma é o dobro da frequência da outra”. Claramente relacionou as frequências com as oitavas do piano, o que é de se esperar, devido à sua resposta no questionário prévio, e por suas histórias contadas a respeito de suas experiências, pois é um aluno que treina teclado há anos e já está dentro do mundo da música. Esta história foi contada pelo aluno em sala de aula e consta nas gravações das aulas.

A relação entre música e audição é abordada na seguinte pergunta e todas as respostas estão baseadas em uma exposição grande ao som “alto” emitido por suas caixas de som.

“Qual o motivo dos famosos músicos de rock terem problemas de audição?” (7)

“Qual a diferença entre a guitarra e o baixo para o ouvido humano?” (8)

Pré-questionário: Esta é uma pergunta que relaciona a música com o ouvido humano. Houve respostas interessantes neste ponto. Alguns alunos, como M4, utilizaram conceitos físicos, e outros, como F3, conceitos musicais. M4 respondeu: “A guitarra tende a ser mais alta”. Surge uma dúvida se o aluno estava buscando o conceito de altura, ou seja, frequência maior, ou se ele, por vivência, acha que o som da guitarra tem, sempre, um volume maior. Já F3: “A guitarra possui um som mais estridente e agudo, já o baixo possui um som mais ‘abafado’, soprano”. Esta é a resposta de uma pessoa que estuda um mínimo a respeito da música e que utiliza esse vocabulário em seu dia-a-dia.

Pós-questionário: As perguntas (7) e (8) são a respeito de música e audição e as respostas não variaram tanto como no primeiro questionário. Os alunos não mudaram suas ideias, porém utilizaram o vocabulário científico para responder a essas perguntas. M3 para a pergunta (7): “Muito tempo a exposição de som alto danifica o tímpano, fazendo com que ele não ‘vibre’ mais”. É importante que se observe que a palavra alto aparece novamente, pois os alunos não conseguem abandonar seu vocabulário do dia-a-dia, mas seu conhecimento a respeito do ouvido humano agregou valores para sua resposta. Cabe aqui uma informação do diário de campo, pois lá percebe-se que os alunos mantiveram grande interesse no aparelho auditivo, sendo ele o real motivador de sua atenção na aula.

“O que muda se dedilhamos uma corda, de qualquer instrumento, com muita força ou com pouca força?” (9)

Pré-questionário: Novamente os assuntos música e física são tratados a seguir. Alguns alunos associaram esta pergunta ao volume do som, porém

utilizaram seu vocabulário do cotidiano, expressando o som mais “alto”. Como F3 respondeu: “Com pouca força o som é mais baixo, com muita força o som é mais alto. A intensidade muda conforme a força”. Percebe-se claramente que a aluna relacionou a força na corda com a intensidade do som, porém utilizou de palavras não científicas. Mas também houve casos em que os alunos confundiram, dando respostas como F4: “Com muita força a frequência será maior e mais rápida e com pouca força será mais devagar”. Isto mostra uma confusão nos conceitos físicos, ou seja, a aluna não conseguiu ligar conceitos prévios aos de seu cotidiano.

Pós-questionário: Na (9) os alunos buscaram utilizar o vocabulário científico explorando a amplitude como a diferença entre as situações, porém, como visto na resposta de F3, não abandonam o seu antigo vocabulário. Isso pode ser um indício de aprendizagem significativa, pois a ideia de som alto se ligou a ideia de som forte. O maior problema disso é que o som alto está no lugar errado e, portanto, é um problema para a aprendizagem do conceito de frequência. F3 respondeu: “Com muita força o som será mais alto, forte, com pouca força o som será mais baixo, fraco”. Relacionando o ouvido humano com a Física temos

“O tímpano pode ser danificado por grandes amplitudes de som?” (10)

Pré-questionário: Muitos alunos apenas responderam com um “Sim”, ou um “Não”, contudo, algumas respostas chamaram atenção, como a de F3 que mostrou já ter um conhecimento sobre ondas sonoras, possivelmente devido às suas aulas de Física no nono ano, onde o professor aborda de forma geral os conteúdos. Ela utiliza novamente o conceito de intensidade do som quando diz: “Sim, grandes amplitudes resultam em ondas com muita intensidade, que chegam com muita força no tímpano e podem danificá-lo”. Além disso, alguns alunos utilizaram a pergunta sobre rock para fazer uma relação, como M8: “Sim, pois esse é o problema de ouvintes e cantores de rock”.

Pós-questionário: Para a questão (10) os alunos mantiveram um padrão de respostas referente ao que escutaram em sala de aula, pois todos responderam que o tímpano pode ser danificado com a forte vibração, porém não foram além, utilizando as outras partes do ouvido humano que podem ser danificadas pelo som forte.

“O acúmulo de carros no trânsito pode trazer problemas de audição?” (11)

Pré-questionário: Reúne os conceitos de poluição sonora e problemas de audição. Nesta etapa algumas respostas chamaram atenção, como as de F1, F3, M3 e M7. Todos relacionaram o barulho dos carros com a poluição sonora, se diferenciado dos outros que não fizeram essa relação, ficaram apenas em um cômodo “sim ou não”.

“A Poluição Sonora pode atrapalhar a audição de outros sons do dia-a-dia?” (12)

Pré-questionário: É uma pergunta que relaciona a poluição sonora e a audição humana. Desta vez verificou-se um grande consenso entre os integrantes da turma, visto que a grande maioria respondeu que a poluição pode sim atrapalhar, buscando argumentos como os de F3: “Sim, alguns sons da natureza, como o som dos passaros, do vento, da chuva etc, podem ser esquecidos, pois o som da poluição sonora os emite.” Uma resposta que chama atenção, pois para a aluna a poluição sonora emite sons, parecendo ser uma fonte do som.

Pós-questionário: As questões (11) e (12) buscam entrelaçar os conceitos de poluição sonora e audição. Os alunos buscaram respostas parecidas para esses dois itens. Todos concordam que o grande acúmulo de carros no trânsito é poluição sonora e que essa pode atrapalhar nos sons do dia-a-dia. Uma resposta chamou atenção pelo aluno fazer relação direta com seu contexto, pois deve morar de frente para uma avenida. Este aluno, M1, utilizou o mesmo exemplo para as duas respostas: “Por exemplo se eu morar perto de uma avenida o som do carro irá poluir o ambiente e com isso a pessoa aumenta o som da TV”. Novamente vemos que o aluno não abandonou seu conceito de ‘aumentar’ o som.

Unindo música à poluição sonora temos a seguinte indagação: *“Como a música “alta” afeta o ambiente da escola?” (13).* **Pré-questionário:** Outro

questionamento que obteve respostas parecidas, todas argumentam que a música alta atrapalharia o ambiente escolar, pois tiraria a concentração dos alunos e professores no processo de ensino dos conteúdos.

“Uma festa pode trazer transtornos aos vizinhos. Isso pode ser considerado Poluição Sonora?” (14). Estamos lidando com os conceitos de música e poluição sonora. **Pré-questionário:** Grande parte das respostas foram “Sim”, pois logo ligaram o barulho da música com a poluição sonora na região, porém M3 respondeu de forma diferente: “Depende, se o problema for a música, não, mas se houver gritaria vira poluição sonora”. Esta resposta mostra como o aluno acha que existe uma diferença entre barulhos em geral e música alta, ou seja, talvez música possa ser um som totalmente diferente para ele.

Pós-questionário: Faltam apenas as questões que relacionam a música com a poluição sonora, (13) e (14), e a acústica também com a poluição sonora, (15) e (16). As duas primeiras mantiveram os pensamentos dos alunos, porém os conceitos sobre o ouvido humano, física e poluição sonora acabaram por se conectar desta vez. No primeiro questionário eles apenas responderam com seu cotidiano e por isso as respostas não continham grandes informações, mas no segundo alguns alunos aproveitaram o que foi exposto na aula para aprimorar suas respostas, como F3 que respondeu para (14): “Sim, qualquer som que possa causar transtornos ou ‘desagrada’ o ouvido pode ser considerado poluição sonora”. Para M1, a questão (13): “Sim, pois a música alta é considerada poluição sonora no ambiente escolar”. Portanto, estes alunos puderam utilizar o que aprenderam a respeito da poluição sonora para transformar seus discursos.

Relacionando a Física do som e a poluição sonora, temos *“Qual a relação entre a propagação do som e a Poluição Sonora?”* (15). **Pré-questionário:** Esta pergunta é bem abrangente e por isso houve várias respostas diferentes. A aluna F3 utilizou alguns conceitos de Física para responder: “Quanto maior a propagação do som, maior é a área que ele atinge, causando a poluição sonora em uma área maior”. Já M3 e M7 buscaram uma ideia mais contextualizada, falando sobre o excesso de som: “Propagação do som é como o som se espalha. Poluição sonora é o excesso de sons”.

“*Sons de baixa amplitude podem causar Poluição Sonora?*” (16), novamente relacionando a poluição sonora com a Física e é a última pergunta do questionário.

Pré-questionário: Obtivemos várias respostas diferentes, a maioria baseada em “quantidade de sons”, ou seja, muitos sons ao mesmo tempo. Porém, alguns alunos focaram na ideia da frequência do som, como F3: “Sim, sons de baixa amplitude porém alta frequência podem causar poluição sonora”. Provavelmente isto foi uma lembrança de sons muito agudos que se tornam irritantes e portanto, os conceitos acabam por se unir.

Pós-questionário: Por fim, nas questões (15) e (16), para alguns alunos a propagação do som e a poluição sonora têm apenas relação por serem sons, porém, uma das respostas mostra que existiu mais uma tentativa de utilizar os conhecimentos das aulas anteriores. F3 respondeu para (15): “A propagação do som determina até onde o som consegue chegar, assim como a poluição sonora, que só atinge uma certa área”. Aqui podemos relacionar a aprendizagem do espalhamento em esfera, já visto na seção de acústica, com o que pensam a respeito da poluição sonora. Foi um resultado importante, pois os outros alunos mantiveram respostas parecidas com as do primeiro questionário.

A maioria dos alunos também respondeu à última questão tentando utilizar os conceitos de sala de aula. Eles convergiram para uma resposta, tendo por modelo a de M3: “Sim, sons de baixa amplitude dentro de um ambiente podem se tornar desagradáveis, causando poluição sonora”.

Podemos observar alguns indícios de uma ligação dos conceitos físicos com a estrutura da audição, o que caracteriza uma aprendizagem significativa e ainda mais profundamente, pode ser uma aprendizagem de conceito, sendo um novo conceito absorvido e tendo um novo significado geral, unindo a música, poluição sonora, audição e acústica. Os alunos demonstram que está tudo ligado de maneira não arbitrária.

Ainda seguindo este raciocínio, percebe-se a ocorrência da assimilação de alguns conceitos, como como a poluição sonora e o som forte e fraco. Os alunos ligam diretamente estes conceitos, com ideias como a do som forte ser necessariamente um exemplo de poluição sonora.

Porém, a maioria não conseguiu transformar o conceito de altura, antes do cotidiano, em um conceito científico. Persistiu a confusão abordada no capítulo a

respeito de acústica, onde até em jornais a palavra é utilizada de maneira equivocada. Neste ponto, a aprendizagem acabou sendo significativa, pois muitos demonstraram entender o que é um som alto no cotidiano e o ligaram a intensidade, porém o conceito novo acabou por ser englobado pelo antigo, o que é um problema, pois deveria ter sido o contrário.

8.2. ANÁLISE DO DESENHO E DO TEXTO

Foram propostas aos alunos duas atividades, primeiro o desenho de um esquema do ouvido humano, pedindo para que ressaltem as transformações de energia e suas passagens pelo ouvido. Já a segunda atividade consistiu em um texto que contendo os tópicos mostrados no produto desta dissertação. Dentro desta atividade de texto, eles deviam mostrar ao professor-pesquisador uma música de sua escolha que os alunos contém no celular, utilizando os fones de ouvido para que o professor também escute e escolher um intervalo de tempo de um minuto desta música para tentar achar o momento com maior frequência.

O grande problema destas atividades está no quanto os alunos levaram a sério o processo de produção. Na primeira eles simplesmente fizeram a cópia do que estava nos slides, desenhando cada parte do ouvido humano. Isso pode ter valor para uma aprendizagem mecânica, visto que apenas repetiram o que foi visto, porém não era essa a ideia da atividade. Foi pedido apenas um esquema e não uma cópia, tirando, assim, parte da validade desta atividade para a ocorrência de uma aprendizagem significativa. Aparentemente, eles apenas buscaram tentar uma nota melhor.

Para o texto os alunos apelaram para tópicos, o que significa que eles não fizeram algo contínuo, não construindo um texto e mantiveram suas respostas dentro do padrão do questionário. O momento que teve mais sucesso desta atividade foi a escolha da música e o momento de maior frequência do som. Muitos alunos conseguiram perceber o que era o som com maior frequência em seu cotidiano, sendo assim, um grande indício de aprendizagem significativa, ou seja, de uma ligação com seus subsunçores.

Também ocorreu uma aula de discussões com alguns instrumentos levados pelos alunos. Nesta aula, foram levados uma guitarra, um baixo e um teclado. O teclado foi o mais utilizado para a discussão, pois a organização das oitavas tem visualização mais direta na relação das frequências. Esta discussão poderia ter sido mais proveitosa, porém o grau de interação dos alunos ficou aquém do previsto. Essa aula tem tempo variado de 45 a 90 minutos, pois depende diretamente de perguntas dos alunos. Mas, como houve pouca interação, os dados não chegaram a ser representativos. Alguns alunos buscaram a interação, mas com respostas apenas ligadas ao cotidiano, sendo parecidas com as dadas no questionário.

9. CONCLUSÃO

Os anais de eventos e periódicos revisados expuseram que temos poucas produções a respeito de acústica, abordada de maneira similar a este trabalho, até os dias atuais. A maioria utiliza música para o ensino de outros conteúdos e aborda simplesmente como uma ferramenta motivacional. É exatamente o oposto do que está nos documentos oficiais, visto que a contextualização é necessária nas salas de aula.

Isto posto, o produto desta dissertação foi elaborado de forma pioneira, para auxiliar a aprendizagem dos conceitos de acústica de alunos do Ensino Médio. Como existe uma relação entre Acústica, música, audição e poluição sonora, os alunos buscaram ao final da sequência utilizar isso para responder seus questionários. Existiu uma grande diferença entre o questionário prévio e o final. Muitos alunos mudaram seu vocabulário cotidiano para um vocabulário científico, porém encontraram-se muitos erros devido a uma mistura dos conceitos aprendidos. A palavra “alta” para o volume, fixada na estrutura cognitiva dos alunos não sofreu o processo de assimilação esperado, porém, também não se ligou ao conceito de frequência. Mas observou-se que os alunos entendiam que aquela música alta estava relacionada a amplitude do som, mostrando assim um indício de que ocorreu aprendizagem a respeito deste conceito. Também notou-se que a afinação ficou diretamente ligada à frequência do som. Os indícios de aprendizagem ficaram restritos às respostas dos questionários e há alguns dados do diário de campo, porém, não foram em grande número.

A sequência foi aplicada durante duas semanas, utilizando o tempo das aulas. Foram três aulas por semana, todas com quarenta e cinco minutos. Muitos alunos se mostraram interessados no assunto, mas no momento de produzir optaram por uma maneira menos empenhada. Isso tem total relação com o perfil da turma, pois os alunos sempre demonstraram este comportamento durante o ano letivo.

O número de dados obtidos que mostram a aprendizagem significativa podem ter sido restritos devido a aplicação com poucos alunos ou ao perfil desta turma, portanto se mostra que uma continuidade do trabalho pode trazer uma nova amplitude de dados significativos. Além disso, seria interessante a aplicação com públicos diferentes, como em escolas públicas, e com turmas diferentes, por exemplo, uma turma de segundo ano do Ensino Médio.

Por fim, o produto se mostra pronto para mudanças a partir da realidade de cada escola e de cada público alvo, podendo ser utilizado em realidades diferentes. Isso abre a possibilidade de uma aprendizagem significativa dos conceitos de acústica unido a vários conceitos, como música, audição e poluição sonora, para uma maior gama de alunos.

10. REFERÊNCIAS

- ANÔNIMO. Lei do Silêncio – Verdade ou mito? Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/blogs/vida-de-condominio/lei-do-silencio-verdade-ou-mito/>. Acesso em: 07 mai. 2017.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980. 625p.
- BAPTISTA, Carla Maria Fachini; BAUMER, Ana Luiza; COMIOTTO, Tatiana; LAWALL Ivani Teresinha; CLEMENT, Luiz. **Uma proposta para o ensino introdutório de ondulatória som uma perspectiva ausubeliana**. *Simpósio Nacionao de Ensino de Física*, jan. São Carlos. 2017. Disponível em: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1274-1.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2017
- BARDIN, Laurence. *Análise de Conteúdo. Edição*. Lisboa: Persona, 2001. P. 231
- BASTOS, Patrícia Weishaupt; MATTOS, Cristiano Rodrigues. **Física para uma saúde auditiva**. *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, nov. Florianópolis. 2007. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p277.pdf>. Acesso em: 23/06/2015
- BASTOS, Patrícia Weishaupt; MATTOS, Cristiano Rodrigues. **Física e Poluição Sonora: uma proposta de dinâmica do perfil conceitual**. *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, out. Curitiba. 2008. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0036-1.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2017
- 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
- BRASIL, Ministério da Educação e do Desporto – Secretaria de Educação Fundamental. **PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais, 1997**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf> . Acesso em 11 Ago. 2016
- BRASIL. Lei nº 8583, de 2 de Janeiro de 1995
- BUENO, Silveira, Minidicionário da língua portuguesa, ed revisada e atualizada. São Paulo: FTD, 2000
- CHAGAS, Anivaldo. O questionário na pesquisa científica. Disponível em: https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/1255609/mod_resource/content/0/O_questionari_ona_pesquisacientifica.pdf. Acesso em: 30 out. 2016.

CONSTANTI, Dani. A polícia militar orienta sobre o cometimento da contravenção de perturbação do sossego e as providências a serem tomadas. Disponível em: <https://valeindependente.wordpress.com/2014/03/13/a-policia-militar-orienta-sobre-o-cometimento-da-contravencao-de-perturbacao-do-sossego-e-as-providencias-a-serem-tomadas/>. Acesso em: 07 mai. 2017

COSTA, Jeremias Ferreira da; CAMARGO, Sergio; GIOPPO, Christiane. **Ensino de ondas sonoras/poluição sonora utilizando o aparelho celular como ferramenta de apoio**. *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, nov. Águas de Lindóia. 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1336-1.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2016

COUTINHO, Laucidéia Rocha; GONÇALVES, Fabiana; HUSSEIN, Silvia. **A música como recurso didático no ensino de química**. *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, nov. Águas de Lindóia. 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1319-1.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2015

EISBERG R.M; LERNER L.S. **Física, Fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 1982, v. 2.

ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães, GOBARA, Shirley Takeco, JARDIM, Maria Inês. **O conceito de ondas sonoras em livros didáticos do ensino secundário brasileiro de 1927 a 1959**. *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, out. Curitiba. 2008. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0182-1.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2017

FAVRETTO, Angélica. PM vai apreender som que estiver com volume alto. Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/pm-vai-apreender-som-que-estiver-com-volume-alto-30rrccou1peqxbz29phczqlou>. Acesso em: 07 mai. 2017.

FERRANO, N.G.; SOARES, P.A.; FOGO, R. *Física Básica*. 4ª edição. São Paulo: Editora Atual, 2013. 703.

FILHO, B.B.; SILVA, C.X. *Física aula por aula parte II*. 3ª edição. São Paulo: FTD, 2015. 592.

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

GARBE, A. **Estudo biomecânico para reabilitação do ouvido médio humano.** Tese de Mestrado – Universidade do Porto. Julho de 2010.

GOMES, Emerson Ferreira; PIASSI, Luís Paulo. **Georges Snyders, Rock'n Roll e o Discurso sobre a Ciência: Perspectivas Culturais no Ensino de Ciências.** *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, nov. Campinas. 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0014-2.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2015

GRILLO, Maria Lúcia; BAPTISTA, Luiz Roberto; MARTINS, Ricardo Pereira; BRASIL, Natasha Gasparelli. **A Física e a música no Barroco.** *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, nov. Campinas. 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0601-2.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2015

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

JARDIM, Maria Inês Affonseca, ERROBIDART, Nárdia Cristina Guimarães, GOBARA, Shirley Takeco. **Levantamento dos trabalhos em ensino de Física que investigaram ondas sonoras.** *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, out. Curitiba. 2008. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0186-1.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2017

NEITSCH, Joana. *Avise o vizinho barulhendo: Lei do Silêncio continua valendo no carnaval.* Disponível em: <http://www.gazetadopovo.com.br/vida-publica/justica-e-direito/avise-o-vizinho-barulhento-lei-do-silencio-continua-valendo-no-carnaval-8ryzia28a7mjydq8o82erwhy>. Acesso em: 07 mai. 2017

MALLMANN, Elena. **Monitoramento eletrônico das tarefas extraclasse: acoplado aprendizagens presencial e a distância.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria. 2004.

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

MORI, Rafalo Cava. **Ciência e Tecnologia como temas em canções de Humberto Gessinger.** *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, nov. Campinas. 2011. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0407-1.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2015

NASCIMENTO, Cláudia; GOBARA, Shirley. **A contextualização do ensino de ondas sonoras por meio do corpo humano.** *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, nov. Florianópolis. 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1297.pdf>. Acesso em: 23/06/2015

NUSSENZVEIG, M. Curso de Física Básica 2: Fluidos, Oscilações e ondas, Calor. Terceira edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 1983. Vol 2.

ODA, Welton. **O que há de Science no Chico Science?** *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, nov. Águas de Lindóia. 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0489-1.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2015

Oreille externe et oreille moyenne : S Blatrix, Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=JQHo7ddJzqk>. Acesso em 30 de Ago. De 2016

PEREIRA, Rafael; ABDOUNUR, Oscar. **Física da música no Renascimento: uma abordagem histórico-epistemológica.** *Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, mes. Belo Horizonte. 2007. Disponível em <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p1159.pdf>>. Acesso em: 23/06/2015

RUI, L. *Uma proposta de introdução de conceitos físicos na 8ª série através do Som, e algumas importantes curiosidades e aplicações do seu estudo.* 2006. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2006.

SANTOS, Jheison Lopes dos; CRUZ, Frederico Alan de Oliveira. **Escuta que isso é Física!** Simpósio Nacional de Ensino de Física, jan. Uberlândia. 2015. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T1067-1.pdf>. Acesso em 11 ago. 2016

SEABRA, Maria Emilia Faria; MACIEL, Antônio Marcelo Martins. **Música como tema para o ensino de Física por projeto.** Simpósio Nacional de Ensino de Física, jan. Uberlândia. 2015. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0612-3.pdf>>. Acesso em 11 ago. 2016

SCHAFER, R.M. *A Afinação do Mundo.* São Paulo: Editora UNESP, 1997. 381.

STINGLIN, Douglas da Costa. **Ensino de Acústica: uma sequência didática para auxiliar o ensino de intensidade e frequência sonora, baseada na teoria da aprendizagem significativa.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, Paraná

SZEREMETA, B. **Avaliação e Percepção da Paisagem Sonora de Parques Públicos de Curitiba – Paraná.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 28 de Março de 2007.

TAKAHASHI, Keiichi, HIRANO, Go, HASEGAWA, Tetsuya, KANEMITSU, Shigeru, KAIDA, Takayasu, TSUKADA, Haruo. The Weber-Fechner law. Disponível em: <http://siauliaims.su.lt/pdfai/2011/Taka-et-all-2011>. Acesso em: 07 mai. 2017.

Anexos

1. Questionário

Nome: _____

Este documento não será utilizado para avaliação da matéria, portanto deve ser respondido sem restrições aos erros.

Use suas memórias a respeito dos conhecimentos exigidos nas perguntas.

- 1) Qual seu estilo musical favorito? Você toca algum instrumento? Qual a importância da música em seu dia-a-dia?

- 2) Baseado em seus conhecimentos sobre os conceitos de onda, que é a amplitude de uma onda sonora? O que é a frequência de uma onda sonora?

- 3) Qual é a função do tímpano, membrana localizada no ouvido humano?

- 4) O que pode determinar se existe poluição sonora no ambiente?

- 5) Qual a diferença musical e física entre duas notas de mesmo nome e que pertencem a duas oitavas consecutivas?

- 6) Qual a diferença da música com volume alto para a com volume baixo?

- 7) Qual o motivo dos famosos músicos de rock terem problemas de audição?

8) Qual a diferença entre a guitarra e o baixo para o ouvido humano?

9) O que muda se dedilhamos uma corda, de qualquer instrumento, com muita força ou com pouca força?

10) O tímpano pode ser danificado por grandes amplitudes de som?

11) O acumulo de carros no trânsito pode trazer problemas de audição?

12) A Poluição Sonora pode atrapalhar a audição de outros sons do dia-a-dia?

13) Como a música “alta” afeta o ambiente da escola?

14) Uma festa pode trazer transtornos aos vizinhos. Isso pode ser considerado Poluição Sonora?

15) Qual a relação entre a propagação do som e a Poluição Sonora?

16) Sons de baixa amplitude podem causar Poluição Sonora?

2. Termo de Assentimento

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 da Dissertação de mestrado: Relações entre a percepção musical e o ensino das características das ondas sonoras.

Investigador: Douglas da Costa Stinglin

Local da Pesquisa: Colégio Integral

Endereço: Rua Alberto Folloni, 220 – Centro-Cívico

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 música e observar se os alunos tiveram indícios de aprendizagem significativa com relação aos conceitos de acústica.

Esta pesquisa faz parte de uma Dissertação de Mestrado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e será feita na turma de primeiro ano do Ensino Médio. Serão cinco ou seis aulas, a primeira para reconhecer a estrutura cognitiva do aluno, a segunda para a montagem de esquemas do ouvido humano, a terceira será uma discussão que uni ouvido humano, meio-ambiente e Física, a quarta será uma atividade para que os alunos preparem um breve texto com relação ao que foi discutido e a quinta a finalização da avaliação sobre a aprendizagem. 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 informado no trabalho. Também será utilizada a gravação em áudio para auxílio da lembrança de detalhes sobre as aulas.

Espera-se obter dados para avaliar estas atividades e observar se ocorreu a facilitação da 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.

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