



Universidade Federal do Pará (UFPA)
Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF)

PRODUTO FINAL:
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ACÚSTICA PARA O ENSINO
DE FÍSICA: UMA PROPOSTA NA INCLUSÃO DE SURDOS

Autores:

Gracilene Gaia Caldas

Orientador:

Prof. Dr. João Furtado de Souza

Co-orientadora:

Profa. Dra. Simone da Graça de Castro Fraiha

BELÉM – PARÁ

2017

© Gracilene Caldas, João Furtado e Simone Fraiha – 2017.

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção própria e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

APRESENTAÇÃO

Este material contém uma sugestão de experimentos com uma abordagem inclusiva, no intuito de facilitar o entendimento do conceito de som aos alunos surdos. Ele se constitui num Produto Educacional gerado a partir de nossa Dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, dentro do programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Pará, intitulada: “Atividades Experimentais de Acústica para o Ensino de Física: Uma Proposta na Inclusão de Surdos”, sob a orientação do Prof. Dr. João Furtado de Souza e co-orientação Profa. Dra. Simone da Graça de Castro Fraiha.

Os experimentos foram elaborados por grupo de estudantes da E.E.E.M. Professora Osvaldina Muniz¹, que fazem parte do grupo de Monitoria do BIOFISIQUIS².

Nosso objetivo é avaliar as metodologias de atividades experimentais utilizadas nas aulas, como geradoras de novas metodologias de aprendizagem adequando às características cognitivas e físicas de alunos surdos tornando exequível o ensino de fenômenos físicos interessantes.

Esperamos que esse produto possa contribuir para sua prática pedagógica nas aulas de Física, além de propor sugestões para trabalhos futuros que visem contemplar os pressupostos teóricos da aprendizagem significativa.

⁰¹ Escola Estadual de Ensino Médio Professora Osvaldina Muniz, sito na rua Adilson Machado, 803 – Bairro de São Benedito. escolaomuniz@seduc.pa.gov

⁰² BIOFISIQUIS – Projeto desenvolvido pelas disciplinas Biologia, Física e Química que utilizam como metodologia atividades experimentais para instigar o lado científico dos alunos.

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE ACÚSTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA: UMA PROPOSTA NA INCLUSÃO DE SURDOS

1 INTRODUÇÃO

A construção de uma nova abordagem a respeito do ensino de Física, (de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNs)) e questões atuais relacionadas à política nacional de inclusão escolar no sistema regular de ensino, (baseada na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB)) garante o direito dessas crianças ao atendimento preferencialmente na rede regular de ensino, com respeito à suas habilidades e individualidades. Cabe ao professor buscar caminhos que levem ao desenvolvimento dessas crianças com necessidades especiais. Aceitar um ser com deficiência é aceitar também suas diferenças e limitações. No entanto, essa construção deve estar direcionada a uma relação intrínseca entre os conhecimentos da Física e a formação de um cidadão atualizado, sempre disposto e solidário, que compreenda a ciência como ferramenta transformadora de sua realidade e da sociedade como um todo, ainda que o mesmo não entre em contato com a Física em qualquer outra esfera do conhecimento ou graduação (BRASIL, 2002).

Visto que há dificuldades de aprendizagem dos abstracionismos da Física, bem como a comunicação com os alunos surdos integrados, buscaremos metodologias que possibilitem a esses estudantes a oportunidade de estudar por meio de práticas experimentais, para que a compreensão dos fenômenos abordados seja mais acessível, tendo assim como proposta a realização de experimentos de Acústica³. Com isso, os estudantes tiveram a oportunidade de produzir seus experimentos, tirar conclusões sobre o fenômeno físico observado pelo seu grupo e resolver problemas, possibilitando assim, a interação de grupos de alunos com algum tipo de prática experimental para o ensino de Física.

Sendo assim, procurou-se despertar nestes estudantes uma motivação que proporcionasse uma maior interação deles com a Física realizando os experimentos visuais de Acústica dando a oportunidade dos alunos surdos perceberem visualmente o som.

³ ACÚSTICA é o ramo da física associado ao estudo do som.

O uso de experimentos por ser uma metodologia que difere do ensino tradicional (quadro branco e pincel), é uma adaptação do laboratório de Ciências, pois possui objetivos semelhantes, apresentando fenômenos físicos aos estudantes com materiais de fácil acesso no seu cotidiano. Nessa metodologia a sala de aula pode ser usada para a prática experimental, mesmo que existam experimentos que necessitem de materiais mais sofisticados.

Contudo, em prol de uma melhor qualidade no ensino, mesmo diante de algumas dificuldades enfrentadas por professores, estes devem evoluir suas práticas cotidianas para que se constituam em uma aprendizagem eficaz para a maioria dos alunos. E, para enfrentar e vencer as dificuldades, dentre outros procedimentos pedagógicos enquanto recursos didáticos, surge a necessidade da associação das aulas teóricas com as práticas de acordo com Aguiar (1997), através das atividades experimentais em todos os níveis de ensino.

Portanto, este produto argumenta sobre a importância das aulas experimentais no ensino de física para a melhoria das práticas do profissional na área. Nesta direção, isso será de extrema importância para caracterizá-lo como um recurso pedagógico que permita aos professores elaborar e estruturar procedimentos metodológicos úteis, capazes de tornarem a prática docente eficaz na compreensão dos princípios básicos científicos que envolvem o ensino-aprendizagem tornando significativo.

2 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Nos dias atuais, acreditamos que não podemos fornecer apenas as informações, os conteúdos prontos, adotar uma aprendizagem mecânica, de forma tradicional. A produção dessa aprendizagem tem que ser dinâmica, onde o aluno é levado em conta com todos os seus saberes e interconexões mentais. A partir do momento em que o aluno (re) constrói o conhecimento e forma conceitos sólidos sobre o mundo, possibilita o agir e reagir diante da realidade. Cremos, com convicção e com respaldo do mundo que nos cerca, que não há mais espaço para a repetição automática, para a falta de contextualização e para a aprendizagem que não seja significativa.

Segundo SANTOS (2013), a concretização dessa aprendizagem se dá através de sete passos da (re) construção do conhecimento: o SENTIR, o PERCEBER, o COMPREENDER, o DEFINIR, o ARGUMENTAR, o DISCUTIR e o TRANSFORMAR.

1. **O sentir** – toda aprendizagem parte de um significado contextual e emocional.
2. **O perceber** – após contextualizar o educando precisa ser levado a perceber as características específicas do que está sendo estudado.
3. **O compreender** – é quando se dá a construção do conceito, o que garante a possibilidade de utilização do conhecimento em diversos contextos.
4. **O definir** – significa esclarecer um conceito. O aluno deve definir com suas palavras, de forma que o conceito lhe seja claro.
5. **O argumentar** – após definir, o aluno precisa relacionar logicamente vários conceitos e isso ocorre através do texto falado, escrito, verbal e não verbal.
6. **O discutir** – nesse passo, o aluno deve formular uma cadeia de raciocínio através da argumentação.
7. **O transformar** – o sétimo e último passo da (re)construção do conhecimento é a transformação. O fim último da aprendizagem significativa é a intervenção na realidade. Sem esse propósito, qualquer aprendizagem é inócua.

Ressaltando que essas fases caracterizam a ação do professor diante desse desafio. Adotar cada etapa torna o professor capacitado para promover uma aprendizagem significativa.

Levando em consideração que toda aprendizagem parte um significado contextual e emocional, o aluno precisa construir uma ideia real de forma concreta com a informação fornecida pelo professor, pois essa necessidade decorre de uma característica do cérebro humano que é a totalização.

David Ausubel⁴ leva em consideração a incorporação dos conteúdos de Física às estruturas de conhecimento do aluno tornando a aprendizagem mais significativa, uma aprendizagem com mais significado, possibilitando condições que predisponham esse aprendiz relacionado ao seu conhecimento prévio, e especificamente os chamados *subsunçores*, e *materiais potencialmente significativos*. Por verdade, as duas condições, a predisposição em aprender e os materiais potencialmente significativos implicam em significado lógico e conhecimentos prévios adequados.

Deter-se aos materiais potencialmente significativos é facilitar o ensino-aprendizagem na utilização de um aparato que seja aprendível, com um roteiro organizado, estruturado, associando ao conhecimento prévio do aluno e lhe permitindo dar significados aos conteúdos veiculados por esse material.

A interação cognitiva entre conhecimentos novos e prévios é a característica chave da *aprendizagem significativa, aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de aplicação, de transferência*.

Nessa interação o novo conhecimento deve relacionar-se de maneira não arbitrária e não literal com aquilo que o aprendiz já sabe.

- Se tivesse (Ausubel) que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, enunciaria este: *de todos os fatores que influem na aprendizagem, o mais importante é o que o aluno já sabe; averigüe-se isso e ensine-se de acordo*.

- *Aprendizagem mecânica* é a aprendizagem puramente memorística, sem significado, sem compreensão, sem capacidade de explicar, de transferir.

- Serve para reproduzir, a curto prazo, respostas em provas quando a matéria é a mesma que “foi dada” pelo (a) professor(a) nas aulas.

- *É a que predomina na escola*.

⁴ David Paul Ausubel nasceu em 1918, em Nova Iorque. Frequentou as Universidades de Pennsylvania e Middlesex graduando-se em Psicologia e Medicina. Fez três residências em diferentes centros de Psiquiatria, doutorou-se em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia, onde foi professor por muitos anos no *Teachers College*. Foi professor também das Universidades de Illinois, Toronto, Berna, Munique e Salesiana de Roma. Ao aposentar-se voltou à Psiquiatria. Nos últimos anos de vida dedicou-se a escrever uma nova versão de sua obra básica *Psicologia Educacional: uma visão cognitiva*. Faleceu em 2008.

Para Ausubel (apud MOREIRA, 1982), aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Nesse processo, a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específico, que Ausubel (2013) define como “conceito subsunçores” ou simplesmente “subsunçores” existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

No entanto, para que o discurso da aprendizagem significativa se concretize é necessário que o professor seja um comunicador que desperte o interesse do aluno e leve em consideração os aspectos psicológicos envolvidos nesse processo de aprendizagem. O educador não deve deter-se em apenas transmitir o conteúdo abordado ao aluno, mais torna-lo acessível para não correr o risco do abandono, da desmotivação e até mesmo o da rebeldia, que entre outras formas se manifesta por meio de atitude de agressividade e indisciplina dando um enfoque de escola organizada de significado para os alunos.

Considera-se também que para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições. Em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender: se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrariamente e literalmente, então, a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser lógico e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio.

Além disso, entende-se, que a aprendizagem é significativa quando os estudantes conseguem “estabelecer relações substantivas e não-arbitrárias entre os conteúdos escolares e os conhecimentos previamente construídos por eles, num processo de articulação de novos significados” (PCN, 1997, p.52).

Segundo Santos (2013), de fato, a aprendizagem só é significativa caso sua inserção seja de forma ativa na realidade. Intervir no real é o fim último da aprendizagem. Essa fase conduzida por atitudes do professor no sentido de fazer com que o aluno faça simulações sobre ações num contexto real apresentando projetos e desenvolvendo novas ideias para que consiga resolver problemas e aplicar conceitos em sua vida são exemplos de adequação a fase do “transformar”.

Santos (2013) ressalta que para vencer o desafio de promover a aprendizagem significativa é necessário vencer algumas barreiras, que por muitas vezes são consideradas como crenças.

CRENÇA Nº 1:

“Preciso arrumar o conteúdo para que o aluno aprenda”. Essa crença impede que o professor confie na capacidade do aluno de organizar a sua própria aprendizagem. Dessa forma, o professor se mantém no papel de principal responsável pela aprendizagem. A neurociência já nos comprova que o cérebro aprende de forma desorganizada e caótica. É preciso que facilitemos essa ação do cérebro, desafiando-o a fazer novas ligações sinápticas. O principal papel do cérebro não é guardar informações, mas sim criar novas relações. A partir da mudança dessa crença, o professor vai compreender que seu principal papel não é dar aulas, mas sim provocar aprendizagem.

CRENÇA Nº 2:

“Construir conhecimento dá muito trabalho”. A crença nessa ideia leva o professor a se manter em seu estilo tradicional, acreditando que, na prática, não vai dar conta do novo paradigma. É uma crença bastante limitante, já que o impede de tentar e o mantém no mundo imaginário da impossibilidade. Um ponto que talvez mereça reflexão por parte do professor é o questionamento: o que dá mais trabalho, facilitar a aprendizagem ou impor a aprendizagem?

CRENÇA Nº 3:

“Isso tudo é muito bonito, mas na prática, a teoria é outra”. Pensar assim é correr do desafio de mudar a realidade, a partir do que temos. E o que temos? Alunos e pais que esperam receber tudo pronto nas aulas. É preciso implementar um programa de educação dos pais e dos alunos sobre como que realmente se aprende e sobre o fato de que nos tempos atuais, o modelo de aprendizagem comportamental não serve mais. Estamos vivendo um tempo que nos exige criar, simplificar, analisar, transformar, ações que questionários, tabuadas e aulas em silêncio definitivamente não se propõem a desenvolver.

CRENÇA Nº 4:

“E a bagunça, quem controla?” Essa crença deriva de várias outras: 1- aprender é atividade passiva; 2- aprende-se de fora para dentro; 3- para aprender é preciso ficar quietinho; 4- quem aprende não interage, apenas recebe. É preciso que se creia que a real aprendizagem só ocorre através da interação, do movimento. É preciso que se destrua, de uma vez por todas o mito da passividade.

CRENÇA Nº 5:

“E como fica o currículo?” Essa ideia pode ser contraposta com uma única pergunta: quem serve a quem? Temos um currículo a serviço da aprendizagem ou a aprendizagem deve estar a serviço do currículo? Como se supera as barreiras para uma efetiva promoção da aprendizagem significativa? É dispensável dizer que não há formulas, mas algumas dicas se mostram necessárias e úteis. Vencer as crenças já apresentadas é condição inicial. A partir da mudança de crenças, precisamos renovar o olhar sobre o caos, de forma que enxerguemos novos caminhos, novas ideias e novas possibilidades. Como última dica aos professores, é imperioso se autoconhecer. Somente apropriando-se de seus limites e potencialidades é que o professor vai ganhar força para ser para se tornar um verdadeiro agente de mudanças.

Sabe-se que não há fórmulas para superar essas barreiras para que se obtenha uma aprendizagem significativa, mas algumas dicas fazem-se necessárias e úteis. As crenças abordadas por Santos (2013), podem ser consideradas um ponta pé inicial para uma renovação sobre a forma de como enxergamos os novos caminhos, novas ideias e novas possibilidades. Por uma última dica aos professores, é imperioso se autoconhecer. Somente apropriando-se de seus limites e potencialidades é que o professor vai ganhar força para ser para se tornar um verdadeiro agente de mudanças.

3 A EDUCAÇÃO INCLUSIVA DO SURDO

A reflexão acerca da inclusão escolar de deficientes auditivos primeiramente deve ser fundamentada a partir da concepção de desenvolvimento humano de Vygotsky (1995), segundo a qual, quaisquer indivíduos, com deficiências ou não são capazes de alcançar níveis educacionais, mesmo com todas as fragilidades impostas pela deficiência. Seguindo essa linha de pensamento, há ainda um grande índice de estudos que refletem a experiência da surdez e sobre as possíveis estratégias mais adequadas ao desenvolvimento educacional do surdo. Em segundo plano, para que a inclusão seja concreta e eficaz em nossas escolas há que se levar em conta as leis e decretos que apontam concepções educacionais para este grupo de pessoas.

Desse modo, concomitantemente, a inclusão das pessoas surdas requer um posicionamento político em relação à própria experiência da surdez, que não mais deve ser concebida enquanto deficiência ou impossibilidade de normalidade, mas como um elemento social característico de uma minoria linguística que historicamente foi excluída por meio de estigmas e estereótipos decorrentes de sua defasagem de aprendizagem em relação às pessoas ouvintes. Ou seja, tratar da inclusão supõe o contato inevitável com os conceitos e pré-conceitos existentes em relação às pessoas com surdez.

No entanto, entende-se hoje que embora o processo de aquisição de conhecimento ocorra mais lentamente, o surdo possui todas as possibilidades de desenvolver-se cognitivamente, linguística e socialmente, necessitando para tal de adaptações curriculares que lhes encaminhe à aquisição do conhecimento. Marchesi (2004) com relação a isso mostra em seus estudos que “quando a educação é adaptada às suas possibilidades, isto é, quando se utilizam os meios comunicativos de que a criança necessita, facilita-se o conjunto de suas aprendizagens.” (MARCHESI 2004, p. 176).

Os desdobramentos que a escola realiza em favor da educação do surdo devem privilegiar propostas curriculares adaptadas à sua realidade, capazes de fornecer a estes vínculos coletivos que mediarão sua inclusão social. Nesse sentido, a proposta pedagógica deve estar adequada aos parâmetros curriculares e envolver expoentes da cultura e história surda que se caracterizarão enquanto fatores relevantes à sua formação de pensamento, assim como formarão a concepção do surdo enquanto sujeito capaz de pensar e agir em sua própria história.

Adaptar as propostas pedagógicas aos elementos culturais da surdez é o mesmo que considerar as condições histórico-sociais destes estudantes, entender sua vivência flutuante entre duas culturas e respeitar sua heterogeneidade. Nessa proposta, os conteúdos, os objetos de conhecimentos, o professor enquanto mediador dessa interação e toda a estrutura escolar devem se dispor a um trabalho coletivo pautados em princípios de solidariedade e o currículo deve ser entendido enquanto um processo multidisciplinar de relações que buscam orientar o percurso teórico-metodológico de toda a conjuntura escolar.

Assim, as perdas causadas pela ausência da audição, podem ser amenizadas ou mesmo extintas do contexto escolar se as propostas educacionais voltadas aos educandos surdos forem cuidadosamente analisadas e contextualizadas ao seu potencial linguístico. Os surdos precisam antes de tudo sentirem-se parte do ambiente em que estão inseridos, ou seja, é preciso dar a eles condições para que possam usufruir de seus direitos escolares, de acordo com os princípios de cidadania e democracia constitucionais do nosso país, o que não acontece quando há a falta de estímulos adequados ao seu potencial cognitivo, sócio afetivo, linguístico e político-cultural.

Incluir o surdo significa estimular sua participação política, assim, de acordo com Poker (2001), o ambiente em que a pessoa com surdez está inserida, especialmente o da escola, deve possibilitar condições para que se estabeleçam trocas simbólicas com o meio físico e social, sendo este o fator essencial para que ocorra uma aprendizagem significativa. De acordo com esta autora, muitas vezes a natureza dos problemas cognitivos da pessoa com surdez não possui ligação direta com a deficiência em si, antes está relacionado à:

[...] deficiência das trocas simbólicas, ou seja, o meio escolar não expõe esses alunos a solicitações capazes de exigir deles coordenações mentais cada vez mais elaboradas, que favorecerão o mecanismo da abstração reflexionante e conseqüentemente, os avanços cognitivos (POKER, 2001, p. 300).

Com relação a isso, pode-se dizer que as trocas simbólicas mencionadas pela autora podem ser caracterizadas como as interações que os surdos realizam estando inseridos em ambientes heterogêneos de aprendizagem, dentro de um processo sócio histórico autêntico onde estes interagem com seus pares (outros surdos) ou com ouvintes. Estas trocas simbólicas são responsáveis por impulsionar sua capacidade representativa,

desafiando seu o pensamento, e suscitando o surdo a explorar suas capacidades em todos os sentidos, o que culminará no desenvolvimento do pensamento e do conhecimento.

Assim, a escola deve estimular a participação e aprendizagem na rotina escolar viabilizando propostas pedagógicas que incentivem o educando surdo a superar as barreiras pertinentes ao processo educacional que muitas vezes não parece fazer sentido às suas peculiaridades. Isto implica pensar em uma reorganização de práticas educacionais que devem envolver todos os profissionais que de alguma forma participam direta ou indiretamente da organização escolar, mantendo todos em consonância com os professores para atuarem na inclusão do aluno surdo. E é nesse âmbito que muitos discursos surgem apontando o uso da Língua de sinais enquanto fator essencial para que ocorra a educação inclusiva do surdo.

4 DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

O primeiro passo, para que se possa desenvolver atividades experimentais com os alunos é o planejamento das aulas. Como tradicionalmente as aulas teóricas obedecem a um plano previamente estabelecido pelo professor, é possível determinar com exatidão quantas e quais serão as aulas ministradas, incluindo a lista de materiais que serão utilizados, pois é importante para a organização com antecedência a fim de garantir que os materiais necessários para a aplicação às aulas sejam suficientes até o término do ano letivo. A seguir, descreveremos as etapas para o planejamento das atividades.

4.1. Elaboração das atividades

Sabemos que ensinar Física pode ser um desafio, mas proporciona ao professor grandes realizações e ao estudante ganhos conceituais, procedimentais e atitudinais que poderão perdurar por toda a sua vida, influenciando decisões cotidianas e até mesmo escolhas profissionais.

Nesse intuito, este trabalho tem como proposta, o desenvolvimento de experimentos para facilitar o ensino aprendizagem dos conteúdos de Física, nos níveis do ensino médio, para demonstrações nas aulas. Proposta essa, desafiadora e ao mesmo tempo encantadora, pois desperta nos alunos o interesse pelo ensino científico e pela descoberta nos fenômenos abordados.

4.2. Delineamento das atividades

Para realizar as observações necessárias para o desenvolvimento das atividades é preciso passar por algumas etapas:

1. Seleção de conteúdo. Faz-se a correlação da sequência didática série-ano e orientações sobre o experimento a ser desenvolvido;
2. Do local: a sala de aula e laboratórios da instituição de ensino e sala de multimídias.

3. Desenvolver um protocolo de observação como método de registrar as anotações dentro da sala de aula. Incluindo nesse protocolo anotações descritivas e anotações reflexivas.

Após a abordagem do conteúdo por meio da aula expositiva, faz-se necessário a formação de equipes para que hajam momentos de orientação sobre os experimentos a serem executados, destacando os principais pontos, tais como: problemática, objetivos, materiais utilizados, atividades e tempo de realização do projeto. E que obedeçam um roteiro para o desenvolvimento:

- Aulas teóricas sobre ondulatória;
- A escolha do experimento para cada equipe;
- Organização do material necessário para a execução dos experimentos;
- Reservar horários, um período extraclasse, para que os grupos possam tirar dúvidas a respeito da abordagem de cada experimento;

A sugestão, e aceitação, dos experimentos sugeridos aos grupos foram:

- **“Como enxergar sua própria voz”**: aborda o “Fenômeno da Ressonância, reflexão da luz e figuras de interferência”, cujo objetivo além da reflexão regular da luz posta em jogo pelo espelho plano, este experimento destaca três outros conceitos: o fato do som ser uma onda mecânica (vibração do ar) que se propaga pelo meio ambiente; o fenômeno da ressonância e as figuras de interferência.

- **“Chama dançantes”**: descreve as ondas estacionárias; cujo objetivo permite observar as ondas estacionárias usando um tubo de metal em que eles possuem buracos, e o gás circula através da pressão.

- **“Tubo de Kundt”**: descreve ondas estacionárias de uma forma longitudinal; cujo objetivo é a visualização das ondas sonoras.

4.3. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

4.3.1. “Como Enxergar sua Própria Voz”

Da necessidade de visualização das ondas sonoras têm-se a oportunidade de desenvolver um experimento para que o aluno surdo “enxergasse” realmente sua voz. Neste intuito houve a confecção do experimento: “Como enxergar sua própria voz”(figura 1).

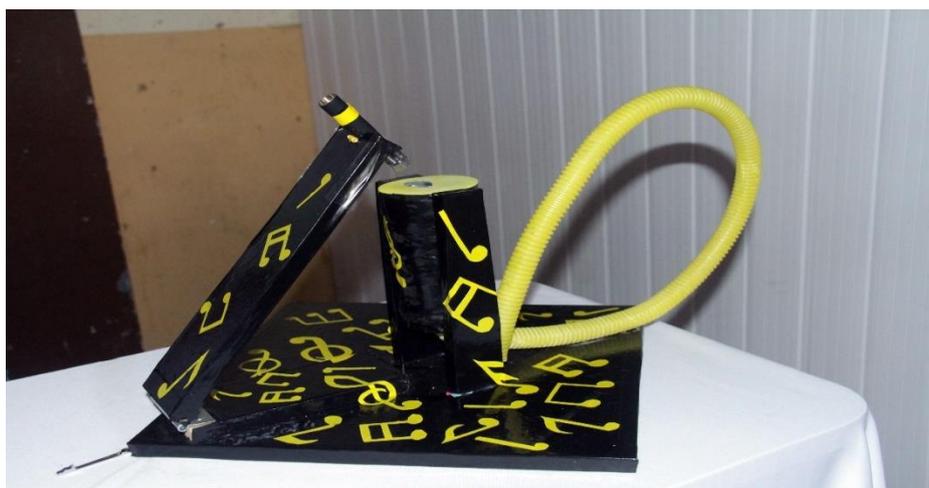


Figura 1: O experimento
Fonte: A autora do trabalho

Material e montagem do experimento:

- 1 caneta a laser;
- latinha vazia de leite condensado ou molho de tomate;
- 1 pedaço de espelho plano 1 cm x 1 cm;
- Bexigas;
- fita adesiva;
- cano de PVC;
- base de madeira

Na montagem, tira-se o fundo da latinha e corta-se a bexiga ao meio. Usa-se fita adesiva para prender ao fundo da latinha a bexiga. Cola o pedaço de espelho em cima dessa bexiga. Em seguida, faz-se um corte no cano de PVC e se encaixa o laser e prende-se tudo isso na latinha, de modo que o laser fique inclinado a 45 graus. Depois disso, basta

falar próximo à extremidade livre do tubo com o feixe laser incidindo no espelho e refletindo para a tela ou parede branca para saber qual figura a sua voz vai formar!

O deslocamento do ponto luminoso na tela resulta da vibração da lâmina de borracha excitada pelo som da voz. Além da reflexão regular da luz posta em jogo pelo espelho plano, este experimento destaca três outros conceitos:

- o fato do som ser uma onda mecânica (vibração do ar) que se propaga pelo meio ambiente;
- o fenômeno da ressonância e
- as figuras de interferência.

Como mencionado acima, quando a pessoa grita dentro do tubo, a membrana vibra, fazendo o feixe laser ser refletido em direções distintas, formando um 'desenho' na parede (ou tela) onde é projetado.

Se a frequência do som se aproxima de alguma das frequências de vibração própria da membrana, esta vibra com amplitude maior, pelo fenômeno da ressonância. Isto é melhor observado se a fonte sonora (um alto falante, por exemplo) for acionada por um gerador de áudio acoplado a um amplificador.

Se o tom emitido for mantido numa frequência fixa, originam-se desenhos mais regulares, alguns conhecidos como figuras de Lissajours ou, ainda, posições ventrais de placa vibrante.



Figura 2: Alunos que desenvolveram o experimento

Fonte: A autora do trabalho

⁵ FIGURAS DE LISSAJOURS - Jules-Antoine Lissajous se interessava por ondas e desenvolveu um método óptico de estudar vibrações. Em 1855 desenvolveu uma maneira de estudar vibrações acústicas refletindo um feixe luminoso de um espelho unido a um objeto vibrando em uma tela.

4.3.2. O Tubo de Chamas Dançantes

O envolvimento dos alunos para a confecção deste experimento comprovou que associar as atividades de prática nas aulas de Física, é uma metodologia que jamais pode ser deixada de lado, pois mostra ao aluno o poder que eles possuem para desenvolver tal fato.

O Tubo de Chamas Dançantes (Tubo de Rubens) é um experimento físico onde é possível visualizar o fenômeno de ondas estacionárias. Foi desenvolvido por Heinrich Rubens, em 1904.



Figura 3: Alunos que desenvolveram o Tubo de Chamas Dançantes

Fonte: A autora do trabalho

Na figura 3, mostra o tubo e a forma da onda estacionária reproduzida pelo gás quando queimado.

Para a montagem deste aparato utilizamos os seguintes materiais:

- tubo de metal em que foram realizados furos no tamanho de 1,40m;
- um suporte de madeira para colocar o tubo;
- gás inflamável;
- luva cirúrgica;
- relógio para botijão;
- tubo de conexão;
- gerador de frequência;

- alto-falante.

Na montagem tivemos o auxílio de um marceneiro para a confecção do suporte de madeira para acoplar o tubo e de um auxiliar para fazer os furos no tubo de metal com distância de 2,2 cm, com uma furadeira elétrica. Em uma extremidade do tubo foi conectado gás butano e na outra extremidade uma luva cirúrgica, que por ressonância facilita a vibração do gás dentro do tubo, a essa extremidade foi acoplada uma caixa amplificadora conectada ao celular para a produção de músicas que apresentassem frequências diferentes, fazendo com que o gás quando inflamado, reproduzia um padrão de onda estacionária, em que os nós e ventres⁶ são visualizados.

O Tubo de Rubens consiste basicamente em um cano metálico, com pequenos furos dispostos longitudinalmente em linha, a partir da emissão de chamas saídas de uma coluna de gás, para a demonstração de ondas estacionárias sonoras. Em uma extremidade é montada uma membrana e na outra é injetado gás inflamável (Figura 4). O gás que escapa por cada um dos furos é aceso com o auxílio de um palito de fósforos. Quando aceso, o fluxo de gás nos furos reage ao estímulo vibratório na membrana e a altura das chamas se altera conforme o estímulo na membrana. Desta forma, excitando-se a membrana com uma música com frequência variáveis, dentro dos limites de ressonância do tubo, é possível observar a formação de ondas estacionárias delineadas pelas chamas. A música foi gerada por uma caixa amplificadora conectada ao celular aplicada ao tubo, fazendo com que as chamas se comportam de modo similar a um osciloscópio⁷. A utilização do protótipo em aula permite ao aluno relacionar estes conceitos físicos de ondulatória com assuntos de interesse em seu cotidiano, como a música.

⁶ Nó e ventre – Elementos de uma onda estacionária

⁷ OSCILOSCÓPIO - O **osciloscópio** é um instrumento de medida de sinais elétricos/eletrônicos que apresenta gráficos bidimensionais de um ou mais sinais elétricos (de acordo com a quantidade de canais de entrada).

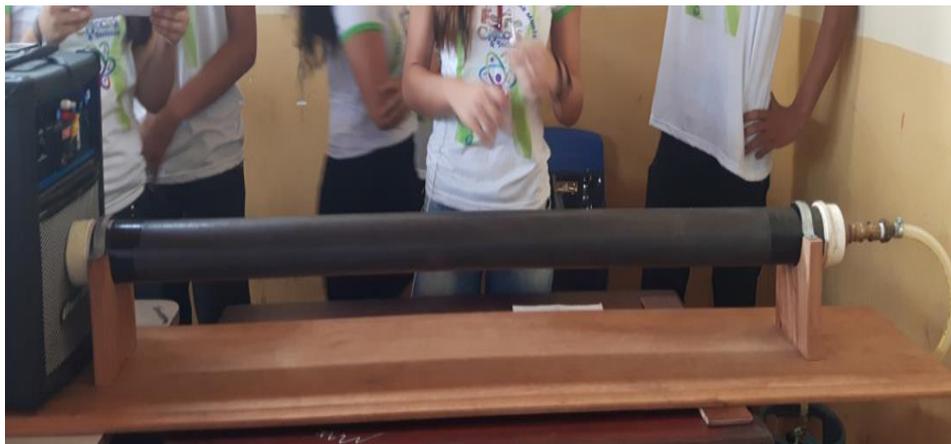


Figura 4: Experimento pronto.
Fonte: A autora do trabalho

4.3.3. O Tubo de Kundt

O experimento facilita a compreensão e visualização das Ondas Sonoras. É um equipamento para ensaios acústicos, composto de um tubo de vidro frio que contém ar e serragem fina de cortiça em seu interior, conforme mostra a figura 5.



Figura 5: Tubo de vidro com pó de serragem
Fonte: A autora do trabalho

Nele produzem-se ondas estacionárias fazendo um alto-falante vibrar em uma determinada frequência com o auxílio de um gerador de energia. As vibrações são transmitidas para o pó de serra pelo ar que está contido dentro do tubo. Observa-se que, quando ocorre ressonância, em certas regiões do tubo há acúmulo da cortiça em algumas regiões que não apresentam vibrações longitudinais; essas regiões representam os nós da onda gerada. Sabendo-se a distância média entre esses acúmulos e a

frequência da onda gerada, pode-se determinar a velocidade de propagação do som no ar contido no tubo.

O material e a montagem do aparato:

- Tubo de vidro;
- Suporte para fixação do vidro,
- Pó de serragem;
- Pá para ajuste do pó dentro do tubo;
- Gerador de frequência;
- Caixa amplificadora

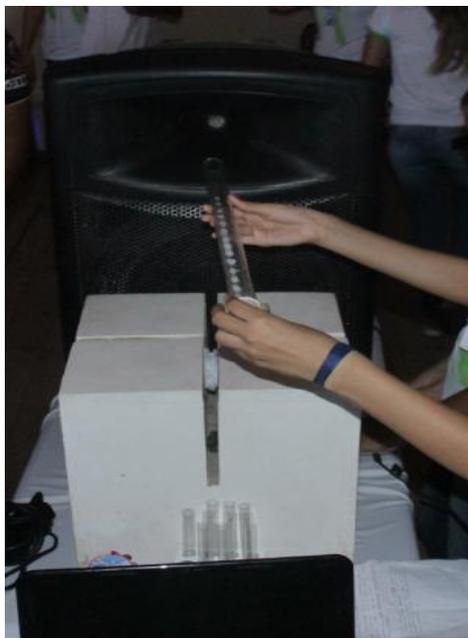


Figura 6: Visualização dos elementos da onda estacionária.
Fonte: A autora do trabalho

4.4. CONTEÚDOS ENVOLVIDOS

4.4.1. Som

Os passos de alguém se aproximando, o latir de um cachorro, a buzina da motocicleta, a batida do relógio, crianças brincando na rua, todos esses fenômenos são perceptíveis ao nosso redor. Desde a antiguidade o som é algo que intriga o homem. Entender como ele é produzido, como se propaga e a forma como se manifesta no meio,

sempre foi motivo de curiosidade. Todos os fenômenos estão relacionados às vibrações dos corpos materiais. Quando escutamos um som é porque um determinado corpo está vibrando, produzindo aquele som.

A física do som está presente em muitas aplicações do nosso cotidiano. Todos esses exemplos de corpos materiais são fontes emissoras de som, pois quando vibram emitem sons que se propagam no meio material, ou seja, no ar. Esses sons penetram no nosso ouvido provocando sensações sonoras.

Mas, afinal, o que é o som? Como se pode saber se determinado som é possível ser perceptível ou não?

O som, a grosso modo, nada mais é do que uma vibração no meio pelo qual ele se propaga, mas nem toda vibração produz som audível. Ou seja, existem sons que não podemos ouvir. Nas palavras de Wisnik (1999): Sabemos que som é uma onda, que os corpos vibram, que essa vibração se transmite para a atmosfera sob a forma de uma propagação ondulatória, que o nosso ouvido é capaz de captá-la e que o cérebro a interpreta, dando-lhe configurações e sentidos.

Alguns autores como Halliday, Resnick, Alvarenga, entre outros, definem onda sonora genericamente como qualquer onda longitudinal que se propagam mecanicamente através de um meio elástico. Geralmente, o som é gerado pela vibração de um corpo e expandem-se pelo espaço (três dimensões) por meio de compressões e rarefações, até chegarem aos nossos ouvidos, onde os tímpanos, por ressonância, são induzidos a vibrar com a mesma frequência da fonte e nos causam a sensação fisiológica do som.

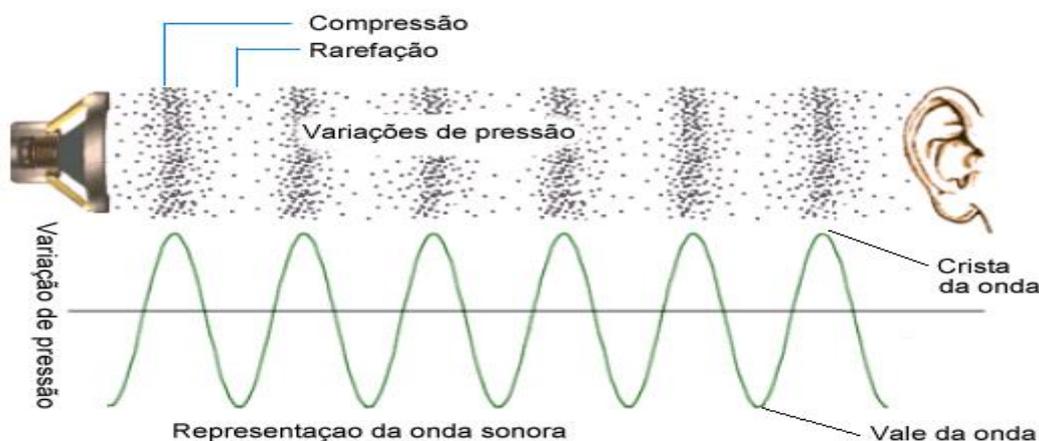


Figura 7: Representação do som através de uma onda sonora
Fonte: [physics.tutorvista.com, adaptada]

As zonas de compressão (maior pressão) são representadas visualmente por uma crista de onda e uma rarefação (menor pressão) por um vale dessa onda. No caso da Figura 04, a onda sonora é simples (é o caso de um som provocado por um diapasão).

A velocidade de qualquer onda mecânica, transversal ou longitudinal, depende das propriedades inerciais do meio (armazenamento de energia cinética) e, também, das suas propriedades elásticas (armazenamento de energia potencial).

Entretanto, no ar, a 15° C, a velocidade do som é de aproximadamente 340 m/s; na água, de 1500 m/s, e nos sólidos, pode variar de 3000 m/s a 6000 m/s, dependendo da rigidez desse meio. Portanto, a velocidade é maior em meios sólidos, intermediária nos meios líquidos e baixa nos gases. Veja a relação descrita abaixo:

$$v_{\text{sólidos}} < v_{\text{líquidos}} < v_{\text{gases}}$$

Ar a 0 ° C	331 m/s
Ar a 15 ° C	340 m/s
Água do mar	1.435 m/s
Cobre	3.560 m/s
Ferro	4.480 m/s
Aço	5.941 m/s
Granito	6.000 m/s

Figura 08: Velocidade do som em diversos meios

Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-poluicao-sonora/poluicao-sonora-18.php>

A velocidade v , o comprimento de onda λ e a frequência f de uma onda sonora relacionam-se por:

$$v = \lambda \cdot f$$

4.4.2. Os Sons Audíveis, Infrassônicos e Ultrassônicos

As ondas sonoras dividem-se em três categorias:

- Os sons audíveis são aqueles que conseguimos ouvir. A sua frequência está compreendida aproximadamente entre as frequências de 20 Hz e 20 kHz.
- Os sons infrassônicos têm frequências abaixo de 20 Hz. As ondas dos tremores de terra são um exemplo de ondas infrassônicas.
- Os sons ultrassônicos têm frequências acima de 20 kHz. Os morcegos conseguem ouvir frequências até 120 kHz, e, portanto, ouvem sons ultrassônicos, que nós não conseguimos ouvir.

A figura seguinte ilustra este ponto:

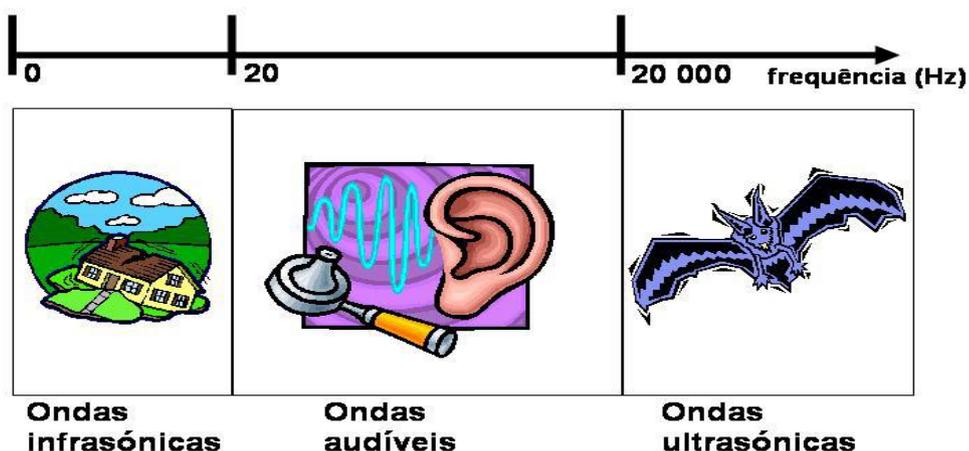


Figura 09: Sons audíveis, infrassônicos e ultrassônicos.

Fonte: <http://ww2.unime.it/weblab/awardarchivio/ondulatoria/acustica.htm>. 05/11/2016

O aparelho auditivo é o responsável pelo recebimento desses sons. A orelha funciona como uma **concha acústica**, que capta os sons e os direciona para o canal auditivo. As ondas sonoras fazem vibrar o ar dentro do canal do ouvido e a vibração é transmitida ao **tímpano**. Esticada como a pele de um tambor, a membrana timpânica vibra, movendo o **osso martelo**, que faz vibrar o **osso bigorna**, que por sua vez, faz vibrar o **osso estribo**. Esses ossículos funcionam como amplificadores das vibrações. A base do osso estribo se conecta a uma região da membrana da **cóclea** denominada janela oval, e a faz vibrar, comunicando a vibração ao líquido coclear. O movimento desse líquido faz vibrar a **membrana basilar** e as células sensoriais. Os pelos dessas células, ao encostar levemente

na **membrana tectórica**, geram impulsos nervosos, que são transmitidos pelo nervo auditivo ao centro de audição do córtex cerebral.

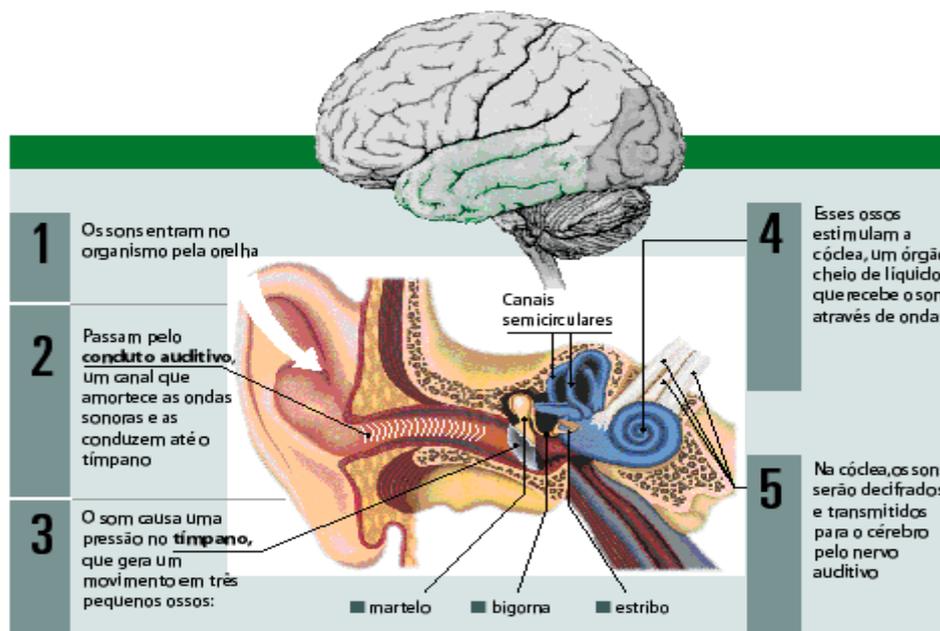


Figura 10: Aparelho auditivo
Fonte: www.sobiologia.com.br/05/11/2016

4.4.3. A Percepção do Som

Há varias grandezas físicas que caracterizam um som, que dependem da sensação que temos quando ouvimos. A Intensidade é uma delas. As ondas sonoras podem ser mais intensas (“som forte”) ou menos intensas (“som fraco”).

A classificação do som como forte ou fraco está relacionada ao nível de intensidade sonora, medida em watt/m^2 . A menor intensidade sonora audível ou limiar de audibilidade possui intensidade $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. A relação entre as intensidades sonoras permite calcular o nível sonoro do ambiente que é dado em decibéis.

A exposição a níveis sonoros superiores a 80 dB pode causar lesões irreparáveis ao aparelho auditivo, ocasionando desvios de personalidade, como fadiga, neurose e até psicoses. A tabela a seguir mostra o tempo máximo que uma pessoa deve ficar exposta a ruídos contínuos ou intermitentes, no intuito de evitar lesões irreversíveis.

Nível sonoro (dB)	Tempo máximo
	de exposição (horas)
85	8
90	4
95	2
100	1

Figura 11: Nível Sonoro

Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br>

Para níveis superiores a 120 dB, a sensação auditiva é uma sensação dolorosa. Observe alguns níveis sonoros decorrentes em nosso cotidiano, para efeito de comparação.

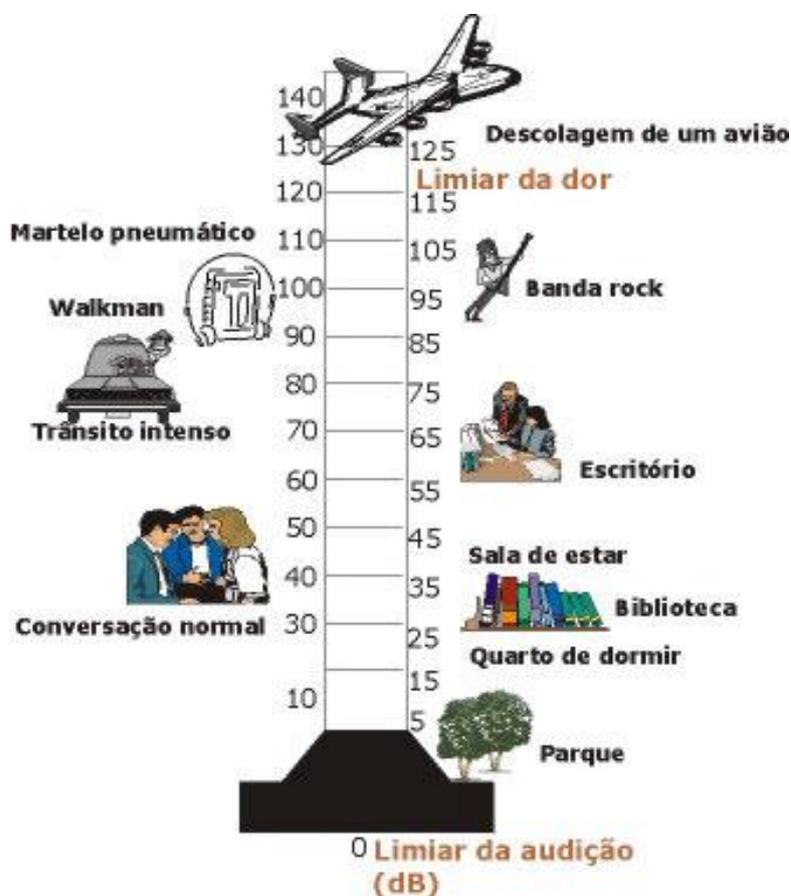


Figura 12: Limiar da audição

Fonte: <http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/>. Acesso: 05/11/2016

A altura é uma outra qualidade do som. E ela que nos permite diferenciar entre um som grave e um som agudo. Som grave é o som de baixa frequência; som agudo é o de alta frequências. A voz do homem é mais grave do que a da mulher; ou seja, a voz da mulher é mais aguda que a do homem.

Uma terceira qualidade do som é o timbre. O timbre nos permite distinguir entre sons de mesma frequência (mesma altura) e de mesma intensidade, emitidos por fontes diferentes. Por exemplo, distinguimos se uma mesma nota musical é produzida por um piano ou por uma flauta porque o timbre do som de um instrumento difere do timbre de outro, pois produzem em nosso aparelho auditivo sensações diferentes.

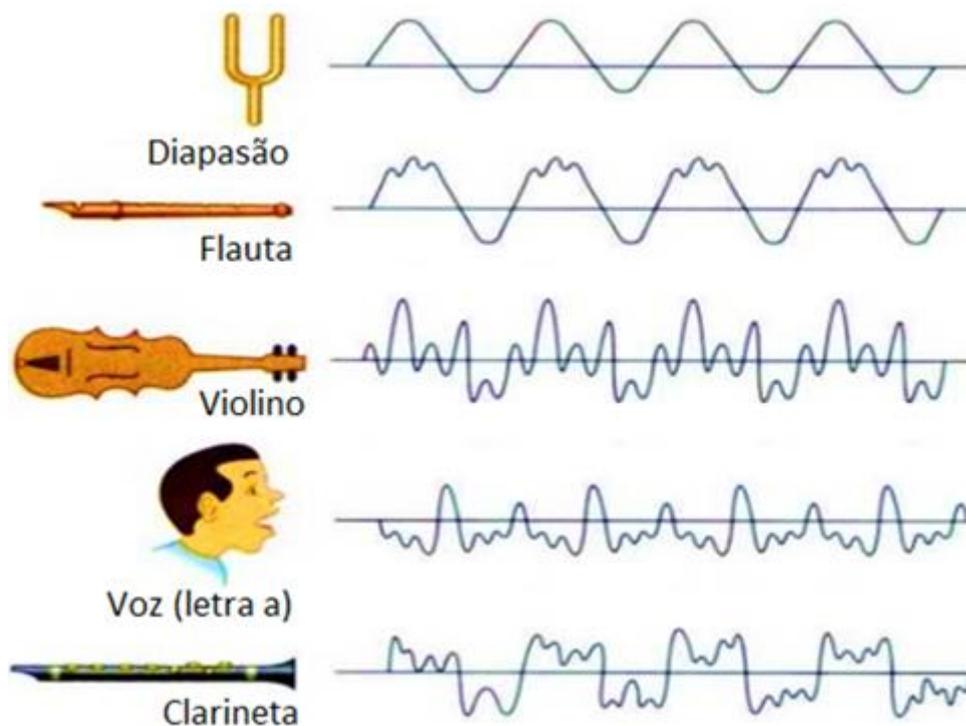


Figura 13: Timbre

Fonte: <http://musicasaude.blogspot.com.br/atividades-musicais-timbre.html>. 07/11/2016

4.4.4. Ressonância

Todo sistema tem pelo menos uma frequência natural de vibração ou oscilação. O fenômeno da ressonância ocorre quando a frequência de pulsos periódicos aplicados a um corpo capaz de oscilar for igual a uma das frequências naturais desse corpo, e ele começa a vibrar com amplitudes muito grandes.

4.4.5. Tubos Sonoros

Considere um tubo fechado com um diapasão vibrando sobre a extremidade aberta de um tubo de vidro parcialmente preenchido com água. Ajustando o nível da água, verifica-se que em determinadas posições a coluna de ar no tubo entra em ressonância com o som emitido pelo diapasão.

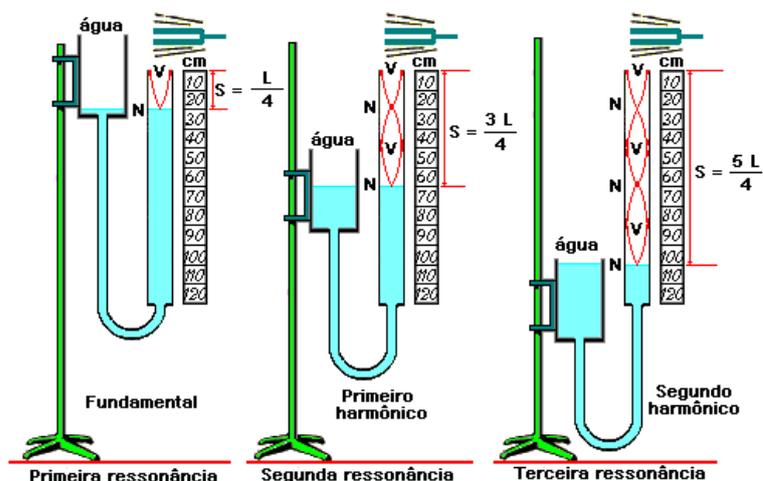


Figura 14: Harmônicos em tubos fechados

Fonte: <http://idelfranio.blogspot.com.br/2010/09/0113-tubos-sonoros-fechados>. 07/11/2016

As ondas emitidas pelo diapasão interferem com as ondas refletidas na superfície da água, originando ondas estacionárias.

O tubo terá um *nó* na extremidade *fechada* e um *ventre* na extremidade *aberta*.

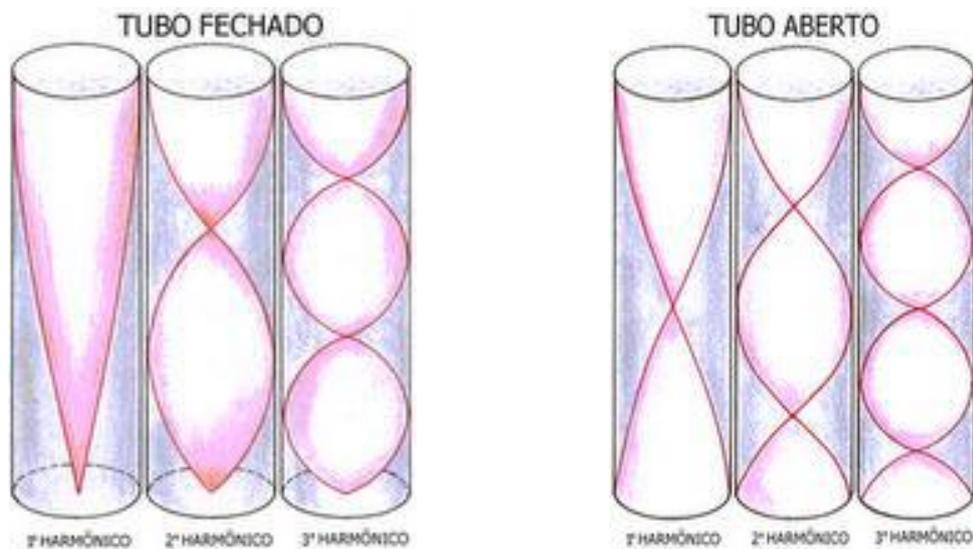


Figura 15: Tubo fechado – Nó e Ventre

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ondas-sonoras>. 09/11/2016

Essas condições estão restritas aos possíveis comprimentos de onda. Já para os tubos abertos possuem a extremidade oposta à embocadura aberta e as ondas estacionárias apresentam ventres em ambas as extremidades.

5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

A Física no ensino médio tem como competência a investigação e o resgate ao espírito questionador, segundo XAVIER (2005), é uma ciência experimental e de grande aplicação no dia-a-dia.

Nos dias atuais, há uma crescente sensação de desassossego, de frustração ao comprovar o limite do sucesso de seus esforços docentes. Visto que os alunos aprendem cada vez menos e têm menos interesse pelo que aprendem. Por esse motivo, o professor deve procurar metodologias que façam com que os alunos tenham interesse em aprender, o gostar de assistir àquela aula e estar sempre em busca dos porquês. Podemos dizer que isso é uma crise da educação científica, que se manifesta não somente nas salas de aula, mas também nos resultados de pesquisas em didáticas das ciências.

Quando o assunto é inclusão, sabe-se que estamos caminhando para que de fato ela seja contemplada em todos seus aspectos legais, dando o suporte necessário para os que dela necessitam. Já houve grande avanço. No entanto, muita coisa precisa ser feita em prol da Educação dessas pessoas. No mais, a sociedade precisa conscientizar-se para o fato de que o deficiente deve usufruir o direito de cidadania em sua plenitude, não devendo discriminá-lo e sim estimular a desenvolver suas potencialidades, para que possa integrar-se à sociedade e inserir-se no mercado de trabalho de acordo com suas aptidões.

No entanto, para que isto aconteça, é necessária uma ação educativa comprometida com a cidadania e com a formação de uma sociedade mais democrática e menos excludente. Uma escola inclusiva busca sempre um acesso facilitado em todos os aspectos: físico, emocional, ensino de qualidade e aprendizagem significativa para todos independente de suas diferenças.

Neste intuito, o presente trabalho se torna relevante na medida em que se procura adequar uma metodologia que associe a teoria e prática, e além do mais facilite a aprendizagem. Com isso, a utilização de experimentos aplicados nas turmas com alunos surdos sobre os conceitos de acústica foram de forma satisfatória, o que nos fez concluir

que este recurso tem um potencial significativo para a aprendizagem e que vale a pena a utilização desta metodologia.

O diferencial nesta proposta abordado pelo professor de fator relevante dentro do processo como mediador entre o conhecimento e os alunos, propiciou aos alunos o poder de instigar, de modo a incentivar o desenvolvimento autônomo e a arte de pensar.

Finalizamos com o intuito de tornar essa proposta aqui apresentada em dados conclusivos quanto à eficácia para o ensino de Física, mais precisamente a compreensão dos conceitos de acústica aos alunos surdos. Podemos considerar que trabalhos surgirão e versarão sobre a avaliação da metodologia aqui sugerida. Não defendemos na proposta de intervenção aqui sugerida que o professor utilize apenas uma metodologia como fórmula de sucesso. A versatilidade e a sensibilidade do professor dirão quais os melhores métodos e soluções para cada situação cotidiana de sua sala de aula.

Como ampliação deste trabalho, espera-se criar futuramente novas estratégias de ensino e implementação de atividades que potencializam o ensino para outros conteúdos de Física, no âmbito da aprendizagem significativa.

6 REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**. Senado Federal. Secretaria Especial de Editoração e Publicações, Subsecretaria de Edições Técnicas, Brasília, 2006. Disponível em: http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf. Acesso em: 07/06/2016.

CASSARO, Renato. Atividades Experimentais no ensino de física. JI – Paraná, RO. 2012.

DAMÁZIO, Mirlene Ferreira Macedo. **Educação Escolar Inclusiva das Pessoas com Surdez na Escola Comum: Questões Polêmicas e Avanços Contemporâneos**. In: II Seminário Educação Inclusiva: Direito à Diversidade, 2005, Brasília. Anais... Brasília: MEC, SEESP, 2005. p.108 - 121. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/ae_da.pdf Acesso:13/06/2016.

GIORDAN, M. **O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências**. Química Nova na Escola. Experimentação e ensino de Ciências, n. 10, nov. 1999, p. 43-49.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Adaptações curriculares**. Brasília: MEC/SEF/SEESP, 1998, 62 p. Disponível em: <http://www.conteudoescola.com.br/pcn-esp.pdf>. Acesso em: 07/06/2016.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº. 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**. Senado Federal. Secretaria Especial de Editoração e Publicações, Subsecretaria de Edições Técnicas, Brasília, 2006. Disponível em: http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf. Acesso em: 07/06/2016.

CARVALHO, Anna M. Pessoa de. Formação de professores de ciências: tendências e inovações/ Anna M. Pessoa de Carvalho, Daniel Gil-Pérez; revisão técnica de Anna Maria Pessoa de Carvalho. – 10. ed. – São Paulo: Cortez, 2011.

FARIAS, Fabricio de Oliveira. O Uso do Programa Scratch na Abordagem dos Conceitos Iniciais de Cinemática para alunos do 1º ano do Ensino Médio / Fabricio de Oliveira Farias – Manaus: UFAM/IFAM, 2016.

GASPAR, Alberto. Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski/ Alberto Gaspar. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. (Coleção contextos de ciência).

XAVIER, Antonio Carlos. Como fazer e apresentar trabalhos científicos em eventos acadêmicos: [ciências humanas e sociais aplicadas: artigo, resumo, resenha, monografia, tese, dissertação, tcc, projeto, slide]/ Antonio Carlos Xavier; ilustrações, Karla Vidal. – Recife: Editora Rêspel, 2016.