

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA

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

Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio usando *smartphone*

Márcio Donizete Pereira

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

Orientador: Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Coorientadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

UFSCar - Sorocaba

Outubro/2017

**Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio usando
*smartphone***

Márcio Donizete Pereira

Orientador:

Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Coorientadora:

Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

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

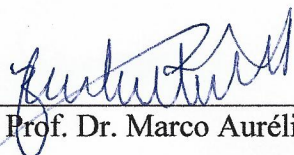
Aprovada por:



Prof. Dr. João Batista dos Santos Junior



Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva



Prof. Dr. Marco Aurélio Euflazino Maria

Sorocaba
Agosto de 2017

Donizete Pereira, Márcio

Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio usando
smartphone / Márcio Donizete Pereira. -- 2017.
138 f. : 30 cm.

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

Orientador: Tersio Guilherme de Souza Cruz e Fernanda Keila Marinho da
Silva

Banca examinadora: João Batista dos Santos Júnior, Adriana de Oliveira
Delgado Silva, Marco Aurélio Euflazino Maria
Bibliografia

1. Ensino de Física. 2. Poluição Sonora. 3. Smartphone. I. Orientador. II.
Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Dedico esta dissertação a minha família que me apoiou em todos os momentos.

Agradecimentos

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida. Aos meus professores pelas excelentes aulas, em especial ao meu orientador Professor Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz e a minha co-orientadora Professora Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva que me incentivaram em todas as reuniões sempre auxiliando no desenvolvimento desta dissertação.

RESUMO

Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio usando *smartphone*

Márcio Donizete Pereira

Orientador: Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Co – orientadora: Prof. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

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

O objetivo principal do projeto é elaborar uma sequência didática para ser aplicada em sala de aula visando abordar a física da poluição sonora, incluindo medidas da intensidade sonora, utilizando *smartphone* e o aplicativo *Sound Meter*. O tema se justifica em função da necessidade de conscientização dos estudantes quanto aos efeitos da poluição sonora, cada vez mais presente no cotidiano das pessoas. A ideia se complementa por aproveitar o interesse e a facilidade que, em geral, os adolescentes possuem com estes aparelhos, tornando-os aliados do professor no processo de ensino-aprendizagem. O produto educacional desenvolvido consiste de um material contendo abordagem teórica e prática necessária à sua aplicação em sala de aula. A sequência foi aplicada junto a estudantes do ensino médio de uma escola pública da cidade de Embu das Artes e os dados coletados foram utilizados para a verificação da metodologia a partir das atividades desenvolvidas em classe. O projeto desenvolvido teve um grande interesse por parte do aluno, podendo ser verificada através das atividades desenvolvidas demonstrando uma possibilidade para o estudo de conceitos físicos através da poluição sonora.

Palavras-chave: Poluição sonora, uso de *smartphones*, sequência didática, ensino de física

Sorocaba
Agosto de 2017

ABSTRACT

Study of noise pollution by high school students using *smartphone*

Marcio Donizete Pereira

Supervisor(s):

Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Prof. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

Master's Dissertation submitted to the Post-Graduation Program in Physics Teaching in the Professional Master's Course of Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the Master's degree in Physics Teaching.

The main objective of the project was to develop a didactic sequence to be applied in the classroom aiming to address the study the physics of noise pollution, including measures of sound intensity using cell phones and specific mobile applications. The theme is justified by the need to raise awareness among students about the effects of noise pollution, which is increasingly present in people's daily lives. The idea is complemented by taking advantage of the interest and ease that adolescents usually have with these devices to make them allies of the teacher in the teaching-learning process. The educational product developed consists of a didactic sequence containing every theoretical and practical approach needed for its application in classroom. The study was applied in high school students of a public school in Embu das Artes city. The data needed for the analysis was collected in class.

Keywords: Noise pollution, use of mobiles phones, didactic sequence, physics teaching.

Sorocaba
August 2017

Sumário

Apresentação	9
Capítulo 1: Apontamentos sobre o Ensino de Física e objetivo da dissertação	11
Capítulo 2: Estudos relacionados à temática da pesquisa	16
2.1 O problema da poluição sonora	16
2.2 A Poluição sonora no ambiente escolar	21
2.3 O uso do <i>smartphone</i> em sala de aula	22
Capítulo 3: O Estudo das Ondas	25
3.1 Ondas e Tipos de Ondas	25
3.2 Ondas numa corda	28
3.3 Ondas Sonoras	30
3.4 A Equação das Ondas Sonoras	36
3.5 Qualidades do Som	38
3.6 Intensidade Sonora e nível de Intensidade Sonora	39
3.7 Psicoacústica	40
3.8 Anatomia do Ouvido Humano	41
Capítulo 4: Metodologia	44
4.1 Procedimentos Metodológicos	44
4.2 Referencial Teórico Metodológico	46
4.3 A teoria de David Ausubel	47
4.4 Construção da Sequência Didática	50
Capítulo 5: Resultados e discussão	51
5.1 Atividades Desenvolvidas	51
Considerações finais	71
Bibliografia	73
ANEXO 1: Tabela com os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	77
ANEXO 2: Tabela de Nível Sonoro e seus efeitos	78
ANEXO 3: Lista de exercícios utilizada na aula 2	79
ANEXO 4: Material da Atividade utilizada na aula 4	80
ANEXO 5: Termo de Consentimento Livre Esclarecido	84
ANEXO 6: Planos de aula da sequência didática	87
APENDICE A: Produto educacional	91

APRESENTAÇÃO

Após ingressar no curso de Licenciatura em Física pela Universidade de São Paulo, recebi o convite para trabalhar como professor plantonista no cursinho da PSICO¹. Minha função era auxiliar diariamente os alunos que apresentavam alguma dificuldade em acompanhar a disciplina.

No ano de 2011 ingressei na rede estadual de ensino como professor contratado, tendo sido aprovado em concurso público da Secretaria do Estado de Educação no ano de 2014, tornando-me professor efetivo.

Na rede estadual eu notei que a física é algo pouco interessante e estimulante da maneira como é trabalhada atualmente e vista por muitos como sendo algo que está muito além da sua capacidade. Esse desinteresse é acompanhado pela invasão da tecnologia em sala de aula como os *smartphones* e a internet, levando o aluno a se distrair com os seus aparelhos celulares e fazendo com que a aula fique em um segundo plano.

Diante dessa constatação teremos que começar a modificar a forma de ensinar e aprender. Portanto surge o desafio de criar uma estratégia de ensino que consiga tornar o ensino de física mais agradável para o aluno e ao mesmo tempo leve em conta a concorrência que o assunto da aula tem com os recursos oferecidos pelos *smartphones*.

Com a invasão da tecnologia nas escolas, a aquisição da informação e a obtenção dos dados dependerão cada vez menos do professor, e esse terá que ajudar o aluno a interpretar esses dados, a relacioná-los e a contextualizá-los. É necessário transformar a aula em pesquisa e comunicação.

Tendo em vista esta discussão, esse trabalho de pesquisa procura criar uma sequência didática que seja capaz de ensinar física de uma maneira mais interessante para o aluno e ao mesmo tempo procure aliar o uso de aplicativos instalados nos *smartphones* como ferramentas que sejam capazes de auxiliar o aluno e o professor no processo de ensino e aprendizagem.

¹ O **Cursinho Pré-Universitário da Psico** é um projeto educacional **sem fins lucrativos** coordenado por estudantes do Instituto de Psicologia (IP) da Universidade de São Paulo (USP) que atendem jovens e adultos de baixa renda que desejam ingressar na Universidade (Disponível em <http://www5.usp.br/servicos/curso-pre-vestibular-psico-usp-sao-paulo/>. Acesso em 03/07/2017).

Em uma sequência didática devem existir atividades que permitam determinar os conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conteúdos de aprendizagem que serão abordados. Esses conteúdos devem ser adequados ao nível de desenvolvimento dos estudantes, ou seja, que representem desafios possíveis para o estudante, que promovam uma atitude favorável e que sejam motivadoras em relação à aprendizagem de novos conceitos.

O principal motivo da construção de uma sequência didática é que essa possa facilitar a aquisição de habilidades ligadas ao aprender a aprender, para que o estudante se torne cada vez mais autônomo frente aos processos de aprendizagem.

CAPITULO 1

APONTAMENTOS SOBRE O ENSINO DE FÍSICA E OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO

Diversos pesquisadores em ensino de Física, dentre os quais podemos citar: Moreira (2000), Ricardo (2003) e Rezende (2009), discutem o desinteresse dos alunos da educação básica pelo ensino de Ciências de um modo geral.

Para Chiquetto (2011) a Física se mostra para o aluno como um impressionante conjunto de fórmulas destinadas apenas para resolver problemas propostos nas provas e não conseguem enxergar a física como uma descrição do mundo.

Rezende (2009) procurou mapear a produção nacional sobre o ensino de Física. Sua análise focou os trabalhos publicados no período de 2000 a 2007 de temáticas utilizadas nas últimas edições dos eventos científicos referentes ao ensino de Física. Esse trabalho mostrou que a maior parte da produção se concentra na temática ensino-aprendizagem. Segundo o autor, pode-se interpretar esta tendência como sendo a expressão de uma visão instrumentalista da pesquisa em ensino e muitas vezes tecnicista do processo educativo, que visa basicamente o fornecimento de subsídios ao professor para melhorar o desempenho do aluno. Através desse trabalho foi possível perceber uma grande ênfase nos aspectos cognitivos do ensino-aprendizagem de Física, deixando de fora outros aspectos envolvidos e, assim, não fazendo justiça à complexidade do processo como um todo. Para o autor este resultado indica a necessidade de um maior investimento na pesquisa teórica, que permita uma reflexão mais profunda e a compreensão das muitas dimensões do processo educativo.

Moreira (2000) faz uma análise crítica dos grandes projetos curriculares desenvolvidos para o ensino de Física e constatou que esses projetos foram muito claros em dizer como se deveria ensinar a Física através de experimentos, demonstrações, projetos etc., mas pouco ou nada disseram sobre como aprender esta mesma Física. As ideias de Moreira (2000) e Rezende (2009) permitem concluir que o ensino e a aprendizagem são interdependentes, ou seja, por melhor que sejam os materiais instrucionais, do ponto de vista de quem os elabora, a aprendizagem não é uma consequência natural do uso dos mesmos, sendo necessária uma reflexão mais profunda que integre as metodologias de ensino e os processos cognitivos

que envolvem a aprendizagem. Esse descompasso existente entre o ensino de Física e as metodologias e estratégias utilizadas associadas à falta de compreensão das teorias de ensino e aprendizagem pode ser apontada como justificativa para o mau desempenho do aluno ou para os problemas de compreensão relacionados à área da física.

A disciplina é considerada pelos alunos como a mais difícil do currículo e, segundo Nascimento (2010), o desinteresse e a falta de envolvimento dos alunos, a aparente incapacidade de incorporar processos pedagógicos menos centrados no professor, em utilizar recursos promotores de uma participação dos alunos e mesmo de introduzir temas da realidade cotidiana dos alunos colaboram para essa dificuldade.

Para Nascimento (2010) esse desinteresse deve-se principalmente à ênfase exagerada à memorização de fatos, símbolos, nomes, fórmulas, equações, teorias e modelos sem quaisquer relações entre si e com a vida cotidiana. O autor cita ainda a grande extensão do programa do ensino médio (programas curriculares para o autor) que muitas vezes é priorizado pelo professor em detrimento da qualidade. Podemos destacar ainda que o conteúdo de Física é trabalhado junto ao aluno sem ênfase às suas origens, sem o seu desenvolvimento, ou seja, sem a sua construção. O conhecimento científico, nesse caso, é mostrado como algo absoluto, sem as contradições e sem as questões que possam desafiar o alcance das suas teorias, que poderiam ser solucionadas com a introdução da História da Ciência.

Ricardo e Freire (2007) em seu estudo sobre as concepções dos alunos sobre a física no ensino médio nos dizem que a relação entre a Física e a Matemática não é clara entre os professores que ensinam Física nas escolas. Os autores relatam que é muito comum encontrar professores que atribuem as dificuldades dos alunos em aprender Física à deficiência na Matemática.

Os próprios Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e Menezes (2000) destacam esse problema ao ressaltarem que a formalização matemática carece de uma compreensão fenomenológica e qualitativa.

Para Pietrocola (2003) admitir que boa parte dos problemas de aprendizagem da Física se localiza no domínio da Matemática reflete um posicionamento ingênuo e acaba por atribuir que a matemática tem apenas a função de instrumento da Física.

É necessário desmitificar estas visões tendo como objetivo uma melhoria na qualidade de ensino oferecida para nossos alunos, pois apesar desses apontamentos, reconhece-se que o estudo da física é fundamental. O nosso cotidiano está totalmente dominado por aparelhos oriundos de tecnologias que funcionam de maneira direta ou indiretamente através de conhecimentos oriundos da Física. Isso justifica em parte o fato de que a Física escolar pode ser mais bem compreendida e trabalhada a partir de aspectos do cotidiano dos alunos. Temos vários exemplos: o desenvolvimento da Física permitiu a iluminação de nossas casas e ruas, permitiu o aquecimento produzido pelos fornos microondas, o desenvolvimento e fabricação de computadores, telefones e aparelhos celulares entre outros dispositivos.

A finalidade crucial do ensino é formar pessoas capazes de possuírem o domínio científico de conceitos físicos e que possuam habilidades, atitudes e valores que hoje são considerados fundamentais para o exercício da cidadania. Essa finalidade foi apresentada oficialmente após a Lei de Diretrizes e Bases LDB (1996) e, posteriormente, através dos PCNs Brasil (1998).

Especificamente em relação ao ensino de Física, os Parâmetros Curriculares Nacionais da Física (PCNs) destacam a necessidade de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar da realidade.

Godinho (1996) nos atenta que a finalidade crucial do ensino é formar pessoas capazes de desempenhar uma ação cientificamente esclarecida e racional na gestão de recursos, na preservação do ambiente e da qualidade de vida e nas decisões do seu cotidiano.

Os PCN do Ensino Médio (1999) esperam que o aluno termine essa etapa de sua escolarização com competências e habilidades, atitudes e valores que são considerados fundamentais para o exercício da cidadania. Os objetivos fundamentais das orientações curriculares é formar indivíduos capazes de relacionar os conhecimentos científicos adquiridos com aspectos pessoais, sociais e ambientais e de utilizar esses conhecimentos na resolução de problemas da sua vida diária.

Nos PCN existem os temas estruturadores, nos quais é possível identificar alguns que possuem potencial em promover articulações entre o ensino de Física e os temas

ambientais. Esses temas estruturadores se identificam com o ensino de enfoque em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

A perspectiva CTSA foi definida como sendo o ensino e a aprendizagem da ciência, da tecnologia dentro do contexto da experiência humana. Nesse sentido é necessário o envolvimento dos alunos em experiências e assuntos que fazem parte diretamente com a sua vida cotidiana.

Diante do exposto, é visível a necessidade de que o aluno adquira uma aprendizagem contextualizada, em questões e situações relevantes ou diretamente relacionadas com a sua própria vida, entenda como a ciência, a tecnologia e a sociedade se relacionam.

Para que seja possível ocorrer uma aprendizagem contextualizada, é importante que essa seja realizada através de situações reais e cotidianas, pois assim é possível que os alunos encontrem justificativas para o que estão aprendendo.

Devemos destacar que é fundamental estudar Física, pois os benefícios de quem sabe Física podem ser agrupados em duas categorias. A primeira trata da interação do indivíduo com o meio em que vive, representada pelos conhecimentos que a Física proporciona e a segunda está ligada ao seu próprio desenvolvimento cognitivo.

Não se pode desconsiderar que a qualidade do ensino de Física e obviamente de outras áreas do conhecimento está diretamente ligada à necessária valorização dos professores e ao seu respectivo trabalho pedagógico. Nesse quesito, aspectos como salário, condições da escola e formação contínua e permanente são aspectos essenciais.

Esse trabalho pretende contribuir para uma pequena melhora no Ensino da Física, através de uma participação mais ativa e efetiva do aluno. Para isso foi escolhido um tema que faz parte do seu cotidiano, mostrando quais os problemas provocados pela poluição sonora e as possíveis soluções para uma melhor qualidade de vida. Através da poluição sonora será introduzido o estudo da acústica.

Acredita-se que o estudo do som pode propiciar meios para dimensionar o papel da informação para a vida, acompanhando as transformações sociais que resultaram do domínio tecnológico, do registro, reprodução e velocidade de transmissão de informações ao longo da história. Essa temática será abordada nesse trabalho por meio do uso de *smartphones* em sala de aula.

A partir dessas considerações, tem-se como objetivo principal dessa dissertação elaborar uma sequência didática para ser aplicada em sala de aula visando estudar a física da poluição sonora, incluindo medidas da intensidade sonora utilizando *smartphones* e aplicativos específicos.

Os objetivos específicos são:

- discutir o uso e a elaboração da sequência didática na prática docente;
- discutir o uso do *smartphone* como instrumento motivador do processo de ensino aprendizagem;
- discutir se a exploração de metodologias alternativas contribui com o aprendizado dos conceitos de onda, intensidade sonora, propagação de ondas, entre outros.

O capítulo seguinte apresentará uma revisão que tenta contemplar alguns trabalhos relacionados ao tema. Para isso, foi feita uma revisão de revistas de larga utilização entre pesquisadores e professores.

CAPÍTULO 2

ESTUDOS RELACIONADOS À TEMÁTICA ABORDADA NA PESQUISA

Neste capítulo traremos alguns artigos que discutem a temática escolhida para o estudo da dissertação. Além disso, fizemos um recorte para a abordagem desse conteúdo, que será voltado para a poluição sonora.

2.1 - O problema da poluição sonora

A motivação para o estudo da poluição sonora decorre dos problemas sociais e as demais implicações que esse tipo de poluição traz para a sociedade sendo considerada pela Organização das Nações Unidas (ONU) como sendo o terceiro pior problema mundial e pelo fato que muitos de nossos alunos estão em constante exposição aos problemas provocados pela poluição sonora.

Um projeto de pesquisa iniciado em 2008 por Maisonneuve (2009) e colaboradores no Laboratório de Ciências da Computação da Sony em Paris e atualmente mantido pelo Software languages Lab da Vrije Universiteit Brussel procura mapear esse problema.

Esse projeto propõe uma abordagem participativa para monitorar a poluição sonora através da participação do público em geral, por meio da utilização de um aplicativo. Esse aplicativo desenvolvido transforma os *smartphones* em sensores de ruído permitindo aos cidadãos medir a exposição do som em seu ambiente cotidiano. Os dados obtidos por cada um dos usuários podem ser enviados para uma central que utilizará esses dados para a construção de um mapa do ruído que poderá ser acessado por qualquer pessoa.

A poluição sonora é um problema ambiental provocado pelo ruído, que é definido como o som capaz de provocar danos ao sistema auditivo. Os trabalhos de Penido, Azevedo e Souza (2011) e Musafir (2014) defendem que a poluição sonora pode ser definida como qualquer modificação das propriedades do meio ambiente causada por ruídos que possam causar dano auditivo para os frequentadores ou ocupantes de um determinado ambiente. Os mesmos definem ruído como sendo todo som indesejável, o que

acentua o aspecto subjetivo do incômodo. Existe ainda uma definição para ruído baseada na sua composição em frequência: pode-se dizer que ruído é a ausência de periodicidade das ondas sonoras, ou seja, suas frequências e amplitudes não possuem relações harmônicas. Quando essa dissonância alcança o ouvido, gera uma sensação de desconforto.

A abordagem da poluição sonora na escola de ensino médio é importante para que os alunos possam entender os danos provocados por esse tipo de poluição ambiental e aprendam a lidar adequadamente com ela. A relevância desse tema é evidenciada em trabalhos tais como Carvalho (2008), Chrispino (2009), Vianna (2009) Santos, Barros e Amorim (2013) e novamente em Santos, Barros e Amorim (2014).

Mattos e Bastos (2009) nos revelam que o conteúdo de acústica muitas vezes é deixado de lado pelo currículo escolar. E, quando é tratado, se limita a apresentar apenas curiosidades sobre velocidade do som, eco ou efeito Doppler, não contribuindo para uma educação efetiva sobre a área. No mesmo trabalho os autores realçam que os conhecimentos adquiridos na disciplina de física, quando bem trabalhados, podem contribuir para uma vida mais saudável do estudante.

Em outro trabalho, Santos, Barros e Amorim (2012), defendem que é de fundamental importância abordar a poluição sonora nas aulas de Física do ensino médio para que os alunos possam ser capazes de entender os danos provocados por esse tipo de poluição e consigam lidar adequadamente com esse tipo de problema.

A poluição sonora ocasiona danos à saúde das pessoas e, por esse motivo, é considerada um problema de saúde pública mundial. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) esse tipo de poluição é uma das formas mais graves de agressão ao ser humano e ao ambiente e é considerado como sendo o terceiro problema ambiental que mais afeta a sociedade perdendo apenas para a poluição do ar e para a poluição das águas². A OMS considera que as intensidades sonoras ideais para a manutenção da saúde humana devem estar abaixo de 50 decibéis (dB). A partir de 50 decibéis, os problemas podem ocorrer em curto prazo ou levarem anos para serem notados. A perda de audição é o efeito mais frequente associado a qualquer tipo de som que ultrapasse os limites de tolerância.

Hungria (1995) nos diz que é importante ressaltar que o tratamento para os

² Disponível em www.cmq.esalq.usp.br. Acesso em 21/11/2016.

problemas causados pela exposição do indivíduo ao ambiente ruidoso é complexo e, muitas vezes, implica no afastamento do indivíduo desse ambiente. Além disso, o ruído pode trazer diversas implicações ao homem, como, lesão no tímpano; destruição das células sensoriais, zumbido, enjoo, tonturas, mal estar; perda auditiva temporária, além de outras. Pode-se destacar que a poluição sonora também traz prejuízos econômicos (diminuição da produtividade, aumento na incidência de acidentes, indenizações) e sociais (perda de atenção, perda de concentração e estresse).

No ambiente escolar a poluição sonora prejudica a cognição, dificulta a concentração, diminui a atenção visual e a coordenação motora, altera a inteligibilidade da fala, dificulta a aquisição de leitura e o desenvolvimento da linguagem, prejudica a atividade intelectual e interfere na memória.

Diante desse quadro é importante conscientizar os alunos a respeito das implicações provocadas pela poluição sonora para que estes se tornem críticos a respeito de toda a temática e das consequências que esta pode trazer para si e para a sociedade.

O estudo dos problemas ambientais é de grande relevância para a saúde da população e para o equilíbrio ecológico como um todo. Como discutido anteriormente, a poluição sonora, em particular, traz diversos prejuízos tanto para a saúde auditiva da população como também traz dificuldades de concentração provocando a queda no rendimento acadêmico ou profissional.

Atualmente no Brasil, as condições em que os trabalhadores estão sujeitas são fiscalizadas pelo Ministério do Trabalho. Para que essa fiscalização ocorra de maneira eficaz o mesmo editou as Normas Regulamentadoras (NRs), que são relativas à segurança e saúde do trabalho. São de “observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT)”³.

Essas normas estabelecem as mínimas condições que devem ser oferecidas aos trabalhadores pelos empregadores, e uma dessas normas diz respeito à exposição ao ruído.

³ Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr1.htm>.

Nela são indicados os valores máximos de tempo que um trabalhador pode estar submetido a determinado nível de ruído. Esses valores, segundo a NR-15 (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho), encontram-se no anexo 1 deste texto.

Ainda segundo a legislação trabalhista, todas as pessoas que trabalham em um ambiente que possui elevados níveis de pressão sonora devem ser submetidas a exames audiométricos periódicos. O primeiro exame deve ser realizado no momento de sua admissão e este exame é considerado como referencial, pois os exames que serão realizados posteriormente devem ser comparados com esse para uma melhor avaliação das condições do estado da audição do trabalhador.

Costa (1988) avaliou a audição de 714 metalúrgicos com menos de dez anos de exposição ao ruído e encontrou uma porcentagem de aproximadamente 23% dos trabalhadores com Perda Auditiva Induzida por Ruído. Um trabalho semelhante foi realizado em metalúrgicas de Porto Alegre por Kwitko e Pezzi (1990) ao analisar 524 trabalhadores. Os pesquisadores constataram que aproximadamente 47% desses trabalhadores estavam com Perda Auditiva Induzida por Ruído.

Silva (2003) realizou uma pesquisa sobre o impacto da poluição sonora nos usuários do transporte coletivo de Goiânia. Nesse trabalho o autor constatou que os coletivos chegavam a emitir níveis de ruído em torno de 87 dB.

Fernandes e Marinho (2004) avaliaram a exposição ao ruído em que os motoristas e cobradores de coletivos urbanos da cidade de São Paulo estão sujeitos e constataram que, para veículos com motor dianteiro, o ruído ultrapassava os limites previstos na legislação trabalhista, que é de 85 dB para trabalhadores com jornada de 8 horas por dia.

Em um estudo realizado no Distrito Federal por Ribeiro e Garavelli (2004) foram encontrados 86 dB para os ônibus que integram o sistema de transporte coletivo. Em outro trabalho, realizado em setembro de 2006 pelos mesmos pesquisadores, destacou-se que um motor em boas condições reduz consideravelmente os níveis de ruído no interior dos ônibus de transporte coletivo.

Guedes (2005) realizou um estudo no bairro de jardins em Aracaju (SE) e constatou que as características físicas da forma urbana como a densidade construtiva, a existência de áreas livres entre outras características influenciam na propagação do som, determinando o

ambiente sonoro de uma determinada região.

Suriano, Souza e Silva (2015) selecionaram para o seu estudo uma fração territorial localizada na cidade de São Carlos que engloba três corredores de tráfego relevante para a cidade (Av. São Carlos, Av. Dr Carlos Botelho e R. XV de Novembro). Nesse estudo foi caracterizado e contabilizado o fluxo de tráfego e a composição da frota (veículos leves e pesados). A coleta dos dados foi realizada em horários considerados como o de maior fluxo de veículos (das 7h00 às 8h00, no horário diurno e das 17h30 às 18h30, fim da tarde). Para o levantamento do nível de ruído foi utilizado o equipamento Analyser 2270-L. Com base na norma NBR 10.151⁴, os limites para zonas urbanas de uso misto com vocação comercial e administrativa não devem exceder ao nível de 60 dB no período diurno e 55 dB no período noturno. Os resultados encontrados por Suriano, Souza e Silva (2015) permitiram a construção de um mapa do ruído, possibilitando evidenciar as quadras que não comportam a intensificação do fluxo de veículos sob o ponto de vista do ruído. Os autores relatam que no Brasil existe uma carência de informações sobre a poluição sonora e os malefícios causados pela exposição da população. Os mesmos demonstraram que a área estudada apresentam valores elevados de níveis sonoros, estando acima dos limites estabelecidos pelas normas vigentes. O estudo defende que a classificação de quadras torna-se uma ferramenta para a educação ambiental e conscientização do problema provocado pela poluição sonora pela comunidade.

Em outro trabalho realizado por Pinto e Costa (2005) os autores propõem a criação de um programa computacional para simular o funcionamento de um cruzamento regulado por sinais luminosos. Entre os objetivos desse trabalho estão um melhor desempenho do tráfego de automóveis e a introdução de outros indicadores de desempenho, como o nível de ruído e o consumo de combustível além do custo de operação.

Em outro estudo, realizado no parque Jardim Botânico de Curitiba, Zannin e Szeremetta (2003) efetuaram medidas do nível sonoro equivalente em 21 pontos espalhados dentro do parque. Essas medidas foram realizadas nas pistas por onde os frequentadores do

⁴ Disponível em: <http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2012/01/Avalia%C3%A7%C3%A3o+do+Ru%C3%ADdo+em+%C3%81reas+Habitadas.pdf>
Acesso em 10/03/2017

local circulam entre as 18 horas e 19 horas, pois é o horário que possui o tráfego de veículos mais intenso nas proximidades do parque. Nesse estudo foi constatado que aproximadamente 48% dos pontos onde foram realizadas as medidas apresentam níveis sonoros acima de 65 dB. Esse valor é considerado pela medicina preventiva como o nível máximo que um cidadão pode se expor sem riscos à saúde. Esse trabalho também revelou que aproximadamente 91% dos pontos avaliados não satisfazem a Lei Municipal (Curitiba, 1995) de número 8583 que fixa o limite de 55 dB como nível máximo de emissões sonoras em áreas verdes.

Considerando os dados apresentados pelos diferentes autores, é premente um trabalho em sala de aula que destaque os problemas da poluição sonora que envolve, em geral, os grandes centros urbanos. Acredita-se que o ensino de física pode ser um canal bastante interessante para um trabalho que problematize esse assunto, na medida em que é essa área de conhecimento que aborda conteúdos que podem explicar sistematicamente fenômenos relacionados ao tema.

2.2 - A poluição sonora no ambiente escolar

Conetta (2014) e colaboradores realizaram um levantamento acústico das escolas secundárias da Inglaterra para identificar as dificuldades causadas pelo ruído e a sua correlação com as características físicas dos espaços analisados. Segundo os autores nos últimos 15 anos, vários países introduziram orientações de *design* acústico para as escolas, no entanto, muitas escolas continuam a fornecer um ambiente acústico que não é ideal para o processo de ensino e aprendizagem, pois os níveis de ruído de fundo e / ou reverberação são muitas vezes superiores aos valores recomendados.

No que se referem à poluição sonora, Santos, Barros e Amorim (2013) verificaram que, em geral, os autores de livros didáticos de Física não estão preocupados com a relevância do tema no contexto da ondulatória, trazendo apenas, em sua grande maioria, uma tabela contendo fontes sonoras e seus respectivos níveis sonoros.

Na literatura, contudo, há vários estudos relacionados à acústica aplicada ao ensino. Novicki, Lantonsiki e Poglia (2011) descrevem um experimento para determinar a velocidade de uma fonte sonora baseado no Efeito Doppler-Fizeau. Tal efeito descreve

situações comuns do cotidiano do aluno. Em outro artigo Cavalcante, Peçanha e Leite (2012) descrevem um experimento simples para a determinação da velocidade do som através do eco.

Moreira, Macedo e Oliveira (2013) apresentam um minicurso sobre Poluição Sonora que foi aplicado em uma turma de estudantes de Ensino Médio. Após a realização do minicurso os autores concluíram que os estudantes apreenderam os conceitos científicos e foram capazes de relacionar com situações de seu cotidiano. Os autores defendem que o tema Poluição Sonora permite ao professor associar conceitos centrais da acústica com casos relevantes do cotidiano do aluno incluindo a comunidade escolar, pois os mesmos fazem muitos barulhos em sala de aula e utilizam constantemente de potentes aparelhos eletrônicos (equipados com fones de ouvido).

Sons acima de 75 dB já são considerados prejudiciais ao aparelho auditivo, no entanto a maioria dos equipamentos de sons portátil atinge facilmente os 120 dB, ruídos esses comparados a uma britadeira.

Para Grego (2006) além da capacidade sonora aumentada desses equipamentos, outro agravante refere-se ao tipo de fone de ouvido utilizado. Os fones de inserção no ouvido potencializam os sons, portanto são mais danosos que os tradicionais fones externos, que cobrem a orelha e amenizam o volume do som, minimizando também os ruídos externos.

Os fones de ouvido são considerados pelos médicos os mais prejudiciais porque carregam sons de até 120 decibéis diretamente para o tímpano, colaborando com o aparecimento de zumbido, antes mesmo de provocar alguma perda auditiva perceptível.

2.3 – O uso do *smartphone* em sala de aula

A maneira como a Física é trabalhada pode torná-la pouco interessante e estimulante para os alunos. Ao mesmo tempo é vista por muitos como sendo algo que está muito além da sua capacidade. Somado a isso, segundo Antonio (2010), encontramos diversas escolas que não possuem laboratórios eficientes, pois carecem de recursos e funcionalidades necessárias para a utilização de seus equipamentos.

Os *smartphones* se transformaram em centrais multimídias computadorizadas e, além de permitirem recursos de fotos, vídeos e mensagens, permitem a utilização de

diversos aplicativos. Todo este aparato com acesso à internet. Em geral, os alunos possuem um grande interesse e conhecimento sobre dispositivos e aplicativos implantados nos aparelhos celulares. Com as tecnologias e recursos cada vez mais avançados que surgem a cada modelo lançado no mercado, como internet móvel, que permite o acesso às redes sociais e aplicativos atrativos, os *smartphones* disputam cada vez mais a atenção dos alunos em sala de aula, tornando-se uma das modalidades da tecnologia da informação e comunicação (TIC) que mais os alunos acessam. E esse fato pode ser aproveitado pelo professor para o processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Santos (2015) em sua monografia intitulada: ***O aparelho celular na escola: Contra uma educação imóvel*** nos revela que um grande número de professores se queixa que os alunos se distraem facilmente com os celulares. Antonio (2010), no entanto, diz que a causa da distração em sala de aula é o desinteresse pela aula e não a presença do *smartphone*.

Para Melo (2014) a aprendizagem móvel viabiliza o espaço de convergência da Internet com as telecomunicações, criando ampla rede de comunicação e de oportunidades de aprendizagem que podem ocorrer tanto na escola como fora dela. O autor se refere a um estudo recente da UNESCO realizado em 2013 que aponta que há no mundo mais de 3.200 milhões de usuários de dispositivos móveis, o que faz desta a modalidade de TIC a mais utilizada no planeta.

Uma justificativa importante para o uso dos celulares em sala de aula é a seguinte:

[...] À propósito, sempre foi muito comum a falta de recursos tecnológicos nas escolas, principalmente nas escolas públicas. Com o telefone celular passamos a ter muitos desses recursos disponíveis não apenas pela escola, mas também pelos alunos! Isso deveria ser comemorado, mesmo que não concordemos que os alunos prefiram ganhar celulares dos seus pais do que enciclopédias, pois com os celulares eles também ganham diversas possibilidades de aprendizagem que antes não tinham porque a própria escola não dispunha desses recursos. (Antonio, 2010).

Apesar de encontrarmos diversos pesquisadores que se colocam a favor do uso do *smartphone* como recurso pedagógico, vale a pena ressaltar que a utilização do *smartphone* no ambiente escolar é proibida pela lei 12.730 de autoria do deputado estadual Orlando Morando no estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2007). Em seu 1º artigo a lei diz: “Ficam os alunos proibidos de utilizar telefone celular nos estabelecimentos de ensino do Estado,

durante o horário das aulas”.

Os principais argumentos apresentados pela proibição do uso de aparelhos celulares podem ser encontrados em um artigo de opinião escrito pelo criador da lei, intitulado como “Celular em sala de aula: uma proibição necessária”⁵. Entre esses argumentos, Orlando Morando destaca um estudo realizado pela London School of Economics que demonstra que os alunos que baniram os *smartphones* na Inglaterra melhoraram em até 14 % suas notas em exames de avaliação nacional e que o impacto da proibição é o equivalente à uma hora a mais de aula por semana.

Orlando Morando defende que o fácil acesso ao celular por parte do aluno permite que o mesmo tenha uma maior chance de distração, fazendo com que esse aluno tire notas mais baixas nas avaliações escolares.

Porém, durante a realização desse projeto, a utilização dos aparelhos celulares com o aplicativo *Sound Meter* permitiu aos alunos realizar as medidas das intensidades sonoras e realizar cálculos simples como o valor médio da intensidade sonora. O uso dos aparelhos permitiu também que os alunos tivessem acesso à *internet*, permitindo a realização de pesquisas. O que demonstra que a questão pode não ser, necessariamente, a presença do aparelho em sala de aula; mas se o dispositivo é utilizado em prol das atividades educativas ou para “escapar” delas.

⁵ Disponível em <http://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=365340>. Acesso em 05/12/2016.

Capítulo 3

O ESTUDO DAS ONDAS

Neste capítulo vamos discutir alguns conceitos de Física relacionados à Poluição Sonora, ou seja, relacionados aos movimentos ondulatórios.

Em nosso cotidiano, os movimentos ondulatórios estão presentes em diversas situações, como por exemplo, nas ondas na água, nos exames de ultrassom, em ondas numa corda e nas ondas eletromagnéticas (presentes nas telecomunicações).

Na Física, o ramo que estuda os fenômenos ondulatórios, dentre eles, os fenômenos sonoros, é a Acústica.

3.1 – Ondas e Tipos de Ondas

Uma simples mas excelente definição de onda é a seguinte:

Num sentido bastante amplo, uma onda é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio, com velocidade definida. Em geral, fala-se de onda quando a transmissão do sinal entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos a outro. Nussenzveig (2002).

Esta definição carrega consigo a essência do que é importante para o tema da Poluição Sonora: a onda sonora transporta energia desde a sua fonte até o ouvido da pessoa, fazendo vibrar o seu tímpano e produzindo a sensação da audição. Evidentemente, um “excesso de energia” é capaz de provocar danos ao sistema auditivo.

Ao se propagar e encontrar um obstáculo à onda pode sofrer um dos fenômenos a seguir: **Reflexão** (a onda interage com o obstáculo e retorna), **Refração** (a onda passa de um meio para outro e muda sua velocidade de propagação) e **Difração** (a onda “contorna” o obstáculo).

A **ressonância** é o fenômeno que acontece quando um sistema físico recebe energia por meio de excitações de frequência igual a uma de suas frequências naturais de vibração. Assim, o sistema físico pode vibrar com amplitudes cada vez maiores.

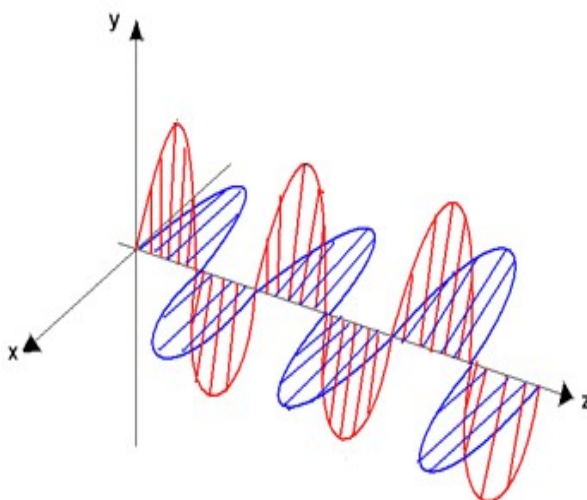
Quanto à sua natureza, podemos classificar as ondas em: **mecânicas, eletromagnéticas e ondas de matéria.**

As ondas mecânicas são aquelas originadas pela deformação de uma região de um meio elástico. Ou seja, para se propagarem, as ondas mecânicas necessitam de um meio

material. A perturbação é transmitida sucessivamente de um ponto para outro. As partículas do meio vibram próximas a seu ponto de equilíbrio sem se deslocar como um todo. O estudo das ondas mecânicas é governado pelas Leis de Newton e como exemplos de ondas mecânicas pode-se citar as ondas sonoras, as ondas sísmicas, as ondas numa mola, as ondas numa corda e as ondas produzidas na água.

As ondas eletromagnéticas são aquelas que não necessitam de um meio material para se propagarem, podendo dessa forma se propagar através do vácuo. Elas são constituídas por dois campos, um elétrico e um magnético, variáveis com o tempo e perpendiculares entre si e à direção de propagação da onda, como ilustrado na figura 3.1:

Figura 3.1: Esquema representando uma onda eletromagnética. Os campos elétrico (plano xy) representados pela cor vermelha e magnético (plano xz) representado pela cor azul oscilam de forma transversal à direção de propagação z.



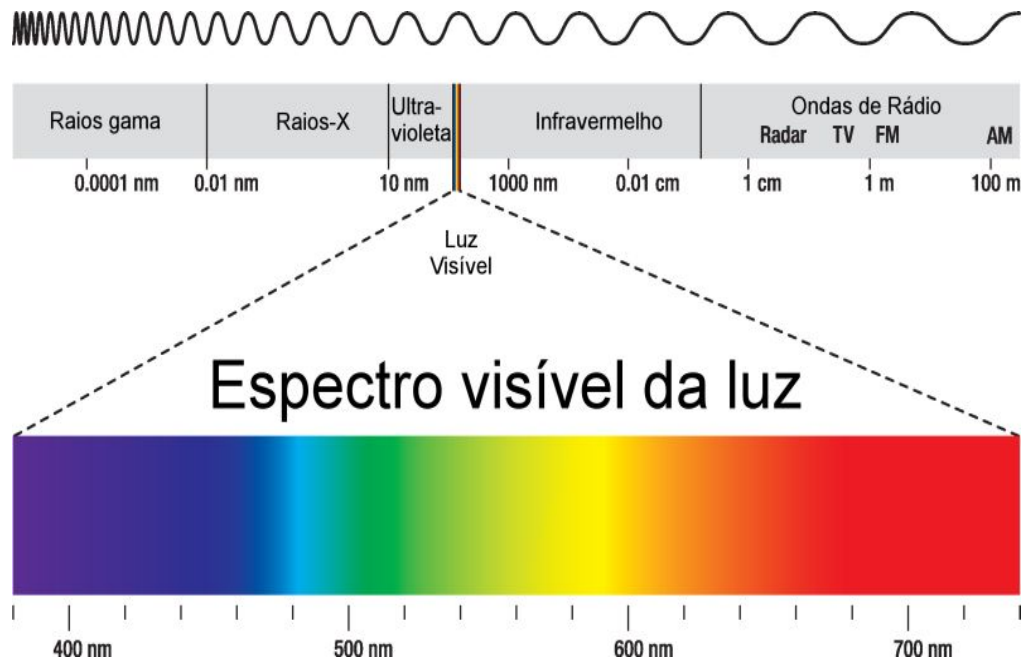
Fonte: Adaptada de <http://brasilecola.uol.com.br/quimica/espectro-eletromagnetico-dos-elementos-quimicos.htm>.

Acesso em: 04/11/2016.

As ondas eletromagnéticas foram previstas pela primeira vez por Maxwell e observadas por Heinrich Hertz. Como as demais ondas, as ondas eletromagnéticas podem ser caracterizadas pela sua frequência ou, equivalentemente, pelo seu comprimento de

onda. O conjunto de frequências define o espectro da radiação conforme se pode observar na figura seguinte:

Figura 3.2: Representação Espectro eletromagnético. Ilustração: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com



Fonte: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnético>.

Acesso em: 04/11/2016.

A denominada luz visível é uma pequena parte do espectro eletromagnético, destacada na figura 3.2. São as ondas eletromagnéticas cujos comprimentos de onda estão compreendidos no intervalo entre 400 e 700 nm (nanômetros).

As ondas de matéria são governadas pela Mecânica Quântica e também conhecidas como ondas de De Broglie. A Mecânica Quântica evidencia uma dualidade na matéria. Toda a matéria apresenta características tanto ondulatórias como corpusculares comportando-se de um ou outro modo dependendo das condições experimentais. De Broglie propôs então que a matéria teria um comprimento de onda associado a ela, dado pela expressão:

$$\lambda_{\min} = \frac{h}{mv} \quad (3.1)$$

onde λ_{\min} é o comprimento de onda mínimo, h é a constante de *Planck* cujo valor é, no SI, $6,63 \times 10^{-34}$ J.s.; m é a massa do corpo e v a sua velocidade. De acordo com a expressão o carácter ondulatório da matéria só seria perceptível para massas extremamente pequenas.

Quanto à direção de propagação e vibração, podemos classificar uma onda em **transversal, longitudinal ou mista**.

As ondas transversais são ondas em que a direção de vibração das partículas é perpendicular à direção de propagação da onda. Como exemplo pode citar um ponto P de uma corda, que, ao ser atingido por um pulso, sobe e desce numa direção perpendicular à de propagação ondulatória. As ondas longitudinais são aquelas nas quais a direção em que vibram as partículas coincide com a direção de propagação da onda. Como exemplos de ondas longitudinais pode-se citar o som nos fluidos e uma onda numa mola. As ondas mistas são ondas em que as partículas vibram longitudinal e transversalmente, ao mesmo tempo. Como exemplo pode citar o som nos sólidos.

3.2 – Ondas numa corda

Pode-se utilizar o modelo simples de uma onda unidimensional harmônica na corda para a introdução e a definição de alguns conceitos físicos que caracterizam qualquer onda. Uma onda fica bem caracterizada quando se determina seu comprimento de onda, sua amplitude, sua frequência (e seu período e sua velocidade de propagação). A onda periódica na corda pode ser produzida através de uma fonte que oscila uma das extremidades da corda de maneira periódica.

O **Período**, T , é o tempo necessário para a fonte produzir uma oscilação completa, ou seja, o intervalo de tempo no qual a onda completa o seu ciclo. No Sistema Internacional (SI), o período é medido em segundos. A **Frequência**, f , é o número de oscilações da onda, em certo intervalo de tempo. A unidade de frequência no (SI), é o hertz (Hz). A frequência de uma onda só muda quando houver alterações na fonte.

A relação entre a frequência f e o período T de uma onda é, portanto:

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.2)$$

Ou

$$T = \frac{1}{f} \quad (3.3)$$

O comprimento de onda, λ , corresponde à menor distância entre dois pontos sucessivos espaçados por um padrão de onda. Pode ser, por exemplo, a distância mínima entre duas cristas ou entre dois vales como indicado na figura 3.3. A **Amplitude**, A , é a "altura" da onda, ou seja, na figura, é a distância entre o eixo horizontal e a crista. Uma informação importante: quanto maior for a amplitude, maior será a quantidade de energia transportada.

A Velocidade de propagação da onda, v , é dada por:

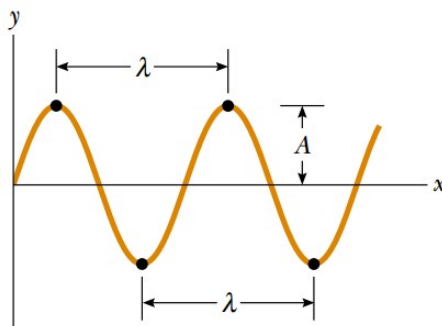
$$v = \frac{\lambda}{T} \quad (3.4)$$

Ou substituindo a equação 3.3 na equação 3.4 temos que:

$$v = \lambda \cdot f \quad (3.5)$$

Na figura 3.3, temos a representação de uma onda onde está representado o seu comprimento de onda, sua amplitude, suas cristas e seus vales.

Figura 3.3: A representação de uma onda com o seu comprimento de onda, sua amplitude, suas cristas e seus vales.



Fonte: Adaptado de Princípios de Física. Oscilações, Ondas e Termodinâmica - Volume 2
Raymond A. Serway.

Pode-se escrever uma equação que relaciona o deslocamento transversal y de qualquer elemento da corda na posição x e no tempo t . A equação geral (que descreve a curva da figura 3.3) é a seguinte:

$$y(x,t) = A \text{ sen}(kx \pm \omega t + \delta) \quad (3.6)$$

Sendo k o número de onda angular e ω a frequência angular, respectivamente definido como:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (3.7)$$

e

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (3.8)$$

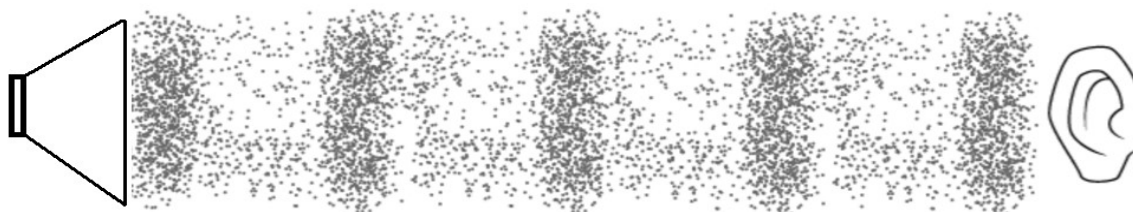
O ângulo indicado pelo argumento da função seno é a chamada “fase” da onda e o δ é o ângulo de fase. O sinal de (+) ou (-) na equação (3.6) indica o sentido de propagação de uma onda.

3.3 – Ondas sonoras

As ondas sonoras (som) são ondas mecânicas e, portanto, se propagam devido às interações elásticas entre as partículas do meio (sólido ou fluido). As ondas sonoras são estudadas num contexto mais geral pela Acústica, a qual engloba a propagação de ondas sonoras de qualquer frequência e em qualquer meio. Mais especificamente tratamos as ondas sonoras como sendo aquelas cujas frequências podem impressionar o ouvido humano, a saber, na faixa de 20 Hz até 20000 Hz. Neste caso, as ondas são produzidas através de vibrações provocadas devido a diferenças de pressão no ar. Essas variações na pressão fazem com que os tímpanos de nossos ouvidos vibrem com a mesma frequência da onda, o que produz a sensação fisiológica do som.

A natureza da propagação de ondas sonoras pode ser discutida através da figura 3.4, que mostra o esquema de um alto-falante emitindo onda sonora.

Figura 3.4: Esquema de um alto-falante emitindo onda sonora até um ouvido. Regiões de compressão (parte mais escura) e rarefação (parte mais clara).

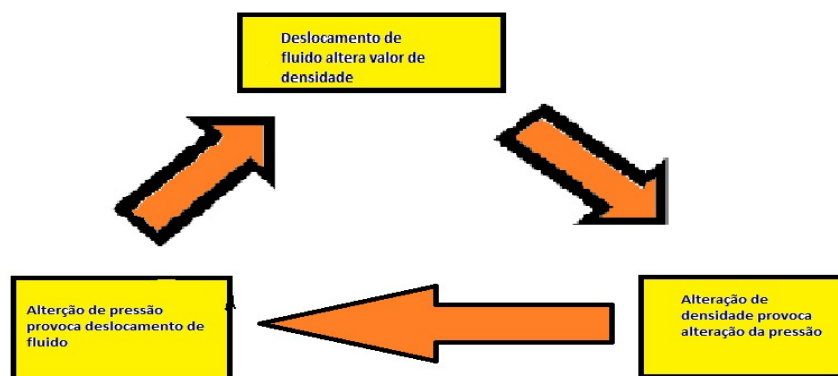


Fonte: próprio autor.

Os impulsos elétricos fazem vibrar a membrana do alto-falante e estes movimentos deslocam as moléculas vizinhas, causando uma pequena mudança na densidade do meio (elástico). Esta perturbação é propagada, criando ao longo da direção de propagação regiões de compressão e rarefação.

De forma geral, o mecanismo físico de geração de uma onda sonora pode ser resumido no esquema a seguir através da figura 3.5.

Figura 3.5: Mecanismo dinâmico de propagação de uma onda



Fonte: próprio autor - Adaptado de Curso de Física Básica 2 - Nussenzveig - Editora Edgard Blucher LTDA – 2002.

Na figura 3.5, temos uma descrição qualitativa sobre o mecanismo dinâmico da propagação de uma onda sonora.

É importante fazer uma descrição quantitativa do processo descrito na figura 3.5. Aqui fazemos-na como em Nussenzveig (2002).

(a) Relação densidade - pressão

Vamos considerar um fluido com densidade ρ dada por:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.9)$$

sendo V o volume ocupado pela massa m . A variação da densidade, $\Delta\rho$, pode ser obtida por diferenciação:

$$\Delta\rho = d\left(\frac{m}{V}\right) = -m \frac{\Delta V}{V^2} \quad (3.10)$$

A equação (3.10) também pode ser escrita da seguinte maneira:

$$\Delta\rho = -\frac{m}{V} \frac{dV}{V} = -\rho \frac{\Delta V}{V} \quad (3.11)$$

Se a massa de fluido sofre uma variação de pressão $\Delta P > 0$, o volume sofre uma diminuição $\Delta V < 0$. A magnitude da variação percentual de volume e a correspondente variação de pressão é o chamado módulo de compressibilidade do fluido, que é representado por K , e é definido por:

$$K = -\frac{\Delta V / V}{\Delta P} \quad (3.12)$$

O módulo de B , também conhecido como módulo de elasticidade volumétrico, é dado pelo inverso de K . Portanto, podemos escrevê-lo da seguinte maneira:

$$B = \frac{1}{K} = -\frac{\Delta P}{\Delta V / V} \quad (3.13)$$

Considerando a equação (3.11), podemos escrever a equação (3.13) da seguinte maneira:

$$B = \rho \frac{\Delta P}{\Delta\rho} \quad (3.14)$$

As variações de pressão ΔP e de densidade $\Delta\rho$ são extremamente pequenas se comparadas aos seus valores de equilíbrio. Sejam, por exemplo, P_0 e ρ_0 , respectivamente, a pressão e a densidade num meio em equilíbrio (sem a presença da onda) e P e ρ esses mesmos valores quando a onda passa pelo meio. Então

$$P = P_0 + p \quad \text{e} \quad \rho = \rho_0 + \phi \quad (3.15)$$

com $p \ll P_0$ e $\phi \ll \rho_0$

No caso de uma onda no ar, por exemplo, a variação de pressão que começa a causar dor no tímpano humano é menor do que um milésimo da pressão atmosférica. Portanto, é razoável escrever esta variação como uma derivada parcial dada pela equação abaixo:

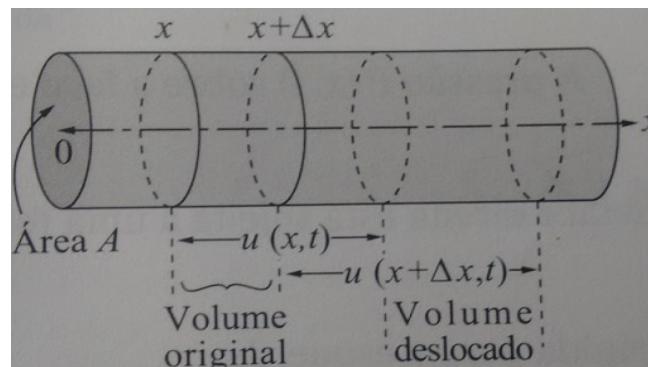
$$\frac{P - P_0}{\rho - \rho_0} = \frac{\Delta P}{\Delta \rho} = \frac{p}{\phi} = \left(\frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_0 \quad (3.16)$$

O sub-índice 0 indica que a derivada é calculada em torno dos valores de equilíbrio.

(b) Relação deslocamento – densidade

Para a dedução da equação de onda sonora, consideremos um tubo cilíndrico de seção transversal A por onde se propaga uma onda unidimensional na direção do eixo x conforme a figura 3.6.

Figura 3.6: Variação de Volume



Fonte: Nussenzveig (2002, p.125).

O volume inicial entre os pontos x e $x + \Delta x$, conforme a figura 3.6, é dada pela seguinte equação:

$$V = A[(x + \Delta x) - x] = A\Delta x \quad (3.17)$$

Sendo a função deslocamento das partículas do fluido ao longo da direção x dada por $u(x,t)$, então

$$\Delta V = A\Delta x + A[u(x + \Delta x, t) - A[u(x, t)]] \quad (3.18)$$

O volume deslocado $V + \Delta V$ pode ser escrito como a soma das equações (3.17) e (3.18).

$$V + \Delta V = A\Delta x \left\{ 1 + \left[\frac{u(x + \Delta x, t) - u(x, t)}{\Delta x} \right] \right\} \quad (3.19)$$

E temos que a seguinte parte: $\frac{u(x + \Delta x, t) - u(x, t)}{\Delta x}$ da equação (3.19) é aproximadamente igual a $\frac{\partial u}{\partial x}(x, t)$.

Ou seja:

$$V + \Delta V = A\Delta x \left(1 + \frac{\partial u}{\partial x} \right) \quad (3.20)$$

Que nos leva a seguinte equação:

$$\Delta V = A\Delta x \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) \quad (3.21)$$

Se dividirmos membro a membro a equação (3.21) pela equação (3.17) obtemos a seguinte equação:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) \quad (3.22)$$

Levando em conta as equações (3.11) e a (3.15), temos que a variação de densidade correspondente é dada por:

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = -\frac{\Delta V}{V} = -\frac{\partial u}{\partial x}(x, t) \quad (3.23)$$

Reescrevendo a equação (3.23) temos que:

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \quad (3.24)$$

Na equação (3.24) levando em conta que a variação é pequena, pode se considerar

$$\frac{\rho - \rho_0}{\rho} = \frac{\Delta\rho}{\rho} \approx \frac{\phi}{\rho_0}. \text{ Então, combinando com a (3.23), podemos escrever}$$

$$\Delta\rho = \rho - \rho_0 = -\rho_0 \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) \quad (3.25)$$

Esta equação nos será útil na dedução da equação das ondas sonoras.

c) Relação pressão – deslocamento

Seja o elemento de volume entre x e $x+\Delta x$ da figura 3.6 cuja massa pode ser escrita pela seguinte equação:

$$\Delta m = \rho \Delta V \approx \rho_0 A \Delta x \quad (3.26)$$

As duas faces do cilindro estão sujeitas a forças que podem ser escritas da seguinte maneira;

Na face esquerda temos:

$$\Delta F_1 = P(x, t) A \quad (3.27)$$

Na face direita do cilindro a força é dada por:

$$\Delta F_2 = -P(x + \Delta x, t) A \quad (3.28)$$

Logo a força resultante ΔF é determinada pela soma das equações (3.27) e (3.28).

Portanto a força resultante é dada por:

$$\Delta F = -\Delta V \frac{\partial P}{\partial x} \quad (3.29)$$

Considerando a equação (3.15) podemos escrever que:

$$\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial x} \quad (3.30)$$

e

$$\Delta F = -\Delta V \frac{\partial p}{\partial x}(x, t) \quad (3.31)$$

A aceleração do elemento de volume no instante t é:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = (x, t) \quad (3.32)$$

Da Segunda lei de Newton:

$$\Delta m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \rho_0 A \Delta x \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \Delta F = -A \Delta x \frac{\partial p}{\partial x} \quad (3.33)$$

Ou

$$\rho_0 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = - \frac{\partial p}{\partial x} \quad (3.34)$$

3.4 - A equação das ondas sonoras

Podemos agora finalizar a equação diferencial que rege a propagação das ondas sonoras.

Foi discutido anteriormente que uma variação de densidade produz uma variação de pressão:

$$p = \left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_0 \phi = -\rho_0 \left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_0 \frac{\partial u}{\partial x} \quad (3.35)$$

Os deslocamentos devido a esta variação de pressão (P) obedecem à seguinte equação de movimento:

$$\rho_0 \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = - \frac{\partial P}{\partial x} = \rho_0 \left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_0 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (3.36)$$

O que nos leva à **equação de propagação das ondas**:

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0 \quad (3.37)$$

Com a velocidade de propagação dada por:

$$v = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_0} \quad (3.38)$$

Para uma possível solução da equação (3.37) temos uma função semelhante à equação (3.5) para a corda.

$$u(x,t) = U \cos(kx - \omega t + \phi) \quad (3.39)$$

onde (U) corresponde à amplitude de deslocamento. O comprimento λ da onda é

relacionado com a velocidade v de propagação e com a frequência da onda pela equação

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (3.40)$$

A frequência audível para um ser humano saudável está na faixa de, aproximadamente, 20 Hz a 20 kHz. Com uma velocidade de propagação no ar de, aproximadamente, 340 m/s, a faixa correspondente de comprimento de onda é entre $\sim 1,7$ m e ~ 17 m.

A onda de pressão correspondente à onda de deslocamento (3.39) resulta das equações (3.35) e (3.38) e pode ser escrita da seguinte maneira:

$$p(x,t) = -\rho_0 v^2 \frac{\partial u}{\partial x}(x,t) = v^2 \phi(x,t) \quad (3.41)$$

Voltando na (3.39) encontramos uma equação para a pressão:

$$p(x,t) = \rho \text{sen}(kx - \omega t + \delta) \quad (3.42)$$

A velocidade de propagação das ondas sonoras depende do meio de propagação. Em geral, a velocidade das ondas mecânicas em um determinado meio, pode ser escrito através da seguinte equação:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (3.43)$$

onde ρ é a densidade do meio e B é o módulo de compressibilidade (uma medida da tendência de um material em manter seu volume contra forças externas).

A tabela da próxima página mostra os valores médios para a velocidade de alguns materiais:

Tabela 3.1: velocidade média do som em diversos materiais.

Meio	VELOCIDADE (m/s)
Água	1500
Alumínio	5100
Ar	340
Chumbo	2100
Ferro	6000
Granito	6000
Hidrogênio	1270
Mercúrio	1450

Fonte: Adaptado de Princípios de Física. Oscilações, Ondas e Termodinâmica - Volume 2
Raymond A. Serway.

Esta variação nos valores da velocidade do som nos diversos meios se deve exclusivamente pelo fato de sua propagação depender da elasticidade e da densidade do meio.

3.5 - Qualidades do som

O ouvido humano distingue no som certas características, denominadas qualidades. Essas qualidades podem ser classificadas de três maneiras distintas que são a **altura**, a **intensidade** e o **timbre**.

O timbre depende da fonte emissora. Isso acontece por que o som emitido é o resultado da vibração de todas as partes do corpo que a emitiu. Por isso conseguimos diferenciar a nota emitida por um violão e uma guitarra por exemplo. Esses dois instrumentos musicais possuem timbres diferentes.

A altura é a qualidade que permite ao ouvido diferenciar sons graves de sons agudos. Essa qualidade depende apenas da frequência do som. O som agudo tem uma maior frequência. Por exemplo, o homem costuma emitir sons entre 100 Hz e 200 Hz, e a mulher entre 200 Hz e 400 Hz, portanto podemos afirmar que a voz do homem é mais grave que a voz da mulher. A intensidade é a qualidade mais importante para este estudo e será

discutida a seguir.

3.6 - Intensidade sonora e Nível de Intensidade Sonora

A Intensidade é a qualidade que permite ao ouvido diferenciar os sons fracos dos sons fortes. Ao se propagar, a onda transporta energia e quanto maior a quantidade de energia que a onda transporta até nosso ouvido, maior será a intensidade do som que percebemos. Essa intensidade física I de uma onda pode ser determinada pelo quociente entre a energia ΔE que atravessa uma superfície perpendicular à direção de propagação e a área A da superfície na unidade de tempo.

Matematicamente a definição de I é dada por:

$$I = \frac{\Delta E}{A\Delta t} \quad (3.44)$$

Portanto, no Sistema Internacional, a unidade de intensidade física é W/m^2 (watts por metro quadrado).

A intensidade é definida como a potência média transmitida através da seção por unidade de área A . Podemos escrever a força sobre uma camada fluida na posição x da seguinte maneira, usando a (3.41):

$$F = p(x,t)A = \wp A \text{sen}(kx - \omega t + \delta) \quad (3.45)$$

A potência instantânea é dada por:

$$F = \frac{\partial u}{\partial t} = \omega A \wp U \text{sen}^2(kx - \omega t + \delta) \quad (3.46)$$

Calculando a potência média e dividindo pela área A , obtemos a intensidade I da onda:

$$I = \frac{1}{A} F \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{2} \omega \wp (U)^2 \quad (3.47)$$

Portanto, a intensidade é uma propriedade do som que está relacionada com a energia de vibração da fonte que emite a onda sonora. Uma onda com maior amplitude ou frequência irá transmitir uma quantidade de energia maior. Se escrevermos \wp como função de U , podemos escrever a intensidade pela equação a seguir:

$$I = \frac{1}{2} \rho_0 v \omega^2 (U)^2 \quad (3.48)$$

onde ρ_0 é a densidade do meio onde a onda se propaga, v é a velocidade da onda, ω é a frequência angular da onda e U a amplitude do deslocamento longitudinal, mostrando que a intensidade é proporcional ao quadrado da amplitude da onda.

3.7 - Psicoacústica

Na psicoacústica são estudadas as sensações que o som produz nos indivíduos. Ela procura relacionar as propriedades físicas dos sons (que podem ser medidas cientificamente de forma objetiva) com as respostas fisiológicas e psicológicas evocadas por elas. Para isto, utiliza-se de conhecimentos sobre a anatomia do ouvido humano, dos processos neurológicos de transporte de informações e até da interpretação da informação pelo cérebro.

Resnick, Halliday e Krane (2003) nos diz que a audibilidade humana é regida pela lei Psicofísica de Weber- Fechner, que mostra que a sensação sonora humana depende logaritmicamente da intensidade sonora (ou da pressão sonora). Esta lei pode ser enunciada da seguinte forma: a resposta a qualquer estímulo é proporcional ao logaritmo da intensidade do estímulo. Esta lei aplica-se aos 5 sentidos, mas as suas implicações são melhor entendidas quando se refere aos estímulos provocados pela luz e pelo som.

Portanto, em vez de trabalharmos com o conceito de Intensidade Sonora, na prática, é mais conveniente utilizarmos uma escala logarítmica definindo a chamada de Nível de Intensidade Sonora (*NIS*). Utilizando-se de logaritmos, podemos escrever o *NIS* da seguinte maneira:

$$NIS = 10 \log \frac{I}{I_o} \quad (3.49)$$

sendo $I_o = 10^{-12}$ W/m² o chamado limiar de audibilidade, ou seja, o menor valor da Intensidade Sonora ainda audível. O limiar da dor (maior valor da Intensidade Sonora a partir do qual provoca dor) é de 1 W/m².

Por questões práticas, os decibélimetros, em geral, medem variações de pressão (Nível de Pressão Sonora), relacionando estas medidas com a intensidade sonora (Nível de

Intensidade Sonora).

A equação acima mostra que NIS é adimensional. No entanto, em homenagem ao cientista Graham Bell, é utilizada a escala decibel (no plural, decibéis). Portanto, na escala decibel, os valores do limiar da audição e do limiar da dor são, respectivamente, 0 dB e 120 dB , respectivamente. Isso evidencia mais uma vantagem em se usar a escala logarítmica: o intervalo entre esses dois valores em dB é muito menor do que o intervalo em W/m^2 . Um fato importante é que pela equação acima, se uma determinada potência inicial I é diminuída pela metade, o decréscimo no NIS é de apenas 3 dB .

3.8 - A anatomia do ouvido Humano

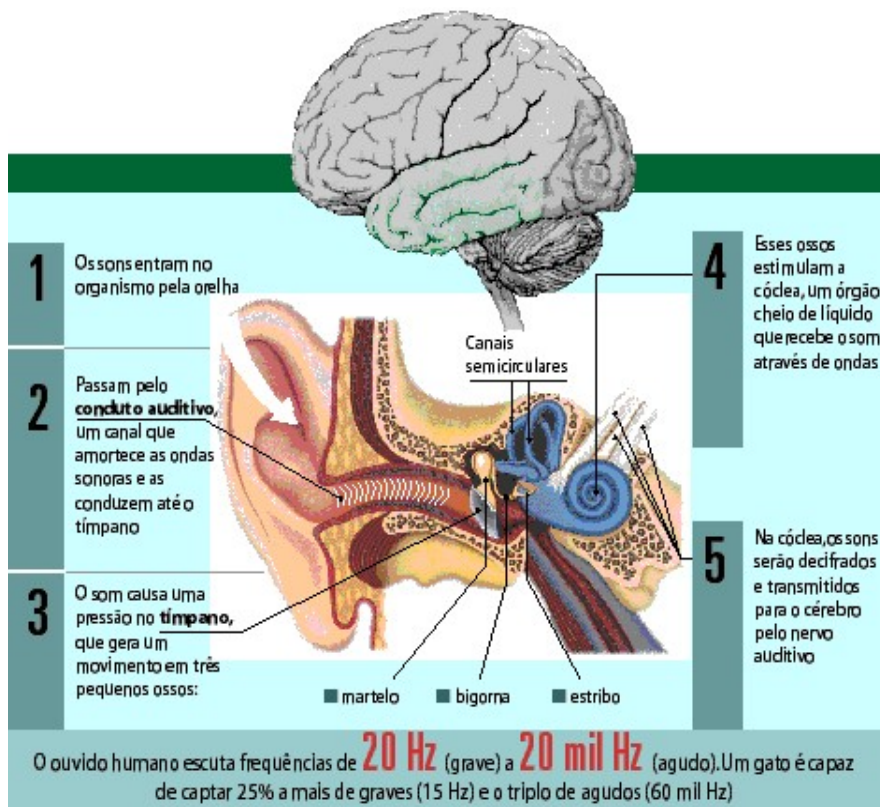
Conforme citado anteriormente, a energia transportada na onda sonora faz vibrar o tímpano e cria a sensação de audição.

Um dos modelos usados na caracterização dos sons ouvidos pelo ser humano baseia-se na hipótese de que ele funciona como um tubo ressonante. Neste caso, os sons externos produzem uma variação de pressão do ar no interior do canal auditivo, fazendo a membrana (tímpano) vibrar. Esse modelo pressupõe que o sistema funciona de forma equivalente à propagação de ondas sonoras em tubos com uma das extremidades fechadas pelo tímpano. As frequências que apresentam ressonância com o canal auditivo têm sua intensidade reforçada, enquanto outras podem ter sua intensidade atenuada.

As vibrações sonoras se propagam pela cavidade e atingem o tímpano fazendo-o vibrar na frequência de oscilação da onda.

Um modelo simplificado de como funciona a nossa audição pode ser vista na figura 3.6 que se encontra na próxima página.

Figura 3.6: Esquema simplificado do funcionamento da audição.



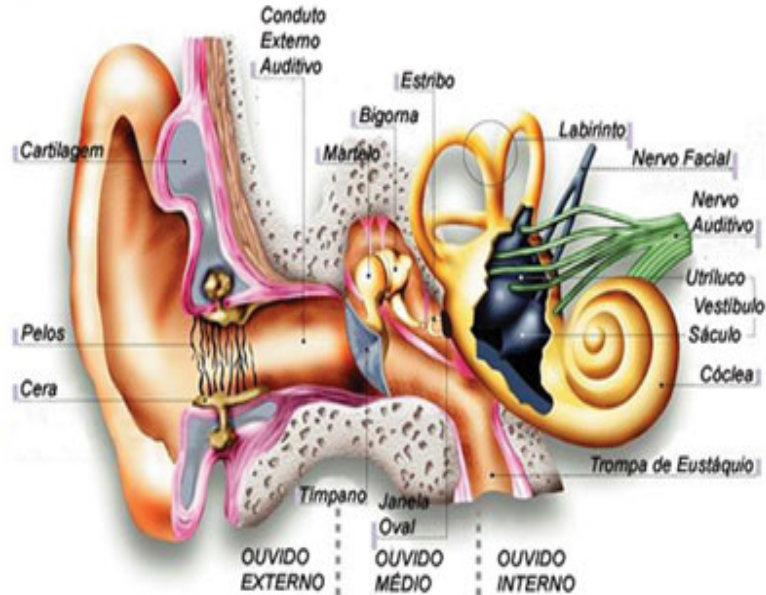
Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/FisiologiaAnimal/sentido6.php>

Acesso em: 09/11/2016.

O ouvido consiste em 3 partes básicas – o ouvido **externo**, o ouvido **médio**, e o ouvido **interno**. Cada parte serve para uma função específica para interpretar o som. O ouvido externo serve para coletar o som e o levar por um canal do ouvido médio. O ouvido médio serve para transformar a energia de uma onda sonora em vibrações internas da estrutura óssea do ouvido médio e finalmente transformar estas vibrações em uma onda de compressão ao ouvido interno. O ouvido interno serve para transformar a energia da onda de compressão dentro de um fluido em impulsos nervosos que podem ser transmitidos ao cérebro.

Na figura a seguir, temos a ilustração da anatomia da orelha humana.

Figura 3.7: Ilustração da anatomia da orelha humana.



Disponível em: <http://www.medicinageriatrica.com.br/2007/06/17/anatomia-do-ouvido-humano/> Acesso em 15/03/2017.

O pavilhão auditivo (orelha) e o canal auditivo constituem o ouvido externo; a membrana timpânica e os ossículos (martelo, bigorna e estribo) formam o ouvido médio e a cóclea e os canais semicirculares formam o ouvido interno.

Quando um som audível atinge a orelha, ele penetra pelo canal auditivo e produz vibrações na membrana timpânica. Estas, por sua vez, provocam oscilações nos ossículos e, por meio do estribo, essas oscilações são transformadas em impulsos elétricos que são conduzidos ao cérebro. No cérebro, cada impulso é codificado, e o som é identificado.

Capítulo 4:

METODOLOGIA:

Nesse capítulo iremos abordar dois tópicos. O primeiro descreve os procedimentos adotados, a classe participante e outros aspectos relacionados ao desdobramento da aplicação da sequência. O segundo descreve o referencial teórico-metodológico.

4.1- Procedimentos metodológicos

Os participantes das atividades foram estudantes da segunda série do Ensino Médio noturno de uma escola pública da rede estadual de São Paulo, localizada no município de Embu das Artes. Nessa turma têm um total de 35 alunos matriculados, porém não foi possível a participação de todos os alunos pelo motivo de nem todos estarem de fato frequentando a escola.

Essa turma foi escolhida pelo fato de eu ser o professor de Física dessa turma, contando com aulas duplas às quintas-feiras. Para a concretização dessa sequência didática foram necessárias oito aulas de 45 minutos, contabilizando um total de quatro semanas de atividades.

Foi construída uma sequência didática que aborda toda a temática desde os conceitos de som, ruídos, tipos de ondas, velocidade do som, composição do som, propriedades do som, intensidade sonora, importância do tema, entre outros. As aulas foram desenvolvidas a partir de diferentes estratégias de ensino, visando explorar a utilização de vídeos, experimentos e, sobretudo, o uso do *smartphone*. Esse aparelho foi uma ferramenta que serviu como um *decibelímetro*.

Para o *smartphone* se transformar em um *decibelímetro* utilizamos um *app* chamado *Sound Meter*. O programa é um aplicativo gratuito que está disponível para *download* no *Google Play* e funciona em celulares e *tablets* com *android*.

Sound Meter é um *app* equivalente a um *decibelímetro*, ou seja, um aparelho capaz de medir o número de decibéis no ambiente (pressão sonora). Ele funciona de forma muito

simples, captando sons através do alto-falante do aparelho.

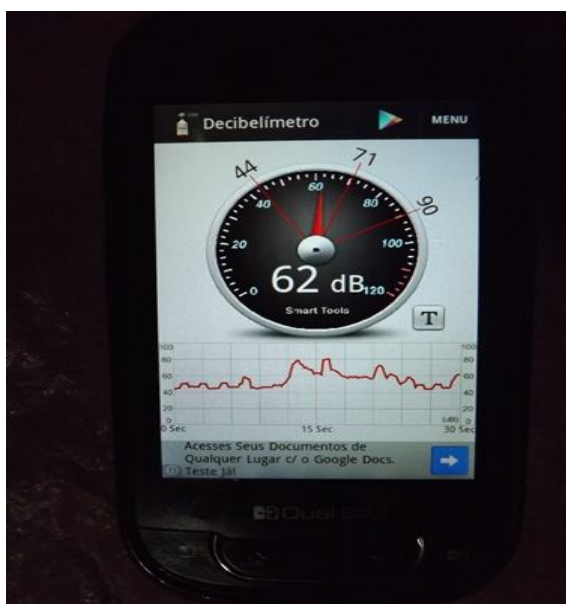
Como a maioria dos microfones estão calibrados para a voz humana (300 Hz - 3400 Hz, 40 - 60 dB), os valores máximos do aplicativo são limitados, *Motorola Milestone* (max.100 dB), *Galaxy S3* (max.81 dB), *Galaxy Note* (91dB) e o *Galaxy S2* (98 dB).

Por outro lado, um estudo realizado nos Estados Unidos por Shaw e Kardous (2016) sugere que o uso de microfones calibrados externamente melhora consideravelmente a precisão e exatidão geral das medições de som do *smartphone* e elimina grande parte da variabilidade e limitações associadas aos microfones embutidos para *smartphones*.

É importante destacar que a avaliação feita com o aplicativo não tem valor legal pelo simples fato de não poder ser calibrada e não seguir os critérios que trata da avaliação da exposição ocupacional ao ruído e demais normas técnicas relacionadas⁶, além das limitações sensoriais anteriormente citadas.

Na figura 4.1, temos uma ilustração de um aparelho de celular com o aplicativo *Sound Meter* em operação.

Figura 4.1: Aplicativo *Sound meter* em operação em um aparelho celular.



Fonte: Disponível em <http://segurancadotrabalhonwn.com/decibelometro-para-celular-ou-tablet/> Acesso em 15/03/2017.

⁶ Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional>. Acesso em 15/03/2017

Antes de dar início à realização do projeto realizamos uma reunião de pais e professores e, nessa ocasião, foi comunicado aos pais o objetivo do presente trabalho, tendo sido possível esclarecer como seria a participação dos alunos da escola. Foi apresentado para os pais um termo de consentimento livre e esclarecido (Resolução 466/2012 do CNS), Tal termo se encontra no anexo 5.

A sequência didática construída para a realização do projeto desenvolveu-se em 4 aulas, de 90 minutos cada uma. Ocorreu no segundo semestre de 2015 por que era o período planejado pela unidade escolar e pelo currículo oficial do estado de São Paulo para trabalhar o conceito de ondulatória e acústica.

Uma descrição mais detalhada do processo pode ser observada na tabela do anexo 6.

A coleta de dados foi realizada através das atividades propostas aos alunos em sala de aula.

4.2 - Referencial Teórico - Metodológico

A qualidade do ensino de física ministrado na escola está diretamente ligada a uma maior valorização por parte dos professores aos trabalhos pedagógicos desenvolvidos, entre eles, podemos destacar os que estão ligados às teorias de ensino e aprendizagem.

A formação do professor de física deve ser contínua e permanente e deve valorizar as suas experiências. No ambiente escolar, existem três elementos essenciais, para que o desenvolvimento escolar ocorra com sucesso: o aluno, o professor e a situação de aprendizagem. É importante compreender o modo como as pessoas aprendem e as condições necessárias para que a aprendizagem aconteça e, para isso, as teorias de aprendizagem permitem que o professor adquira conhecimentos, atitudes e habilidades que lhe permitirão alcançar melhores resultados. Essas teorias procuram investigar, sistematizar e propor soluções relacionadas ao campo do aprendizado humano.

Para Moreira (1999) é possível dividir as teorias de aprendizagem em três tipos de filosofias subjacentes: o Behaviorismo ou Comportamentalista, a Humanista e a Cognitivista.

A compreensão dessas teorias é fundamental para que a docência seja exercida com

consciência e efetividade. Cada uma delas tem ou teve o objetivo de orientar os professores para que sejam capazes de escolher a teoria que melhor se adapta ao seu trabalho para tornar o conhecimento mais atraente e efetivo para os seus alunos melhorando dessa maneira o ensino de física e colaborando para o desenvolvimento científico de um modo geral.

O processo de ensino e aprendizagem tem sido caracterizado de maneiras diferentes ao longo do tempo e vai desde o papel do professor como transmissor do conhecimento até no professor como colaborador do processo de ensino e aprendizagem, ou seja, o agente colaborador.

Neste trabalho apresentamos as ideias principais de David Ausubel. O objetivo é utilizar-se de suas considerações para realizar o avanço dos alunos a partir da sequência didática produzida.

4.3- A Teoria de David Ausubel

Segundo Distler (2015), Ausubel nasceu em Nova York, em 1918 e era filho de família judia e pobre. Ausubel estudou Medicina e Psicologia. Trabalhou como cirurgião assistente e foi residente de Psiquiatria no Serviço de Saúde Pública. Trabalhou na Alemanha com tratamento médico de pessoas deslocadas depois da Segunda Guerra Mundial. Fez três residências psiquiátricas: uma em E.U. Serviço de Saúde Pública, em Kentucky, a segunda no Centro Psiquiátrico de Buffalo e, por fim, no Centro Psiquiátrico do Bronx. Com o apoio da GI Bill, ele ganhou seu PhD em Psicologia do Desenvolvimento pela Universidade de Columbia, Nova York, em 1943. Foi professor de diversas instituições, como: Universidade de Illinois, Universidade de Toronto, e nas universidades europeias, em Berna, na Universidade Salesiana de Roma, e Training Officer's College, em Munique.

O pensamento de David Ausubel foi introduzido no Brasil no início da década de 70 pelo Prof. Joel Martins, quando começou a ministrar cursos de Pós-Graduação na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, baseados nas idéias desse pesquisador norte americano. Em 1975, Ausubel esteve no Brasil na, PUC-SP, e coordenou um Seminário Avançado que reuniu 25 pesquisadores de todo o Brasil.

Ausubel é considerado, junto com Piaget, Bruner e Novak, um dos expoentes da linha cognitivista.

Para Ronca (1994) um dos aspectos mais importantes da vasta obra de David Ausubel foi a sua preocupação em construir uma teoria de ensino que pudesse ajudar os professores no seu desempenho em sala de aula e, por esse motivo, essa teoria foi escolhida entre as diversas outras possíveis.

Na teoria de Ausubel o processo de aprendizagem acontece quando uma nova ideia se relaciona aos conhecimentos prévios do aluno. Motivado por uma situação que faça sentido, proposta pelo professor, o aluno amplia, avalia, atualiza e modifica a informação anterior, transformando-a em uma nova informação.

Dessa forma, sempre se deve considerar o conhecimento prévio que o indivíduo possui como ponto de partida para um novo conhecimento. Isso pode ser verificada nas próprias palavras de David Ausubel.

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; determine isso e ensine-o de acordo. (Ausubel, 1980)

Esse conhecimento anterior resultará num “ponto de ancoragem” onde as novas informações irão encontrar um modo de se integrar a aquilo que o indivíduo já conhece. A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio.

Nesse processo, a nova informação interage com a estrutura de conhecimento específico que Ausubel chama de conceito “subsunçor”, que pode ser entendido como o ponto cognitivo do aluno que dará sentido a um novo conhecimento, ou seja, é uma estrutura específica ao qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena experiências prévias do aprendiz. Esse processo de associação de informações inter-relacionadas denomina-se Aprendizagem Significativa

Para Ausubel, além da Aprendizagem Significativa existe também a Aprendizagem Mecânica.

A Aprendizagem Mecânica é aquela que encontra muito pouca ou nenhuma

informação prévia na Estrutura Cognitiva a qual possa se relacionar, sendo então armazenada de maneira arbitrária. Segundo Ausubel ela é necessária no caso de conceitos inteiramente novos para o aluno, mas posteriormente ela passará a se transformar em significativa.

Objetivando acelerar esse processo, Ausubel sugere a manipulação da estrutura cognitiva do aluno através do uso de organizadores prévios. Os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si, como por exemplo, textos, trechos de filmes, esquemas, desenhos etc.

Esses instrumentos também podem servir como ativadores de subsunçores que não estavam sendo usados pelo indivíduo, mas estão presentes na estrutura cognitiva.

A principal função do organizador prévio é preencher o espaço entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer, ou seja, são “pontes cognitivas”.

Ausubel é um defensor do construtivismo, para ele o aluno é o principal agente construtor de sua aprendizagem, ou seja, prioriza a aprendizagem cognitiva, que é a integração do conteúdo aprendido numa edificação mental ordenada, já a Estrutura Cognitiva é aquela que representa todo o conteúdo armazenado por uma pessoa.

Diante da teoria de Ausubel, o professor desempenha um papel fundamental na facilitação da aprendizagem significativa. Entre as suas principais funções podemos destacar a identificação da estrutura conceitual da matéria a ser ensinada para o aluno, procurar identificar quais são os subsunçores, identificar aquilo que o aluno já sabe e ensinar utilizando recursos que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa.

Para Ausubel, qualquer estratégia que seja potencialmente significativa, pode promover a aprendizagem significativa.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) para que ocorra aprendizagem, é necessário partir daquilo que o aluno já sabe. Para que isso ocorra é necessário que o professor parta de situações problemas, possibilitando ao aluno que esse construa estratégias para a sua resolução.

Essas estratégias podem ser encontradas em uma sequência didática, pois essa é composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e

ações que os alunos executam com a mediação do professor.

4.4 - Construção da sequência didática

A sequência didática é um conjunto de atividades interligadas, que parte de atividades mais simples para outras mais complexas.

Através da sequência didática é possível diagnosticar as dificuldades dos alunos e permite ao professor ir sanando as mesmas gradativamente, além de possibilitar um ensino mais prazeroso. Além disso, o professor pode determinar o período que durará cada uma das atividades.

A sequência didática segue uma organicidade. Esta organicidade é para facilitar a montagem do trabalho. No entanto, no dia a dia da sala de aula, o professor pode perfeitamente inverter uma atividade. Ou seja, dentre as atividades que eu apresentei na sequência há uma ordem de ações. Esta ordem organiza o trabalho, mas na prática uma atividade pode ser reordenada. Esta mudança deve ser baseada, sempre, no interesse dos alunos, nas perguntas que eles fazem durante os estímulos que eles recebem, nas readequações naturais de aula que todos nós temos que fazer sempre. Assim, explico que a sequência didática se configura como atividades ligadas a um mesmo tema e principalmente com um mesmo objetivo: levar o adolescente a perceber a maior amplitude daquele conteúdo e tudo isto englobando sempre a multiplicidade de linguagens, o lúdico e o emocional, que é o maior desafio do trabalho docente.

Segundo Zabala (1998) sequências didáticas são:

“um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos (...).”(ZABALA,1998 p.18).

Podemos destacar como uma das vantagens em trabalhar com a sequência didática o fato de ela permitir trabalhar diversas disciplinas, representando uma atividade interdisciplinar dentro de um jogo interativo. Esta sequência didática foi criada para ser utilizada para qualquer contexto escolar considerando as adaptações necessárias. A finalidade em criar essa sequência foi a de despertar o interesse pelo empreendedorismo nos alunos, assim como desenvolver algumas habilidades ligadas ao aprender a aprender.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse capítulo, apresentamos a descrição e os resultados das atividades desenvolvidas. Em seguida, traremos uma discussão da construção da sequência didática criada a partir desse trabalho de dissertação.

5.1 Atividades Desenvolvidas

A partir da aplicação de atividades planejadas, foram utilizadas 4 semanas do período letivo regular dos alunos da escola, de forma intercalada. Os planos de aula de cada uma das atividades encontra-se no anexo 6.

A seguir serão descritas cada uma das aulas enumeradas na ordem de aplicação.

Aula 1:

A aula iniciou-se às 19 horas com a presença de apenas 18 alunos. Por se tratar de uma sala de aula do período noturno, onde diversos alunos trabalham eles possuem um histórico de baixa frequência, pois muitas vezes não conseguem chegar no horário de início das aulas.

O principal objetivo dessa aula foi apresentar a poluição sonora como um problema que afeta a sociedade e é considerado pela ONU o terceiro maior problema ambiental do mundo e uma tentativa de se levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema.

Para o início da aula foi lançada a seguinte pergunta: O que vem à cabeça de vocês quando vocês ouvem o termo “poluição sonora”?

As palavras que apareceram foram as seguintes: Muita gente, Multidão, Barulho, Trânsito, Funck, Paraisópolis, Poeira e Som desagradável.

Notamos que as palavras trazidas pelos alunos não trazem os conceitos físicos como elementos fundamentais para a discussão. Por esse motivo, foi necessário utilizar o conceito de organizador prévio de Ausubel. Para isso foi perguntado, após algum tempo de discussão, quais seriam os termos físicos que eles consideravam importantes para o estudo da poluição sonora. Essa pergunta se fez necessária, pois segundo Ausubel, Novak e

Hanesian (1980), organizador prévio consiste em uma estratégia de facilitação para aprendizagem significativa. A sua principal função é elaborar uma ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber, auxiliando na aprendizagem já que esse exerce um papel de ponte cognitiva.

Os termos que mais apareceram foram os seguintes: Som, Decibéis, Ruído e Intensidade. Essas respostas foram anotadas na lousa e serviram de base para a elaboração da aula seguinte.

Foi percebido que alguns alunos ficaram com vergonha de expor algo sobre o assunto.

Esse levantamento prévio se faz necessário, pois segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980) o processo de aprendizagem ocorre quando um novo conhecimento ou uma nova ideia se relaciona com os conhecimentos prévios dos alunos. Dessa forma, sempre deve se considerar o conhecimento prévio que o indivíduo possui como ponto de partida para um novo conhecimento.

Ao término da primeira aula e início da segunda, que se deu às 19 horas e 45 minutos chegaram mais nove alunos, totalizando 27 alunos.

O segundo momento dessa aula envolveu a projeção de 2 vídeos aos alunos sobre a temática. Um dos vídeos é JC Debate sobre Poluição Sonora ⁷ que foi exibido pela TV Cultura Digital no dia 30/04/2014. Neste dia comemora-se o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído. O outro é um desenho do Pica Pau que traz a temática à tona ⁸.

Foi realizado o debate com os alunos sobre o conteúdo do vídeo. Esses vídeos tinham como objetivo trazer o problema da poluição sonora à tona e conscientizar os alunos sobre os problemas que esse tipo de poluição podem trazer para a sociedade além de procurar mostrar aos alunos que existem algumas leis na legislação que procuram coibir esse tipo de poluição.

Para dar início ao processo de discussão foram feitas algumas perguntas para os alunos. A primeira pergunta foi: “O que acharam dos vídeos?” e em seguida “Quais

⁷ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fxU0MsdqFC0> acesso em 18/02/2017

⁸ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=y6SreSM0-zU> acesso em 18/02/2017

problemas estão relacionados com a poluição sonora?” e “O que poderia ser feito para amenizar o problema?”.

Através das respostas dos alunos foi possível perceber que eles gostaram da exibição dos vídeos e relataram que foi possível trazer a problemática à tona.

Após essa discussão foi pedido para os alunos produzirem um texto com uma síntese sobre os vídeos e a discussão realizada na sala de aula com a participação do professor como mediador desse debate.

Como no início da primeira aula (19h 00min) tínhamos 18 alunos e no início da segunda aula (19h 45min) chegaram mais 9 alunos, é necessário, para que possamos comparar os dados, que os alunos sejam numerados da seguinte maneira: de 1 até 18 são os alunos que participaram de todo o processo e os alunos numerados de 19 até 27 são os alunos que participaram apenas da elaboração da redação e não assistiram aos vídeos.

Evidentemente, os alunos que participaram de toda a atividade tiveram uma produção de texto mais rica do que aqueles que chegaram atrasados, foi possível perceber também entre um dos alunos atrasados, que a atividade não despertou o mínimo de interesse, e a redação que esse aluno fez foi simplesmente para entregar a atividade. Um trecho dessa redação está escrita logo abaixo:

“Eu acho que a poluição está demais, os carros estão fazendo muita poluição esta demais, camada de ozônio abriu um buraco devido a poluição empresas está acabando tudo muita poluição no ar. Acho que podemos melhorar.” (Aluno 19).

Com exceção do aluno acima, podemos considerar que através dessa atividade, os alunos tomaram consciência da problemática provocada pela poluição sonora e os problemas de saúde que ela pode provocar, além de saberem também que em nossa cidade existem legislações que procuram coibir esse tipo de poluição.

Essas conclusões podem ser verificadas através das atividades produzidas pelos alunos, e que serviram de avaliação da primeira atividade e como guia para a elaboração das demais atividades que foram desenvolvidas ao longo da realização do projeto.

Podemos notar que alguns alunos conseguiram relacionar o problema da poluição sonora com o conceito de ruído. Esse fato ocorreu em trechos das redações produzidas por

diferentes alunos.

“Poluição sonora é todo som ou ruído que incomoda as pessoas, e causa risco a saúde auditiva, também pode ser considerada como difusão de som muito alto que da dor de cabeça, cansaço, estresse, perda de memória, gastrite, principalmente surdez etc”. (Aluno 17)

“A poluição sonora ocorre quando um ambiente está com excesso de ruídos”. (Aluno 1)

“Poluição sonora é todo ruído que pode causar danos à saúde humana ou animal, ou seja, é uma poluição que causa desconforto acústico.” (Aluno 21)

Em outros trechos foi possível identificar que o problema da poluição sonora afeta uma grande parcela da população e é encontrada nos mais diversos ambientes.

“Poluição sonora é um problema comum na vida dos paulistanos que é encontrado em qualquer esquina dessa cidade e em diferentes formas”. (Aluno 12)

Outro aluno conseguiu definir quando estamos em uma situação de exposição a poluição sonora.

“A poluição sonora ocorre quando num determinado ambiente o som altera a condição normal de audição”. (Aluno 26)

A utilidade do aparelho que é utilizado para medir a intensidade sonora, também apareceu em algumas das redações, como se pode verificar:

“O aparelho usado por especialistas para calcular a intensidade de ruídos se chama decibelímetro. O decibelímetro pode ser usado em qualquer ambiente.” (Aluno 1)

“O ideal seria utilizarmos um decibelímetro sempre que estivéssemos expostos a

muitos ruídos, para assim começarmos a parar de ficar tão expostos a eles, e assim não sermos prejudicados futuramente.” (Aluno 9)

Foram notados, através das atividades entregues pelos alunos, que o fato que mais chamou a atenção dos estudantes, foram os problemas de saúde que esse tipo de poluição pode causar. Esse fato pode ser explicado pela ênfase que os vídeos apresentados aos alunos deram a essa problemática. Em praticamente todas as atividades esses problemas apareceram em menor ou maior grau.

“A poluição sonora pode causar sérios danos a saúde de pessoas que ficam expostas por muitas horas em ambientes poluídos, danos graves como a surdez ou efeitos menores como zumbidos no ouvidos, estresse, dores de cabeça e etc.” (Aluno 12)

“O excesso de barulho causa estresse, agressividade, cansaço entre outros.” (Aluno 3).

Aula 2:

A segunda aula foi decorrente de alguns dados que foram levantados na primeira aula. Segundo David Ausubel, o processo de aprendizagem acontece quando uma nova ideia se relaciona aos conhecimentos prévios do aluno. Motivado por uma situação que faça sentido, proposta pelo professor, o aluno amplia, avalia, atualiza e modifica a informação anterior, transformando-a em uma nova informação.

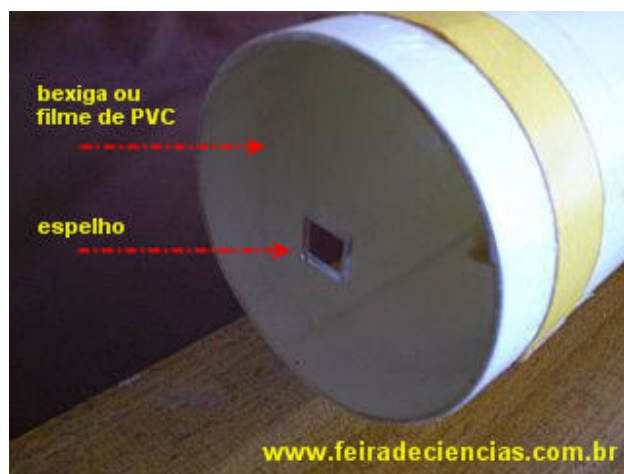
Dessa forma, sempre deve se considerar o conhecimento prévio que o indivíduo possui como ponto de partida para um novo conhecimento. Através dos conhecimentos prévios levantados na aula anterior acerca dos conceitos físicos envolvidos no estudo da poluição sonora foi constatada a importância em se trabalhar o conceito de som, ruído, decibéis e intensidade sonora entre outros conceitos.

Essa aula contou com a participação de 32 alunos e teve duração de 90 minutos, sendo dividida em dois momentos. No primeiro momento foi feita uma aula expositiva sobre os conceitos físicos necessários para um melhor entendimento sobre a poluição

sonora e foi realizado um experimento simples para demonstrar aos alunos que o som se propaga através da perturbação de um meio. Os conceitos físicos apresentados aos alunos foram os seguintes: Ondas, Tipos de ondas, frequência de uma onda, comprimento de onda, velocidade de propagação de uma onda, intensidade sonora, nível relativo de intensidade, eco, ruído e tubos sonoros. Buscou-se deixar claro para os alunos que uma onda não transporta matéria, transportando somente energia. Foram discutidos os tipos de ondas, mostrando aos alunos que o som é uma onda mecânica, portanto ele precisa de um meio material para se propagar. A velocidade de propagação de uma onda está diretamente relacionada ao comprimento de onda e à sua frequência e essa relação matemática será utilizada para o bom desenvolvimento dos conceitos físicos. Os vídeos trabalhados na aula anterior trouxeram a tona o conceito de intensidade sonora, fazendo-se necessário trabalhar esse conceito com os alunos para dar continuidade ao projeto. Para tal foi abordado o conceito de nível de intensidade sonora, onde foi discutida a questão da escala, mostrando para os alunos por que é utilizada a escala decibel e que o nível de referência chamado de limiar de audibilidade, ou seja, o menor valor da Intensidade Sonora ainda audível I_0 , corresponde, aproximadamente, ao limiar de sensação auditiva na frequência de 1 kHz. Outros temas que foram abordados na aula foram os conceitos de eco, ruído e tubos sonoros, que serão importantes para o entendimento do funcionamento do ouvido humano, que será abordado na próxima aula do projeto.

Para a realização do experimento foram utilizados um pedaço de tubo de PVC, uma ponteira laser, uma bexiga que foi utilizada como uma película e colocada muito bem esticada em uma das extremidades do tubo e um pequeno pedaço de espelho que foi colado no centro da bexiga como se pode observar na figura da página seguinte.

Figura 5.1: Esquema parcial do arranjo experimental



Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/10_54.asp

Acesso em 16/03/2017.

Com a ponteira laser apontada para o espelho foi montado o arranjo experimental que pode ser observado na figura seguinte:

Figura 5.2: Esquema final do arranjo experimental



Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/10_54.asp

Acesso em 16/03/2017.

Os alunos constataram que ao falar algo dentro da lata, a bexiga vibrava com o pedaço de espelho, mostrando que isso se devia ao fato de que o ar que esta dentro da lata vibrava e essa vibração era transmitida para a bexiga fazendo com que a mesma também vibrasse e conseqüentemente o feixe do laser seria refletido em direções distintas, formando um 'desenho' na parede (ou tela) onde é projetado. Nesse momento foi feita uma analogia com o funcionamento do ouvido humano, onde a bexiga estava se comportando como o tímpano de uma pessoa, isso se fez necessário para preparar os alunos para a próxima aula, onde foi discutido o funcionamento do ouvido humano.

No segundo momento da aula, foi distribuída uma lista de exercícios para os alunos responderem individualmente sobre os principais conceitos físicos apresentados durante a aula expositiva.

A lista de exercícios se encontra no Anexo 3. Os exercícios 1, 2 e 5 foram extraídos do livro didático utilizado pelos alunos da escola onde o projeto está sendo realizado⁹.

Para a questão 1 era esperado que o aluno utilizasse a equação fundamental da ondulatória para encontrar os comprimentos de onda para as frequências mínimas e máximas que foram fornecidas no enunciado da questão.

O critério de correção foi estabelecido através de quatro categorias: Certa, parcialmente certa, errada e em branco para os alunos que não responderam a questão.

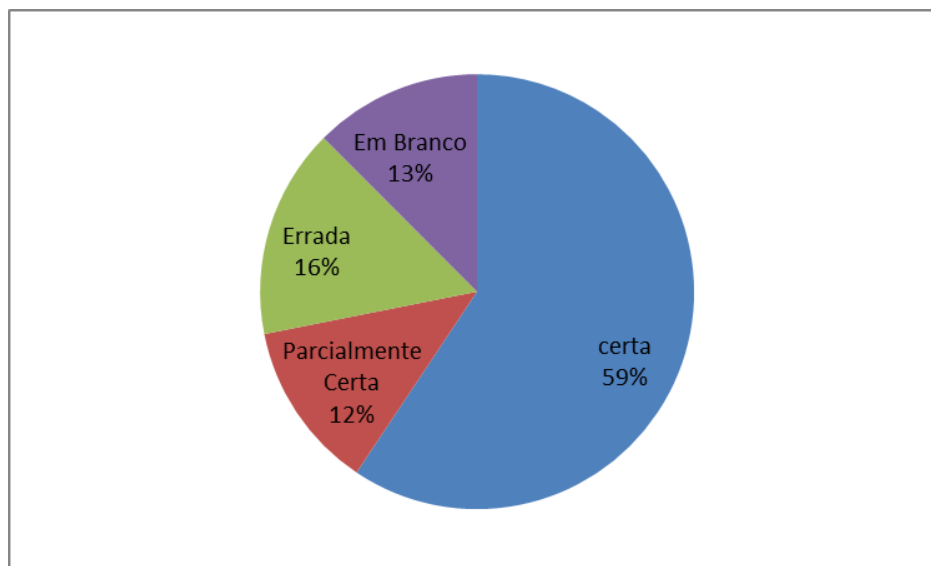
Baseado nesses critérios tivemos um total de 19 alunos que responderam corretamente a questão, 4 alunos responderam a questão parcialmente, 5 alunos responderam a questão de maneira considerada errada e um total de 4 alunos deixaram a questão em branco.

Com esses dados podemos construir um gráfico para uma melhor visualização do desempenho dos alunos na questão de número 1.

Esse gráfico encontra-se na página seguinte:

⁹ O livro adotado é: FÍSICA 2, da autoria de Newton Villas Bôas, Ricardo Helou Doca e Gualter José Biscuola. -1. Ed – São Paulo: Saraiva 2010.

Figura 5.3: Gráfico do desempenho dos alunos na questão de número 1.



Fonte: O próprio autor.

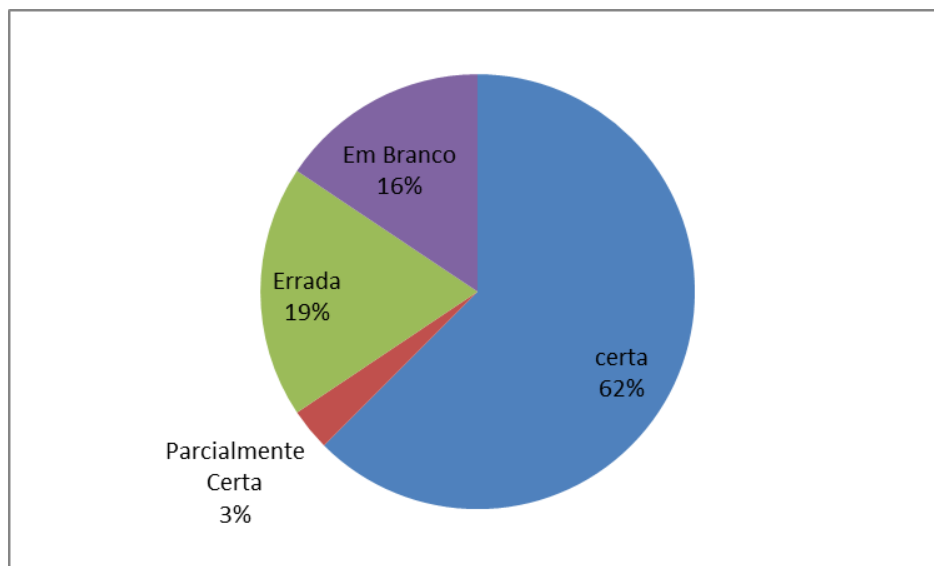
Para a questão 2 era esperado que o aluno utilizasse a equação que foi apresentada na primeira parte da aula e soubesse manipular escala logarítmica. A resposta esperada para esse exercício era 130 dB.

O número de acertos para essa questão foram o seguinte: 20 alunos acertaram a questão, tivemos apenas 1 aluno que acertou parcialmente a questão, 6 alunos erram a questão e um total de 5 alunos deixaram a questão em branco.

Com esses dados é possível verificar que o desempenho dos alunos que participaram dessa atividade foi satisfatório, pois dos 31 alunos participantes tivemos um total de aproximadamente 61,2 % dos alunos respondendo corretamente a questão.

Com esses dados foi possível construir o gráfico que se encontra na página seguinte:

Figura 5.4: Gráfico do desempenho dos alunos na questão de número 2



Fonte: O próprio autor

Para a questão 3, foram utilizados os mesmos critérios das questões anteriores, e foi possível perceber que eles possuem algum conhecimento sobre a legislação vigente, porém a grande maioria dos alunos não consultaram o Código Brasileiro de Trânsito, o que pode justificar o baixo número de acertos nessa questão. Os alunos que se posicionaram de alguma maneira perante a legislação e colocaram a sua opinião sobre a conduta de quem dirige com fones de ouvido ligados ou fazendo uso do telefone celular tiveram a sua resposta considerada como parcialmente certa.

Com a tabulação das respostas dos alunos, dentro dos critérios estabelecidos anteriormente, foi possível observar que apenas um aluno acertou totalmente a questão, 23 alunos acertaram parcialmente a questão, 2 alunos erraram a questão e 6 alunos deixaram a questão em branco.

Segue uma das respostas dada por um dos alunos que foi considerada como errada:

“O som pode dar uma conferencia por que atrapalharia o motorista a dirigir com tranquilidade.” (Aluno 19)

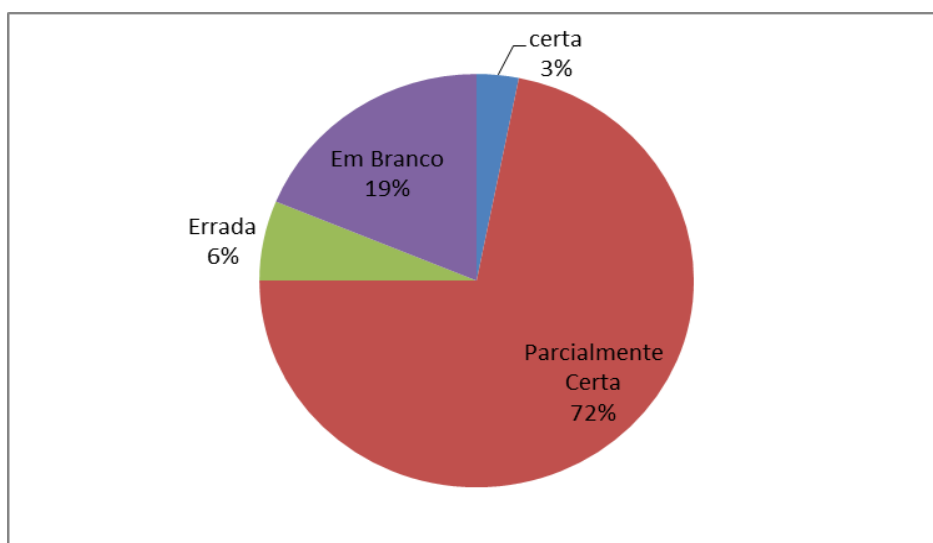
Segue uma das respostas dada por um aluno que foi considerado como parcialmente

certa:

“Dirigir utilizando fones de ouvido, sem duvidas e algo muito errado, pois o motorista pode acabar se distraindo e causando um grave acidente. A lei deixa claro que o motorista que utilizar fones de ouvido, seja para ouvir musica ou ate mesmo atender alguma ligação será punido, com multas entre outros.”
(Aluno 9)

Com os dados da questão 3 foi construído o seguinte gráfico:

Figura 5.5: Gráfico do desempenho dos alunos na questão de número 3



Fonte: O próprio autor.

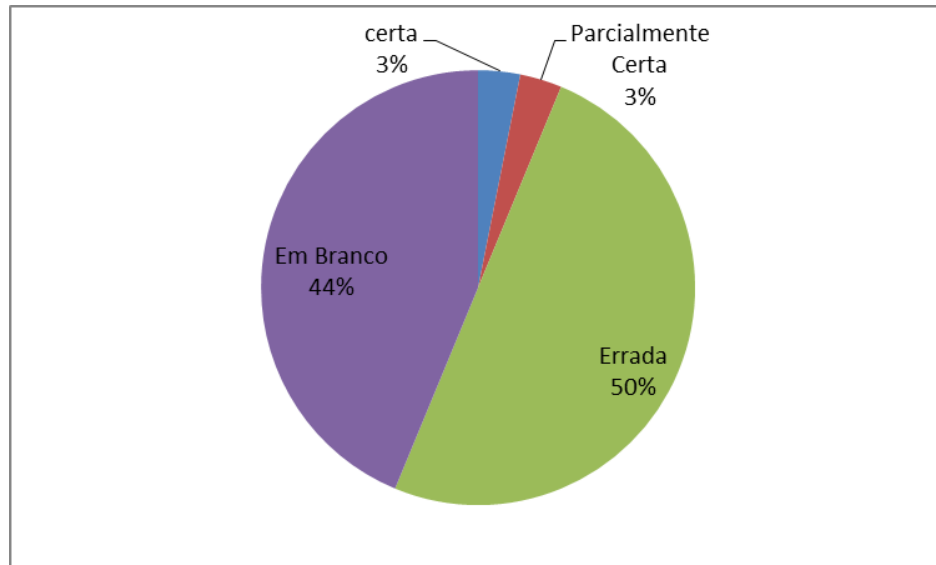
A questão 4 foi a questão que apresentou o pior resultado. Nessa questão os alunos encontraram diversos valores, como por exemplo, 20 dB, 200 dB, 2 dB entre outros. Apenas 1 aluno que acertou essa questão, 1 aluno que escreveu a equação corretamente e errou no desenvolvimento matemático e por esse motivo teve a sua questão considerada como parcialmente certa, 16 alunos responderam a questão de maneira errada e os demais 14 alunos deixaram a questão sem responder. Esse péssimo desempenho na questão pode ser justificado pelo fato dos alunos não terem compreendido que na representação em decibel, uma multiplicação na intensidade sonora equivale a uma soma.

Para essa questão era esperado que o aluno soubesse utilizar a equação fornecida na primeira parte da aula e também tivesse algum conhecimento prévio sobre logaritmos.

Com os dados acima, foi construído o gráfico de desempenho da questão de número

4.

Figura 5.6: Gráfico de desempenho da questão de número 4



Fonte: o próprio autor.

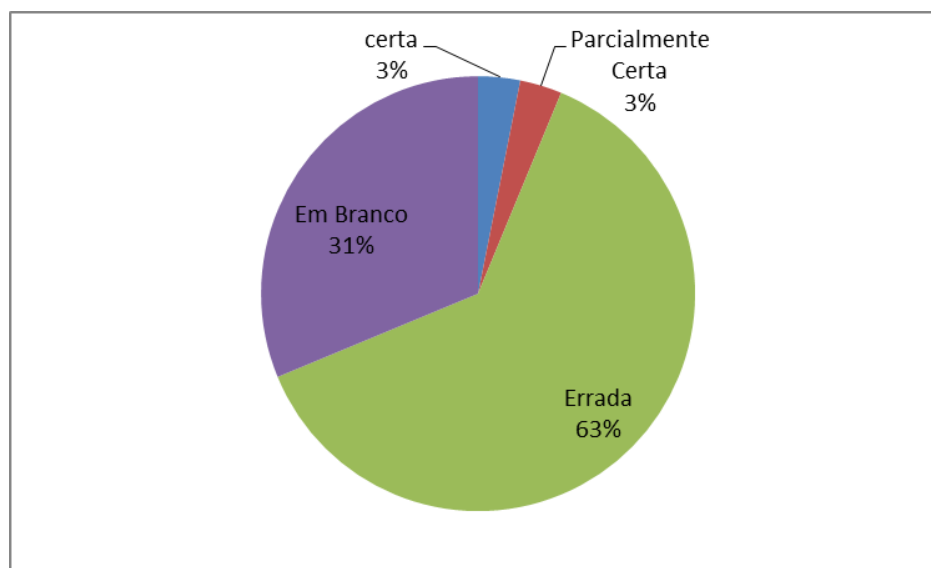
A questão 5 trazia uma amostragem levantada às 3 horas e revelava que a intensidade sonora era de 60 dB. Outra amostragem obtida às 18 horas acusava 100 dB. Nessa questão os alunos deveriam responder por quanto ficou multiplicada a intensidade sonora da primeira para a segunda amostragem.

Muitos alunos não devem ter compreendido o que estava sendo solicitado na questão. A resposta que apareceu com maior frequência foi 40 dB, o que pode ser justificado, pois é fácil notar que a variação de intensidade sonora foi de fato de 40 dB.

Através da tabulação das respostas dos alunos foi percebido que apenas 1 aluno acertou a questão, 1 aluno acertou parcialmente a questão, 20 alunos erraram e tivemos 10 alunos que deixaram a questão em branco.

Com os dados apresentados, foi construído o gráfico de desempenho para a questão de número 5 que se encontra na página seguinte:

Figura 5.7: Gráfico de desempenho dos alunos na questão de número 5



Fonte: O próprio autor.

Aula 3:

A terceira aula contou com a participação de 27 alunos. Os alunos foram divididos em 6 grupos de aproximadamente 5 alunos por grupo, e cada um dos grupos recebeu uma questão que deveria ser pesquisada pelo grupo na primeira parte da aula e a senha que permitia o acesso a internet através da conexão sem fio da escola. Para realizar a pesquisa os alunos utilizaram o seu aparelho celular para acessar a internet e receberam uma folha de cartolina onde a questão deveria ser respondida. Na segunda parte da aula o grupo ficou responsável em apresentar um seminário para os demais grupos dizendo qual foi a pergunta que o grupo recebeu e como que o grupo respondeu a pergunta.

Essa atividade foi aplicada em uma aula dupla de 45 minutos cada. A primeira parte teve início às 19 horas e terminou às 19 horas e 45 minutos, a partir desse instante os grupos tiveram mais 45 minutos para a apresentação do seminário, ou seja, um tempo estimado de 7 a 8 minutos por grupo. As questões com as respectivas respostas dos grupos são apresentadas abaixo.

As respostas dos alunos foram transcritas na íntegra e em sua totalidade, portanto as respostas estão sujeitas a erros ortográficos.

Para o grupo 1 foi distribuída a seguinte questão:

Que parte de nossa orelha vibra com as ondas sonoras, como essa vibração é transmitida até chegar ao nervo responsável por levar os impulsos nervosos ao cérebro?

“A parte da nossa orelha que vibra com as ondas sonoras, os tímpanos que ficam dentro da orelha externa. As orelhas captam e concentram as vibrações do ar que passam para a parte interna do nosso aparelho auditivo, as orelhas médias”.

Para o grupo 2 foi entregue a seguinte questão:

Qual a vantagem de termos duas orelhas?

“Quando ouvimos um barulho com o som tem certa velocidade, não ouvimos ao mesmo tempo pelos dois ouvidos, embora não percebe a diferença no som, o nosso cérebro recebe essa diferença com um indicativo de onde veio o som por isso conseguimos identificar de onde vem o som de forma que se o cérebro percebe que o som chegou primeiro ao ouvido direito e depois ao esquerdo ele percebe que o som veio do seu lado direito, se tivéssemos apenas um ouvido, nunca saberíamos identificar de onde vem qualquer som”.

Para o grupo 3 foi entregue a seguinte questão:

O aparelho auditivo recebe sinais sonoros que fazem uma membrana (tímpano) vibrar. As vibrações dessa membrana dão origem a impulso elétrico que chegam ao cérebro causando a sensação da audição. Por que o tímpano vibra?

“Porque o ar emite ondas, onde causa vibração sonora no aparelho auditivo, que causa vibração no tímpano”.

Para o grupo 4 foi entregue a seguinte questão:

O que acontece com o ouvido, após uma explosão, por exemplo? Como está explosão afeta o tímpano?

“Após uma explosão, a parede do tímpano pode ser rompida, ou só perfurada,

com isso pode ocasionar uma surdez imediata, sem a volta da audição (a não ser por cirurgia); ou problemas futuros como dores de ouvido, secreção e até mesmo dificuldade de ouvir e limpar o ouvido, pois após a perfuração, o tímpano se autorregenera, mas com isso ele pode fazer com que ocorresse um acúmulo de cera na parede do tímpano, e para a volta do seu tímpano regenerado é necessário uma cirurgia que tem um tempo médio de recuperação de seis meses”.

Para o grupo 5 foi entregue a seguinte questão:

Faça uma síntese sobre os efeitos na saúde provocados pela exposição a um ambiente com poluição sonora?

“A poluição sonora é um dos maiores problemas ambientais nos grandes centros urbanos. Embora ela não se acumule no meio ambiente como outro tipo de poluição causa vários danos ao corpo e a qualidade de vida das pessoas e, por isso, ela é considerada um problema de saúde pública mundial.

O som é a sensação auditiva que nossos ouvidos são capazes de detectar, ele é definido como a compressão mecânica ou onda mecânica que se propaga em algum meio. Som de qualquer natureza pode prejudicar a saúde quando emitimos em grande volume, ou seja, alta intensidade.

A poluição sonora causa: estresse, depressão, insônia, agressividade, perda de atenção, perda de memória, dor de cabeça, cansaço, gastrite, queda de rendimento no trabalho, perda de audição temporária ou permanente, surdez e zumbido.”

Para o grupo 6 foi entregue a seguinte pergunta:

O que acontece com o ouvido e a audição quando a pessoa fica exposta de modo inadequado à poluição sonora?

“O barulho por definição é um som perturbador. A maioria dos sons que nos irritam não são altos a ponto de causar um prejuízo a nossa audição. O que devemos levar em conta é o volume do som e o tempo durante o qual ficamos expostos. Medimos o nível sonoro em decibel (dB), uma escala logarítmica. Essa medida foi escolhida para melhor representar a forma como nosso ouvido percebe os sons de forma não linear. Um aumento de som de 10 dB, por exemplo,

para 110 dB, é percebido como 2 vezes mais intenso. Nosso ouvido capta sons a partir de 0 dB, e uma conversa normal gira em torno de 60 dB. Um estudo foi realizado na copa da África do Sul para testar os instrumentos sonoros mais populares entre as torcidas e encontrou o nível sonoro de cada um: Vulvuzela 127 dB, Corneta 123,6 dB, pandeiro 122,2 dB, apito de juiz 121,8 dB, 2 torcedores cantando 121,6 dB, buzinas de gás 121,4 dB”.

Foi possível perceber através das respostas dos alunos e pela apresentação do seminário onde cada grupo apresentou a sua resposta para os demais grupos que houve uma evolução de conhecimento por parte dos alunos, em relação aos problemas que a poluição sonora pode provocar para o indivíduo de uma maneira geral.

Aula 4:

A última aula do projeto foi prejudicada pelo fato de muitos alunos terem chegado atrasado à escola e não poderem participar das atividades escolares nesse dia, pois na escola onde foi realizada as atividades não é permitido que os estudantes entrem após as 19 horas. Portanto essa atividade contou apenas com a participação de treze alunos.

Na primeira aula, que teve início às 19 horas, foi entregue aos alunos a folha com os roteiros das atividades, que se encontra no anexo 4, e foi pedido para os alunos baixarem o aplicativo *Sound Meter* em seu aparelho celular. Esse aplicativo funciona como um *decibelímetro*, é gratuito e está disponível para *download* no *Google Play* e funciona tanto em *smartphones* como em *tablets* com *android*.

Inicialmente foi discutido com os alunos que esse *decibelímetro* não é calibrado, e em um caso mais formal, o *decibelímetro* deve ser calibrado pelo Inmetro. Também foi discutido que provavelmente os alunos iriam encontrar valores diferentes para a intensidade sonora. Esse fato é devido, entre outros fatores, ao tempo de reação de cada uma das pessoas, pela precisão diferente que cada modelo de aparelho celular possui e pelos diferentes momentos em que os alunos estão realizando as medidas.

Na segunda questão da atividade foi solicitado que os alunos utilizassem o seu aparelho de celular e o aplicativo *Sound Meter* para realizar as medidas de intensidade sonora.

Os alunos realizaram as medidas na primeira, segunda e terceira aula, na hora do intervalo e na quarta e quinta aula. Foi solicitado para os alunos realizarem dez medidas de intensidades sonoras para cada um dos momentos citados acima, e para o nosso trabalho, iríamos adotar como o valor da intensidade em cada um dos momentos os valores médios encontrados por cada um dos alunos.

Na questão de número 3 era solicitado para os alunos identificarem o período em que ele obteve o maior e o menor valor para a intensidade sonora.

Com os valores médios obtidos por cada um dos alunos para os períodos descritos acima e os valores máximos (destacados em vermelho na tabela) e mínimos (destacados em amarelo) encontrados por cada um dos alunos foi possível construir a tabela seguinte.

Tabela 5.8: Resultados de intensidade Sonora obtida pelos alunos

	Primeira Aula	Segunda Aula	Terceira Aula	Intervalo	Quarta Aula	Quinta Aula
Aluno 1	83 dB	85 dB	85,86 dB	99,1 dB	85,86 dB	84,85 dB
Aluno 2	90 dB	80 dB	90 dB	100 dB	95 dB	90 dB
Aluno 3	83 dB	85 dB	85,86 dB	99,1 dB	85,86 dB	84,85 dB
Aluno 4	65,86 dB	64,31 dB	68,24 dB	68,5 dB	64,09 dB	63,54 dB
Aluno 5	89 dB	71 dB	81 dB	85 dB	69 dB	85 dB
Aluno 6	82 dB	82 dB	82 dB	90 dB	80 dB	82 dB
Aluno 7	90 dB	80 dB	90 dB	100 dB	95 dB	90 dB
Aluno 8	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Aluno 9	82 dB	96 dB	93 dB	87 dB	93 dB	93 dB
Aluno 10	80 dB	82 dB	83 dB	93 dB	84 dB	81 dB
Aluno 11	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Aluno 12	76 dB	113 dB	66 dB	100 dB	55 dB	48 dB
Aluno 13	90 dB	80 dB	90 dB	100 dB	95 dB	90 dB

Fonte: O próprio autor

Na questão de número 4, foi pedido para os alunos dizerem quais as principais consequências que poderiam surgir no ambiente escolar quando foi medida a maior e a menor intensidade sonora e qual o tempo máximo de exposição que o ser humano poderia ficar para essas duas situações. Para auxiliá-los em suas respostas, os alunos utilizaram as tabelas fornecidas no material que foi utilizado durante toda a realização da aula 4 e se encontra no anexo 4.

As respostas dos alunos foram novamente transcritas na íntegra e em sua totalidade.

Para essa questão foram obtidas as seguintes respostas:

Respostas dos alunos para a questão 4:

Aluno 1:

Menor: 83 dB ainda não nos oferece risco.

Maior: seria a medida de 45 minutos a uma hora, estamos correndo risco.

Aluno 2:

Maior: 100 dB, lesões irreversíveis no sistema auditivo.

Menor: 30 dB, Reações psíquicas.

Aluno 3:

Menor: 83 dB, ainda não nos oferece riscos.

Maior: seria a medida de 45 minutos à uma hora. Após esse tempo estaríamos correndo risco.

Aluno 4:

Maior: Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endrômina tornando o organismo dependente. 9 horas.

Menor: Diminui o poder de concentração e prejudica a produtividade no trabalho intelectual. 11 horas.

Aluno 5:

Limite ruim permitido pela NR-15 8 horas.

Menos barulho de tráfego 5 m, 8 horas.

Aluno 6:

Maior: Trauma auditivo, se passar de 4 horas.

Menor: reações fisiológicas.

Aluno 7:

Maior: 100 dB, lesões irreversíveis no sistema auditivo.

Menor: 30 dB, reações psíquicas.

Aluno 8:

Obs: Não respondeu a atividade.

Aluno 9:

Maior: 96 dB, 1 hora e 45 minutos – podendo ficar com sérios problemas como o trauma auditivo.

Menor: 82 dB, podendo ficar com mais de 8 horas e não fazendo tanto estrago na audição.

Aluno 10:

Maior: trauma auditivo se passar de 4 horas.

Menor: reações fisiológicas.

Aluno 11:

Obs: O aluno não respondeu a atividade.

Aluno 12:

Maior: 100 dB, 1 hora – furadeira pneumática.

Menor: 48 dB, área residencial a noite.

Aluno 13:

Maior: 100 dB, lesões irreversíveis no sistema auditivo.

Menor: 80 dB, reações psíquicas.

Na questão de número 5 foi pedido para os alunos fazerem uma auto avaliação do projeto desenvolvido destacando o que eles mais gostaram e o que menos gostaram, além disso, foi pedido para os alunos avaliarem a metodologia adotada na realização das atividades desenvolvidas.

As respostas dadas pelos alunos para essa questão foi transcrita exatamente como os alunos responderam, e, portanto estão sujeitas a erros e podem ser verificadas abaixo:

Aluno 1:

“gostei do projeto pois estabilizei processos de um rendimento onde eu não sabia”

Aluno 2:

“ Gostei da parte da cartolina, pois foi legal fazermos os desenhos e não gostei da ultima parte, pois foi meio complicado.”

Aluno 3:

“Eu gostei do projeto porque agora sei os limites de barulhos que meu ouvido pode suportar. E agora tomarei mais cuidado para não ter riscos de ter problemas de audição. E o que eu menos gostei é que além do Psiu não tem muitos meios de combater a poluição sonora.”

Aluno 4:

“A forma como foi trabalhado foi envolvente, pois a cada ação dentro do projeto descobriamos diversas coisas diferenciadas. O que mais gostei foi o desenvolvimento com o decibelímetro, pois utiliza o aplicativo, pude perceber o quanto minha audição sofre com os “ruídos” sonoros. Não só a audição fica exposta, é fato que com o passar das horas a exposição aos ruídos prejudica nosso corpo, mente, ação e reação, nós trazendo diversos riscos a saúde.”

Aluno 5:

“Gostei bastante pois agora sei um pouco do assunto, muitas vezes esse barulho incomoda.”

Aluno 6:

“Bem eu gostei bastante do projeto, pois foi feito de uma forma de fácil compreensão de todos.”

Aluno 7:

“ A parte que eu mais gostei foi da gincana que teve uma pergunta para cada grupo que podíamos responder em uma cartolina através de desenhos e nossos conhecimentos sobre o assunto. E a parte que eu menos gostei foi essa ultima pois na minha opinião foi a mais complicada.”

Aluno 8:

“Bom esse aplicativo é bem interessante eu não sabia de muita coisa e agora eu sei, essa atividade é bem diferente do que as outras, eu gostei do aplicativo.”

Aluno 9:

“Eu gostei de saber a autitude do som pois quanto mais alto mais pode afetar o ouvido e com isso vi que posso ficar surda por culpa dessa sala, onde não gostei nada do barrulho irritante.”

Aluno 10:

“Gostei do projeto pois com ele tive facilidade de aprender esse tema.”

Aluno 11:

“Achei todo o projeto muito interessante, sem dúvidas foi um projeto que envolveu a todos da turma e incentivou a todos a expor a sua criatividade. De todas as etapas a que eu mais gostei foi a do cartaz que podemos desenvolver nossa criatividade, mas nenhuma que eu tenha gostado menos.”

Aluno 12:

“Eu gostei de aprender quanto tempo nos podemos escutar o som, muito alto, pela tabela. Não gostei da falta de tempo que a sala fez o professor perder para explicar melhor por que eu não entendi a materia por completo.”

Aluno 13:

“Bom esse projeto foi bom em todos os momentos porque foi uma forma melhor e dinâmcia de aprender sobre os assuntos citado em todo o projeto. Foi uma experiência diferente em relação as metodologias utilizadas nas demais disciplinas.”

Através das análises feitas pelos alunos, é possível concluir que a sequência didática foi bem aceita pelos alunos e permitiu uma reflexão sobre o problema da poluição sonora além de possibilitar o estudo de conceitos físicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção dessa sequência didática possibilita ter um melhor planejamento a respeito dos objetivos que queremos atingir com as diversas atividades aplicadas. Com a sequência didática é possível ter uma ideia do todo.

As sequências didáticas possibilitam um trabalho organizado paulatinamente, possibilitam o crescimento e o aprofundamento em conceitos e em saberes, pouco a pouco, de acordo com a curiosidade e estimulação presentes nas salas de aula. É a sequência didática também que garante que o professor não vai privilegiar um conhecimento em detrimento do outro, pois se não houve um planejamento criterioso de uma sequência, acaba-se por optar e desenvolver muitas ações de apenas um campo do conhecimento.

De acordo com cada realidade, pode-se sempre fazer ajustes e acertos, desde que a essência das atividades não seja perdida. A ordem das atividades pode ser alterada, mas o que configura cada atividade não, pois é justamente esta configuração que constitui a sequência didática.

Os temas ambientais precisam ser mais contemplados nas aulas de Física para o nível médio, tendo em vista a relevância deles para o processo de alfabetização científico-tecnológica, conforme apregoado em documentos da legislação educacional brasileira e em trabalhos de ensino de Física e de educação em Ciências. A poluição sonora é uma temática ambiental pertinente para ser abordada no nível médio, tal como pudemos verificar com a aplicação da presente atividade didática. Além do engajamento e a satisfação demonstradas pelos mesmos, os alunos tiveram uma participação mais efetiva no processo de ensino-aprendizagem e aproveitaram a oportunidade para discutir questões que fazem parte tanto de seu cotidiano escolar como da sociedade como um todo como, por exemplo, as questões ligadas à temática da poluição sonora e seus problemas para a sociedade.

O ensino da acústica através da temática da poluição sonora permitiu um ensino mais contextualizado, despertando um maior interesse por parte do aluno, pois permite ao professor associar conceitos centrais da acústica com casos relevantes do cotidiano do aluno incluindo a comunidade escolar, pois os mesmos fazem muitos barulhos em sala de aula e utilizam constantemente de potentes aparelhos eletrônicos.

Em relação ao uso do *smartphone*, foi possível perceber que os alunos incorporaram o *smartphone* como uma ferramenta que pode auxiliá-los no processo de aprendizagem e não apenas como uma ferramenta de entretenimento. Foi possível verificar que as metodologias alternativas são viáveis, pois hoje vivemos em uma sociedade globalizada e os alunos encontram informações nas mais diversas fontes, e as chamadas metodologias alternativas podem trazer o jovem estudante para uma participação mais efetiva, tirando ele da função de ser apenas um espectador.

BIBLIOGRAFIA

ANTONIO, J. C. Uso pedagógico do telefone móvel (celular). **Professor Digital**, Janeiro 2010.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Education psychology: a cognitive view**. [S.l.]: Klumer Academic Publishers, 1980.

BARBETA, V. B.; MARZZULLI, C. R. Experimento Didático para determinação da velocidade de propagação do som no ar, assistido por computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 447 - 455, Dezembro 2000.

BLEICHER, L. et al. Análise e simulação de ondas sonoras assistidas por computador. **Revista Brasileira de ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 129 - 133, Junho 2002.

CARVALHO, A. M. P. D. **Enculturação Científica: Uma meta no Ensino de Ciências**. XIV Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino. Porto Alegre: [s.n.]. 2008. p. 1 - 12.

CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; LEITE, V. F. Princípios básicos de imagens ultra-sônicas e a determinação da velocidade do som no ar através do eco. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 19 - 23, 2012.

CHIQUETTO, M. J. O Currículo de Física do Ensino Médio no Brasil: Discussão Retrospectiva. **Revista e-curriculum**, São Paulo, v. 7, n. 1, 2011.

CHRISPINO, A. **Educação Tecnológica: Ciência, Tecnologia e Sociedade: Módulo III**. Rio de Janeiro: CEFET-RJ. 2009.

CONETTA, R. et al. **A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary**. [S.l.]: Acoustical Society of America.. 2014. p. 177-188.

COSTA, E. A. D. Classificação e quantificação das perdas auditivas em audiometrias industriais. **Revista brasileira de Saúde Ocupacional**, 1988.

DISTLER, R. R. Contribuições de David Ausubel para a intervenção psicopedagógica. **Revista psicopedagógica**, São Paulo, v. 32, n. 98, p. 191 - 199, 2015.

FERNANDES, J. C.; MARINHO, T.; FERNANDES, V. M. **Avaliação dos Níveis de Ruídos e da perda auditiva em Motoristas de Ônibus na Cidade de São Paulo**. XI SIMPEP. Bauru: [s.n.]. 2004.

FLAVIA REZENDE, F. O. G. F. Ensino Aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São paulo, v. 31, n. 1, p. 1402-1402-8, 30 Março 2009.

GODINHO, M. D. **Análise da Contribuição do actual ensino da Física e Química na formação das concepções dos alunos sobre as interações CTS**: Um estudo comparativo. Lisboa: [s.n.], 1996.

GUEDES, I. C. M. **Influencia da forma urbana em ambiente sonoro**: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2005.

GREGO, Maurício. Perigo nos decibéis. *Info*, São Paulo, v. 1, n., p. 48-50, mar. 2006.

HUNGRIA, H. **Otorrinolaringologia**. 7. ed. [S.l.]: Guanabara Koogan, 1995.

KWITKO, A.; PEZZI, R. G. Projeto Ruído. **CIPA**, v. 13, p. 20 - 34, 1990.

MAISONNEUVE, N. et al. **NoiseTube**: Measuring and mapping noise pollution with mobile phones. *Information Technologies in Environmental Engineering (ITEE 2009)*. Salónica, Grécia: Springer Berlin Heidelberg. 2009. p. 215-228.

MATTOS, C. R. D.; BASTOS, W. Física para uma saúde auditiva. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 3, 2009.

MELO, R. D. S. Aplicativos Educacionais Livres para Mobile e Learning. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 10, julho 2014.

MENEZES, L. C. LDB Uma Física para o novo Ensino Médio. **Física na Escola**, São paulo, v. 1, n. 1, 2000.

MOREIRA, C. C.; MACEDO, C. C. D.; OLIVEIRA, D. G. D. **A Física e a Poluição Sonora**: Construção e Aplicação de um projeto temático. XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo: [s.n.]. 2013. p. 1 - 8.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, Março 2000.

MUSAFIR, R. Poluição Sonora, Rio de Janeiro, Fevereiro 2014. 15.

NASCIMENTO, T. L. D. **Repensando o Ensino da Física no Ensino Médio**. Fortaleza: [s.n.], 2010.

NOVICKI, A.; LATONSIKI, E. D. S.; POGLIA, R. Determinação da velocidade de uma fonte sonora através da aquisição automática de dados baseado no efeito Doppler-Fizeau. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, 2011.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 4 edição revisada. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

PENIDO, E. ; AZEVEDO, F. R.; SOUZA, J. H. D. Poluição Sonora: Aspectos Ambientais e Saúde Pública. **Revista das Faculdades Integradas Vianna Júnior**, v. 2, n. 1, 2011.

PIETROCOLA, M. **O papel estruturante da matemática na teoria eletromagnética: Um estudo histórico e suas implicações didáticas**. Encontro de pesquisa em ensino de Ciências. Bauru: [s.n.]. 2003.

PINTO, A. C.; COSTA, A. H. P. D. Simulação do funcionamento de um cruzamento regulado por sinais luminosos. **Investigação Operacional**, Lisboa, v. 25, n. 1, p. 25 - 35, Junho 2005.

PIVATTO, B.; SCHUHMACHER, E. Conceitos de teoria da aprendizagem significativa sob a ótica dos mapas conceituais a partir do ensino de Geometria. **Revista Eletrônica de educação Matemática**, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 194 - 221, dezembro 2013.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. S. **Física 2**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

RIBEIRO, B. M.; GARAVELLI, S. L. **O ruído no transporte coletivo do Distrito Federal**. Anais do 3 Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental. Brasília: [s.n.]. 2004.

RICARDO, E. C. Implementação dos PCN em sala de aula: dificuldades e possibilidades. **A Física na Escola**, São paulo, v. 4, n. 1, p. 8-11, Maio 2003.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 251 - 266, 2007.

RONCA, A. C. C. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. **Temas em psicologia**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 3, p. 91 - 95, dezembro 1994.

SANTOS, A. G. D.; BARROS, F. D. S.; AMORIM, H. S. D. **Uma proposta para ensino de Poluição Sonora nas aulas de Física do nível médio**. Niterói: [s.n.]. 2013.

SANTOS, A. G. D.; BARROS, F. D. S.; AMORIM, H. S. D. **POLUIÇÃO SONORA EM ESCOLA PÚBLICA ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO**. Niterói: [s.n.]. 2014.

SANTOS, F. D. **O aparelho celular na escola: contra uma educação imóvel.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015.

SANTOS, G.; BARROS, F. D. S.; AMORIM, H. S. D. **Uma proposta para ensino de Poluição Sonora nas aulas de Física do nível médio.** Rio de Janeiro: [s.n.]. 2012.

SHAW, S.; KARDOUS, C. A. Evaluation of smartphone sound measurement applications (apps) using external microphones. **J Acoust Soc Am.**, 2016.

SILVA, M. S. D. **O impacto da poluição sonora nos usuários do transporte coletivo da cidade de Goiânia.** [S.l.]: Universidade Católica de Brasília, 2003.

SILVA, W. P. D. et al. Velocidade do som no ar: Um experimento Caseiro com Microcomputador e Balde D'água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 74 - 80, Março 2003.

SPEZIALI, N. L.; VEAS, F. O. Ondas Longitudinais: Determinação da velocidade do som em metais. **Revista de ensino de física**, v. 8, n. 1, junho 1986.

SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L. D.; SILVA, A. N. Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n. 7, p. 2201 - 2210, 2015.

VIANNA, D. M. Formação cidadã para nossos alunos - um contexto cultural para o ensino de Física. In: MARTINS, F. **Física ainda é cultura?** São Paulo: Livraria da Física, 2009. p. 131 - 149.

ZABALA, Antoni., A prática educativa: como ensinar. Trad. Ernani F. da Rosa – Porto Alegre: ArtMed, 1998.

ZANNIN, P. H. T.; SZEREMETTA, B. Avaliação da poluição sonora no parque Jardim Botânico de Curitiba. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 683 - 686, Março 2003.

ANEXO 1

TABELA COM OS LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE¹⁰

NÍVEL DE RUÍDO DB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

¹⁰ Disponível em http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15_anexoI.htm. Acesso em 25/02/2017

ANEXO 2

Tabela de Nível Sonoro e seus efeitos ¹¹

Nível Sonoro	Efeitos
≥ 30 dB	Reações psíquicas
≥ 65 dB	Reações fisiológicas
<u>≥ 85 dB</u>	Trauma auditivo
≥ 120 dB	Lesões irreversíveis no sistema auditivo

¹¹ Disponível em <http://www.megaclima.pt/tabela-decibeis.php>. Acesso em 25/02/2017.

ANEXO 3

Lista de exercícios utilizada na aula 2.

Nome: Número:.....

Exercícios

1. Certo animal aquático tem órgão auditivo sensível a uma faixa sonora entre 40 Hz e 250 Hz. Sendo 1450 m/s a velocidade das ondas sonoras no meio em que ela vive quais os correspondentes comprimentos de onda para as frequências máxima e mínima audíveis para esse animal?
2. Num festival de rock, os ouvintes próximos às caixas de som recebiam uma intensidade física sonora de 10 W/m^2 . Sabendo que 0 W/m^2 é a menor intensidade física sonora audível, determine o nível sonoro do som ouvido por ele.
3. Algumas pessoas costumam dirigir com fones de ouvido ligados a aparelhos de som ou telefone celular. Como você avalia essa conduta? Consulte o Novo Código Brasileiro de Trânsito, que pode ser encontrado facilmente, inclusive em internet e analise o que propõe a legislação sobre esse assunto, isto é, sobre a interferência do som durante a condução de um veículo. Porque você acha que a legislação se posiciona dessa maneira?
4. Qual é o aumento em decibéis se a intensidade sonora for dobrada?
5. Com um decibelímetro, mede-se o nível de ruído em um ponto do cruzamento das avenidas Ipiranga e São João (São Paulo). Uma primeira amostragem, levantada às 3 horas, revela 60 dB, enquanto outra, obtida às 18 horas, acusa 100 dB. Por quanto ficou multiplicada a intensidade sonora da primeira para a segunda amostragem.

ANEXO 4

Material da Atividade realizada na aula 4.

Caro estudante, chegamos a ultima atividade do nosso projeto sobre o estudo da poluição sonora.

Durante esse projeto, estudamos alguns conceitos físicos necessários para entendermos melhor a poluição sonora e os problemas ocasionados por esse tipo de poluição.

Agora iremos fazer algumas medidas da intensidade sonora em alguns ambientes frequentados por vocês. Para isso será utilizado o aplicativo instalado em seu celular, transformando este num decibelímetro. Estas medidas não são calibradas, e em um caso mais formal, o decibelímetro deve ser calibrado pelo Inmetro.

O decibelímetro é o instrumento que tem por finalidade medir os níveis de intensidade sonora

Antes disso atente-se aos seguintes tópicos que foram abordados no projeto:

Acústica é a parte da Física que estuda as oscilações e ondas cujas frequências estão compreendidas entre 20 e 20.000 Hz.

Decibel (dB) é a escala utilizada na medida da intensidade do som. Ela corresponde à décima parte do bel, e é obtida através das equações abaixo.

A Formula para a Intensidade Sonora é dado por:

$$NIS = 10 \log \frac{I}{I_o} \qquad NPS = 10 \log \left(\frac{P}{P_o} \right)$$

Onde:

NIS - Intensidade do som, medida em decibel *NPS* - Intensidade do som, medida em decibel

I - intensidade do som da fonte

P - Potência do som da fonte

I_o - Intensidade inicial de referência.

P_o - Potência inicial de referência.

Para uma melhor compreensão dos valores medidos, seguem as seguintes tabelas:

Tabela de Intensidade sonora pelo tipo de fonte¹²

Intensidade em dB (NPS*)	Fonte
250	Som dentro de um tornado; bomba nuclear a 5m (estimativa).
180	Foguete, à 30m; canto da baleia azul, a 1 m.
150	Avião a jato, a 30 m.
140	Tiro de rifle, a 1 m.
130	Limite da dor. Buzina de trem, a 1 m.
120	Concerto de rock, jato decolando, a 100 m.
110	Motocicleta em alta velocidade, a 5 m.
100	Furadeira pneumática, a 2 m.
90	Caminhão, a 1 m.
85	Limite de Ruído permitido pela NR-15 (horas)
80	Aspirador de pó grande, a 1 m. Tráfego pesado.
70	Barulho de tráfego, a 5 m.
60	Som no interior de escritório ou restaurante
50	Restaurante silencioso
40	Área residencial, à noite.
30	Interior de cinema, sem barulho.
10	Respiração humana, a 3m.
0	Limite da audibilidade humana.

* NPS - nível de pressão sonora

¹² Disponível em <http://www.areaseg.com/acustica/>. Acesso em 25/02/2017

Tabela de Nível Sonoro e seus efeitos ¹³

Nível Sonoro	Efeitos
≥ 30 dB	Reações psíquicas
≥ 65 dB	Reações fisiológicas
<u>≥ 85 dB</u>	Trauma auditivo
≥ 120 dB	Lesões irreversíveis no sistema auditivo

¹³ Disponível em <http://www.megaclima.pt/tabela-decibeis.php>. Acesso em 25/02/2017.

Atividade utilizada na aula 4

1. Através do seu aparelho de celular abaixe o aplicativo chamado decibelímetro e anote o nome do aplicativo escolhido por você.

2. Utilizando o seu decibelímetro que se encontra instalado em seu celular meça:
 - a) A intensidade sonora no horário da primeira aula.
 - b) A intensidade sonora no horário da segunda aula.
 - c) A intensidade sonora no horário da terceira aula.
 - d) A intensidade sonora durante um intervalo.
 - e) A intensidade sonora durante a quarta aula.
 - f) A intensidade sonora durante a última aula.

3. Com base na questão anterior, em qual período foi medido a maior intensidade sonora? e a menor?

4. Utilizando as tabelas fornecidas e os dados das questões 2, responda?
 - a) Quais as principais consequências que poderiam surgir no ambiente escolar que foi medida a maior intensidade sonora? E a menor? Qual o tempo máximo de exposição que o ser humano pode ficar para essas duas situações.

5. Faça uma auto avaliação do projeto desenvolvido destacando o que você mais gostou e o que você menos gostou e o que achou da metodologia adotada na realização dessas atividades abordando o que você mais gostou de aprender.

ANEXO 5

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA / PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Resolução 466/2012 do CNS)

ESTUDO DA POLUIÇÃO SONORA POR ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO USANDO TELEFONES CELULARES

Eu, MÁRCIO DONIZETE PEREIRA, estudante do Programa de Pós Graduação em Ensino de Física da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar lhe convido a participar da pesquisa “O estudo da poluição sonora por estudantes de ensino médio usando telefones celulares” sob orientação do Prof^º Dr TERSIO GUILHERME DE SOUZA CRUZ.

Trata-se de uma pesquisa de dissertação de mestrado que envolve a disciplina de Física do ensino médio e a participação de estudantes desse nível de ensino. A proposta desse estudo é descrever e analisar uma sequência didática que possibilite o aprendizado de conceitos físicos usando como tema gerador das discussões a poluição sonora

A busca por práticas que possibilitem a permanência e a aprendizagem de alunos na escola regular tem impulsionado a descoberta de caminhos que concretizam esse ideal. Parece haver certo consenso entre grande parte dos textos legais e de pesquisas científicas, de que o fortalecimento de práticas educacionais requerem estratégias que apoiem alunos e professores. A.

A escolha pela segunda série do ensino médio se faz necessária pelo fato dos assuntos abordados no estudo sobre a poluição sonora fazer parte do currículo oficial da

Secretaria de Educação do Estado de São Paulo.

Os alunos da segunda série do ensino médio da escola estadual de Vila Olinda II foram selecionados (a) por ser a classe onde eu atuo como profissional efetivo do sistema estadual de ensino.

Os encontros com o grupo de alunos serão realizados durante as aulas de física na sala de aula da escola, e serão necessárias quatro aulas, portanto a realização do projeto será de aproximadamente um mês.

A participação dos estudantes nessa pesquisa auxiliará na obtenção de dados que poderão ser utilizados para fins científico-educacionais, proporcionando maiores informações e discussões que trarão benefícios para a área da Educação Científica e colaborarão para a construção de novos conhecimentos e para a identificação de novas alternativas e possibilidades para o trabalho na escola. O pesquisador realizará o acompanhamento de todos os procedimentos e atividades desenvolvidas durante o trabalho.

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

Solicito sua autorização para participação do/da seu/sua filho/filha por se tratarem de alunos menores de idade.

Reitero que essa pesquisa não prevê qualquer gasto ou riscos aos participantes, e que essa solicitação de autorização está sendo realizada na reunião de pais e mestres por considerar ser o momento apropriado e oportuno para quaisquer esclarecimentos sobre a pesquisa.

Você receberá uma cópia deste termo constando o telefone, o endereço pessoal e o email do pesquisador principal, podendo solicitar esclarecimentos, tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Se você tiver qualquer problema ou dúvida durante a participação do/da seu/sua filho/filha na pesquisa poderá comunicar-se pelo telefone (011) 47822616 ou vir nesta escola de 2^a ou 6^a das 19h00min às 22h50min e procurar o Prof. MÁRCIO DONIZETE PEREIRA ou ligar para o Professor orientador da pesquisa para esclarecimentos. Você receberá uma cópia deste termo, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua

participação, agora ou a qualquer momento.

Dr. TERSIO GUILHERME DE SOUZA

(Orientador da pesquisa)

Docente do Departamento de Física, Química e Matemática (DFQM)

Universidade Federal de São Carlos Telefone:(15) 3229 8813

Sala CCTS 1132.

MÁRCIO DONIZETE PEREIRA

(aluno de pós-graduação)

Escola estadual de Vila Olinda II

Fone: (011) 47822616.

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação de seu filho na pesquisa e concordo em ele participar. O pesquisador me informou dos riscos e benefícios do projeto.

Local e data: _____

Assinatura do responsável do participante da pesquisa: _____

Número e tipo de documento de identificação _____

ANEXO 6

Planos de aula da sequência didática

Tabela 1: Plano de Aula utilizada na primeira atividade da sequência didática

Título da Aula	A Poluição Sonora
Objetivos	Apresentar a poluição sonora como um problema que afeta a sociedade e é considerado pela ONU o terceiro maior problema ambiental do mundo.
Conteúdo	Poluição sonora, implicações para a sociedade e suas implicações para o indivíduo.
Metodologia	Foram utilizados vídeos do youtube sobre a poluição sonora e os problemas que esse tipo de poluição pode provocar. Após o vídeo será promovido um debate com os alunos acerca do tema e serão distribuídas algumas questões para reflexões individuais acerca do assunto.
Recursos Utilizados	Vídeos e questões para reflexão.
Avaliação	A avaliação será feita através de questões para reflexão individual dos alunos sobre os tópicos abordados nos vídeos apresentados e questões que surgirem no debate e deverão ser entregues na aula seguinte, após uma semana.

Tabela 2: Plano de Aula utilizada na segunda atividade da sequência didática

Título da Aula	Os Conceitos Físicos da Acústica
Objetivos	Estudar os conceitos físicos envolvidos e necessários para entender a poluição sonora.
Conteúdo	Ondas, Tipos de ondas, frequência de uma onda, velocidade de propagação de uma onda, intensidade sonora, nível relativo de intensidade, eco, ruído e tubos sonoros.
Metodologia	Aula expositiva e uma demonstração experimental para mostrar que o som se propaga perturbando o meio. Após a aula e a demonstração experimental foi entregue uma lista de exercícios para resolução individual.
Recursos Utilizados	Aula expositiva, demonstração experimental e uma lista de exercícios.
Avaliação	A avaliação será feita através de uma lista de exercícios individuais sobre os tópicos abordados na aula.

Tabela 3: Plano de Aula utilizada na terceira atividade da sequência didática

Título da Aula	A anatomia do aparelho auditivo.
Objetivos	Estudar a anatomia do aparelho auditivo e as consequências causadas pela poluição sonora.
Conteúdo	Anatomia do aparelho auditivo e suas relações com os conceitos físicos.
Metodologia	Foi pedido para os alunos formarem grupos de aproximadamente cinco estudantes, e foi entregue uma pergunta diferente para cada grupo sobre o funcionamento do aparelho auditivo. Os alunos tiveram um tempo para pesquisar a resposta utilizando a internet através do seu aparelho celular e elaborar a resposta em uma folha de cartolina para poderem apresentar a sua resposta em forma de seminário para os demais colegas da turma.
Recursos Utilizados	Folha de cartolina e aparelhos de celular com acesso a internet.
Avaliação	A avaliação foi feita através do envolvimento do grupo na elaboração da resposta e da apresentação em grupo do seminário.

Tabela 4: Plano de Aula utilizada na quarta atividade da sequência didática

Título da Aula	Medidas de intensidade sonora através do aparelho de celular.
Objetivos	Realizar medidas de intensidade sonora utilizando um aplicativo específico (Sound Meter) que funciona como um decibelímetro em aparelhos celulares.
Conteúdo	Intensidade sonora, medidas através do aparelho celular, e análise de tabelas.
Metodologia	Foi pedido para os alunos baixarem um aplicativo específico (Sound Meter) que funciona como um decibelímetro em aparelhos de celular e após essa etapa foi entregue um roteiro que orientou toda a atividade desenvolvida.
Recursos Utilizados	Aparelho celular com o aplicativo (Sound meter) e uma lista que direcionou as atividades.
Avaliação	A avaliação será feita através de um roteiro que contém as atividades a serem realizadas e através de uma auto avaliação individual sobre os tópicos abordados durante todo o projeto.

APÊNDICE A

**Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio
usando *smartphone***

PRODUTO EDUCACIONAL

**Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio
usando *smartphone***

SEQUÊNCIA DIDÁTICA:

Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino médio usando *smartphone*



Imagem disponível em: <http://www.informeambientalbr.com.br/2015/07/poluicao-sonora.html>. Acesso em 15/03/2017

Márcio Donizete Pereira

Orientação: Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Co-orientação: Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

SEQUÊNCIA DIDÁTICA:
**Estudo da poluição sonora por estudantes do ensino
médio usando *smartphone***

Márcio Donizete Pereira

Orientação: Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Co-orientação: Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

Agosto / 2017

Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de São Carlos no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

UFSCar - Sorocaba

Apoio: CAPES

Sumário

Apresentação.....	05
1. Levantando o que os alunos já sabem!.....	17
1.1 Objetivos.....	18
1.2 Os conhecimentos prévios dos alunos.....	18
1.3 Identificando os conhecimentos prévios dos alunos.....	19
2. A Física da Poluição Sonora.....	21
2.1 Objetivos.....	22
2.2 A memorização também é útil.....	22
2.3 O que faremos.....	22
2.4 Descrições do Experimento.....	23
2.5 Ondas e tipos de ondas.....	24
2.6 Frequências, comprimento e velocidade de uma onda.....	25
2.7 Intensidades Sonoras.....	26
2.8 Níveis relativos de Intensidades.....	27
2.9 Eco, Ruídos e Tubos Sonoros.....	28
2.10 Sugestões para a lista de exercícios.....	30
3. O funcionamento do aparelho auditivo.....	32
3.1 Objetivos.....	33
3.2 Em busca da aprendizagem significativa.....	33
3.3 Como faremos.....	33
3.4 Propostas de questões que podem ser utilizadas.....	34
4. Medidas de intensidade sonora através do aparelho de celular.....	36
4.1 Objetivos.....	37
4.2 A aprendizagem significativa.....	37

4.3 Como faremos.....	38
4.4 Sugestões de atividade final.....	40
4.5 Atividade Final.....	40
Bibliografia.....	42
Anexo 1: Roteiro e Tabelas da Atividade Final.....	44

Apresentação

Caro leitor e leitora,

Este material objetiva propiciar o estudo das ondas sonoras e as consequências da poluição sonora para a saúde humana a partir de uma sequência didática. Constitui-se como uma série de sugestões de abordagem do assunto junto a turmas do ensino médio.

Essa sequência didática foi produzida durante o exercício da prática docente e é parte dos resultados de uma dissertação de mestrado. Como docentes, sabemos que a maior parte das ações de sala de aula, tais como, metodologias de aula, resolução de exercícios, aulas práticas etc são variáveis, pois dependem da interação entre os estudantes e o professor. Justamente por isso, sempre que possível, apresentamos as ações em formato de sugestões e recomendações.

Acredita-se que o estudo do som pode propiciar meios para dimensionar o papel da informação para a vida, acompanhando as transformações sociais que resultaram do domínio tecnológico, do registro, reprodução e velocidade de transmissão de informações ao longo da história.

O som é definido como a propagação de uma frente de compressão mecânica ou onda longitudinal, se propagando tridimensionalmente pelo espaço e apenas em meios materiais que se encontram nos estados sólidos, líquidos e gasosos.

O ramo da Física que estuda a natureza desses fenômenos é chamado de Acústica. Em Acústica, estudamos os fenômenos sonoros, suas características e suas fontes.

Segundo alguns autores (Carvalho, 2008; Chrispino, 2009; Vianna, 2009) a abordagem da poluição sonora na escola de nível médio é importante para que os alunos possam entender os danos provocados por esse tipo de problema ambiental e passem a lidar adequadamente como mesmo.

O presente material didático é uma proposta de atividades para a compreensão de fenômenos acústicos e dos conceitos Físicos relacionados a esses fenômenos. Em quatro capítulos vamos passar pela utilização de vídeos em sala de aula, onde será possível discutir a problemática da poluição sonora, a utilização aplicativos de celular que permitirão realizar medidas da intensidade sonora e, por fim, a aplicação desta sequência.

A proposta da sequência didática utilizada por esse produto educacional pode ser verificada a seguir:

Planos de aula da sequência didática

Tabela 1: Plano de Aula utilizada na primeira atividade da sequência didática

Título da Aula	A Poluição Sonora
Objetivos	Apresentar a poluição sonora como um problema que afeta a sociedade e é considerado pela ONU o terceiro maior problema ambiental do mundo.
Conteúdo	Poluição sonora, implicações para a sociedade e suas implicações para o indivíduo.
Metodologia	Foram utilizados vídeos do <i>Youtube</i> sobre a poluição sonora e os problemas que esse tipo de poluição pode provocar. Após o vídeo foi promovido um debate com os alunos acerca do tema e distribuídas algumas questões para reflexões individuais acerca do assunto.
Recursos Utilizados	Vídeos e questões para reflexão.
Avaliação	A avaliação foi feita através de questões para reflexão individual dos alunos sobre os tópicos abordados nos vídeos apresentados e questões que surgirem no debate e foram entregues na aula seguinte, após uma semana.

Tabela 2: Plano de Aula utilizada na segunda atividade da sequencia didática

Título da Aula	Os Conceitos Físicos da Acústica
Objetivos	Estudar os conceitos físicos envolvidos e necessários para entender a poluição sonora.
Conteúdo	Ondas, Tipos de ondas, frequência de uma onda, velocidade de propagação de uma onda, intensidade sonora, nível relativo de intensidade, eco, ruído e tubos sonoros.
Metodologia	Aula expositiva e uma demonstração experimental para mostrar que o som se propaga perturbando o meio. Após a aula e a demonstração experimental foi entregue uma lista de exercícios para resolução individual.
Recursos Utilizados	Aula expositiva, demonstração experimental e uma lista de exercícios.
Avaliação	A avaliação será feita através de uma lista de exercícios individuais sobre os tópicos abordados na aula.

Tabela 3: Plano de Aula utilizada na terceira atividade da sequencia didática

Título da Aula	O Funcionamento do aparelho auditivo.
Objetivos	O Funcionamento do aparelho auditivo e as consequências causadas pela poluição sonora.
Conteúdo	Anatomia do aparelho auditivo e suas relações com os conceitos físicos.
Metodologia	Foi pedido para os alunos formarem grupos de aproximadamente cinco estudantes, e foi entregue uma pergunta diferente para cada grupo sobre o funcionamento do aparelho auditivo. Os alunos tiveram um tempo para pesquisar a resposta utilizando a internet através do seu aparelho celular e elaborar a resposta em uma folha de cartolina a fim de poderem apresentá-la em forma de seminário para os demais colegas da turma.
Recursos Utilizados	Folha de cartolina e aparelhos de celular com acesso a internet.
Avaliação	A avaliação foi feita através do envolvimento do grupo na elaboração da resposta e da apresentação em grupo do seminário.

Tabela 4: Plano de Aula utilizada na quarta atividade da sequencia didática

Título da Aula	Medidas de intensidade sonora através do aparelho de celular.
Objetivos	Realizar medidas de intensidade sonora utilizando um aplicativo específico (Sound Meter) que funciona como um decibelímetro em aparelhos celulares.
Conteúdo	Intensidade sonora, medidas através do aparelho celular, e análise de tabelas.
Metodologia	Foi pedido para os alunos baixarem um aplicativo específico (Sound Meter) que funciona como um decibelímetro em aparelhos de celular e após essa etapa foi entregue um roteiro que orientou toda a atividade desenvolvida.
Recursos Utilizados	Aparelho celular com o aplicativo (Sound meter) e uma lista que direcionou as atividades.
Avaliação	A avaliação será feita através de um roteiro que contém as atividades a serem realizadas e através de uma auto avaliação individual sobre os tópicos abordados durante todo o projeto.

Introdução

A motivação para o estudo da poluição sonora decorre dos problemas sociais e as demais implicações que esse tipo de poluição traz para a sociedade sendo considerada pela Organização das Nações Unidas (ONU) como sendo o terceiro pior problema mundial e pelo fato que muitos de nossos alunos estão em constante exposição aos problemas provocados pela poluição sonora.

Um projeto de pesquisa iniciado em 2008 por Maisonneuve (2009) e colaboradores no Laboratório de Ciências da Computação da Sony em Paris e atualmente mantido pelo Software languages Lab da Vrije Universiteit Brussel.

Esse projeto propõe uma abordagem participativa para monitorar a poluição sonora através da participação do público em geral, por meio da utilização de um aplicativo. Esse aplicativo desenvolvido transforma os aparelhos celulares em sensores de ruído permitindo aos cidadãos medir a exposição do som em seu ambiente cotidiano. Os dados obtidos por cada um dos usuários podem ser enviados para uma central que utilizará esses dados para a construção de um mapa do ruído que poderá ser acessado por qualquer pessoa.

A poluição sonora é um problema ambiental provocado pelo ruído que é definido como o som capaz de provocar danos ao sistema auditivo. Os trabalhos de Penido, Azevedo e Souza (2011) e Musafir (2014) defendem que a poluição sonora pode ser definida como qualquer modificação das propriedades do meio ambiente causada por ruídos que possam causar dano auditivo para os frequentadores ou ocupantes de um determinado ambiente. Os mesmos definem ruído como sendo todo som indesejável, o que acentua o aspecto subjetivo do incômodo. Existe ainda uma definição para ruído baseada na sua composição em frequência: pode-se dizer que ruído é a ausência de periodicidade das ondas sonoras, ou seja, suas frequências e componentes não possuem relações harmônicas. Quando essa dissonância alcança o ouvido, gera uma sensação de desconforto.

A abordagem da poluição sonora na escola de ensino médio é importante para que os alunos possam entender os danos provocados por esse tipo de poluição ambiental e aprendam a lidar adequadamente com ela. A relevância desse tema é evidenciada em trabalhos tais como Carvalho (2008), Chrispino (2009), Vianna (2009) Santos, Barros e Amorim (2013 e 2014).

Mattos e Bastos (2009) nos revelam que o conteúdo de acústica muitas vezes é deixado de lado pelo currículo escolar. E, quando é tratado, se limita a apresentar apenas curiosidades sobre velocidade do som, eco ou efeito Doppler, não contribuindo para uma educação efetiva sobre a área. No mesmo trabalho os autores realçam que os conhecimentos adquiridos na disciplina de física, quando bem trabalhados, podem contribuir para uma vida mais saudável do estudante.

Em outro trabalho, Santos, Barros e Amorim (2012), defendem que é de fundamental importância abordar a poluição sonora nas aulas de Física do ensino médio para que os alunos possam ser capazes de entender os danos provocados por esse tipo de poluição e consigam lidar adequadamente com esse tipo de problema.

A poluição sonora ocasiona danos à saúde das pessoas e, por esse motivo, é considerada um problema de saúde pública mundial. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) esse tipo de poluição é uma das formas mais graves de agressão ao ser humano e ao ambiente e é considerado como sendo o terceiro problema ambiental que mais afeta a sociedade perdendo apenas para a poluição do ar e para a poluição das águas¹. A OMS considera que as intensidades sonoras ideais para a manutenção da saúde humana devem estar abaixo de 50 decibéis (dB). A partir de 50 decibéis, os problemas podem ocorrer em curto prazo ou levarem anos para serem notados. A perda de audição é o efeito mais frequente associado a qualquer tipo de som que ultrapasse os limites de tolerância.

Hungria (1995) nos diz que é importante ressaltar que o tratamento para os problemas causados pela exposição do indivíduo ao ambiente ruidoso é complexo e, muitas vezes, implica no afastamento do indivíduo desse ambiente.

O ruído pode trazer diversas implicações ao homem, como, lesão no tímpano; destruição das células sensoriais, zumbido, enjoo, tonturas, mal estar; perda auditiva temporária, além de outras. Pode-se destacar que a poluição sonora também traz prejuízos econômicos (diminuição da produtividade, aumento na incidência de acidentes, indenizações) e sociais (perda de atenção, perda de concentração e estresse).

No ambiente escolar a poluição sonora prejudica a cognição, dificulta a concentração,

¹ Disponível em www.cmq.esalq.usp.br. Acesso em 21/11/2016.

diminui a atenção visual e a coordenação motora, altera a inteligibilidade da fala, dificulta a aquisição de leitura e o desenvolvimento da linguagem, prejudica a atividade intelectual e interfere na memória.

Diante desse quadro é importante conscientizar os alunos a respeito das implicações provocadas pela poluição sonora para que estes se tornem críticos a respeito de toda a temática e das consequências que esta pode trazer para si e para a sociedade.

O estudo dos problemas ambientais é de grande relevância para a saúde da população e para o equilíbrio ecológico como um todo. Como discutido no item anterior, a poluição sonora, em particular, traz diversos prejuízos tanto para a saúde auditiva da população como também traz dificuldades de concentração provocando a queda no rendimento acadêmico ou profissional.

Atualmente no Brasil, as condições em que os trabalhadores estão sujeitas são fiscalizadas pelo Ministério do Trabalho. Para que essa fiscalização ocorra de maneira eficaz o mesmo editou as Normas Regulamentadoras (NRs), que são relativas à segurança e saúde do trabalho. São de “observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT)”².

Essas normas estabelecem as mínimas condições que devem ser oferecidas aos trabalhadores pelos empregadores, e em uma dessas normas diz respeito à exposição ao ruído. Nela são indicados os valores máximos de tempo que um trabalhador pode estar submetido a determinado nível de ruído. Esses valores, segundo a NR-15 (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho), encontram-se no anexo 1 deste texto.

Ainda segundo a legislação trabalhista, todas as pessoas que trabalham em um ambiente que possui elevados níveis de pressão sonora devem ser submetidas a exames audiométricos periódicos. O primeiro exame deve ser realizado no momento de sua admissão e este exame é considerado como referencial, pois os exames que serão realizados

² Disponível em: <http://www.guiatrabalista.com.br/legislacao/nr/nr1.htm>.

posteriormente devem ser comparados com esse para uma melhor avaliação das condições do estado da audição do trabalhador.

Costa (1988) avaliou a audição de 714 metalúrgicos com menos de dez anos de exposição ao ruído e encontrou uma porcentagem de aproximadamente 23% dos trabalhadores com Perda Auditiva Induzida por Ruído. Um trabalho semelhante foi realizado em metalúrgicas de Porto Alegre por Kwitko e Pezzi (1990) ao analisar 524 trabalhadores. Os pesquisadores constataram que aproximadamente 47% desses trabalhadores estavam com Perda Auditiva Induzida por Ruído.

Silva (2003) realizou uma pesquisa sobre o impacto da poluição sonora nos usuários do transporte coletivo de Goiânia. Nesse trabalho o autor constatou que os coletivos chegavam a emitir níveis de ruído em torno de 87 dB.

Fernandes e Marinho (2004) avaliaram a exposição ao ruído em que os motoristas e cobradores de coletivos urbanos da cidade de São Paulo estão sujeitos e constataram que, para veículos com motor dianteiro, o ruído ultrapassava os limites previstos na legislação trabalhista, que é de 85 dB para trabalhadores com jornada de 8 horas por dia.

Em um estudo realizado no Distrito Federal por Ribeiro e Garavelli (2004) foram encontrados 86 dB para os ônibus que integram o sistema de transporte coletivo. Em outro trabalho, realizado em setembro de 2006 pelos mesmos pesquisadores, destacou-se que um motor em boas condições reduz consideravelmente os níveis de ruído no interior dos ônibus de transporte coletivo.

Guedes (2005) realizou um estudo no bairro de jardins em Aracaju (SE) e constatou que as características físicas da forma urbana como a densidade construtiva, a existência de áreas livres entre outras características influenciam na propagação do som, determinando o ambiente sonoro de uma determinada região.

Suriano, Souza e Silva (2015) selecionaram para o seu estudo uma fração territorial localizada na cidade de São Carlos que engloba três corredores de tráfego relevante para a cidade (Av. São Carlos, Av. Dr Carlos Botelho e R. XV de Novembro). Nesse estudo foi caracterizado e contabilizado o fluxo de tráfego e a composição da frota (veículos leves e pesados). A coleta dos dados foi realizada em horários considerados como o de maior fluxo de veículos (das 7h00 às 8h00, no horário diurno e das 17h30 às 18h30, fim da tarde). Para o

levantamento do nível de ruído foi utilizado o equipamento Analyser 2270-L. Com base na norma NBR 10.151³, os limites para zonas urbanas de uso misto com vocação comercial e administrativa não devem exceder ao nível de 60 dB no período diurno e 55 dB no período noturno.

Os resultados encontrados por Suriano, Souza e Silva (2015) permitiram a construção de um mapa do ruído, possibilitando evidenciar as quadras que não comportam a intensificação do fluxo de veículos sob o ponto de vista do ruído. Os autores relatam que no Brasil existe uma carência de informações sobre a poluição sonora e os malefícios causados pela exposição da população. Os mesmos demonstraram que a área estudada apresentam valores elevados de níveis sonoros, estando acima dos limites estabelecidos pelas normas vigentes. O estudo defende que a classificação de quadras torna-se uma ferramenta para a educação ambiental e conscientização do problema provocado pela poluição sonora pela comunidade.

Em outro trabalho realizado por Pinto e Costa (2005) os autores propõem a criação de um programa computacional para simular o funcionamento de um cruzamento regulado por sinais luminosos. Entre os objetivos desse trabalho estão um melhor desempenho do tráfego de automóveis e a introdução de outros indicadores de desempenho, como o nível de ruído e o consumo de combustível além do custo de operação.

Em outro estudo, realizado no parque Jardim Botânico de Curitiba, Zannin e Szeremetta (2003) efetuaram medidas do nível sonoro equivalente em 21 pontos espalhados dentro do parque. Essas medidas foram realizadas nas pistas por onde os frequentadores do local circulam entre as 18 horas e 19 horas, pois é o horário que possui o tráfego de veículos mais intenso nas proximidades do parque. Nesse estudo foi constatado que aproximadamente 48% dos pontos onde foram realizadas as medidas apresentam níveis sonoros acima de 65 dB. Esse valor é considerado pela medicina preventiva como o nível máximo que um cidadão pode se expor sem riscos à saúde. Esse trabalho também revelou que aproximadamente 91% dos pontos avaliados não satisfazem a Lei Municipal (Curitiba,

³ Disponível em: <http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2012/01/Avalia%C3%A7%C3%A3o+do+Ru%C3%ADdo+em+%C3%81reas+Habitadas.pdf>
Acesso em 10/03/2017

1995) de número 8583 que fixa o limite de 55 dB como nível máximo de emissões sonoras em áreas verdes.

Considerando os dados apresentados pelos diferentes autores, é premente um trabalho em sala de aula que destaque os problemas da poluição sonora que envolve, em geral, os grandes centros urbanos. Acredita-se que o ensino de física pode ser um canal bastante interessante para um trabalho que problematize esse assunto, na medida em que é essa área de conhecimento que aborda conteúdos que podem explicar sistematicamente fenômenos relacionados ao tema.

Conetta (2014) e colaboradores realizaram um levantamento acústico das escolas secundárias da Inglaterra para identificar as dificuldades causadas pelo ruído e a sua correlação com as características físicas dos espaços analisados. Segundo os autores nos últimos 15 anos, vários países introduziram orientações de *design* acústico para as escolas, no entanto, muitas escolas continuam a fornecer um ambiente acústico que não é ideal para o processo de ensino e aprendizagem, pois os níveis de ruído de fundo e / ou reverberação são muitas vezes superiores aos valores recomendados.

No que se referem à poluição sonora, Santos, Barros e Amorim (2013) verificaram que, em geral, os autores de livros didáticos de Física não estão preocupados com a relevância do tema no contexto da ondulatória, trazendo apenas, em sua grande maioria, uma tabela contendo fontes sonoras e seus respectivos níveis sonoros.

Na literatura, contudo, há vários estudos relacionados à acústica aplicada ao ensino. Novicki, Lantonsiki e Poggia (2011) descrevem um experimento para determinar a velocidade de uma fonte sonora baseado no Efeito Doppler-Fizeau. Tal efeito descreve situações comuns do cotidiano do aluno. Em outro artigo Cavalcante, Peçanha e Leite (2012) descrevem um experimento simples para a determinação da velocidade do som através do eco.

Moreira, Macedo e Oliveira (2013) apresentam um minicurso sobre Poluição Sonora que foi aplicado em uma turma de estudantes de Ensino Médio. Após a realização do minicurso os autores concluíram que os estudantes apreenderam os conceitos científicos e foram capazes de relacionar com situações de seu cotidiano. Os autores defendem que o tema Poluição Sonora permite ao professor associar conceitos centrais da acústica com casos relevantes do cotidiano do aluno incluindo a comunidade escolar, pois os mesmos fazem

muitos barulhos em sala de aula e utilizam constantemente de potentes aparelhos eletrônicos (equipados com fones de ouvido).

Sons acima de 75 dB já são considerados prejudiciais ao aparelho auditivo, no entanto a maioria dos equipamentos de sons portátil atinge facilmente os 120 dB, ruídos esses comparados a uma britadeira.

Para Grego (2006) além da capacidade sonora aumentada desses equipamentos, outro agravante refere-se ao tipo de fone de ouvido utilizado. Os fones de inserção no ouvido potencializam os sons, portanto são mais danosos que os tradicionais fones externos, que cobrem a orelha e amenizam o volume do som, minimizando também os ruídos externos.

Os fones de ouvido são considerados pelos médicos os mais prejudiciais porque carregam sons de até 120 decibéis diretamente para o tímpano, colaborando com o aparecimento de zumbido, antes mesmo de provocar alguma perda auditiva perceptível.

Capítulo 1

Levantando o que os alunos já sabem!

1.1 Objetivos

Caro professor e professora, esta é nossa primeira atividade. Seja bem-vindo!

O nosso principal objetivo nessa primeira atividade é trazer à tona a problemática sobre a poluição sonora, mostrando para os alunos que esse tipo de poluição não deixa resíduo material no ambiente, mas já é considerado pela ONU o terceiro maior problema ambiental do mundo. Para isso será necessário uma discussão sobre o que é a poluição sonora, quais são suas implicações para a sociedade e os problemas que ela pode trazer para cada indivíduo.

Para a realização dessa atividade é importante destacar que o aluno não é um “vaso vazio” e, portanto ele traz algum conhecimento sobre o assunto, e devido a esse fato é necessário fazer um levantamento prévio dos conhecimentos dos alunos acerca do tema.

1.2 Os conhecimentos prévios dos alunos

Segundo a teoria de David Ausubel o processo de aprendizagem acontece quando uma nova ideia se relaciona aos conhecimentos prévios do aluno. Motivado por uma situação que faça sentido, proposta pelo professor, o aluno amplia, avalia, atualiza e modifica a informação anterior, transformando-a em uma nova informação.

Dessa forma, sempre deve se considerar o conhecimento prévio que o indivíduo possui como ponto de partida para um novo conhecimento. Mesmo que esse conhecimento esteja incorreto ou incompleto, os conhecimentos prévios trazem informações sobre a forma como os alunos pensam. Ao analisá-las o docente consegue propor as situações de ensino mais adequadas para que elas atribuam significados à nova informação, possibilitando ao aluno colocar em xeque seus conhecimentos.

Esse conhecimento anterior resultará num “ponto de ancoragem” onde as novas informações irão encontrar um modo de se integrar àquilo que o indivíduo já conhece. A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento de um aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio.

1.3 Identificando os conhecimentos prévios dos alunos.

Em um primeiro momento devem ser levantadas as concepções prévias dos alunos sobre a poluição sonora. Para isso pode ser feita a seguinte pergunta:

O que vocês entendem sobre poluição sonora e quais conceitos físicos vocês acreditam que estão envolvidos nesse tema?

As respostas poderão ser anotadas na lousa e deverão servir de base para a elaboração da aula seguinte.

Após o levantamento desses conhecimentos prévios sugere-se que os alunos assistam a dois vídeos para que a discussão seja enriquecida e o aluno já comece a aprender alguns conceitos sobre a poluição sonora.

Os vídeos sugeridos envolvem, em um caso, um debate sobre a poluição sonora, apresentado no dia 30/04/2014. Neste dia comemora-se o Dia Internacional da Conscientização sobre o Ruído. A outra sugestão seria um desenho do personagem Pica Pau.

Esses vídeos estão disponíveis no youtube nos seguintes links:

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=fxU0MsdqFC0>

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=y6SreSM0-zU>

Acredita-se haver a necessidade de explorar o conteúdo dos vídeos junto aos estudantes. Por isso, algumas questões podem ser:

O que acharam dos vídeos, quais problemas estão relacionados com a poluição sonora, o que poderiam ser feito para amenizar o problema pelo Estado ou Prefeitura e pela sociedade?

Após essa discussão o professor poderá solicitar para os alunos produzirem um texto com uma síntese sobre os vídeos e o debate realizado na escola com a participação do professor como mediador desse debate. Esses textos deverão ser entregues ao professor e servirá como parte da avaliação do projeto.

Capítulo 2

A Física da Poluição Sonora

2.1 Objetivos

O objetivo desse capítulo é estudar os conceitos físicos envolvidos e necessários para entender a poluição sonora.

Para isso, sugere-se a abordagem dos seguintes conceitos físicos com os alunos: ondas, tipos de ondas, frequência de uma onda, comprimento de onda, velocidade de propagação de uma onda, intensidade sonora, nível relativo de intensidade, eco, ruído e tubos sonoros.

Como estratégias de ensino são sugeridas a realização de uma aula expositiva e uma demonstração experimental para mostrar que o som se propaga perturbando o meio. Após a aula e a demonstração experimental será entregue uma lista de exercícios para resolução individual.

2.2 A memorização também é útil

Após analisar as relações e as interações possíveis de ocorrer entre o professor, aluno e o conhecimento, Ausubel definiu o que chamamos de aprendizagem mecânica. Nesse tipo de aprendizagem, os conteúdos que são apresentados aos alunos não possuem nenhuma, ou possuem muito pouca relação com os seus conhecimentos prévios e ficam soltos ou ligados de uma forma fraca à estrutura mental do aluno.

Através desses conhecimentos mecânicos dos conceitos físicos que serão trabalhados nesse capítulo, é esperado que os mesmos sirvam de ancoragem para os capítulos posteriores.

2.3 O que faremos

Inicialmente, através de uma aula expositiva, deverá ser definido o conceito e os tipos de onda, deixando claro para o aluno que uma onda não transporta matéria, transportando somente energia. A velocidade de propagação de uma onda está diretamente relacionada ao seu comprimento de onda e sua frequência através de uma relação matemática.

Na primeira atividade desenvolvida foi possível observar o impacto da intensidade sonora e nesse momento a sua definição se faz necessária para a continuidade do projeto. Outros temas que deverão ser abordados na aula serão os conceitos de eco, ruído e tubos

sonoros, que serão importantes para o entendimento do funcionamento do ouvido humano, que serão abordados no próximo capítulo do projeto.

Nessa atividade deverá ser reservado um momento para a realização de um experimento que demonstrará que o som se propaga através de vibrações do meio, que no nosso caso será a vibração das moléculas de ar.

Ao final da atividade os alunos deverão resolver individualmente uma lista de exercícios.

2.4 Descrição do experimento

Para a realização do experimento deverá ser utilizados um pedaço de tubo de PVC, uma ponteira laser, uma bexiga que será utilizada como uma película e colocada muito bem esticada em uma das extremidades do tubo e um pequeno pedaço de espelho que será colado no centro da bexiga como se pode observar na figura seguinte.

Figura 2.1: Esquema parcial do arranjo experimental



Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/10_54.asp

Acesso em 16/03/2017.

Com a ponteira laser apontada para o espelho será montado o arranjo experimental que pode ser observado na figura seguinte:

Figura 2.2: Esquema final do arranjo experimental



Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/10_54.asp

Acesso em 16/03/2017.

O experimento objetiva a observação de que, ao falar algo dentro do cano de PVC, a bexiga e o espelho vibram e conseqüentemente o feixe do laser seria refletido em direções distintas, formando um 'desenho' na parede (ou tela) onde é projetado. Essa vibração se deve à vibração do ar que está dentro do cano. Nesse momento pode ser feito uma analogia com o funcionamento do ouvido humano, onde a bexiga estaria se comportando como o tímpano de uma pessoa, isso é interessante para preparar os alunos para a próxima aula, onde será discutido o funcionamento do ouvido humano.

2.5 Ondas e Tipos de Ondas

Em nosso cotidiano, os movimentos ondulatórios estão presentes em diversas situações, como por exemplo, nas ondas na água, nos exames de ultrassom, em ondas numa corda e nas ondas eletromagnéticas (presentes nas telecomunicações).

Podemos definir onda da seguinte maneira:

Num sentido bastante amplo, uma onda é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio, com velocidade definida. Em geral, fala-se de onda quando a transmissão do sinal entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos a outro. (Nussenzveig, 2002).

Quanto à sua natureza uma onda pode ser dividida em ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas ou ondas de matéria.

As ondas mecânicas são aquelas originadas pela deformação de uma região de um meio elástico, ou seja, para se propagarem, necessitam de um meio material. A perturbação é transmitida sucessivamente de um ponto para outro. As partículas do meio vibram próximas a seu ponto de equilíbrio sem se deslocar como um todo. O estudo das ondas mecânicas é governado pelas Leis de Newton e como exemplos de ondas mecânicas podem-se citar as ondas sonoras, as ondas sísmicas, as ondas numa mola, as ondas numa corda e as ondas produzidas na água.

As ondas eletromagnéticas são aquelas que não necessitam de um meio material para se propagarem, podendo dessa forma se propagar através do vácuo. Elas são constituídas por dois campos, um elétrico e um magnético, variáveis com o tempo e perpendiculares entre si e à direção de propagação da onda.

As ondas de matéria são governadas pela Mecânica Quântica e também conhecidas como ondas de De Broglie. A Mecânica Quântica evidencia uma dualidade na matéria. Toda a matéria apresenta características tanto ondulatórias como corpusculares comportando-se de um ou outro modo dependendo do experimento específico. De Broglie propôs então que a matéria teria um comprimento de onda associado a ela, dado pela expressão:

$$\lambda_{\min} = \frac{h}{mv} \quad (2.1)$$

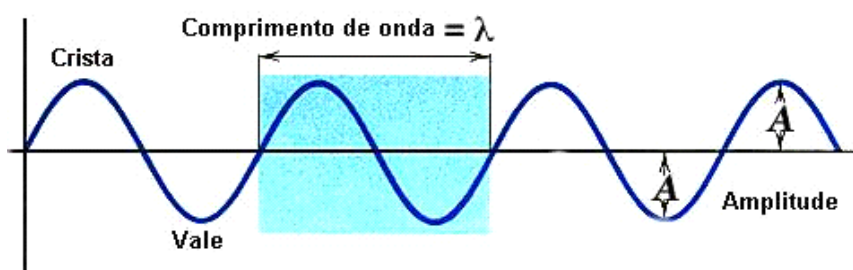
onde λ_{\min} é o comprimento de onda mínimo, h é a constante de *Planck* cujo valor é, no SI, $6,63 \times 10^{-34}$ J.s.; m é a massa do corpo e v a sua velocidade. De acordo com a expressão o caráter ondulatório da matéria só seria perceptível para massas extremamente pequenas.

2.6 Frequências, comprimento de onda e velocidade de uma onda.

Uma onda fica bem caracterizada quando se determina seu comprimento de onda, sua frequência e sua velocidade de propagação.

O **comprimento de onda, λ** , corresponde à menor distância entre dois pontos sucessivos espaçados por um padrão de onda. Pode ser, por exemplo, a distância mínima entre duas cristas ou entre dois vales, conforme a figura seguinte:

Figura 2.3: Representação de uma onda



Fonte: <http://www.guia.heu.nom.br/ondas.htm>.

Acesso em: 03/11/2016.

A **Frequência** é o número de oscilações da onda, em certo intervalo de tempo. A unidade de frequência do Sistema Internacional (SI), é o hertz (Hz). A frequência de uma onda só muda quando houver alterações na fonte.

A velocidade de uma onda pode ser obtida pela relação existente entre a frequência f e o comprimento de onda através da seguinte expressão matemática:

$$v = \lambda \cdot f \quad (2.2)$$

2.7 Intensidades Sonoras

A Intensidade é a qualidade que permite ao ouvido diferenciar os sons fracos dos sons fortes. Ao se propagar, a onda transporta energia, distribuindo-a em todas as direções. Quanto maior for a quantidade de energia que a onda transporta até nosso ouvido, maior será a intensidade do som que percebemos. Essa intensidade física I de uma onda pode ser determinada pelo quociente entre a energia ΔE , que atravessa uma superfície perpendicular à direção de propagação, e a área A da superfície na unidade de tempo.

Nussenzveig (2002) diz que a intensidade é uma propriedade do som que está relacionada com a energia de vibração da fonte que emite a onda sonora. Uma onda com maior amplitude ou maior frequência irá transmitir uma quantidade de energia maior.

2.8 Níveis Relativos de Intensidade

A resposta do ouvido humano às variações de intensidades sonoras é aproximadamente logarítmica. Para Resnick, Halliday e Krane (2003), é conveniente utilizarmos uma escala dessa natureza que é chamada de nível de intensidade sonora.

Utilizando-se de logaritmos, podemos escrever o nível de intensidade sonora da seguinte maneira:

$$NIS = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (2.3)$$

No Sistema Internacional, a unidade de intensidade física será W/m^2 .

A mínima intensidade física que uma onda sonora deve ter para ser audível é aproximadamente $I=10^{-12} W/m^2$, o que corresponde a 0 dB. O limiar da dor (maior valor da Intensidade Sonora a partir do qual provoca dor) é de $1 W/m^2$.

A seguir temos a tabela de intensidade sonora e as situações características. Nessa mesma tabela é possível notar a partir de qual situação temos um comprometimento auditivo ou um risco de perda de audição.

Figura 2.4: Tabela de intensidade sonora

Sem perda auditiva	Comprometimento auditivo	Perda da audição
Intensidade sonora (db)	Situação	
0-10	Limiar da audição humana	
10-20	Sussurro, estúdio de radiodifusão	
20-30	Estúdio de gravação, conversa baixa	
30-40	Quarto silencioso	
40-50	Escritório silencioso, geladeira	
50-60	Voz falada, sala com televisão	
60-70	Conversa em grupo	
70-80	Rua congestionada	
80-90	Aspirador de pó, liquidificador	
90-100	Discoteca, Banda de Bossa	
100-110	Banda de rock, buzina de carro	
110-120	Aeroporto, motocicleta, trovão	
120-130	Broca pneumática	
130-150	Decolagem de avião, tiro	
Acima de 150	Decolagem de foguete	

Disponível em: <http://www.guitarbattle.com.br/licoes/2099-harmonicos-na-guitarra.html>

Acesso em 20/06/2017.

2.9 Eco, Ruído e Tubos Sonoros.

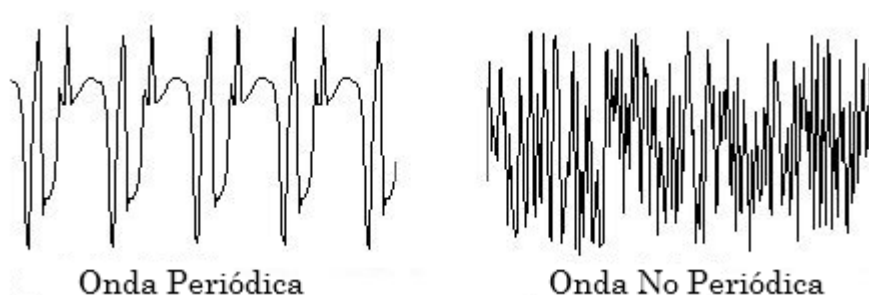
Quando uma onda incide em um obstáculo podem ocorrer alguns fenômenos. A reflexão de uma onda ocorre quando esta incide sobre um obstáculo e retorna ao seu ponto de partida. Para o som, especificamente, a reflexão pode originar o eco e a reverberação.

O ser humano só consegue diferenciar o som emitido do som refletido quando o som refletido retorna aos seus ouvidos num intervalo de tempo igual ou maior que 0,1 segundos, nesse caso temos o eco. Caso o som refletido retorne em um tempo inferior a 0,1 segundos ocorre o fenômeno da reverberação. Dessa maneira podemos dizer que o eco ocorre quando o som refletido retorna após a extinção total do som original.

O ruído é uma oscilação acústica aperiódica que se origina da soma de várias oscilações audíveis que possui diferentes frequências.

Na figura seguinte é possível comparar o perfil de uma onda periódica com o perfil de uma onda aperiódica.

Figura 2.5: Perfil de uma onda periódica e de uma onda não periódica



Disponível em: <http://ondassonorasfaviotorrealba.blogspot.com.br/2015/11/segun-el-medio-en-que-se-propagan.html>.

Acesso em 10/03/2017.

Desse modo, podemos dizer que o ruído é o causador dos maiores problemas provocados pela poluição sonora e entre as implicações que o ruído pode trazer ao homem podemos destacar a lesão no tímpano; destruição das células sensoriais; zumbido, enjôo, tonturas, mal estar; perda auditiva temporária, além de outras. Pode-se destacar que a poluição sonora também traz prejuízos econômicos (diminuição da produtividade, aumento na incidência de acidentes, indenizações) e sociais (perda de atenção, perda de concentração e estresse).

O ouvido humano funciona como um tubo sonoro (fechado em uma extremidade e aberto na outra), por isso é fundamental trabalhar com os alunos os conceitos de tubos sonoros.

Podemos dizer que um tubo sonoro é basicamente uma coluna de ar onde são produzidas ondas estacionárias longitudinais. Essas ondas são produzidas pela superposição de ondas de pressão que são geradas em uma extremidade com as ondas refletidas na outra extremidade.

2.10 Sugestões para a lista de exercício

Caro professor, a lista de exercícios que segue é apenas uma sugestão de atividade e não tem a intenção de restringir o trabalho docente. A única necessidade vital para a continuidade do projeto é a resolução/correção da atividade por parte do professor junto com seus alunos.

Obviamente por ser tratar de uma sugestão, ele poderá ser substituída por outros exercícios que os professores julgarem necessário desde que cubra os temas que devem ser trabalhados.

Exercícios

1. Certo animal aquático tem órgão auditivo sensível a uma faixa sonora entre 40 Hz e 250 Hz. Sendo 1450 m/s a velocidade das ondas sonoras no meio em que ela vive quais os correspondentes comprimentos de onda para as frequências máxima e mínima audíveis para esse animal?
2. Num festival de rock, os ouvintes próximos às caixas de som recebiam uma intensidade física sonora de 10 W/m^2 a menor intensidade física sonora audível, determine o nível sonoro do som ouvido por ele.
3. Algumas pessoas costumam dirigir com fones de ouvido ligados a aparelhos de som ou telefone celular. Como você avalia essa conduta? Consulte o Novo Código Brasileiro de Trânsito, que pode ser encontrado facilmente, inclusive em internet e analise o que propõe a legislação sobre esse assunto, isto é, sobre a interferência do som durante a condução de um veículo. Porque você acha que a legislação se posiciona dessa maneira?
4. Qual é o aumento em decibéis se a intensidade sonora for dobrada?

5. Com um decibelímetro, mede-se o nível de ruído em um ponto do cruzamento das avenidas Ipiranga e São João (São Paulo). Uma primeira amostragem, levantada às 3 horas, revela 60 dB, enquanto outra, obtida às 18 horas, acusa 100 dB. Por quanto ficou multiplicada a intensidade sonora da primeira para a segunda amostragem.

Capítulo 3

O Funcionamento do Aparelho Auditivo

3.1 Objetivos

Nesse capítulo, sugere-se a abordagem do funcionamento do aparelho auditivo e as consequências fisiológicas causadas pela poluição sonora. Os conteúdos abordados serão a anatomia do aparelho auditivo e suas relações com os conceitos físicos.

Para isso será utilizado um vídeo do *Youtube*, folhas de cartolinas, o seus aparelhos de celulares, que serão utilizados para realizarem pesquisas na *internet*.

Os alunos serão divididos em grupos e ao final da pesquisa, cada grupo irá apresentar a sua resposta para os demais colegas da sala em forma de seminário, possibilitando uma troca de experiências e interação entre os mesmos.

3.2 Em busca da aprendizagem significativa

Para Ausubel, aprender significativamente envolve a reconfiguração das ideias já existentes na estrutura mental do estudante criando “*links*” que irão possibilitar o acesso a novos conhecimentos. Quanto maior o número de “*links*” criados, mais consolidado estará o conhecimento.

A teoria de Ausubel leva em conta a história do sujeito e enfatiza o papel fundamental do professor na proposição de situações que favoreçam a aprendizagem.

Para que a aprendizagem ocorra, o conteúdo a ser ensinado deve ter um potencial revelador que leve em conta o contexto no qual o estudante está inserido e o uso social do objeto que iremos estudar e o aluno precisa estar disposto a relacionar o conteúdo de maneira que seja consistente.

3.3 Como faremos

Conforme já foi dito, a estratégia apresentada abaixo é apenas uma possibilidade entre as diversas. Reconhece-se que diferentes estratégias podem ser utilizadas para se chegar ao mesmo objetivo: a aprendizagem significativa dos alunos.

Como possibilidade de estratégia e levando em conta que essa atividade deverá necessitar de pelo menos 100 minutos é proposto que, inicialmente, nos primeiros 30 minutos, fossem retomados alguns conceitos trabalhados na aula anterior tais como o

conceito de onda, intensidade sonora, ruído e tubos sonoros, pois esses tópicos serão importantes para o entendimento do funcionamento do ouvido humano.

Os próximos 30 minutos de aula serão reservados para a exibição de dois vídeos que mostram o funcionamento do ouvido humano e se encontram nos seguintes links

<https://www.youtube.com/watch?v=61xR5DJ3PvU>

e

<https://www.youtube.com/watch?v=sEsLSkN3Dhk>

Os 40 minutos finais serão utilizados para os alunos resolverem em grupo um dos exercícios que serão sorteados e logo após a sua resolução cada um dos grupos podem apresentar sua resposta para os demais grupos. Essas respostas deverão estar em uma folha de cartolina que deverá conter a pergunta recebida pelo grupo e a resposta dada pelo mesmo. Essas cartolinas podem ficar expostas pela sala de aula ou até mesmo pela escola, possibilitando o contato de outros estudantes com os conteúdos abordados.

3.3 Propostas de questões que podem ser utilizadas

Dentre essas perguntas, sugere-se as seguintes:

1. O aparelho auditivo recebe sinais sonoros que fazem uma membrana (tímpano) vibrar. As vibrações dessa membrana dão origem a impulsos elétricos que chegam ao cérebro causando a sensação da audição. Por que o tímpano vibra?
2. Que parte de nossa orelha vibra com as ondas sonoras? Como essa vibração é transmitida até chegar ao nervo responsável por levar os impulsos nervosos ao cérebro?
3. Qual é a função dos pelos encontrada no ouvido e da cera produzida pelos mesmos.
4. Qual é a vantagem de termos duas orelhas?

5. Na orelha externa do ser humano, o conduto auditivo tem em média 2,5 cm de comprimento por $0,66 \text{ cm}^2$ de área de seção transversal e é fechado em uma de suas extremidades pela membrana do tímpano. Sabendo que a velocidade de propagação do som no ar é de 340 m/s e que esse conduto se comporta como um tubo sonoro, determine sua frequência fundamental de ressonância.
6. O que acontece com o ouvido, após uma explosão, por exemplo? Como está explosão afeta o tímpano?
7. O que acontece com o ouvido e a audição quando a pessoa fica exposta de modo inadequado à poluição sonora?
8. Faça uma síntese sobre os efeitos na saúde provocados pela exposição a um ambiente com poluição sonora?

Capítulo 4

Medidas de intensidade sonora através do *smartphone*

4.1 Objetivos

Esse último momento objetiva realizar medidas de intensidade sonora utilizando aplicativos específicos através do *smartphone*. O aplicativo que será utilizado é o *SOUND METER* que pode ser baixado em seu aparelho celular. Esse aplicativo funciona como um decibelímetro.

O conteúdo que iremos abordar nessa atividade será a Intensidade sonora, medidas e análises estatísticas realizadas através do *smartphone* e a análise de tabelas com as comparações dos resultados encontrados nas medidas realizadas.

4.2 A aprendizagem significativa

Objetivando acelerar esse processo, Ausubel sugere a manipulação da estrutura cognitiva do aluno através do uso de organizadores prévios.

Esses instrumentos também podem servir como ativadores de subsunçores que não estavam sendo usados pelo indivíduo, mas estão presentes na estrutura cognitiva. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material a ser aprendido em si como, por exemplo, textos, trechos de filmes, esquemas, desenhos etc.

A principal função do organizador prévio é preencher o espaço entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer, ou seja, são “pontes cognitivas”.

Ausubel é um defensor do construtivismo, para ele o aluno é o principal agente construtor de sua aprendizagem, ou seja, prioriza a aprendizagem cognitiva, que é a integração do conteúdo aprendido numa edificação mental ordenada, já a Estrutura Cognitiva é aquela que representa todo o conteúdo armazenado por uma pessoa.

4.3 Como faremos

Será pedido para os alunos baixarem um aplicativo específico (*SOUND METER*) que funciona como um decibelímetro em seu *smartphone* e também será entregue uma lista que orientará o trabalho e tabelas que irão auxiliá-los durante as atividades.

O programa é um aplicativo gratuito que está disponível para *download* no *Google Play* e funciona em celulares e *tablets* com *Android*.

Sound Meter é um *app* equivalente a um decibelímetro, ou seja, um aparelho capaz de medir o número de decibéis no ambiente (pressão sonora). Ele funciona de forma muito simples, captando sons através do alto-falante do aparelho.

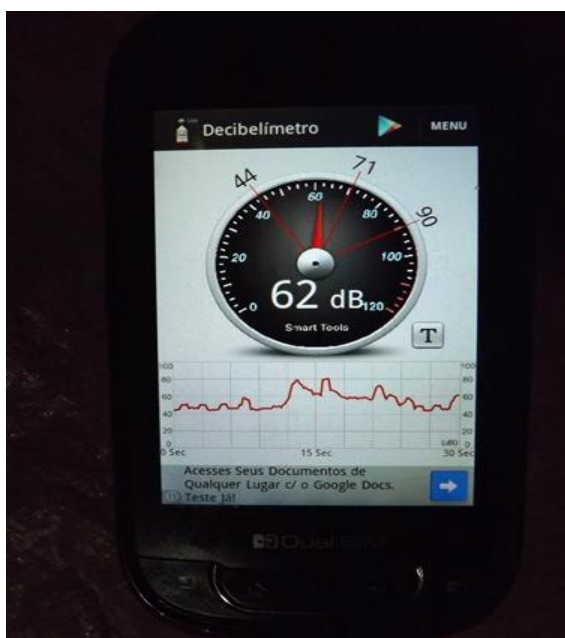
Como a maioria dos microfones estão calibrados para a voz humana (300 Hz - 3400 Hz, 40 - 60 dB), os valores máximos do aplicativo são limitados. Para aparelhos Motorola Milestone, o valor máximo é de 100 dB; para o aparelho Galaxy S3, o máximo é de 81 dB e os aparelhos Galaxy Note e Galaxy S 2, 91 dB e 98 dB, respectivamente.

Destaca-se que as medições realizadas com o aplicativo não possuem caráter normativo, uma vez que não atendem os critérios estabelecidos pelas Normas de Higiene Ocupacional (NHO) da Fundacentro, especialmente a NHO 1, que trata especificamente de assuntos relacionados ao ruído ocupacional⁴. Para finalidades educacionais, no entanto, essas medidas são bons indícios da exposição ao ruído por parte dos estudantes e possibilitam importantes discussões.

Na figura da página seguinte, temos uma ilustração de um aparelho de celular com o aplicativo *Sound Meter* em operação.

⁴ Nesse documento, encontra-se referências técnicas dedicadas a estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído, que impliquem risco potencial de surdez ocupacional. Aplica-se à exposição ocupacional a ruído contínuo ou intermitente e a ruído de impacto, em quaisquer situações de trabalho, contudo não está voltada para a caracterização das condições de conforto acústico.

Figura 4.1: Aplicativo *Sound Meter* em operação em um aparelho celular.



Fonte: Disponível em <http://segurancadotrabalhounw.com/decibelmetro-para-celular-ou-tablet/>

Acesso em 15/03/2017.

Antes de realizar as medidas é de fundamental importância realizar uma discussão para mostrar aos alunos que essas medidas não são muito precisas e que isso seria possível somente com a utilização do decibelímetro calibrado pelo INMETRO.

Também é importante que seja discutido que, provavelmente, os alunos irão encontrar valores diferentes para a intensidade sonora. Isso se deve, entre outros fatores, pelo tempo de reação de cada uma das pessoas, pela precisão diferente que cada modelo de *smartphone* possui e pelos diferentes momentos em que os alunos estão realizando as medidas.

Os alunos deverão realizar as medidas na primeira, segunda e terceira aula, na hora do intervalo, e na quarta e quinta aula. Deve ser pedido que cada aluno realize ao menos dez medidas e, para a determinação da intensidade sonora em cada um dos momentos solicitados seja utilizado os valores médios encontrados por cada um dos alunos.

4.4 Sugestões de atividade final

Novamente essa é apenas uma sugestão que irá possibilitar ao aluno realizar uma síntese dos conceitos trabalhados. Espera-se que o aluno seja capaz de conhecer elementos da poluição sonora, suas consequências para a sociedade e consiga realizar, através de comparações dos dados obtidos, uma análise sobre a situação de cada local. É sugerido que o aluno “baixe” o aplicativo conhecido como *Sound Meter*. Para auxiliar os alunos nessa última atividade foi desenvolvido um roteiro que deverá ser entregue aos alunos e encontra-se no anexo 1.

Nesse roteiro encontra-se toda a atividade final e algumas tabelas para auxiliá-los no desenvolvimento das atividades. As tabelas são as seguintes: Tabela de intensidade sonora pelo tipo de fonte, Tabela de nível de ruído e tempo máximo de exposição e a tabela de níveis sonoros versus seus efeitos.

4.5 Atividade final

Através do seu aparelho de celular baixe o aplicativo chamado decibelímetro e anote o nome do aplicativo escolhido por você.

Utilizando o seu decibelímetro que se encontra instalado em seu celular meça:

1. A intensidade sonora no horário da primeira aula.
2. A intensidade sonora no horário da segunda aula.
3. A intensidade sonora no horário da terceira aula.
4. A intensidade sonora durante um intervalo.
5. A intensidade sonora durante a quarta aula.
6. A intensidade sonora durante a última aula.
7. Escolha sete colegas de sua turma que realizaram as medidas e anote o valor que cada um deles encontrou para cada um dos itens da questão anterior e preencha a seguinte tabela. Não se esqueça de calcular a média dos valores encontrados por você e pelos seus colegas. Para isso utilize a calculadora do seu *smartphone*.

	Você	Colega 1	Colega 2	Colega 3	Colega 4	Colega 5	Colega 6	Colega 7	Média
1ª Aula									
2ª.Aula									
3ª Aula									
Intervalo									
4ª Aula									
5ª Aula									

3) Com base na questão anterior, em qual período foi medido a maior intensidade média sonora? E a menor?

4) Quais as principais consequências que poderiam surgir no ambiente escolar que foi medida a maior intensidade sonora? E a menor? Qual o tempo máximo de exposição que o ser humano pode se expor para essas duas situações? Para responder utilize as tabelas fornecidas e os dados das questões 2.

5) Faça uma auto avaliação do projeto desenvolvido destacando o que você mais gostou e o que você menos gostou e o que achou da metodologia adotada na realização dessas atividades indicando o que você mais gostou de aprender.

Bibliografia:

- CARVALHO, A. M. P. D. **Enculturação Científica:** Uma meta no Ensino de Ciências. XIV Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino. Porto Alegre: [s.n.]. 2008. p. 1 - 12.
- CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; LEITE, V. F. Princípios básicos de imagens ultrassônicas e a determinação da velocidade do som no ar através do eco. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 19 - 23, 2012.
- CHRISPINO, A. **Educação Tecnológica:** Ciência, Tecnologia e Sociedade: Módulo III. Rio de Janeiro: CEFET-RJ. 2009.
- CONETTA, R. et al. **A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary.** [S.l.]: Acoustical Society of America.. 2014. p. 177-188.
- COSTA, E. A. D. Classificação e quantificação das perdas auditivas em audiometrias industriais. **Revista brasileira de Saúde Ocupacional**, 1988.
- FERNANDES, J. C.; MARINHO, T.; FERNANDES, V. M. **Avaliação dos Níveis de Ruídos e da perda auditiva em Motoristas de Ônibus na Cidade de São Paulo.** XI SIMPEP. Bauru: [s.n.]. 2004.
- GUEDES, I. C. M. **Influencia da forma urbana em ambiente sonoro:** um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- GREGO, Maurício. Perigo nos decibéis. **Info**, São Paulo, v. 1, n., p. 48-50, mar. 2006.
- HUNGRIA, H. **Otorrinolaringologia.** 7. ed. [S.l.]: Guanabara Koogan, 1995.
- KWITKO, A.; PEZZI, R. G. Projeto Ruído. **CIPA**, v. 13, p. 20 - 34, 1990.
- MAISONNEUVE, N. et al. **NoiseTube:** Measuring and mapping noise pollution with mobile phones. **Information Technologies in Environmental Engineering (ITEE 2009).** Salónica, Grécia: Springer Berlin Heidelberg. 2009. p. 215-228.
- MATTOS, C. R. D.; BASTOS, W. Física para uma saúde auditiva. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 3, 2009.
- MOREIRA, C. C.; MACEDO, C. C. D.; OLIVEIRA, D. G. D. **A Física e a Poluição Sonora:** Construção e Aplicação de um projeto temático. XX Simpósio Nacional de Ensino de Física. São Paulo: [s.n.]. 2013. p. 1 - 8.
- MUSAFIR, R. Poluição Sonora, Rio de Janeiro, Fevereiro 2014. 15.

NOVICKI, A.; LATONSIKI, E. D. S.; POGLIA, R. Determinação da velocidade de uma fonte sonora através da aquisição automática de dados baseado no efeito Doppler-Fizeau. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, 2011.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 4 edição revisada. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

PENIDO, E. ; AZEVEDO, F. R.; SOUZA, J. H. D. Poluição Sonora: Aspectos Ambientais e Saúde Pública. **Revista das Faculdades Integradas Vianna Júnior**, v. 2, n. 1, 2011.

PINTO, A. C.; COSTA, A. H. P. D. Simulação do funcionamento de um cruzamento regulado por sinais luminosos. **Investigação Operacional**, Lisboa, v. 25, n. 1, p. 25 - 35, Junho 2005.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. S. **Física 2**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

RIBEIRO, B. M.; GARAVELLI, S. L. **O ruído no transporte coletivo do Distrito Federal**. Anais do 3 Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental. Brasília: [s.n.]. 2004.

SANTOS, G.; BARROS, F. D. S.; AMORIM, H. S. D. **Uma proposta para ensino de Poluição Sonora nas aulas de Física do nível médio**. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2012.

SANTOS, A. G. D.; BARROS, F. D. S.; AMORIM, H. S. D. **Uma proposta para ensino de Poluição Sonora nas aulas de Física do nível médio**. Niterói: [s.n.]. 2013.

SANTOS, A. G. D.; BARROS, F. D. S.; AMORIM, H. S. D. **POLUIÇÃO SONORA EM ESCOLA PÚBLICA ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO**. Niterói: [s.n.]. 2014.

SILVA, M. S. D. **O impacto da poluição sonora nos usuários do transporte coletivo da cidade de Goiânia**. [S.l.]: Universidade Católica de Brasília, 2003.

SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L. D.; SILVA, A. N. Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, n. 7, p. 2201 - 2210, 2015.

VIANNA, D. M. Formação cidadã para nossos alunos - um contexto cultural para o ensino de Física. In: MARTINS, F. **Física ainda é cultura?** São Paulo: Livraria da Física, 2009. p. 131 - 149.

ZANNIN, P. H. T.; SZEREMETTA, B. Avaliação da poluição sonora no parque Jardim Botânico de Curitiba. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 683 - 686, Março 2003.

Anexo 1

Roteiro e tabelas da Atividade Final

Caro estudante, chegamos a ultima atividade do nosso projeto sobre o estudo da poluição sonora.

Durante esse projeto, estudamos alguns conceitos físicos necessários para entendermos melhor a poluição sonora e os problemas ocasionados por esse tipo de poluição.

Agora iremos fazer algumas medidas da intensidade sonora em alguns ambientes frequentados por vocês. Para isso será utilizado o aplicativo instalado em seu celular, transformando este num decibelímetro. Estas medidas não são calibradas, e em um caso mais formal, o decibelímetro deve ser calibrado pelo Inmetro. O decibelímetro é o instrumento que tem por finalidade medir os níveis de intensidade sonora

Antes disso atente-se aos seguintes tópicos que foram abordados no projeto:

Acústica é a parte da Física que estuda as oscilações e ondas cujas frequências estão compreendidas entre 20 Hz e 20.000 Hz.

Decibel (dB) é a escala utilizada na medida da intensidade do som. Ela corresponde à décima parte do bel, e é obtida através das equações abaixo:

A Formula para o Nível de Intensidade Sonora é dado por:

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

$$NPS = 10 \log \frac{P}{P_0}$$

Onde:

NIS - Intensidade do som, medida em decibel *NPS* - Intensidade do som, medida em decibel

I - intensidade do som da fonte

P - Potência do som da fonte

*I*₀ - Intensidade inicial de referência.

*P*₀ - Potência inicial de referência.

Para uma melhor compreensão dos valores medidos, seguem as seguintes tabelas que se encontram disponível em <http://www.areaseg.com/acustica/>.

Tabela de Intensidade sonora pelo tipo de fonte

Intensidade em dB	Fonte
250	Som dentro de um tornado; bomba nuclear a 5 m (estimativa)
180	Foguete à 30 m; canto da baleia azul, à 1 m.
150	Avião a jato, à 30 m
140	Tiro de rifle, à 1 m
130	Limite da dor. Buzina de trem, à 1 m
120	Concerto de rock, jato decolando, à 100 m
110	Motocicleta em alta velocidade, à 5 m
100	Furadeira pneumática, à 2 m
90	Caminhão, à 1 m
85	Limite de Ruído permitido pela NR-15 (8 horas)
80	Aspirador de pó grande, à 1 m. Tráfego pesado
70	Barulho de tráfego, à 5 m
60	Som no interior de escritório ou restaurante
50	Restaurante silencioso
40	Área residencial, à noite
30	Interior de cinema, sem barulho
10	Respiração humana, à 3 m
0	Limite da audibilidade humana

Fonte : <http://www.areaseg.com/acustica/>.

Acesso em 20/06/2017.

TABELA COM OS LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE⁵

NÍVEL DE RUÍDO DB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte : <http://www.areaseg.com/acustica/>.

Acesso em 20/06/2017.

Sabemos que a poluição sonora traz efeitos para o cidadão de um modo geral, como podemos notar na tabela abaixo:

Tabela Níveis Sonoros versus seus efeitos

Nível sonoro	Efeitos
≥30 dB	reações psíquicas
≥65 dB	reações fisiológicas
≥85 dB	trauma auditivo
≥120 dB	lesões irreversíveis no sistema auditivo

Fonte : <http://www.areaseg.com/acustica/>.

Acesso em 20/06/2017.