

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
EXATAS MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS
EXATAS – FÍSICA
PPGE-CE**

RODRIGO SALVADORI BAPTISTA DO CARMO

**AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM EM ONDAS E ACÚSTICA PARA
AUXILIAR O PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM
DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

**SÃO CARLOS - SP
2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
EXATAS MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS
EXATAS – FÍSICA
PPGE-CE**

RODRIGO SALVADORI BAPTISTA DO CARMO

**AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM EM ONDAS E ACÚSTICA PARA
AUXILIAR O PROCESSO ENSINO E APRENDIZAGEM
DA FÍSICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Alberto Olivieri e apresentada ao Instituto de Física da UFSCar como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Exatas – Física.

Área de Concentração: Ensino de Física.

**SÃO CARLOS - SP
2013**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

C287av

Carmo, Rodrigo Salvadori Baptista do.

Ambiente virtual de aprendizagem em ondas e acústica para auxiliar o processo ensino e aprendizagem da física no ensino médio / Rodrigo Salvadori Baptista do Carmo. -- São Carlos : UFSCar, 2013.

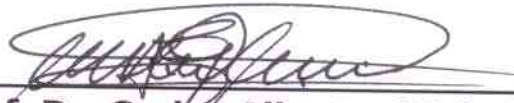
185 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

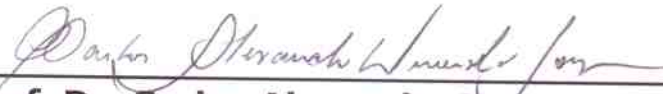
1. Física - estudo e ensino. 2. Física – ensino. 3. Ondas (Física). 4. Acústica. 5. Música. I. Título.

CDD: 530.07 (20ª)

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Carlos Alberto Olivieri
DF - UFSCar, orientador



Prof. Dr. Carlos Alexandre Wuensche de Souza
INPE



Prof. Dr. Nelson Studart Filho
DF - UFSCar

Dedico este trabalho com todo amor a minha esposa Glauce, a meu amado irmão Gustavo, a minha Mãe Bernadete e a meu Pai José Carlos (in memorian). Obrigado pelo incentivo, pela paciência e pela compreensão. Minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus por propiciar mais esta conquista em minha vida.

Aos meus familiares, sempre presentes nas minhas conquistas profissionais.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Exatas, que contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Carlos Alberto Olivieri, pela dedicação e ideias para o desenvolvimento e conclusão desta dissertação.

Aos meus amigos do Mestrado Profissional, Ricardo Varjão, Frederico, Dimitrius, Lucas, Edson, Max, Fábio, Marina, pelos incentivos e pelo apoio em momentos muito difíceis que passei durante esta conquista.

Ao Júnior, secretário do programa de pós-graduação de ensino de ciências exatas, que esteve sempre pronto a nos ajudar.

Às Escolas Espaço Livre e Carlos Drummond de Andrade, Nomelini Cirandinha e Coc Cardiofísico pelo apoio na realização da pesquisa.

À UFSCAR por ter proporcionado o apoio necessário à realização deste sonho.

“... E nunca considerem seu estudo como uma obrigação, mas sim como uma oportunidade invejável de aprender, sobre a influência libertadora da beleza no domínio do espírito, para seu prazer pessoal e para o proveito da comunidade à qual pertencerá o seu trabalho futuro.”

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho descreve o desenvolvimento de um AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem, onde utilizamos a música como fio condutor para o estudo das ondas sonoras. Fazendo uso das novas ferramentas educacionais como vídeos, animações, simulações bem como a plataforma *Moodle*, produzimos um ambiente virtual onde os alunos podem estudar as ondas sonoras de uma forma interativa e autônoma, incentivando-os a utilizar o computador e a internet como facilitadores do processo de ensino/aprendizagem, tornando este processo mais efetivo e interessante. Esse material foi aplicado a turmas de alunos do Ensino Médio e Pré-Vestibular das escolas Carlos Drummond de Andrade e Nomelini Cirandinha, ambas de Barretos, Escola Espaço Livre, de Bebedouro e escola COC Cardiofísico, de Jaboticabal. Tanto a experiência didática quanto a construção do AVA e seus resultados de aprendizagem são também descritos neste trabalho.

Palavras chave: Ensino de Física. Ondas e acústica, AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem. Música.

ABSTRACT

This work describes the development of a VLE – Virtual Learning Environment, where music is the basis for studying sound waves. New educational tools such as videos, animations, simulations, as well as the *Moodle* platform, were used to create a virtual environment, where students can learn about sound waves in an autonomous and interactive way, motivating them to use computers and internet as facilitators of the teaching/learning process, making it more effective and interesting. This material was applied to High School students - which translates to “Ensino Médio” and/or “Pré-Vestibular” in Brazil’s schooling system - in the following schools: Carlos Drummond de Andrade and Nomelini Cirandinha, both in Barretos, Escola Espaço Livre, in Bebedouro and Coc Cardiofísico, in Jaboticabal. Both the teaching experience related to the VLE construction and its learning results are also described in this work.

Keywords: Physics teaching. Waves and acoustics, VLE – Virtual Learning Environment. Music.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1- Apolo, deus grego das artes, portando uma lira.	21
FIGURA 2.1 - Oscilador Massa-Mola.	32
FIGURA 2.2 - O campo elétrico (E) é perpendicular ao campo magnético (H) e ambos oscilam harmonicamente em função do tempo, perpendicularmente à direção de propagação.	33
FIGURA 2.3 - (a) Onda progressiva propagando da esquerda para a direita, no instante inicial $t = 0$, em um sistema de referência O coincidente com O'. (b) A mesma onda em um instante t posterior.	36
FIGURA 2.4 - Onda progressiva propagando da direita para a esquerda.	37
FIGURA 2.5 - Ponto P de uma corda oscilando na direção y. Na figura são mostradas três situações em três instantes de tempo diferentes.	38
FIGURA 2.6 - Onda transversal propagando-se em uma mola. Observe que a direção de propagação é perpendicular à direção de oscilação.	38
FIGURA 2.7 - Onda longitudinal propagando-se em uma mola. Observe que a direção de propagação é a mesma da direção de oscilação.	39
FIGURA 2.8 - Onda unidimensional propagando se em uma corda.	40
FIGURA 2.9 - Ondas bidimensionais propagando na superfície da água	40
FIGURA 2.10 - Pessoa gritando gerando um som que se propaga nas três dimensões. Outra pessoa que se encontra atrás, ao lado, deitada no chão ou no andar de cima de um apartamento pode ouvir o som produzido pelas cordas vocais da pessoa que grita.	41
FIGURA 2.11 - Nessa figura podemos identificar alguns parâmetros das ondas.	42
FIGURA 2.12 - Na figura (a) representamos uma onda senoidal com constante de fase $\xi = 0$. Na figura (b), temos essa onda defasada em $\pi/2$ radianos, sendo $\xi = \pi/2$	44
FIGURA 2.13 - Pulso propagando em uma corda. Em destaque, as forças de tração na corda	46
FIGURA 2.14 - Força transversal F_y	48
FIGURA 2.15 - Interferência construtiva entre duas ondas idênticas. A onda 1 representada em preto se superpõe exatamente à onda 2 representada em vermelho resultando na onda representada em azul, chamada de onda resultante	51
FIGURA 2.16 - Fotos instantâneas de uma onda em uma corda num intervalo de tempo igual a $T/2$	52
FIGURA 2.17 - Aspecto visual de uma onda estacionária em uma corda	53
FIGURA 2.18 - Onda sonora propagando pelo ar dentro de um tubo.	54
FIGURA 2.19 - Mecanismo dinâmico de propagação de uma onda sonora.	54
FIGURA 2.20 - Tubo cilíndrico onde se mostra a variação do volume	56
FIGURA 2.21 - Roda dentada em rotação. Quanto maior sua velocidade, maior a frequência do som emitido pelo cartão em contato com a roda.	62
FIGURA 2.22 - A onda A tem menor frequência, representando um som mais grave e a onda B tem uma frequência maior, representando um som mais agudo. As amplitudes referem-se a intensidade da onda sonora, sendo a intensidade da onda A maior que a intensidade da onda B.	62
FIGURA 2.23 - Na pauta, as notas Dó selecionadas diferem de um intervalo $i = 2$, sendo $f_2 = 2 \cdot f_1$	63
FIGURA 2.24 - Perfis das ondas emitidas por um diapasão, um clarinete e um oboé. As ondas são de mesmo período, mesma frequência, mas de timbres (perfis) diferentes.	63
FIGURA 2.25 - Espectro e forma de onda de algumas ondas complexas. Em (a) temos uma onda quadrada e seu espectro de frequências. Em (b) temos uma onda dente de serra e seu	

espectro de frequência. Em ambos os casos, apesar de expormos apenas alguns harmônicos, o aspecto da onda quadrada e da onda dente de serra, como apresentados, levam em consideração infinitos harmônicos.....	67
FIGURA 2.26 - Onda Quadrada formada a partir dos onze primeiros harmônicos. Observe-se que essa onda é constituída apenas de harmônicos ímpares	68
FIGURA 2.27 - Onda dente de serra formada a partir dos onze primeiros harmônicos.....	69
FIGURA 2.28 - Onda Triangular formada a partir dos onze primeiros harmônicos. Observe-se que essa onda é constituída apenas de harmônicos ímpares e suas amplitudes decrescem rapidamente.	70
FIGURA 2.29 - Onda resultante da superposição de duas ondas de frequências f_1 e f_2 muito próximas.	72
FIGURA 4.1 - Estrutura de cada módulo do AVA.....	87
FIGURA 4.2 - figura de abertura do AVA juntamente com as orientações e um fórum de notícias.	93
FIGURA 4.3 - Figura de abertura do Módulo 01.	93
FIGURA 4.4 - Página da secção Breve História da Música Ocidental apresentada no Módulo 01.....	94
FIGURA 4.5 - Página da seção Problematização Inicial apresentada no Módulo 01.	94
FIGURA 4.6 - Parte da Página da secção Introdução apresentada no Módulo 01.....	95
FIGURA 4.7 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no link, o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo.....	96
FIGURA 4.8 - Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos para os alunos o diapasão.....	96
FIGURA 4.9 - Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o som do diapasão quando colocado diretamente no microfone.	97
FIGURA 4.10 - Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o gráfico de pressão da onda sonora gerada pelo diapasão quando colocado diretamente no microfone.....	97
FIGURA 4.11 - Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o gráfico de pressão da onda sonora gerada pelo diapasão, quando colocado diretamente no microfone e comentamos sobre a intensidade da onda sonora gerada.....	98
FIGURA 4.12 - Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o diapasão em contato com a caixa de ressonância do violão, identificando uma maior intensidade sonora.....	99
FIGURA 4.13 - Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o diapasão em contato com a caixa de ressonância do violão juntamente com o gráfico da pressão sonora.....	99
FIGURA 4.14 - Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos o gráfico da pressão sonora para que ele possa utilizar na resolução do questionário.....	100
FIGURA 4.15 - Figura da última questão proposta no Questionário do Módulo 01.	101
FIGURA 4.16 - Figura da simulação explorada no Módulo 01.	102
FIGURA 4.17 - Figura de abertura do Módulo 02.	103
FIGURA 4.18 - Figura da página que mostra um violino ao lado de uma viola de arco para que o aluno possa comparar a diferença entre suas dimensões.	103
FIGURA 4.19 - Figura da página que apresenta a determinação do intervalo i entre as frequências das notas musicais na determinação de um semitom, tom maior, tom menor, oitava e uníssono.....	104
FIGURA 4.20 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 02 – Nota Musical no Violão.	105

FIGURA 4.21 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 03 – Nota Musical no Violão.	105
FIGURA 4.22 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 04 – Nota Musical na Viola de Arco.	106
FIGURA 4.23 - Figura do Vídeo 02. Para que o aluno não identificasse a nota musical pela corda que está sendo percutida ou pela posição do dedo que segura essa corda, tomamos o cuidado de “escondê-las”.	106
FIGURA 4.24 - Gráfico da pressão sonora da onda gerada pelo violão. O aluno já pode observar o formato da onda que representa o timbre do instrumento.	107
FIGURA 4.25 - Gráfico da pressão sonora da onda gerada pelo violão. O aluno já pode observar, então, o novo formato da onda.	108
FIGURA 4.26 - Apresentação da Viola de Arco no Vídeo 04.	108
FIGURA 4.27 - Gráfico da pressão sonora resultante da captação do som proveniente da viola de arco.	109
FIGURA 4.28 - Questão que explora a relação entre os dados coletados no gráfico e a tabela das notas musicais.	110
FIGURA 4.29 - Questão que mostra um pedaço de uma partitura para que o aluno observe a grafia que representa as notas musicais.	110
FIGURA 4.30 - Questão que mostra um instrumento de corda e propõe ao aluno a realização de alguns cálculos.	111
FIGURA 4.31 - Questão desafio que cobra uma maior abstração por parte do aluno para realizar a tarefa.	111
FIGURA 4.32 - Questão que explora a teoria apresentada no módulo sobre o intervalo <i>i</i> entre as frequências das notas musicais.	112
FIGURA 4.33 - Animação em que o aluno pode identificar a nota musical em um piano e ouvi-la. Existe a possibilidade de tocar mais de uma tecla e, com isso, identificar sons dissonantes e sons harmônicos.	113
FIGURA 4.34 - Figura de abertura do Módulo 03.	113
FIGURA 4.35 - Figura que mostra uma flauta confeccionada com madeira e outra com metal.	115
FIGURA 4.36 - Figura que mostra a onda resultante da somatória de outras três com frequências diferentes.	116
FIGURA 4.37 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 05 – Timbre e Nota Musical – Violão e Baixo.	116
FIGURA 4.38 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 06 – Violão e Baixo - Acorde.	117
FIGURA 4.39 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 07 – Timbre e Nota Musical – Violão e Teclado.	117
FIGURA 4.40 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 08 – Timbre das Vozes - Gráfico.	117
FIGURA 4.41 - Momento em que o violão é tocado emitindo a nota Mi.	118
FIGURA 4.42 - Gráfico da onda de pressão sonora gerada pelo Violão.	118
FIGURA 4.43 - Momento em que enfatizamos que o aluno observe o gráfico e ouça o som do violão.	119
FIGURA 4.44 - Momento em que tocamos o Baixo, emitindo a mesma nota musical Mi. ..	119
FIGURA 4.45 - Gráfico da onda de pressão sonora gerada pelo Baixo.	120

FIGURA 4.46 - Momento em que enfatizamos a diferença entre as alturas das notas, expondo que o som produzido pelo baixo é mais grave que o produzido pelo Violão.....	120
FIGURA 4.47 - Momento em que tocamos um acorde no Baixo	121
FIGURA 4.48 - Gráfico da onda de pressão sonora produzida pelo baixo quando se faz um acorde.	121
FIGURA 4.49 - Acorde feito no violão.	122
FIGURA 4.50 - Gráfico da onda de pressão sonora gerada pelo violão quando se toca o acorde.	122
FIGURA 4.51 - Momento em que o violão é tocado gerando uma onda sonora.	123
FIGURA 4.52 - Gráfico da onda de pressão sonora gerada pelo violão quando se toca uma nota.....	123
FIGURA 4.53 - A mesma nota musical tocada no teclado.	124
FIGURA 4.54 - Gráfico da pressão sonora quando o teclado é tocado.	125
FIGURA 4.55 - À esquerda, o Rodrigo e à direita o Leandro. Ambos cantaram a mesma nota musical.	125
FIGURA 4.56 - Gráfico da pressão sonora da voz do Rodrigo.....	125
FIGURA 4.57 - Gráfico da pressão sonora da voz do Leandro.	126
FIGURA 4.58 - Figura da questão 7 onde se explora um teclado com suas respectivas notas.	126
FIGURA 4.59 - Figura da simulação sobre a formação do timbre de um som a partir da manipulação dos harmônicos. Podemos observar no último gráfico o formato da onda resultante além de podermos ouvir o som representado por esse gráfico	127
FIGURA 4.60 - Figura de abertura do Módulo 04	128
FIGURA 4.61 - Equação e gráfico no Nível de Intensidade Sonora expostos na Introdução do Módulo 04.	129
FIGURA 4.62 - Figura utilizada na questão 1 para que o aluno associe um dado coletado no gráfico com uma situação do dia a dia. O gráfico à esquerda representa a frequência do eixo x e no eixo y referente Nível de Intensidade Sonora, a partir do qual o som se torna audível. O gráfico à direita representa situações do dia a dia e o respectivo Nível de Intensidade Sonora naquela situação.....	130
FIGURA 4.63 - Figura da simulação, onde o aluno pode variar a amplitude, a frequência e a posição do ouvinte.	131
FIGURA 4.64 - Figura da simulação onde o aluno pode perceber o que ocorre quando se retira o ar de dentro do recipiente.	131
FIGURA 4.65 - Figura de abertura do Módulo 05.	132
FIGURA 4.66 - Na pagina referente ao batimento sonoro, apresentamos um gráfico que evidencia o fenômeno e as equações que determinam a frequência da onda resultante e a frequência do batimento.	133
FIGURA 4.67 - Condições de ocorrência do Eco, Reverberação e Reforço	133
FIGURA 4.68 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 09 – Ressonância.	134
FIGURA 4.69 - – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 10 – Ressonância no Violão e Diapasão.	134
FIGURA 4.70 - Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no <i>link</i> , o aluno é direcionado ao <i>Youtube</i> para que possa assistir ao Vídeo 11 – Batimento.	135
FIGURA 4.71 - Vídeo 09 mostrando o fenômeno da ressonância ocorrendo nas cordas de um violão.....	135
FIGURA 4.72 - Vídeo 10 mostra a amplificação do som do diapasão devido ao fenômeno da ressonância que ocorre no corpo do violão.	136

FIGURA 4.73 - Gráfico da primeira nota tocada no teclado.	137
FIGURA 4.74 - Gráfico da segunda nota tocada no teclado.	137
FIGURA 4.75 - Gráfico do batimento sonoro.	138
FIGURA 4.76 - Figura que apresenta a parte da caixa de ressonância que ressoa em determinadas frequências.	139
FIGURA 4.77 - Questão que explora o fenômeno da ressonância a partir do vídeo da ponte de Tacoma.	139
FIGURA 4.78 - Questão que explora o fenômeno do eco e reverberação.	140
FIGURA 4.79 - Simulação que permite observar o fenômeno da ressonância em um oscilador massa- mola. Ao alterar os valores de massa e constante elástica, a partir da frequência de vibração do motor, o aluno pode observar qual ou quais dos ressoadores entram em ressonância com o motor.	141
FIGURA 5.1 - Estrutura da Escola Carlos Drummond de Andrade, em Barretos	143
FIGURA 5.2 - Laboratório de química e quadra poliesportiva da Escola Espaço Livre, em Bebedouro.	143
FIGURA 5.3 - Foto aérea do Colégio Nomelini Cirandinha, em Barretos.	144
FIGURA 5.4 - Sala de aula do Colégio COC – Cardiofísico, em Jaboticabal.	144
FIGURA 5.5 - Acompanhamento das visitas ao AVA de um dos alunos que cumpriu todas as tarefas.	146

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Algumas situações e os respectivos níveis de intensidade sonora.....	60
TABELA 2.2 - Intervalos f_n/f_1 entre a nota dó e as demais notas na escala diatônica e os intervalos f_n/f_{n-1} entre cada duas notas consecutivas.....	63
TABELA 2.3 - Escala cromática com as notas musicais, os semitons, os intervalos temperados e os intervalos naturais.	65
TABELA 5.1 - Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 01.....	148
TABELA 5.2 - Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 02.....	148
TABELA 5.3 - Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 03.....	149
TABELA 5.4 - Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 04.....	149
TABELA 5.5 - Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 05.....	150
TABELA 5.6 - Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 01. Os trinta e seis participaram dessa tarefa.	151
TABELA 5.7 - Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 02. Trinta e dois alunos participaram dessa tarefa.	152
TABELA 5.8 - Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 03. Vinte e três alunos participaram dessa tarefa.	153
TABELA 5.9 - Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 04. Vinte e um alunos participaram dessa tarefa.	154
TABELA 5.10 - Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 05. Dezenove alunos participaram dessa tarefa.	155
TABELA 5.11 - Média Geral entre as médias dos alunos em cada questionário.	156
TABELA 5.12 - Notas e Média dos alunos na simulação 01 do Módulo 01. Vinte e seis alunos participaram dessa tarefa.	157
TABELA 5.13 - Notas e Média dos alunos na simulação 02 do Módulo 02. Dezenove alunos participaram dessa tarefa.	158

TABELA 5.14 - Notas e Média dos alunos na simulação 03 do Módulo 03. Nove alunos participaram dessa tarefa.	159
TABELA 5.15 - Notas e Média dos alunos na simulação 04 do Módulo 04. Nove alunos participaram dessa tarefa.	159
TABELA 5.16 - Notas e Média dos alunos na simulação 05 do Módulo 05. Onze alunos participaram dessa tarefa.	160
TABELA 5.17 - Média geral entre as médias atingidas pelos alunos nas tarefas referentes às simulações.	160

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
MEC	Ministério da Educação
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
UFSCAR	Universidade Federal de São Carlos
YOUTUBE	Youtube Broadcast Yourself

SUMARIO

INTRODUÇÃO	18
CAPÍTULO 1 - BREVE HISTÓRICO DA MÚSICA	20
1.1 Introdução	20
1.2 Períodos da Música Erudita Ocidental	22
1.2.1 <u>Música Medieval</u>	22
1.2.2 <u>Música Renascentista</u>	24
1.2.3 <u>Música Barroca</u>	25
1.2.4 <u>Música Clássica</u>	26
1.2.5 <u>Música Romântica</u>	27
1.2.6 <u>Música Moderna</u>	28
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS – ONDAS	30
2.1 Introdução	30
2.2 Oscilações	31
2.2.1 <u>Oscilador Massa-Mola</u>	31
2.3 Ondas	33
2.3.1 <u>Classificação das Ondas</u>	33
2.3.2 <u>Parâmetros de uma Onda Harmônica</u>	41
2.3.3 <u>Velocidade de propagação de uma onda</u>	45
2.3.3.1 Velocidade de propagação de uma onda em uma corda	45
2.3.4 <u>Intensidade de uma Onda</u>	47
2.3.5 <u>Interferência de Ondas</u>	49
2.4 Ondas Sonoras	53
2.4.1 <u>Relação entre a Densidade e a Pressão</u>	55
2.4.2 <u>Relação entre Deslocamento e Densidade</u>	56
2.4.3 <u>Relação entre a Pressão e o Deslocamento</u>	58
2.4.4 <u>A velocidade do som</u>	59
2.4.5 <u>Nível de Intensidade Sonora</u>	60
2.4.6 <u>Fontes Sonoras, Altura e Timbre</u>	61
2.4.6.1 Altura	61
2.4.6.2 Timbre ou Qualidade Tonal	65

2.4.7 <u>Análise de Fourier</u>	67
2.4.8 <u>Batimento Sonoro</u>	70
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	73
3.1 Introdução	73
3.2 Objetivos Gerais	77
3.3 Objetivos Específicos	78
3.4 Breve revisão bibliográfica	79
CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (AVA)	85
4.1 Introdução	85
4.2 Aspectos Gerais do Ambiente	86
4.2.1 <u>Breve História da Música Ocidental</u>	88
4.2.2 <u>Problematização Inicial</u>	89
4.2.3 <u>Objetivos</u>	89
4.2.4 <u>Introdução</u>	89
4.2.5 <u>Atividade</u>	90
4.2.6 <u>Questionário</u>	90
4.2.7 <u>Simulação</u>	91
4.2.8 <u>Discussões, Sugestões e Críticas</u>	92
4.3 Roteiros das Atividades	92
4.3.1 <u>Módulo 01 – O Som do Diapasão</u>	93
4.3.2 <u>Módulo 02 – Nota Musical no Violão e na Viola de Arco</u>	114
4.3.3 <u>Módulo 03 – Qualidades Fisiológicas do Som</u>	114
4.3.4 <u>Módulo 04 – Nível de Intensidade Sonora</u>	128
4.3.5 <u>Módulo 05 – Ressonância e Batimento Sonoro</u>	132
CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO, RESULTADOS E IMPRESSÕES	142
5.1 Introdução	142
5.2 Aplicação do AVA	142
5.3 Resultados	147
5.4 Impressões e Comentários dos Alunos	161
CONCLUSÃO	166
REFERÊNCIAS	168
ANEXOS	172

INTRODUÇÃO

Apresentamos neste trabalho a produção de um material educacional de Física, especificamente um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), onde utilizamos a Música como fio condutor para o estudo das ondas sonoras e da acústica.

É grande a produção de material didático voltado para os cursos de Física no Ensino Médio, entre eles jogos, vídeos, kits experimentais, todos com intuito de facilitar o processo de ensino/aprendizagem dos alunos, já que esta disciplina é vista por eles como uma das mais trabalhosas a ser estudada e entendida. Isso leva o aluno a pensar que tal estudo se constitui em um emaranhado de fórmulas e problemas, ao invés de uma oportunidade de contato e relação com novos conhecimentos e uma possibilidade de desenvolvimento de competências e habilidades que lhe darão condições de entender de forma mais madura e ativa os fenômenos da natureza que o circunda.

Para tanto, desenvolvemos um programa que serve de apoio ao ensino presencial, podendo ser utilizado pelos alunos e pelos professores a título de aprofundamento em alguns conceitos de Física relacionados às ondas sonoras e à acústica.

O programa é disponibilizado em um ambiente normalmente familiar ao aluno, a internet, onde podemos encontrar várias mídias associadas às novas tecnologias de informação e comunicação (TIC). Dentre elas vídeos, animações, simulações e, claro, o próprio computador.

Por ser um ambiente hospedado na internet, o curso é voltado para jovens estudantes do Ensino Médio das mais diferentes realidades do Brasil, já que pode ser ministrado à distância, vencendo barreiras geográficas, em um formato digital próximo à realidade do aluno, bastando para isso uma conexão do computador com a rede.

Descrevemos no trabalho a construção do AVA e das mídias utilizadas no mesmo. Esse AVA foi todo construído na plataforma de ensino a distância *Moodle*, além de utilizar recursos propiciados pela internet como o *Youtube* e os sites de simulações de Física, dentre eles o PhET¹.

No capítulo 1, apresentamos uma breve história da música ocidental. Discorremos sobre os primórdios das manifestações musicais datadas em 60.000 a.C., percorrendo os períodos da Música Medieval, Música Renascentista, Música Barroca, Música

¹ *PhET – Interactive Simulations*, é um site da *University of Colorado at Boulder* onde se pode encontrar simulações de Ciências e Matemática. Link: <http://phet.colorado.edu/>.

Clássica, Música Romântica e Música Moderna, e comentamos sobre algumas das características das composições musicais produzidas em cada um desses períodos.

No Capítulo 2, apresentamos a teoria de Física sobre ondas de uma forma geral. Tratamos da natureza da onda, propagação e superposição de ondas e, posteriormente, ainda no mesmo capítulo, particularizamos o estudo das ondas sonoras, já que todo material produzido baseia-se nesse tipo de onda.

No Capítulo 3, apresentamos uma breve revisão bibliográfica sobre artigos e trabalhos na área de ensino envolvendo ambientes virtuais de aprendizagem, utilização do computador e dos objetos de aprendizagem disponíveis.

No Capítulo 4, descrevemos a construção do AVA apresentando o material produzido para constituir o mesmo, no caso vídeos e gráficos para serem analisados; a estrutura do ambiente virtual e suas seções, além da organização em módulos, permeando assuntos sobre acústica e ondas sonoras.

No Capítulo 5, apresentamos os resultados de aprendizagem dos alunos analisando seus rendimentos nos questionários e nas tarefas propostas após a manipulação das simulações e os desdobramentos possíveis a partir do produto final desta dissertação.

CAPÍTULO 1 - BREVE HISTÓRIA DA MÚSICA

1.1 Introdução

Neste trabalho, utilizaremos a música como fio condutor já que, ao estudá-la, podemos identificar vários conceitos de Física que explicam a formação das notas musicais, o timbre dos instrumentos e das vozes, além de podermos discutir alguns fenômenos que ocorrem na manipulação de uma onda sonora. Acreditamos que ao envolver os alunos com, a música podemos criar um ambiente mais atraente para discutirmos esses conceitos e fenômenos observados na natureza.

Provavelmente, a música é um dos elementos principais da cultura universal. Existem evidências de que já se produzia algo que poderia ser considerado como sons musicais desde a pré-história, possivelmente como resultado da observação dos sons produzidos na natureza.

Alguns estudos científicos afirmam que, desde o momento em que o ser humano começou a se organizar em tribos primitivas, no continente africano, a música já era parte integrante do cotidiano e da cultura desses povos.

Acredita-se que a música tenha surgido em torno de 60.000 anos atrás e que as primeiras manifestações musicais tenham surgido na África e se expandido pelo mundo juntamente com a raça humana.

Já nas grandes civilizações do mundo antigo, foram encontrados vestígios de instrumentos musicais. Os sumérios já utilizavam em suas liturgias, milhares de anos antes de Cristo, cantos e hinos salmodiados que influenciaram as culturas judaica, caldaica e babilônica que, posteriormente, se instalaram naquela região. Existem vestígios de uma flauta feita de ossos a qual possivelmente foi confeccionada aproximadamente no ano 60.000 a.C.

Na Mesopotâmia, também foram encontrados vestígios de harpas e liras datados de 3.000 a.C. Talvez seja por isso que o deus grego Apolo, deus das artes, tenha suas representações feitas portando uma lira. É válido ressaltar que na Grécia antiga somente a poesia e a música eram consideradas manifestações artísticas do modo como hoje são compreendidas.

Figura 1.1 – Apolo, deus grego das artes, portando uma lira.



Fonte - site: www.portalsaofrancisco.com.br

Em torno de 4.000 anos a.C., a cultura egípcia atingiu um elevado nível de expressão musical. Nas cerimônias religiosas as pessoas levavam espécies de discos de madeira e paus que eram percutidos uns nos outros. Eles também utilizavam diferentes formas de flautas, além de harpas, instrumentos de percussão e o canto. Os coros eram treinados pelos sacerdotes para os rituais sagrados nos grandes templos. Nas solenidades oficiais militares, era costume o uso de trompetes e tambores.

Durante a história da humanidade, podemos identificar que a produção, ou a reprodução musical, é diretamente influenciada pela organização econômica e cultural do povo, acrescentando-se as características de clima da região e o desenvolvimento tecnológico que envolve toda a linguagem musical. A música é uma linguagem local e ao mesmo tempo global, que tem a capacidade de traduzir sentimentos, atitudes e valores culturais de toda uma nação e um povo.

A palavra música tem origem grega – *musiké tecne*, que significa a arte das musas.

Basicamente, a música é constituída de uma sucessão de sons intercalados com instantes de silêncio, organizados em uma rítmica harmônica, executados em um determinado intervalo de tempo.

Podemos classificar a Música como sendo a arte de combinar os sons e os silêncios, ou seja, combinar elementos sonoros que podem ser captados pela audição com os silêncios entre os mesmos.

Em geral, as pessoas usam o termo música clássica para diferenciar a música popular da música tocada por orquestras sinfônicas e/ou filarmônicas. No entanto, para os estudiosos da música ou musicólogos, a Música Clássica tem um sentido bastante preciso e especial: é aquela composta entre os anos de 1750 e 1810 que corresponde às composições de Mozart e Beethoven entre outros. Por outro lado, as músicas compostas por Vivaldi ou Bach, por exemplo, correspondem ao período barroco (1600 a 1750) e é chamada de Música Barroca. Já as composições de Wagner, Verdi, Chopin (1850 a 1980 aproximadamente)

correspondem ao período romântico. Uma boa generalização que engloba esses tipos de música seria chamá-las todas de Música Erudita.

Na seção a seguir, vamos comentar as características de cada uma dessas épocas.

1.2 Períodos da Música Erudita Ocidental

Na Europa, a teoria musical da cultura grega, com grau elevado de elaboração, constitui o ponto de partida da identidade musical ocidental.

Já a música americana, que antecede a descoberta de Colombo, possui influências japonesa e chinesa em suas escalas e formas, fato que pode ser explicado pelas migrações de povos asiáticos e esquimós provenientes do estreito de Bering em um passado longínquo.

Por volta do ano 500 d.C, a civilização europeia entrou no período chamado de Idade Escura, adentrando aproximadamente dez séculos, denominado pelos historiadores por Idade Média, em que a Igreja Católica dita o destino da arte, da literatura e da música na Europa.

Muito posteriormente, na Universidade de *Notre Dame* em Paris, deu-se a criação de um novo tipo de música chamado *organum*. Os trovadores cantavam a música secular e durante a Idade Média, a cultura ocidental presenciou o surgimento do primeiro grande compositor. Seu nome é Guillaume Machaut.

Sendo assim, a música pode ser subdividida em períodos, cada qual com suas características e peculiaridades.

1.2.1 Música Medieval

Antes da invenção da escrita, a música era passada de geração para geração de forma oral. Em torno do século IX, a pauta musical surgiu pela primeira vez. Sugerida pelo monge Guido d'Arezzo (995 – 1050), a pauta deveria conter quatro linhas, sistema esse ainda usado no canto gregoriano. Ao mesmo monge atribui-se a utilização do sistema silábico que dá nome às notas. Esse sistema silábico pode ser encontrado em uma melodia profana que

constituía um hino cantado pelos meninos cantores em homenagem ao padroeiro dos músicos, São João Batista, e a entoação desse hino era feita no intuito de pedir a proteção das vozes dos cantores contra a rouquidão. Cada uma das linhas iniciava-se com uma nota mais aguda que a nota anterior. A melodia do hino foi associada a um texto sagrado, escrito em Latim, onde a primeira sílaba de cada linha dava o nome de cada nota da escala musical.

Ut queant laxit

Ressonare fibris

Mira gestorum

Famuli tuorum

Solvi polluti

Labii reatum

Sancte Ioannes

Esse texto pode ser traduzido da seguinte maneira:

“Para que nós, servos, com nitidez e língua desimpedida, o milagre e a força dos teus feitos elogiemos, tira-nos a grave culpa da língua manchada, São João”.

No século XIX, esse sistema foi rearranjado. Alguns tons sofreram uma reformulação para facilitar o canto. *Ut* tornou-se *Dó* e *Sa* tornou-se *Si*. *Si* são as iniciais de *Sancte Ioannes*.

A música mais antiga atualmente conhecida é composta por uma única linha melódica cantada sem acompanhamento. Esse estilo de composição pode ser chamado de Cantochão ou de Canto Gregoriano (Ambrosiano, Galicano).

Posteriormente ao cantochão, mais vozes foram acrescentadas ao canto, resultando nas primeiras composições para coral (polifonia).

Somadas ao Cantochão cantado nas igrejas, na Idade Média eram produzidas, por pessoas comuns, muitas canções e danças. Entre os séculos XII e XIII, trovadores, poetas e músicos do Sul da França e da Itália foram responsáveis por uma grande produção de composições em forma de canções.

Nessa época, os instrumentos mais utilizados nas danças e canções eram a viela² (instrumento antecessor daqueles da família dos violinos), flautas doces de inúmeros

² Nessa época, a viola ainda era chama de viela, como escrito no texto.

tamanhos, trompetes retos medievais, alaúdes, gaitas de fole, instrumentos rítmicos e de percussão, como triângulos, sinos e tambores.

Dentre os principais compositores dessa época, podemos citar o monge Guido d'Arezzo (995 – 1050), Guillaume de Machaut (1330 – 1377), dentre outros.

1.2.2 Música Renascentista

O ponto alto do período Renascentista na Europa Ocidental, caracteriza-se por um grande interesse pela cultura e pelo saber. Nessa época, aconteceram diversos avanços na Astronomia e na Ciência, juntamente com as grandes descobertas e explorações feitas por Colombo, Cabral, Vasco da Gama e outros, em suas viagens.

Permeados por esse clima de avanços e descobertas, os compositores passaram a se interessar mais avidamente pela música não religiosa, chamada de música profana, e também por compor peças voltadas a instrumentos sem que esses acompanhassem ou fossem acompanhados por vozes. Entretanto, ainda assim, as maiores obras compostas foram para a igreja, escritas em um estilo denominado policoral, cantadas sem a presença de instrumentos.

Pode-se dizer que, nesse período, a música possuía múltiplas melodias tocadas ao mesmo tempo por instrumentos e/ou cantadas.

Nas chamadas músicas policorais, como o próprio nome nos indica, eram usados mais de um grupo de pessoas que cantavam. As composições eram feitas para que a voz vinda de um dos corais fosse respondida pelo outro e vice versa. Em geral, as composições eram para dois corais. No entanto, compositores como Giovanni Gabrielli (1555 – 1612) compôs peças para dois e três corais.

As peças denominadas Motetos eram escritas para quatro vozes no mínimo. Os Motetos eram, em geral, executados nas igrejas. Já as peças denominadas Madrigais correspondiam a canções populares compostas para várias vozes. Uma das características dos Madrigais era a ausência de refrões. Essas canções se tornaram muito famosas na Inglaterra, no século XIV, chegando a serem cantadas nos lares de famílias que tinham paixão por música.

Até os primeiros anos do século XVI, os instrumentos eram utilizados apenas para acompanhar o canto. No entanto, durante esse mesmo século, os compositores começaram a se interessar cada vez mais por composições voltadas exclusivamente para instrumentos.

Além de alaúdes, violas e flautas, em várias residências podia ser encontrado o virginal ou clavicórdio, que nada mais é do que um pequeno órgão. Foi no período renascentista que surgiram as primeiras composições voltadas exclusivamente para instrumentos com teclados.

Alguns instrumentos, como as flautas e alguns modelos de cornetos medievais, continuaram sem alterações na sua estrutura, enquanto outros, como o alaúde, por exemplo, sofreram aperfeiçoamentos.

Dentre os principais compositores renascentistas, podem ser destacados Giovanni Pierluigi Palestrina (1525-1594) e Claudio Monteverdi (1567 – 1643), dentre outros.

1.2.3 Música Barroca

O termo Barroco significa pérola ou joia no formato irregular, sendo esse possivelmente um termo de origem portuguesa. Inicialmente usado para designar o estilo da arte e da arquitetura do século XVII, foi posteriormente utilizado pelos compositores para designar o período da história que se inicia com o aparecimento do oratório e da ópera terminando com a morte de Johann Sebastian Bach.

O estilo das composições barrocas, em geral, é exuberante, com ritmos de grande energia, contrastes de timbres entre os instrumentos, sonoridades que variam de intensidade e melodias cheias de ornamentos.

Nas composições vocais, a composição de Monteverdi denominada *Orfeu*, foi a primeira grande ópera.

Denomina-se ópera uma peça teatral em que os atores, ao invés de falar, cantam as suas partes. Essa ópera era composta por uma orquestra de vários instrumentos, distribuídos entre 40 integrantes, incluindo já os violinos que começaram a ser utilizados no lugar das violas.

Outra importante forma de composição barroca, que nasceu na mesma época que a ópera, é o Oratório, em que as histórias eram tiradas da Bíblia. Haendel (1685 – 1759) é o compositor que tem os oratórios mais famosos, dentre os quais, podemos destacar o *Messias*, do início do século XVIII.

Nas missas, eram apresentados oratórios em miniatura que são denominados Cantatas.

Foi nesse período que a música instrumental atingiu o mesmo *status* da música vocal. A orquestra passou a tomar forma e se organizar, já que, anteriormente, a palavra orquestra era empregada para denominar um conjunto de músicos formado aleatoriamente, com os instrumentos que estavam disponíveis no momento.

No século XVII, com a evolução dos instrumentos de corda, de forma especial os violinos, a seção de cordas se tornou uma unidade independente passando a ser o centro da orquestra. Tendo os violinos como centro, os outros instrumentos como flautas, trompas, trompetes, tímpanos e fagotes eram inseridos.

Para preencher a harmonia nas frequências mais graves, a presença do cravo ou do órgão era constante. Foi nesse período que apareceram novos tipos de composições como a sonata, a fuga, a suíte e o concerto.

Podemos citar como os principais compositores barrocos, Antônio Vivaldi (1678 – 1741), Johann Sebastian Bach (1685 – 1750) e George Friedrich Haendel (1685 – 1759).

1.2.4 Música Clássica

A música chamada de clássica corresponde às composições escritas entre os anos de 1751 e 1810. Em geral, o termo música clássica é usado para descrever a música erudita. No entanto, para os estudiosos, a música clássica é apenas aquela composta no período mencionado acima.

As composições clássicas primam pela elegância, com características refinadas realçando a beleza das melodias sem muitas complicações. Nessas composições, o cravo deixou de ser utilizado e os compositores acrescentaram um maior número de instrumentos de sopro. Nesse período, a orquestra, como conhecemos nos dias atuais, ainda estava em desenvolvimento.

Durante esse período, a música vocal perdeu o *status* que tinha até então dando lugar à música instrumental. Nessa época foi criada a Sonata, obra constituída por vários movimentos para um ou mais instrumentos.

Tendo como expoentes Mozart e Beethoven, vários formatos de composições foram feitos. A sinfonia, constituída de quatro movimentos (rápido – lento – minuetto – muito rápido), nada mais é que uma sonata para orquestra. Já o Concerto representa uma

composição voltada a um instrumento solista que contrasta com a orquestra. Essa forma de composição é constituída de três movimentos (rápido – lento – rápido).

Foi nesse período que surgiram várias obras voltadas ao piano. Diferentemente do cravo, onde as cordas são tangidas por bicos de penas, o piano tem suas cordas percutidas por pequenos martelos, dando a possibilidade de variar a intensidade do som de acordo com a pressão exercida pelo músico. Isso resulta na possibilidade de variações na intensidade das notas tocadas, ou seja, na dinâmica da execução, dando ao piano um poder de expressão muito maior e abrindo uma série de novas possibilidades.

Apesar dos primeiros modelos serem muito precários, o que dificultou, de início, a adesão ao uso do piano, no final do século XVIII o cravo já tinha sido substituído por ele.

Nesse período, o músico servia muito à nobreza, compondo músicas de fundo para jantares e conversas, seguindo as tradições musicais da época, respeitando e refletindo as emoções da corte. Composições que fugissem dessas tradições não eram bem vindas.

Diferentemente de vários compositores, Mozart não respeitou essas tradições, pagando um alto preço por se manter fiel aos seus princípios. A corte o desprezou a ponto de deixá-lo morrer como um indigente.

Beethoven foi o primeiro compositor respeitado como artista que decidiu não servir às obrigações da corte.

1.2.5 Música Romântica

Diferentemente dos compositores clássicos, que primavam pelo equilíbrio entre a expressividade e a estrutura formal, os compositores românticos eram menos rigorosos com a forma, buscando expressões mais emotivas onde revelavam o âmago dos seus pensamentos e sentimentos mais profundos, expondo até suas dores. Como eram leitores inveterados, interessavam-se também por outras formas de artes. Em muitas composições, pode-se observar uma forte inspiração em livros lidos pelo compositor ou quadros que o sensibilizavam. Os compositores eram fascinados por tratar temas que envolviam terras exóticas e o passado distante, os rios e lagos das florestas, o luar, a calada da noite, as tristezas e dores de amor, lendas, contos de fadas, magia, coisas sobrenaturais, os sonhos, tudo isso proporcionava uma maior riqueza nas harmonias onde se empregavam muitos tons dissonantes.

O período romântico se caracteriza também pelas composições de canções, em particular o Lied para piano e canto. O primeiro compositor desse formato foi Schubert (1797 – 1828).

As óperas compostas nesse período são hoje as mais famosas, tendo como ícones os compositores italianos Verdi (1813 – 1901) e Rossini (1792 – 1868). Na Alemanha, o compositor Wagner (1813 – 1883) e, no Brasil, destaca-se o compositor Antônio Carlos Gomes (1836 – 1896) que tem em seu currículo as óperas *O Escravo*, *Fosca* e *O Guarani*, dentro muitas outras.

Foi nesse período que as orquestras se expandiram em tamanho e abrangência. Na seção das madeiras foram adicionados o contrafagote, de som bem grave, o flautim, o clarone e o corne inglês. A seção dos metais ganhou um destaque maior. Houve também uma maior variação de instrumentos de percussão como tímpanos, pratos, dentre outros. Podemos citar também que nos concertos românticos eram usadas orquestras grandes e as composições exigiam cada vez mais dos virtuosos nas partes de solo.

As influências alemãs dominaram a música até a metade do século XIX quando compositores de outros países, em especial os russos, passaram a criar a própria música, inspirando-se nas lendas de seus países e nas músicas folclóricas. Esse evento é chamado pelos estudiosos de Nacionalismo Musical.

Nesse século, o piano passou por diversos melhoramentos levando a maioria dos compositores românticos a escreverem composições voltadas a ele. Dentre esses compositores, os expoentes são Chopin (1810 – 1849), Schubert (1797 – 1828) e Brahms (1838 – 1897).

Nesse período, outro tipo de composição chamada Étude ou Estudo, tinha o objetivo de aprimorar a técnica do instrumentista, os virtuosos, que eram os músicos de concerto extremamente técnicos. Dentre os virtuosos podem ser citados o violinista Paganini (1782 – 1840) e o pianista Liszt (1811 – 1886).

1.2.6 Música Moderna

A música do século XX, chamada de música moderna, constitui-se por várias experiências e tentativas. Essas ações criaram novas técnicas e tendências levando em alguns casos à criação até de novos sons. A música moderna é uma mistura complexa de várias tendências, diferenciando-se da música dos outros períodos que tinham uma maior identidade.

Essas novas tendências tem em comum, a ruptura com o estilo romântico do século anterior, levando alguns críticos a descreverem a música moderna como “antirromântica”.

Dentre as novas tendências e técnicas, podemos ressaltar a música eletrônica, música aleatória, música concreta, música atônica (música que não tem uma tonalidade predominante, um tom central que é seguido), dentre outras. Algumas características dessas composições podem ser observadas na música classificada como moderna, do século XX. Observando as melodias, podemos perceber que são curtas e fragmentadas, vez ou outra nem existindo, o que contrasta violentamente com as composições românticas. Os ritmos são vigorosos e dinâmicos, com métricas inusitadas em compassos de cinco e sete tempos, mudanças métricas, sincopados, utilizando vários ritmos ao mesmo tempo. Existe a inclusão de timbres estranhos nas músicas, pouco harmônicos aos nossos ouvidos, com fortes contrastes sendo por vezes explosivos, com variações abruptas na intensidade do som. Nesse período, as composições trazem um maior uso da percussão, de sons desconhecidos e novos, provenientes dos aparelhos eletrônicos e fitas magnéticas.

Alguns compositores que podem ser citados são Igor Stravinsky (1882 – 1971), Sergei Prokofiev (1891 – 1953) e Heitor Villa-Lobos (1887 – 1959).

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS - ONDAS

2.1 Introdução

Podemos observar fenômenos ondulatórios em muitos eventos proporcionados tanto pela natureza como por artefatos produzidos pela humanidade.

No momento em que ocorre um terremoto em determinado ponto do planeta, ondas de choque se propagam pelo solo podendo ser detectadas por sismógrafos que se encontram muito distantes do epicentro do mesmo. As vibrações dos elétrons em uma antena nos transmissores das rádios e das geradoras de sinais de TV enviam ondas eletromagnéticas que serão captadas pelas antenas dos carros, das casas, proporcionando momentos de prazer e descontração às pessoas. As ondas geradas pelos fornos de micro-ondas fazem com que as moléculas de água dos alimentos vibrem, aquecendo-os. As ondas que conectam nossos aparelhos celulares permitindo que nos comuniquemos de forma rápida e eficiente, bem como as ondas dos roteadores *wireless*, que nos trazem o conforto de conectarmos nossos computadores, *notebooks*, *smartphones*, sem a necessidade de fios, também são exemplos da aplicação das ondas no cotidiano.

O que dizer então da beleza das cores que nossos olhos conseguem captar? Nesse caso, também temos a presença de ondas, chamadas de luminosas, que nos permitem enxergar as coisas e apreciar as paisagens.

Não podemos nos esquecer das ondas aplicadas à medicina. O ultrassom, o Raio-X, a ressonância magnética, são exemplos de aparelhos que fazem diagnósticos a partir da análise das imagens geradas pelas ondas que interagem com o corpo e trazem a informação aos computadores que, posteriormente, interpretam-nas.

Vários exemplos citados anteriormente fazem parte da modernidade. No entanto, um exemplo que certamente é parte das nossas vidas, desde os primórdios da comunicação, refere-se às ondas sonoras. É com essas ondas que nos comunicamos de forma mais direta.

Desde os mais primitivos animais (mamíferos) até o homem moderno, a capacidade de comunicação mais íntima se dá por meio de ondas sonoras. No mar, as ondas sonoras “conectam” baleias e golfinhos que se encontram muito distantes uns dos outros. No

nosso dia a dia, aquele bate papo mais interessante, olho no olho, na maior parte das vezes, só é possível quando conseguimos nos comunicar utilizando ondas sonoras. Enfim, as ondas sonoras fazem parte da nossa vida.

Dentre as várias maravilhas proporcionadas pelo uso e manipulação das ondas sonoras, ressaltamos neste contexto a Música, que é a arte de manipular e combinar o som e o silêncio.

Neste capítulo, faremos um apanhado teórico sobre as oscilações e as ondas em geral, posteriormente particularizando o estudo das ondas sonoras.

2.2 Oscilações

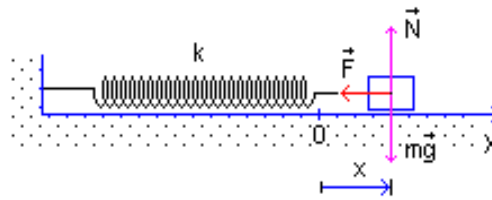
Muitos são os sistemas que oscilam na natureza. Vários deles oscilam de forma bastante visível, como o pêndulo dos relógios, os balanços em parques de diversão, dentre vários outros exemplos. Já outros sistemas oscilam de maneira imperceptível aos nossos olhos, como as vibrações de uma ponte, os elétrons em uma antena de rádio, as moléculas que constituem um corpo. Em todos esses exemplos de oscilação, temos um corpo macroscópico ou microscópico realizando um movimento de vai e vem, de vibração, de oscilação em torno de um ponto de equilíbrio.

2.2.1 Oscilador Massa-Mola

Dentre os vários sistemas oscilantes, damos ênfase ao oscilador Massa-Mola. Como o próprio nome remete, esse oscilador é constituído de um corpo de massa m ligado a uma mola de constante elástica K que, a partir de uma situação inicial, realiza um movimento oscilatório em torno de uma posição de equilíbrio.

A figura 2.1 a seguir mostra um oscilador massa-mola, no qual o atrito com o solo é considerado desprezível:

Figura 2.1 – Oscilador Massa-Mola.



Fonte – site: www.brasilecola.com

A importância desse oscilador se dá pelo fato do seu movimento de oscilação ser um Movimento Harmônico Simples, o qual nos permite dimensionar vários outros sistemas a partir da análise deste.

Na figura, podemos identificar três forças que agem no corpo: a força de atração gravitacional ($m.g$) a reação do apoio (N) e a força elástica ($K.x$) exercida pela mola, quando essa está alongada. Neste caso, a força gravitacional e a reação normal se equilibram, sendo a força elástica a resultante das forças que agem no corpo.

Posto a oscilar, a força elástica aplicada pela mola é dada pela lei de Hooke:

$$F_{ela} = -k \cdot x \quad \text{Equação 01}$$

No ponto O, a força elástica é nula sendo esta a posição de equilíbrio, onde a resultante das forças é nula. O sinal negativo na equação 01 indica que a força elástica é do tipo restauradora.

Pela 2ª Lei de Newton, temos:

$$-k \cdot x = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2}$$

Rearranjando essa equação, temos:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -\frac{k}{m} \cdot x = a \quad \text{Equação 02}$$

De acordo com a equação 02, a aceleração do corpo é proporcional ao deslocamento, sendo de sentido oposto ao mesmo. Essa é uma característica do Movimento Harmônico Simples: a aceleração de um corpo é proporcional ao deslocamento e tem sentido oposto ao mesmo.

2.3 Ondas

São várias as formas de se definir uma onda e todas elas devem chegar à mesma conclusão pura e simples:

Onda é uma propagação de energia e momento sem que haja a propagação de matéria.

2.3.1 Classificação das Ondas

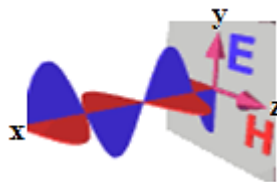
Podemos classificar as ondas de duas maneiras: em relação à sua natureza e em relação à direção de propagação e oscilação.

Primeiramente, vamos classificá-las por sua natureza. Dos três tipos de ondas que podemos encontrar na natureza, mecânicas, eletromagnéticas e ondas de matéria, vamos destacar apenas dois:

- Ondas Eletromagnéticas: São ondas que se propagam por meio da oscilação de campos elétricos e campos magnéticos.

Na figura abaixo, apresentamos o esquema de uma onda eletromagnética plana, ou seja, com apenas uma direção de propagação, a direção x.

Figura 2.2 – O campo elétrico (E) é perpendicular ao campo magnético (H) e ambos oscilam harmonicamente em função do tempo, perpendicularmente à direção de propagação.



Fonte – site: www.infoescola.com

As ondas dessa natureza propagam tanto por meios materiais quanto no vácuo.

As oscilações de cargas elétricas geram ondas desse tipo, como as ondas AM, FM, das rádios que escutamos no carro; VHF, UHF das TVs abertas, micro-ondas utilizadas na telefonia celular, nas antenas de TV pagas e nos fornos domésticos para aquecimento dos alimentos. Ainda podemos identificar essas ondas nas lâmpadas infravermelhas utilizadas

para aquecimento de ambientes ou fisioterapia; as ondas luminosas que possibilitam a nossa visão; os raios ultravioletas, raios X e raios Gama. Em todos os casos, identificamos uma propagação de energia sem que haja a necessidade de um meio material e sem que haja propagação de matéria.

As equações que descrevem uma onda eletromagnética plana que se propaga na direção do eixo x são determinadas pelas equações de Maxwell para o campo elétrico E e para o campo magnético H.

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} E_y = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} E_y \quad \text{Equação 03}$$

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} H_z = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2}{\partial t^2} H_z \quad \text{Equação 04}$$

Nas equações, E_y é a componente do campo elétrico no eixo y e H_z é a componente do campo magnético no eixo z. A constante $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} T \cdot m/A$ é chamada permeabilidade magnética do vácuo e $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} C^2/N \cdot m^2$ é a permissividade elétrica do vácuo.

Sendo as equações semelhantes, a solução delas também o é. Uma dessas soluções para o campo magnético é:

$$H_z(x, t) = H_1 \cdot \text{sen}(kx + \omega t) + H_2 \cdot \text{sen}(kx - \omega t) \quad \text{Equação 05}$$

Os termos H_1 e H_2 na função são constantes e representam as amplitudes do campo magnético, ω é a frequência angular e k é o número de onda.

Caso esta onda não sofra reflexão, a solução da equação da onda que se desloca no sentido positivo do eixo x é:

$$H_z(x, t) = H_2 \cdot \text{sen}(kx - \omega t) \quad \text{Equação 06}$$

Analogamente, a solução para o campo elétrico associado à onda é:

$$E_y(x, t) = E_2 \cdot \text{sen}(kx - \omega t) \quad \text{Equação 07}$$

No caso de uma onda eletromagnética tridimensional, que se propaga no vácuo onde não existam correntes elétricas e nem cargas elétricas, a equação da onda eletromagnética pode ser determinada a partir das seguintes equações, que são respectivamente o Laplaciano³ do vetor campo elétrico e do vetor campo magnético:

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad \text{Equação 08}$$

Na equação 08, \vec{E} é o campo elétrico e sua intensidade é $E = f(x, y, z, t)$.

$$\nabla^2 \vec{H} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} \quad \text{Equação 09}$$

Na equação 09, \vec{H} é o campo Magnético e sua intensidade é $H = f(x, y, z, t)$.

As soluções das equações 08 e 09 são os campos elétrico e magnético que constituem a onda eletromagnética tridimensional.

- Ondas Mecânicas: As ondas mecânicas são aquelas que só se propagam por um meio material e elástico. No vácuo, não são encontradas ondas mecânicas.

Alguns exemplos são: as ondas que se propagam em uma corda de um instrumento musical; as ondas sonoras que nos permitem escutar os sons da natureza; as ondas que se propagam na água quando perturbada; as ondas ultrassônicas nos aparelhos usados na medicina para exames e diagnósticos. Em todos os casos, observamos a propagação de energia sem a propagação de matéria.

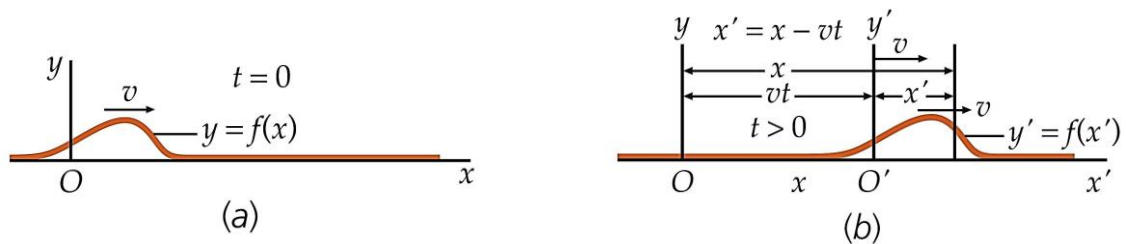
Nas ondas mecânicas, a matéria, seja o ar, a corda, a água, é quem intermedia a propagação da energia a partir das vibrações das partículas que constituem o meio. Portanto, o que se propaga é a energia gerada por uma fonte e não a matéria.

A nossa ênfase neste trabalho está centrada na análise da onda mecânica, já que esta é o objeto do nosso estudo.

³ Na Matemática e na Física, o Laplaciano, ou Operador de Laplace é um operador de segunda ordem que determina a soma de todas as derivadas parciais simples de segunda ordem.

Vamos analisar a onda mecânica mais simples de ser caracterizada que, de acordo com Nussenzveig (2002), é a onda progressiva em uma única dimensão, cujo movimento depende exclusivamente das variáveis x e t . Consideremos que essa onda se propaga em uma corda.

Figura 2.3 – (a) Onda progressiva propagando da esquerda para a direita, no instante inicial $t = 0$, em um sistema de referência O coincidente com O' . (b) A mesma onda em um instante t posterior.



Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

A forma da corda no instante t mostra o perfil da onda nesse instante, dado pela função $y(x,t)$. Na figura 03(a), temos o perfil da onda para $y(x,0)$ e na figura 03(b) o perfil da onda para $y(x,t)$. A perturbação mostrada é uma onda progressiva que se propaga da esquerda para direita com uma velocidade v e que não sofre alteração na sua forma.

Acompanhando a onda em outro referencial O' que se movimenta ao longo do eixo x com a mesma velocidade da onda (v) e que coincide com o referencial O no instante $t = 0$, o perfil da onda se mantém inalterado. Então:

$$y'(x', t) = y'(x', 0) = f(x') \quad \text{Equação 10}$$

De acordo com as transformadas de Galileu, podemos relacionar os referenciais O e O' da seguinte maneira:

$$x' = x - v \cdot t, \quad y' = y \quad \text{Equação 11}$$

Dessa forma, no referencial original temos:

$$y(x, t) = f(x - v \cdot t) \quad \text{Equação 12}$$

Na equação 12, podemos ressaltar que y , função das duas variáveis x e t , depende exclusivamente dessas variáveis por meio de $x' = x - v \cdot t$, podendo ser uma função qualquer de x' . Essa mesma equação implica que:

$$y(x, t) = y(x + \Delta x, t + \Delta t) \text{ sendo } \Delta x = v \cdot \Delta t \quad \text{Equação 13}$$

Então, o perfil da onda no instante $t + \Delta t$ é o mesmo no instante t , deslocado para a direita de uma distância $\Delta x = v \cdot \Delta t$.

Da mesma maneira, podemos descrever uma onda progressiva que se propaga da direita para esquerda, bastando para isso trocar o sinal da velocidade $v \rightarrow -v$.

Figura 2.4 – Onda progressiva propagando da direita para a esquerda.



Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

$$y(x, t) = g(x + v \cdot t) \quad \text{Equação 14}$$

Nessa equação, notamos novamente que $g(x'')$ representa uma função arbitrária de seu argumento $x'' = x + v \cdot t$, que descreve o perfil da onda em um dado instante.

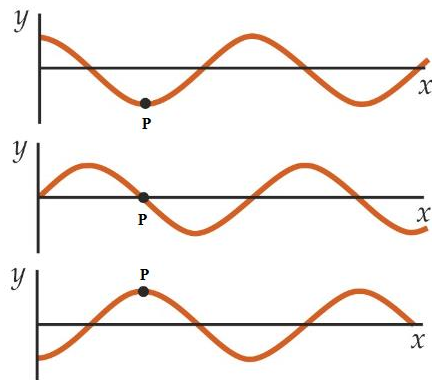
Em uma corda, podemos encontrar ondas progressivas propagando tanto para a direita quanto para esquerda, enquanto essas ondas não atingem as extremidades da corda. Em uma corda finita, as ondas sofrem reflexões ao atingirem as extremidades da corda, gerando, assim, ondas progressivas que se propagam em sentidos opostos simultaneamente. Nesse caso temos:

$$y(x, t) = f(x - v \cdot t) + g(x + v \cdot t) \quad \text{Equação 15}$$

Podemos considerar ondas somente em um sentido durante certos intervalos de tempo no caso de cordas suficientemente longas, ou para qualquer tempo no caso limite ideal de uma corda de comprimento infinito.

A velocidade de propagação da onda não é a mesma da velocidade de oscilação dos pontos por onde ela passa. Consideremos ainda o caso da onda se propagando na corda e um ponto **P** que oscila na direção y .

Figura 2.5 – Ponto P de uma corda oscilando na direção y . Na figura são mostradas três situações em três instantes de tempo diferentes.



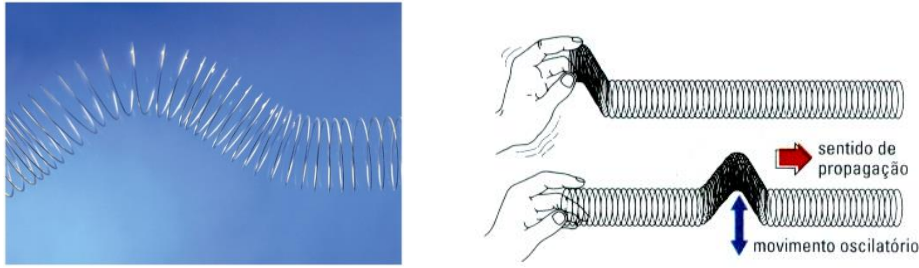
Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

A velocidade do ponto P, na posição x , que oscila verticalmente na direção y num instante t , é dada por $\frac{\partial}{\partial t} y(x, t)$ e sua aceleração $\frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x, t)$.

A outra maneira de classificar uma onda é comparando a direção de propagação e oscilação. Também são dois os tipos de ondas que podemos identificar:

- Ondas Transversais: As ondas transversais são aquelas em que a direção de propagação é perpendicular à direção de oscilação. Todas as ondas eletromagnéticas são transversais. A figura a seguir mostra uma onda transversal propagando-se em uma mola helicoidal.

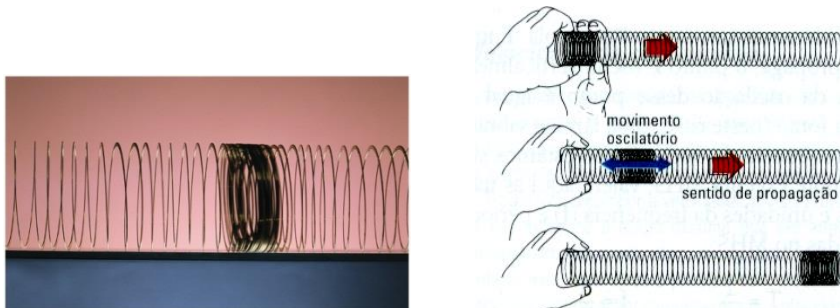
Figura 2.6 – Onda transversal propagando-se em uma mola. Observe que a direção de propagação é perpendicular à direção de oscilação.



Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

- Ondas Longitudinais: As ondas longitudinais são aquelas em que a direção de propagação é a mesma da direção de oscilação. As ondas sonoras são exemplos de ondas longitudinais. As vibrações provocadas por uma fonte sonora nas partículas do meio material fazem com que elas oscilem na mesma direção da propagação da energia sonora. Na figura a seguir, podemos observar uma onda longitudinal em uma mola helicoidal.

Figura 2.7 – Onda longitudinal propagando-se em uma mola. Observe que a direção de propagação é a mesma da direção de oscilação.



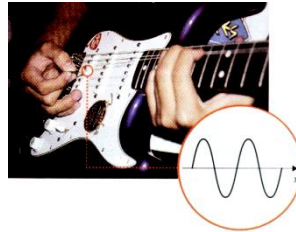
Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

Além dessas duas maneiras de classificar as ondas, podemos atribuir mais uma característica às mesmas, relacionada ao número de dimensões em que elas podem se propagar.

As ondas podem ser:

- Unidimensionais: As ondas unidimensionais são aquelas que se propagam em uma única direção, como a onda que se propaga em uma corda de um instrumento musical.

Figura 2.8 – Onda unidimensional propagando se em uma corda.



Fonte – site: www.brasilecola.com

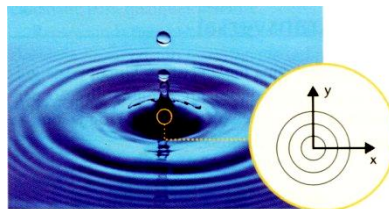
A equação 16 descreve uma onda unidimensional, em termos da perturbação δ em função da posição x e do tempo t de propagação dessa onda.

$$\frac{\partial^2 \delta}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \delta}{\partial t^2} \text{ onde } \delta = f(x, t) \quad \text{Equação 16}$$

Na equação 16, bem como nas outras em todo o texto, v é a velocidade de propagação da onda.

- Bidimensionais: As ondas bidimensionais são aquelas que se propagam em duas dimensões, varrendo uma superfície. Ao jogarmos uma pedra nas águas paradas de uma piscina ou de um lago, podemos observar a formação de ondas circulares que são mecânicas e bidimensionais.

Figura 2.9 – Ondas bidimensionais propagando na superfície da água.



Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

A equação 17 a seguir, descreve a perturbação δ em função da posição (x,y) e do tempo t para uma onda bidimensional.

$$\frac{\partial^2 \delta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \delta}{\partial y^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \delta}{\partial t^2} \text{ onde } \delta = f(x, y, t) \quad \text{Equação 17}$$

- Tridimensionais: As ondas tridimensionais são aquelas que se propagam nas três dimensões, varrendo um volume. As ondas sonoras e as ondas eletromagnéticas são exemplos de ondas tridimensionais.

Figura 2.10: Pessoa gritando gerando um som que se propaga nas três dimensões. Outra pessoa que se encontra atrás, ao lado, deitada no chão ou no andar de cima de um apartamento pode ouvir o som produzido pelas cordas vocais da pessoa que grita.



Fonte – site: www.brasilecola.com

A equação 18 a seguir, descreve a perturbação δ em função da posição (x;y;z) e do tempo t para uma onda tridimensional.

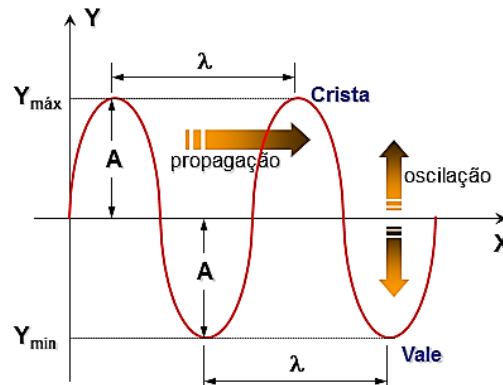
$$\frac{\partial^2 \delta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \delta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \delta}{\partial z^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \delta}{\partial t^2} \text{ onde } \delta = f(x, y, z, t) \quad \text{Equação 18}$$

2.3.2 Parâmetros de uma Onda Harmônica

Uma onda harmônica é aquela descrita por uma função seno ou cosseno, ou seja, do tipo $Y(x,t) = A \sin(kx - \omega t + \xi)$, em que os parâmetros k e ω e ξ serão descritos mais adiante.

Apresentadas na seção 2.3.1 algumas propriedades das ondas, vamos definir agora alguns parâmetros que são importantes ao seu estudo. A figura a seguir mostra alguns deles para uma onda harmônica, transversal, propagando-se em uma corda, sendo que esta figura se trata de um instantâneo dessa perturbação.

Figura 2.11 – Nessa figura podemos identificar alguns parâmetros das ondas.



Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

Na propagação ondulatória, a oscilação ocorre em torno de um eixo, no caso da figura, o eixo x, atingindo pontos máximos e pontos mínimos na direção das ordenadas. Aos pontos máximos damos o nome de cristas e aos pontos mínimos damos o nome de vales.

Amplitude (A): A ordenada máxima de um ponto em uma onda transversal ou longitudinal chama-se amplitude. Esse parâmetro da onda está relacionado à quantidade de energia que está propagando, sendo que quanto maior a amplitude, maior a quantidade de energia transferida pela onda e maior a sua intensidade.

Período (T): Podemos observar na figura 2.11 que, a partir de um determinado instante, o padrão da onda passa a se repetir, e cada uma dessas repetições leva um intervalo de tempo para ocorrer. O nome dado a esse intervalo de tempo, onde ocorre uma oscilação completa, é período e sua unidade no sistema internacional é o segundo (s).

Comprimento de Onda (λ): Enquanto ocorre uma oscilação, a onda se propaga a uma determinada distância. Essa distância percorrida pela onda em um intervalo de tempo igual a um período é outro parâmetro importante da onda chamado comprimento de onda. Quando dois pontos distam um do outro um número inteiro de comprimentos de onda, dizemos que estão oscilando em fase. Podemos perceber que os pontos onde se encontram as cristas e onde se encontram os vales oscilam juntamente, ou seja, enquanto um está no máximo, o ponto subsequente da outra crista também está. Isso é válido também para os pontos nos vales. Com

isso, temos uma outra forma de identificar o comprimento de onda a partir da distância entre dois pontos subsequentes que oscilam em fase.

Frequência (f) e Frequência Angular (ω): Observando a propagação e a oscilação de uma onda, podemos identificar quantas vezes essa onda oscila completamente em uma unidade de tempo. Esse parâmetro da onda é chamado de frequência e a unidade no sistema internacional é o Hertz (Hz), que fornece o número de oscilações por segundo. Matematicamente, podemos determinar a frequência de uma onda pela seguinte relação:

$$f = \frac{N}{\Delta t} \quad \text{Equação 19}$$

N é o número de oscilações e Δt é o intervalo de tempo em que se contaram as N oscilações.

A partir da equação 19, podemos determinar uma relação entre o período T da onda e a sua frequência f. Caso $N = 1$, temos uma única oscilação da onda. O intervalo de tempo de uma oscilação completa é o período T. Então, $\Delta t = T$. Substituindo na equação 19 da frequência, temos:

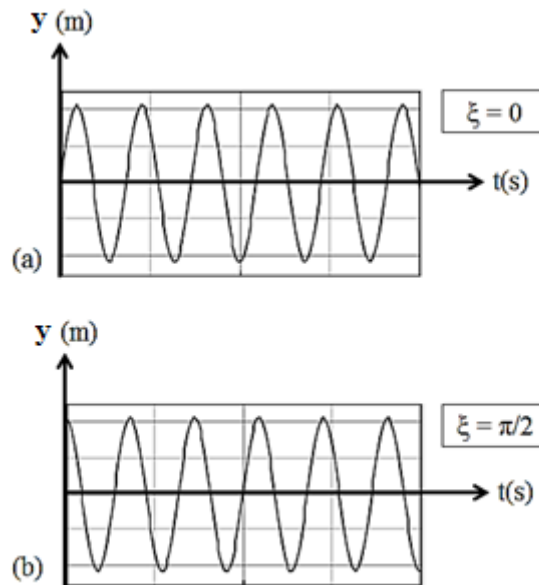
$$f = \frac{1}{T} \quad \text{Equação 20}$$

Podemos identificar que a frequência é o inverso do período e vice versa.

É bastante usual nas equações que representam ondas, trabalharmos com a frequência angular (ω), dada por $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ ao invés de utilizarmos f. No sistema internacional de unidades, a unidade de ω é rad/s.

Constante de fase (ξ): constante de fase ou fase inicial nos diz quanto uma onda está adiantada em relação à outra. A figura 2.12 deixa mais claro a influência desse parâmetro, considerando as onda harmônicas $y(x,t) = A \cdot \sin(kx - \omega t)$ (a) e $y(x,t) = A \cdot \sin(kx - \omega t - \xi)$ (b):

Figura 2.12 – Na figura (a) representamos uma onda senoidal com constante de fase $\xi = 0$. Na figura (b), temos essa onda defasada em $\pi/2$ radianos, sendo $\xi = \pi/2$.



Fonte – site: www.sonsonoros.wordpress.com

Velocidade de Propagação (v): Outra informação importante sobre a onda é sua velocidade de propagação, a qual está intimamente relacionada às características do meio em que a onda está se propagando. Em um meio homogêneo ela tem um valor constante. Então, podemos determinar esta velocidade de propagação pela equação 21:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad \text{Equação 21}$$

Tomando essa equação, vamos fazer a seguinte consideração: sendo $dx = \lambda$, o intervalo de tempo $dt = T$, e, substituindo-os na equação da velocidade, temos:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{Equação 22}$$

Como:

$$f = \frac{1}{T}$$

Concluimos que:

$$v = \lambda \cdot f$$

Equação 23

2.3.3 Velocidade de propagação de uma onda

Vimos anteriormente que a velocidade de propagação de uma onda pode ser determinada conhecendo-se a sua frequência f e o seu comprimento de onda λ . No entanto, essa velocidade, que só tem sentido para ondas harmônicas, depende diretamente das características do meio em que ela se propagada. Vamos analisar uma situação mais geral, que se aplica a qualquer tipo de onda, harmônica ou não, que é a velocidade de propagação de uma onda em uma corda.

2.3.3.1 Velocidade de propagação de uma onda em uma corda

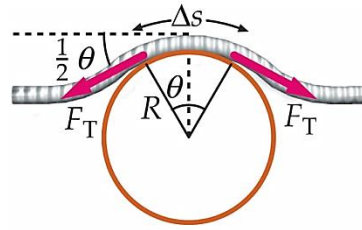
Consideremos a figura 2.13 a seguir, onde temos uma corda de densidade linear μ tensionada por uma força F_T , e um pulso que se propaga da esquerda para direita, com velocidade v e de amplitude pequena em relação ao comprimento da corda. Assim, podemos considerar que a força F_T tem intensidade constante.

A análise será feita em um referencial que se move juntamente com o pulso que se desloca para a direita com a velocidade v . Podemos dizer, então, que, nesse referencial, o pulso está estacionário e a corda se desloca com velocidade v para a esquerda.

Na figura, representamos um pequeno segmento da corda de comprimento Δs , considerado aqui como um pequeno arco de circunferência de raio R . Num determinado momento, este segmento tem uma velocidade v na trajetória circular e as forças que agem sobre o segmento são as F_T em cada uma das extremidades do segmento, as quais podem ser decompostas nas suas componentes horizontais e verticais.

Sendo as componentes horizontais dessas forças de mesma intensidade e de sentidos opostos, elas se equilibram nesta direção e as componentes verticais se somam dando uma resultante não nula. No caso do ângulo θ ser muito pequeno, podemos considerar que esta resultante tem direção e sentido para o centro do arco, proporcionando, assim, a força centrípeta.

Figura 2.13: Pulso propagando em uma corda. Em destaque, as forças de tração na corda.



Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

Sendo θ o ângulo delimitado pelo arco que contém o segmento Δs , o ângulo formado por F_T e o raio do arco tem valor $\frac{\theta}{2}$. Assim, podemos determinar a força resultante centrípeta pela relação:

$$F_c = 2 \cdot F_T \cdot \text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad \text{Equação 24}$$

Como o ângulo $\frac{\theta}{2}$ é muito pequeno, podemos aproximar $\text{sen} \left(\frac{\theta}{2} \right) \cong \frac{\theta}{2}$. Assim, temos:

$$F_c = 2 \cdot F_T \cdot \left(\frac{\theta}{2} \right) \rightarrow F_c = F_T \cdot \theta \quad \text{Equação 25}$$

A relação entre o ângulo θ e o comprimento do arco Δs é:

$$\theta = \frac{\Delta s}{R} \quad \text{Equação 26}$$

A partir da densidade linear μ da corda, a massa deste elemento de corda é:

$$m = \mu \cdot \Delta s \quad \text{Equação 27}$$

Substituindo o comprimento Δs por $\theta \cdot R$, temos:

$$m = \mu \cdot \theta \cdot R \quad \text{Equação 28}$$

Igualando o produto desta massa pela aceleração centrípeta à resultante das forças radiais, temos:

$$F_T \cdot \theta = \mu \cdot \theta \cdot R \cdot \frac{v^2}{R} \quad \text{Equação 29}$$

De onde podemos concluir que:

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \quad \text{Equação 30}$$

Sendo este resultado independente do ângulo θ e do raio R , ele é válido para qualquer segmento da corda, quando a altura do pulso é pequena em relação ao comprimento da corda.

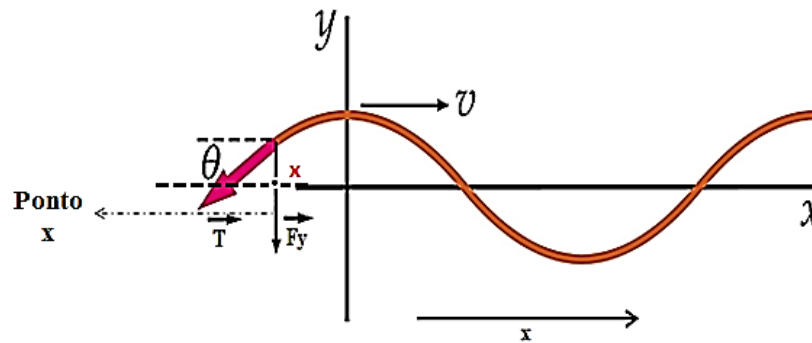
Voltando ao sistema de coordenadas original, onde a corda está fixa e o pulso propagando-se, a velocidade do mesmo é dada pela mesma expressão anteriormente demonstrada (Equação 30).

2.3.4 Intensidade de uma Onda

Vimos que uma onda progressiva transporta energia sem transportar matéria, ou seja, para gerar uma onda em uma corda, por exemplo, precisamos realizar trabalho para fazer com que a corda oscile. A energia transferida para a corda pela ação dessa força se propaga com a onda, podendo, assim, ser comunicada a uma partícula distante do ponto de aplicação da força. Nesta parte do trabalho, vamos determinar a energia transmitida pela onda, por unidade de tempo, através de um ponto x qualquer da corda.

Em um determinado instante t , a porção da corda que se encontra à esquerda do ponto x atua sobre o elemento da mesma neste ponto submetendo-o a uma força transversal F_y , como ilustra a figura 2.14.

Figura 2.14 – Força transversal F_y .



Adaptado: Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

A intensidade dessa força transversal é dada pela equação:

$$F_y = -T \cdot \frac{\partial y}{\partial x}(x, t) \quad \text{Equação 31}$$

O trabalho realizado sobre este elemento da corda por unidade de tempo é a potência instantânea, que corresponde à energia transmitida através do ponto x por unidade de tempo, dada pelo produto da força pela velocidade.

$$P(x, t) = F_y \cdot \frac{\partial y}{\partial t} = -T \cdot \frac{\partial y}{\partial x} \cdot \frac{\partial y}{\partial t} \quad \text{Equação 32}$$

Para uma onda harmônica progressiva, podemos escrever $\frac{\partial y}{\partial x} = -k \cdot A \cdot \text{sen} \varphi$ e $\frac{\partial y}{\partial t} = \omega \cdot A \cdot \text{sen} \varphi$ onde $\varphi = kx - \omega t + \xi$ sendo ξ a constante de fase. Assim, a potência instantânea é dada por:

$$P(x, t) = \omega \cdot K \cdot T \cdot A^2 \cdot \text{sen}^2(kx - \omega t + \xi) \quad \text{Equação 33}$$

Essa potência é uma função oscilante tanto com o tempo quanto com a posição x . Geralmente, o que nos interessa é a potência média sobre um período, que chamaremos de

$\langle P \rangle$. Sabendo que $T = \mu \cdot v^2$ e $k \cdot v = \omega$, temos que $\langle P \rangle$ é determinada pela equação 34 a seguir.

$$\langle P \rangle = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot v \cdot \omega^2 \cdot A^2 \quad \text{Equação 34}$$

O fator $\frac{1}{2}$ aparece devido ao cálculo do valor médio do $\sin^2(kx - \omega t + \xi)$.

2.3.5 Interferência de Ondas

De acordo com o princípio da superposição, quando duas ondas se superpõem, podemos fazer uma combinação linear qualquer dessas ondas. Sejam duas ondas progressivas, harmônicas, com a mesma frequência, propagando-se em uma corda. Na situação em que essas ondas estão, no mesmo sentido, nesse caso para a direita, podemos descrever essas ondas por:

$$y_1(x, t) = A_1 \cdot \cos(kx - \omega t + \xi_1) \quad \text{Equação 35}$$

$$y_2(x, t) = A_1 \cdot \cos(kx - \omega t + \xi_2) \quad \text{Equação 36}$$

Sendo $\cos(kx - \omega t + \xi) = \cos(\omega t + \varphi)$ onde $\varphi = -kx - \xi$, podemos obter a onda resultante somando y_1 e y_2 :

$$y = y_1 + y_2 = A \cdot \cos(kx - \omega t + \xi_{12}) \quad \text{Equação 37}$$

Nessa equação, $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \cos \xi_{12}$ e $\xi_{12} = \xi_2 - \xi_1$, que é a diferença de fase entre as ondas.

Como a frequência é a mesma para as duas ondas, a intensidade de cada uma é proporcional ao quadrado da amplitude, com a mesma constante de proporcionalidade, de modo que, sendo I_1 e I_2 as intensidades das componentes e I a intensidade da onda resultante, temos:

$$I = I_1 + I_2 + 2 \cdot \sqrt{I_1 \cdot I_2} \cdot \cos \xi_{12} \quad \text{Equação 38}$$

Então, a superposição de duas ondas progressivas e harmônicas, que se propagam na mesma direção e sentido, resulta em outra onda do mesmo tipo com a intensidade da onda resultante dada pela equação 38, sendo geralmente diferente da soma das intensidades das componentes, dependendo da diferença de fase ξ_{12} entre elas. Esse fenômeno é chamado de *interferência*.

A interferência tem resultante máxima, quando $\cos\xi_{12} = 1$, ou seja, $\xi_{12} = 2m\pi$, com ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$). Nesse caso, a interferência é chamada de *construtiva*.

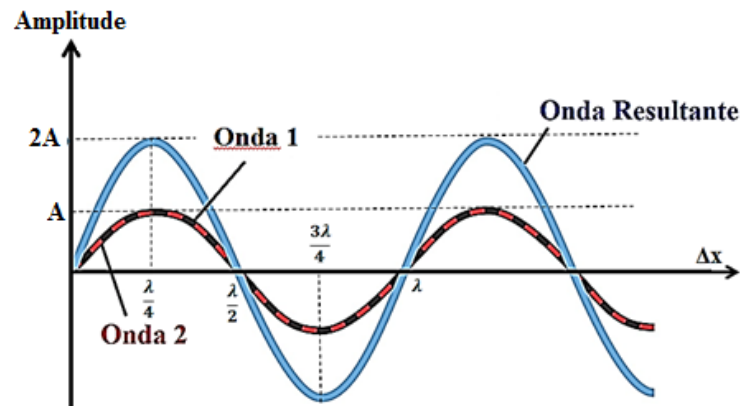
$$I_{m\acute{a}x} = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2 \quad \text{Equação 39}$$

A interferência tem resultante mínima, quando $\cos\xi_{12} = -1$, situação em que $\xi_{12} = (2m + 1)\pi$ com ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$). Neste caso, a interferência é chamada de *destrutiva*.

$$I_{m\acute{i}n} = (\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2})^2 \quad \text{Equação 40}$$

Para valores intermediários da diferença de fase ξ_{12} , a intensidade resultante oscila entre os valores máximo e mínimo e a interferência é dita parcial. No caso particular das intensidades das componentes serem iguais, $I_1 = I_2 = I_0$, temos $I_{m\acute{a}x} = 4.I_0$ e $I_{m\acute{i}n} = 0$, ou seja, no caso da interferência ser destrutiva, a intensidade resultante é nula e para a interferência construtiva a intensidade resultante é quatro vezes maior que as intensidades das componentes (idênticas).

Figura 2.15 – Interferência construtiva entre duas ondas idênticas. A onda 1 representada em preto se superpõe exatamente à onda 2 representada em vermelho resultando na onda representada em azul, chamada de onda resultante.



Adaptado: Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

Discutido o caso em que as ondas se propagam no mesmo sentido, analisaremos o caso em que duas ondas se propagam em sentidos opostos. Por questão de simplificação, vamos considerar que as ondas tenham a mesma intensidade e constante de fase ξ igual a 0. Assim, temos:

$$y_1(x, t) = A \cdot \cos(kx - \omega t) \quad \text{Equação 41}$$

$$y_2(x, t) = A \cdot \cos(kx + \omega t) \quad \text{Equação 42}$$

Temos então como resultado da superposição:

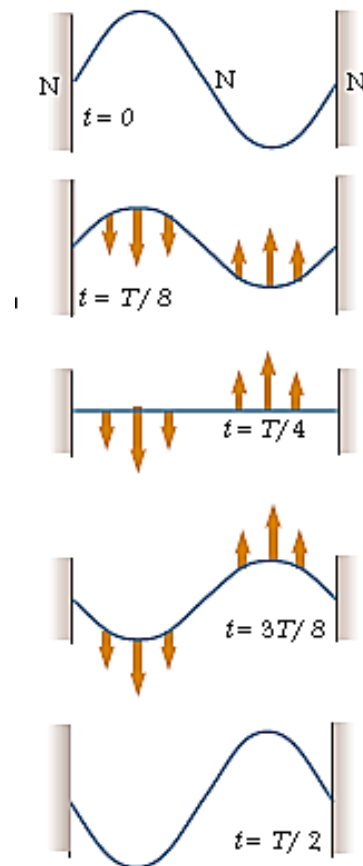
$$y = y_1 + y_2 = A \cdot [\cos(kx - \omega t) + \cos(kx + \omega t)] = 2 \cdot A \cdot \cos(k \cdot x) \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad \text{Equação 43}$$

A onda resultante é descrita por um produto de duas funções, uma apenas de x e outra apenas de t , não havendo, portanto, o tempo que explicita a propagação dado por $(kx - \omega \cdot t)$. Nesse caso, a onda é dita estacionária, ou seja, os nodos e os ventres ocorrem sempre nas mesmas posições. Assim, os deslocamentos em uma dada posição x possuem amplitudes descritas por $2 \cdot A \cdot \cos(k \cdot x)$.

Definimos como nodos, as posições em que os deslocamentos são sempre nulos e ventres, onde são máximos.

A figura 2.16 a seguir mostra uma série de fotografias instantâneas de uma onda na corda em meio período $\left(\frac{T}{2}\right)$ de exposição.

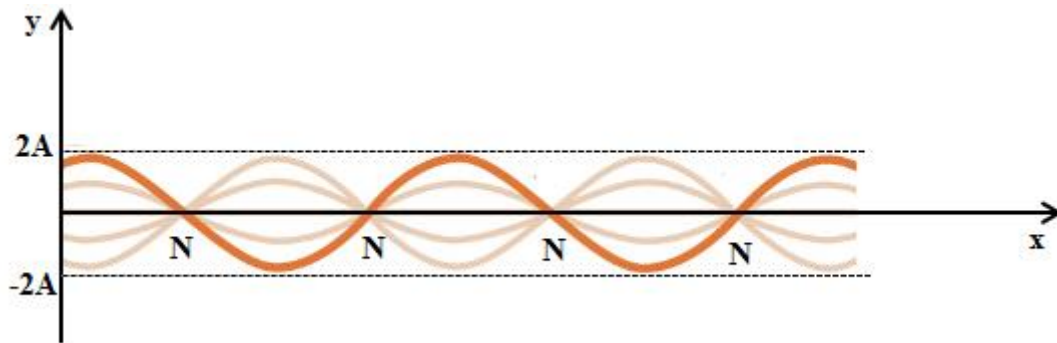
Figura 2.16 – Fotos instantâneas de uma onda em uma corda num intervalo de tempo igual a $T/2$.



Fonte: site: www.professor.bio.br

No caso de uma fotografia em que o tempo de exposição é longo, a corda tem a configuração visualizada na figura 2.17.

Figura 2.17 – Aspecto visual de uma onda estacionária em uma corda.



Adaptado: Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

Os pontos indicados pela letra N permanecem sempre em repouso e são chamados de nodos, como já explicado anteriormente. Os pontos intermediários aos nodos são denominados ventres ou antinodos, onde a amplitude é máxima a cada instante. Os pontos nodais subdividem a corda em uma série de segmentos que oscilam separadamente, formando os fusos. Uma onda desse tipo, que não se propaga, é chamada de onda estacionária. As ondas componentes que promovem a interferência têm fluxos de energia iguais e contrários, cancelando-se na resultante, de modo que o fluxo médio de energia se anula neste caso.

2.4 Ondas Sonoras

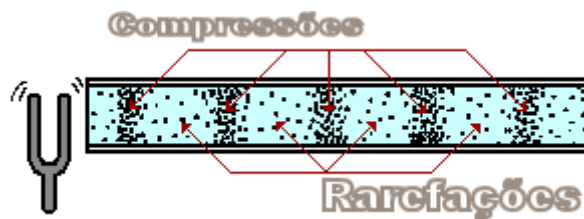
A palavra som é usada para descrever duas coisas diferentes: uma sensação auditiva nos ouvidos ou a perturbação provocada em um meio que causa essa sensação. O fato de que os corpos em vibração geram sons é bastante familiar no nosso cotidiano. As oscilações que produzem sons audíveis para o ser humano tem um intervalo limitado de frequências, baseado em médias de medidas de audição humana, que vai de aproximadamente 20 Hz até 20000 Hz.

As ondas sonoras se propagam em sólidos, líquidos e gases, sendo ondas de natureza mecânica e são longitudinais. Uma onda, propagando-se em um meio material, provoca compressões e rarefações nas partículas que compõem o meio, onde se medem

variações de pressão que permitem a detecção por nossos ouvidos ou por um microfone. Para uma onda sonora que se propaga no ar, essas variações de pressão são bem pequenas se comparadas à pressão atmosférica, que é o valor de equilíbrio.

A figura a seguir mostra um diapasão provocando sucessivas compressões e rarefações no ar dentro de um tubo.

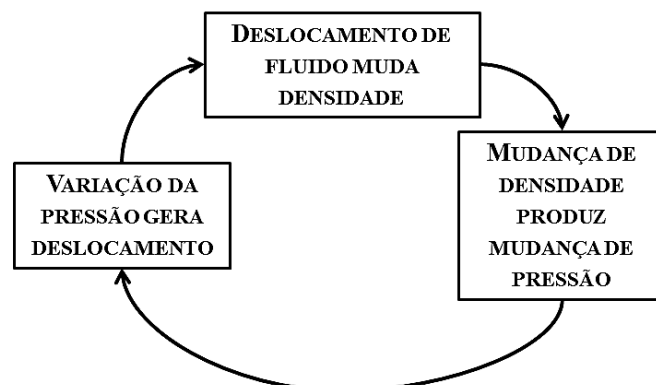
Figura 2.18 – Onda sonora propagando pelo ar dentro de um tubo.



Fonte – site: www.if.ufrj.br

O deslocamento do ar altera a densidade do mesmo na camada adjacente (condensação ou rarefação), provocando uma variação da pressão (compressão ou descompressão). Assim, a variação de pressão produz o deslocamento da camada de ar contígua, e assim sucessivamente. Esse mecanismo dinâmico de propagação da onda sonora pode ser resumido na figura a seguir:

Figura 2.19 – Mecanismo dinâmico de propagação de uma onda sonora.



Adaptado da fonte: Nussenzveig, H. M. – **Curso de Física Básica** – V. 2 p. 123

2.4.1 Relação entre a Densidade e a Pressão

Para cada variação da densidade do fluido tem-se uma variação da pressão. Em geral, para uma determinada massa de fluido M que ocupa um volume V , um aumento da pressão ($\Delta P > 0$) provoca uma diminuição de volume ($\Delta V < 0$). A intensidade da variação percentual de volume correspondente é $-\frac{\Delta V}{V}$, e para variações infinitesimais, temos a razão:

$$K = -\frac{\Delta V/V}{\Delta P} \quad \text{Equação 44}$$

Essa razão (K) é chamada de *módulo de compressibilidade* do fluido. Quanto mais compressível for o fluido, maior será a variação percentual de volume provocada por uma dada variação de pressão e, por consequência, maior o valor de K .

A razão inversa de K é chamada de módulo de elasticidade volumétrica (B), dado por:

$$B = \frac{1}{K} = -\frac{\Delta P}{\Delta V/V} \quad \text{Equação 45}$$

A densidade do fluido é dada pela razão entre a massa M e o volume V , $\rho = M/V$ de forma que a variação de densidade correspondente é dada pela diferenciação dessa equação:

$$\Delta \rho = -M \cdot \frac{\Delta V}{V^2} = -\rho \cdot \frac{\Delta V}{V} \quad \text{Equação 46}$$

Dessa forma, a equação 45 pode ser escrita da seguinte maneira:

$$B = \rho \cdot \left(\frac{\Delta P}{\Delta \rho} \right) \quad \text{Equação 47}$$

No caso de ondas sonoras, as variações de pressão e de densidade são muito pequenas em comparação aos valores de equilíbrio dessas grandezas, o que quer dizer que a onda constitui uma pequena perturbação. Então, denominando respectivamente de p_0 e ρ_0 a pressão e a densidade de equilíbrio e de P e ρ os valores destas mesmas grandezas na presença da onda, temos:

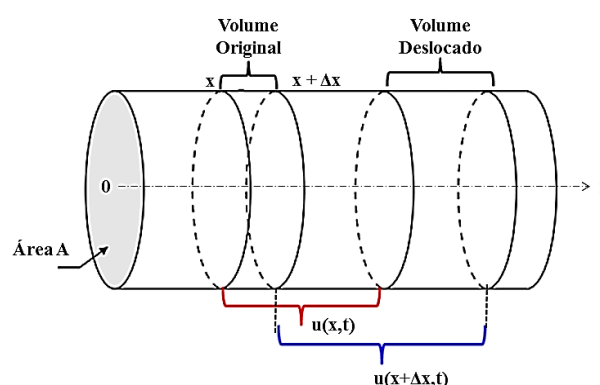
$$P = p_0 + \Delta p \text{ e } \rho = \rho_0 + \Delta \rho \quad \text{Equação 48}$$

Nessa equação $|\Delta p| \ll p_0$ e $|\Delta \rho| \ll \rho_0$, sendo que a variação de pressão máxima que nossos ouvidos podem ficar sujeitos para que não se sintam dor é inferior a um milésimo da pressão atmosférica: $\frac{p}{p_0} < 10^{-3}$.

2.4.2 Relação entre Deslocamento e Densidade

A figura 2.20 mostra um tubo cilíndrico cuja secção transversal tem área A . Vamos nos limitar a uma onda unidimensional que se propaga dentro deste tubo na direção do eixo Ox .

Figura 2.20 – Tubo cilíndrico onde se mostra a variação do volume



Adaptado da fonte: Nussenzveig, H. M. – **Curso de Física Básica** – V. 2

Seja $u(x,t)$ o deslocamento sofrido pelas partículas do fluido na secção transversal de coordenada x no instante t . O volume original, antes do deslocamento do fluido compreendido entre as secções x e $x + \Delta x$, é dado por:

$$V = A \cdot \Delta x \quad \text{Equação 49}$$

Após o deslocamento, o volume passa a ser $V + \Delta V$. Para um Δx infinitésimo, podemos escrever que $V + \Delta V \approx A\Delta x \left(1 + \frac{\partial u}{\partial x}\right)$. Assim:

$$\Delta V = A\Delta x \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) \quad \text{Equação 50}$$

Dividindo ambos os membros por V , temos:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) \quad \text{Equação 51}$$

Podemos, assim, determinar a variação de densidade correspondente por:

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} = -\frac{\Delta V}{V} = -\frac{\partial u}{\partial x}(x, t) = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \quad \text{Equação 52}$$

Sendo $\frac{\Delta \rho}{\rho} \approx \frac{\Delta \rho}{\rho_0}$, temos:

$$\Delta \rho = \rho - \rho_0 = -\rho_0 \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) \quad \text{Equação 53}$$

A equação 52 mostra a variação da densidade associada ao deslocamento, sendo que o sinal negativo indica: se o deslocamento cresce com x , produz-se uma rarefação e quando o deslocamento diminui com x , produz-se uma compressão.

2.4.3 Relação entre a Pressão e o Deslocamento

Partindo da figura 2.20, tomemos agora um elemento de volume do cilindro delimitado entre as secções x e $x + \Delta x$. A massa desse elemento de volume é dada por:

$$\Delta m = \rho \cdot \Delta V \approx \rho_0 \cdot A \cdot \Delta x \quad \text{Equação 54}$$

A pressão sobre a face esquerda desse elemento de volume gera uma força dada por:

$$\Delta F_2 = P(x, t) \cdot A \quad \text{Equação 55}$$

Na face direita desse mesmo elemento de volume, a força é dada por:

$$\Delta F_1 = -P(x + \Delta x, t) \cdot A \quad \text{Equação 56}$$

Esta força está orientada para a esquerda e a força resultante sobre Δm é dada por:

$$\Delta F = \Delta F_1 + \Delta F_2 \quad \text{Equação 57}$$

Sendo $\frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial x}$, temos a força resultante dada por:

$$\Delta F = -\Delta V \cdot \frac{\partial p}{\partial x}(x, t) \quad \text{Equação 58}$$

Sendo $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$ a aceleração desse elemento de volume, baseados no princípio fundamental da dinâmica enunciado por Newton, podemos escrever a equação do movimento:

$$\Delta m \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \rho_0 \cdot A \cdot \Delta x \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \Delta F = -A \cdot \Delta x \cdot \frac{\partial p}{\partial x} \quad \text{Equação 59}$$

O resultado disso é a equação do movimento unidimensional:

$$\rho_0 \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = - \frac{\partial p}{\partial x} \quad \text{Equação 60}$$

2.4.4 A velocidade do som

Vimos que o deslocamento do fluido promove uma variação da densidade e por consequência, uma variação de pressão. O deslocamento promovido por essa variação de pressão obedece a equação do movimento. Manipulando as equações, chegamos à equação de ondas:

$$\frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0 \quad \text{Equação 61}$$

A velocidade de propagação é dada por:

$$v = \sqrt{\left(\frac{\partial P}{\partial \rho}\right)_0} \quad \text{Equação 62}$$

Derivando a equação 61 em relação a x e invertendo as derivadas parciais, podemos identificar que as variações da densidade bem como as variações de pressão obedecem à equação de onda, propagando-se com a velocidade do som.

$$\frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 \rho}{\partial x^2} = 0 \quad \text{Equação 63}$$

$$\frac{1}{v^2} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = 0 \quad \text{Equação 64}$$

2.4.5 Nível de Intensidade Sonora

A intensidade (I) de uma onda sonora é dada pela potência média por unidade de área (S), ou seja, $I = \langle P \rangle / S$. Nesse caso, $I = \frac{1}{2} \cdot \rho_0 \cdot v \cdot \omega^2 \cdot A^2$. Para medirmos a intensidade sonora de uma onda (I) é mais conveniente o uso de detectores de variações de pressão do que detectores de deslocamento.

No entanto, o ouvido humano não capta esta variação de pressão de forma linear sendo que a intensidade mínima percebida pelo ser humano, a uma frequência de 1000 Hz, é dada por $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Para mensurar a percepção da onda sonora por um ser humano, define-se o nível de intensidade sonora (β), baseado na fisiologia do aparelho auditivo. Essa grandeza é medida em uma escala logarítmica e matematicamente é dada por:

$$\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad \text{Equação 65}$$

A unidade do nível de intensidade sonora é *bel*, nome dado em homenagem a Alexandre Graham Bell. Na prática, usa-se o decibel, onde $1 \text{ bel} = 10 \text{ db}$. A tabela 1 a seguir mostra alguns valores típicos desta grandeza.

Tabela 2.1 – Algumas situações e os respectivos níveis de intensidade sonora.

Situação	Nível de Intensidade Sonora (β)
Limiar da Audição	0db
Estúdio de Radiodifusão	20db
Música Suave	40db
Escritório Silencioso	50db
Conversa Comum	65db
Rua Residencial Congestionada	80db
Rua Barulhenta	90db
Avião Próximo	100db
Buzina de Carro: Alta e a 1m	120db
Limiar da Dor	120db
Broca Pneumática	130db
Banda KISS em Ottawa, Canada, Julho de 2009	136db

Fonte – site: www.areaseg.com

2.4.6 Fontes Sonoras, Altura e Timbre

Um som musical, que soa harmônico para nossos ouvidos, é caracterizado pela periodicidade da onda. Não é necessário que a onda sonora tenha que ser uma onda senoidal, harmônica, mas, que tenha um período que a caracterize. Estas ondas sonoras são distinguidas umas das outras pelas sensações subjetivas que elas provocam, quando são captadas pelo nosso sistema auditivo. Os parâmetros que diferenciam um som do outro são chamadas de Intensidade, Altura e Timbre.

O estudo da Intensidade (I) já foi feito anteriormente neste trabalho, mostrando que este parâmetro está relacionado à amplitude da onda, ou seja, à quantidade de energia que propaga por uma delimitada região em um determinado intervalo de tempo. Agora, discutiremos os outros dois parâmetros que são a Altura e o Timbre.

2.4.6.1 Altura

O American *National Standards Institute* (1960) define altura da seguinte forma:

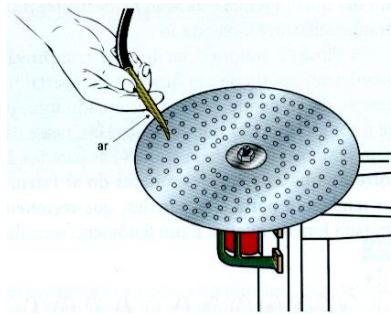
“atributo de uma sensação auditiva nos termos de um tipo de som que pode ser ordenado em uma escala estendida da frequência mais baixa até a frequência mais alta”.

É uma sensação subjetiva atribuída à pessoa.

Este parâmetro da onda sonora está relacionado à frequência da mesma, permitindo-nos diferenciar sons graves de sons agudos. Os sons de altas frequências são os agudos, sendo o de 20000 Hz o som de maior frequência que o ser humano pode perceber. Os sons de baixa frequência são os graves, sendo o de 20 Hz o som de menor frequência audível pelo ser humano.

Essa relação entre a altura e a frequência foi experimentalmente comprovada por Hooke (1681), ao apertar um cartão contra os dentes de uma roda dentada em rotação. Quanto maior a velocidade de rotação da roda, maior era a frequência do som emitido.

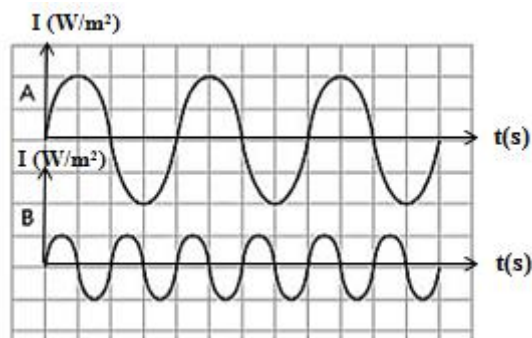
Figura 2.21 – Roda dentada em rotação. Quanto maior sua velocidade, maior a frequência do som emitido pelo cartão em contato com a roda.



Fonte – site: www.feiradeciencias.com.br

Para termos uma ideia deste parâmetro, vamos apresentar na figura 2.22 a seguir, duas ondas com frequências diferentes.

Figura 2.22 – A onda A tem menor frequência, representando um som mais grave e a onda B tem uma frequência maior, representando um som mais agudo. As amplitudes referem-se a intensidade da onda sonora, sendo a intensidade da onda A maior que a intensidade da onda B.



Adaptado: Fonte – site: www.mardecoral.com.br

A nota musical é classificada e denominada por sua altura, ou seja, pela frequência que é bem determinada e obedece a convenções que foram historicamente estabelecidas. As notas musicais formam uma escala que no ocidente é dividida em 12 semitons.

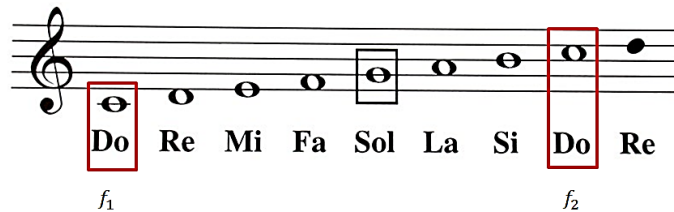
O intervalo entre duas notas musicais de frequências f_1 e f_2 é definido pela razão entre essas frequências:

$$i = \frac{f_2}{f_1}$$

Equação 66

Quando $i = 2$, chamamos o intervalo de oitava e os dois sons são percebidos como sendo da “mesma” nota musical, mas de diferentes alturas.

Figura 2.23 – Na pauta, as notas Dó selecionadas diferem de um intervalo $i = 2$, sendo $f_2 = 2 \cdot f_1$.



Fonte – figura elaborada pelo aluno

No século VI a.C., Pitágoras já havia descoberto que sons harmoniosos são emitidos por cordas vibrantes cujo comprimento é dividido de acordo com proporções simples, alterando na mesma proporção a frequência f_1 do som fundamental da corda. Desta maneira, quando se reduz o comprimento da corda pela metade, o tom fundamental da corda passa a ser uma oitava acima, ou seja, a nota musical é a mesma, mas a frequência é o dobro daquela com a corda inteira. A proporção $\frac{2}{3}$ dá a razão de frequências $\frac{3}{2}$, correspondendo ao intervalo de quinta, que separa as notas dó e sol. Essa descoberta sobre a relação entre sons harmônicos e números inteiros levou Pitágoras a idealizar que todas as coisas que constituem a natureza são números.

A seguir é apresentada uma tabela que mostra os intervalos $\frac{f_n}{f_1}$ entre a nota dó e as demais notas na escala diatônica maior “natural” além dos intervalos $\frac{f_n}{f_{n-1}}$ entre cada duas notas consecutivas.

Tabela 2.2 – Intervalos f_n/f_1 entre a nota dó e as demais notas na escala diatônica e os intervalos f_n/f_{n-1} entre cada duas notas consecutivas.

Nota	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó
f_n/f_1	1	9/8 (Segunda)	5/4 (Terça)	4/3 (Quarta)	3/2 (Quinta)	5/3 (Sexta)	15/8 (Sétima)	2 (Oitava)
f_n/f_{n-1}		9/8	10/9	16/15	9/8	10/9	9/8	16/15

Fonte – tabela elaborada pelo aluno

O som emitido por uma corda vibrante corresponde a um movimento periódico que é geralmente formado pelo tom fundamental de frequência f_1 superposto pelos tons harmônicos, de frequências $f_2 = 2.f_1$, $f_3 = 3.f_1$, e assim por diante, sendo que as amplitudes tendem a decrescer. Caso f_1 seja uma nota dó de uma escala, $f_2 = 2.f_1$ é a nota dó da escala seguinte, uma oitava acima, $f_3 = 3.f_1$ é a nota sol da escala seguinte ($f_3/f_2 = 3/2$), $f_5 = 5.f_1$ é o mi duas escalas acima ($f_5/f_1 = 5/4$), e assim por diante, de forma que são naturalmente gerados *acordes* com várias notas de escalas sucessivas. Três notas como dó-mi-sol, as quais guardam uma proporção 4:5:6 entre si, formam um acorde perfeito maior, o qual soa particularmente harmônico. Na escala natural, estão presentes três desses acordes: Fá-Lá-Dó, Dó-Mi-Sol e Sol-Si-Ré.

Apesar de ser subjetiva a análise da “sensação estética” de um som, uma hipótese provável que pode explicar o porquê de um som ser harmônico aos nossos ouvidos está relacionada à geração dos harmônicos quando uma nota é produzida. Indicando com um índice inferior a escala a que uma nota pertence, de maneira que uma nota Dó₂ está em uma escala acima, uma oitava superior de Dó₁, vimos anteriormente que os harmônicos da nota Dó₁ são respectivamente Dó₂, Sol₂, Dó₃, Mi₃, Sol₃, e assim por diante. Assim, quando são tocadas as notas Dó₁, Mi₁, Sol₁, muitos harmônicos gerados por essas notas são coincidentes, levando, então, à *consonância*, um som que soa harmonioso para nossos ouvidos.

No entanto, dois sons de frequências próximas, mas que não são coincidentes, dão origem a batimentos sonoros cuja rapidez aumenta, quando o intervalo $f_n - f_{n-1}$ entre esses sons aumenta, gerando sons desagradáveis aos nossos ouvidos. Sons *dissonantes* têm batimentos entre si e entre seus harmônicos que nos dão essas sensações desagradáveis.

A escala natural mostrada na Tabela 2 não corresponde exatamente à escala reproduzida em um teclado ou em um piano. Isso ocorre porque essa escala apresenta desvantagens quando se deseja transpor uma melodia, repetindo-a em uma altura diferente. Por conta das desigualdades dos intervalos, caso queiramos que uma transposição seja tônica, a nota Sol no lugar da nota Dó, o análogo da nota Ré seria $27/16 = 3/2 \times 9/8$, no lugar de $5/3 =$ Lá, o que daria a nota Lá com uma relação de frequências $27/16 \div 5/3 = 81/80 = 9/8 \div 10/9$. Para que as transposições não soassem falsas quando se partisse de qualquer nota da escala como tônica, foi preciso introduzir um grande número de notas intermediárias, impraticável num instrumento de teclado como o piano.

Como solução, foi criada a escala de igual temperamento, adotada no século XVIII com a ajuda do músico Johann Sebastian Bach. Nessa escala a oitava é dividida em 12

intervalos iguais, chamados de semitons temperados, correspondendo cada um a $2^{\frac{1}{12}} \approx 1,0595$, ou seja, a uma frequência aproximadamente 6% maior. A tabela 3 mostra as notas da escala cromática temperada comparando os intervalos temperados e os intervalos naturais.

Tabela 2.3 – Escala cromática com as notas musicais, os semitons, os intervalos temperados e os intervalos naturais.

Nota	Dó	Dó#	Ré	Ré#	Mi	Fá	Fá#	Sol	Sol#	Lá	Lá#	Si
Intervalo Temperado	1,0000	1,0595	1,1225	1,1892	1,2600	1,3348	1,4142	1,4983	1,5874	1,6818	1,7818	1,8877
Intervalo Natural	1,0000		1,1250 = 9/8		1,2500 = 5/4	1,3333 = 4/3		1,5000 = 3/2		1,6666 = 5/3		1,8750 = 15/8

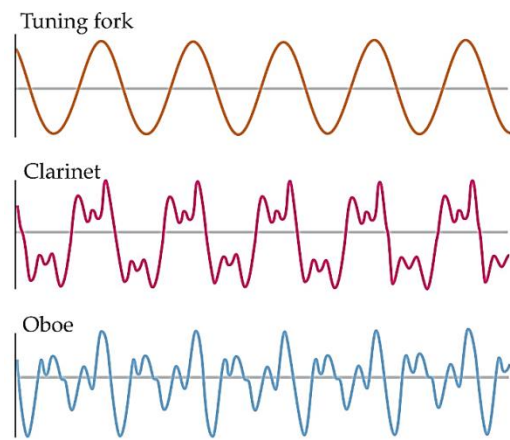
Fonte – tabela elaborada pelo aluno

2.4.6.2 Timbre ou Qualidade Tonal

A palavra timbre, emprestada do francês, é utilizada para denotar a “coloração” do som ou o “gosto” do som. Timbre pode ser definido como o atributo dado à sensação auditiva que permite diferenciar dois sons de mesma intensidade e de mesma altura produzidos por fontes sonoras diferentes.

O timbre de um som depende da forma da onda sonora resultante, ou seja, dos harmônicos que são somados à frequência fundamental. Nossos ouvidos são capazes de reconhecer a mesma nota, que possui, portanto, a mesma frequência e o mesmo período, mas de perfis diferentes. A figura a seguir mostra três ondas sonoras, de mesma frequência e de timbres diferentes.

Figura 2.24 – Perfis das ondas emitidas por um diapasão, um clarinete e um oboé. As ondas são de mesmo período, mesma frequência, mas de timbres (perfis) diferentes.



Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985.

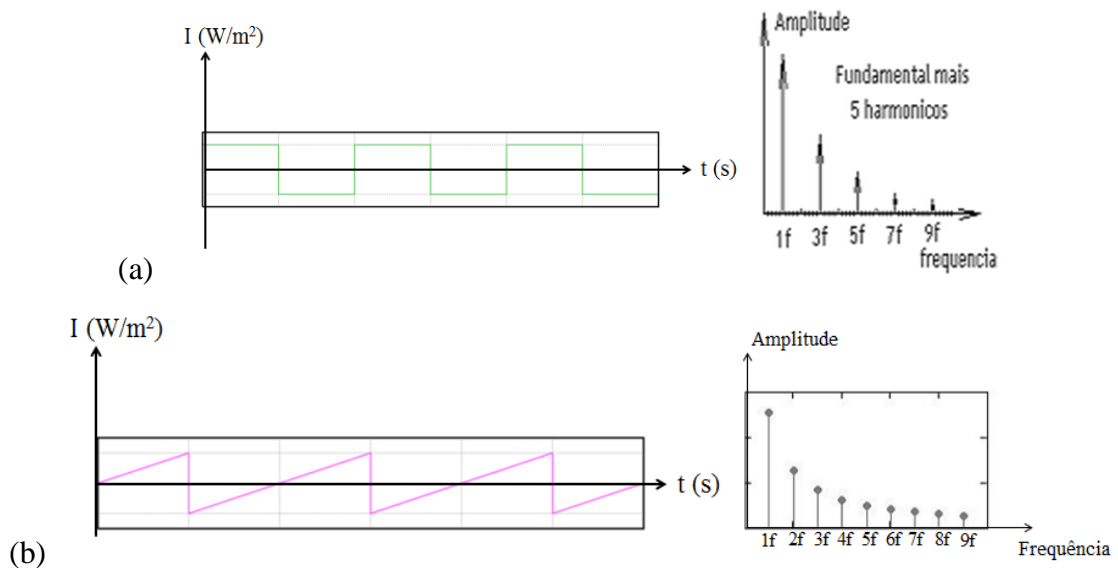
Os sons emitidos pelos instrumentos musicais como aqueles produzidos por pianos, clarinetes, oboés, a voz humana, consistem em uma série de harmônicos que determinam o timbre. Experimentos feitos por Helmholtz (1877) mostram que o timbre pode ser compreendido a partir de algumas regras gerais:

- Tons simples como aqueles gerados por um diapasão ou tubos sonoros de órgãos possuem timbres agradáveis, livres de dissonâncias, mas que nas baixas frequências acabam perturbando o ouvinte.
- Tons musicais com série moderada de harmônicos, acima do sexto (como aqueles gerados pela voz humana ou por um piano) soam mais ricos e mais musicais se comparados com os tons simples. São sons “doces” e suaves, quando os harmônicos mais altos não estão presentes.
- Os tons formados por tubos de órgãos pequenos, clarinetes, quando muitos harmônicos estão presentes, soam como anasalados. Quando predomina o harmônico fundamental, o timbre do som é rico, já, quando o som fundamental não é forte o suficiente, o timbre é pobre.
- Sons complexos com harmônicos acima do sexto e sétimo são muito nítidos, mas o timbre é áspero, rude e cortante.
- O timbre de um som não depende da diferença de fase entre os harmônicos.

2.4.7 Análise de Fourier

Como para qualquer função periódica, podemos representar a onda associada a um som musical por uma superposição de ondas. Essa superposição, ou série, é chamada de série de Fourier que é formada pelo tom fundamental de frequência f_1 associado aos tons harmônicos, de frequências múltiplas da frequência fundamental ($f_n = n.f_1$), cada qual com uma amplitude e uma fase. A construção de um tom complexo, a partir dos seus harmônicos, o que seria o oposto à determinação da série de Fourier, é chamada de *síntese de Fourier*. A figura a seguir representa dois perfis de ondas complexas bem como seu espectro de frequências.

Figura 2.25 – Espectro e forma de onda de algumas ondas complexas. Em (a) temos uma onda quadrada e seu espectro de frequências. Em (b) temos uma onda dente de serra e seu espectro de frequência. Em ambos os casos, apesar de expormos apenas alguns harmônicos, o aspecto da onda quadrada e da onda dente de serra, como apresentados, levam em consideração infinitos harmônicos.



Fonte – site: www.qsl.net/py4zbx/teoria/espectro.htm

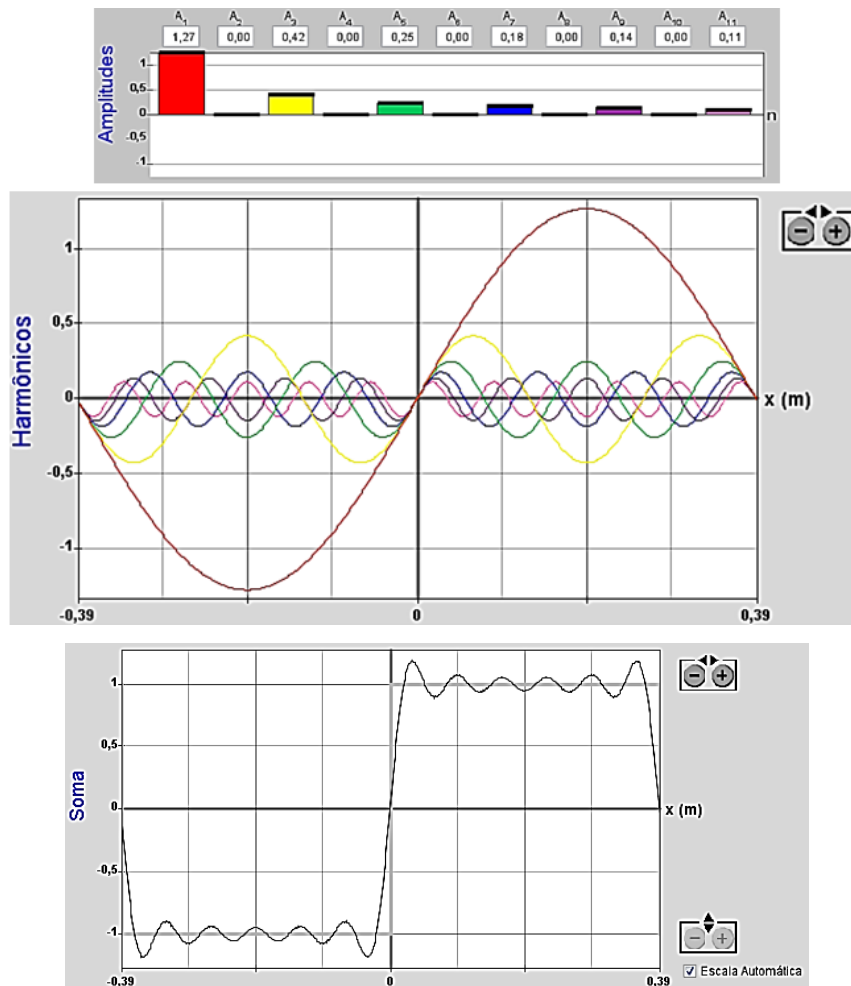
Os sons dessas ondas representadas são pouco musicais, tendo um timbre áspero e perturbador.

A onda quadrada (a), representada na figura 2.25, é formada somente pelos harmônicos ímpares com as amplitudes variando na taxa $\frac{1}{n}$, sendo n o índice do harmônico.

Sendo a frequência fundamental f e a amplitude A , os outros harmônicos têm frequências $3f$, $5f$, $7f$, ..., e as amplitudes são $A/3$, $A/5$, $A/7$, ..., e assim por diante. A onda dente de serra (b) é formada tanto por harmônicos pares como harmônicos ímpares e as amplitudes dos harmônicos variam na taxa $\frac{1}{n}$, resultando em A , $A/2$, $A/3$, $A/4$, ..., e assim por diante.

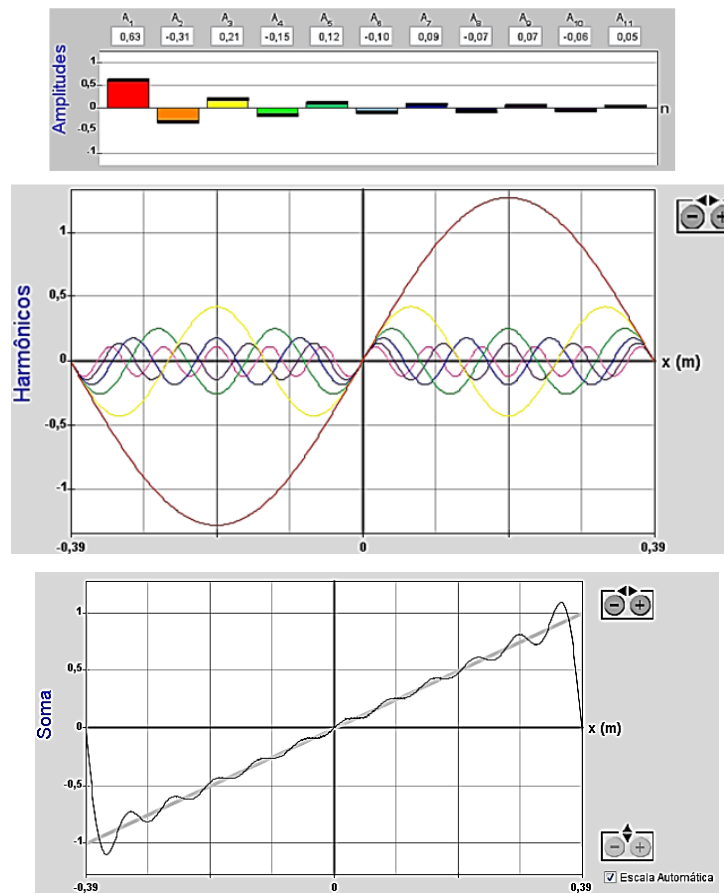
Os perfis das ondas complexas representadas na figura 2.25 levam em conta a somatória de infinitos harmônicos. No entanto, podemos representar os perfis das ondas com um menor número de harmônicos, ilustrando como a análise de Fourier funciona.

Figura 2.26 – Onda Quadrada formada a partir dos onze primeiros harmônicos. Observe-se que essa onda é constituída apenas de harmônicos ímpares.



Fonte – site: www.musitec.com.br

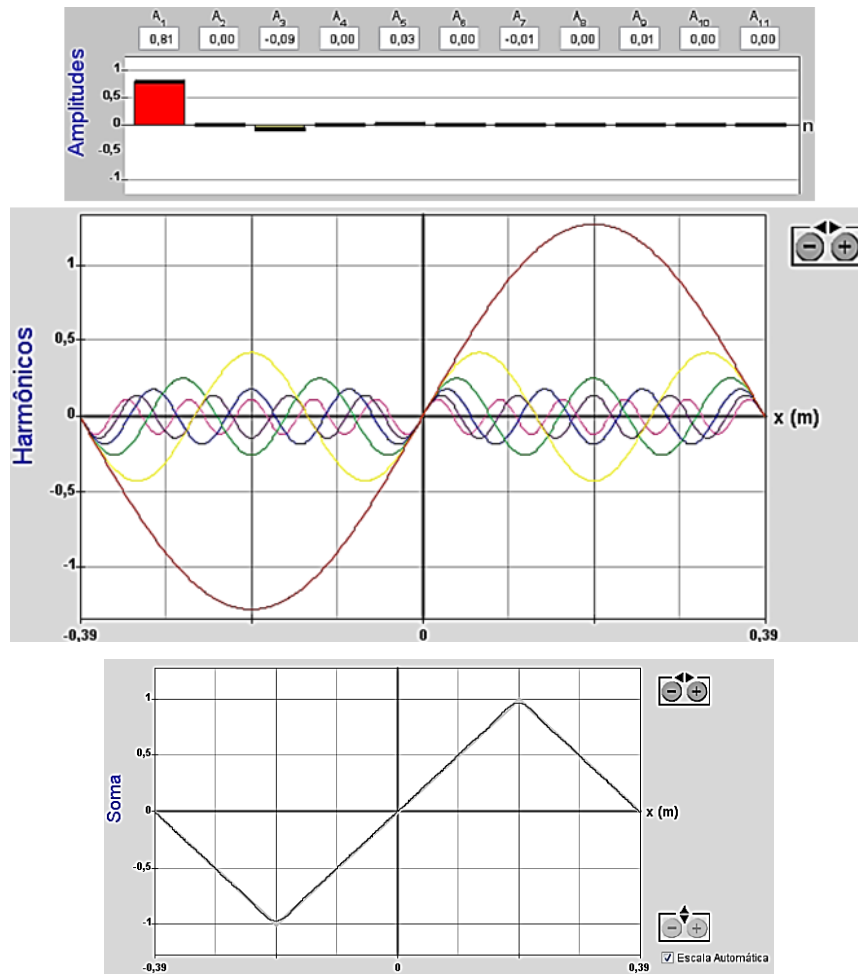
Figura 2.27 - Onda dente de serra formada a partir dos onze primeiros harmônicos.



Fonte – site: www.musitec.com.br

Poderíamos representar ainda uma onda triangular. Está também é formada somente por harmônicos ímpares, e as amplitudes variam na taxa $\frac{1}{n^2}$, resultando em A , $A/9$, $A/25$, ..., e assim por diante.

Figura 2.28 – Onda Triangular formada a partir dos onze primeiros harmônicos. Observe-se que essa onda é constituída apenas de harmônicos ímpares e suas amplitudes decrescem rapidamente.



Fonte – site: www.musitec.com.br

Vale ressaltar que o timbre de um instrumento musical varia de acordo com a sua construção, com o material utilizado e também de como ele é tocado. Por conta deste parâmetro associado à onda sonora, conseguimos identificar em uma orquestra o som característico de cada instrumento.

2.4.8 Batimento Sonoro

Consideremos duas ondas sonoras com frequências f_1 e f_2 , sendo $f_2 = f_1 + \Delta f$. A amplitude da onda resultante varia no decorrer do tempo, com valores entre $A_1 + A_2$ e $A_1 - A_2$

e frequência Δf . Essa variação periódica da amplitude com frequência Δf é chamada de Batimento.

Considerando $f_1(x, t) = A_1 \cdot \text{sen}(k_1 x - \omega_1 t)$ e $f_2(x, t) = A_2 \cdot \text{sen}(k_2 x - \omega_2 t)$, temos que $f_R(x, t) = f_1(x, t) + f_2(x, t)$, que também é solução da onda. Sendo $A_1 = A_2 = A$, temos:

$$f_R(x, t) = 2 \cdot A \cdot \cos \left[\frac{(k_1 - k_2)x - (\omega_1 - \omega_2)t}{2} \right] \cdot \text{sen} \left[\frac{(k_1 + k_2)x - (\omega_1 + \omega_2)t}{2} \right] \quad \text{Equação 67}$$

Essa é a expressão do batimento entre essas duas ondas, sendo que $2 \cdot A \cdot \cos \left[\frac{(k_1 - k_2)x - (\omega_1 - \omega_2)t}{2} \right]$ representa a amplitude da onda resultante, que varia com o tempo, e o termo $\text{sen} \left[\frac{(k_1 + k_2)x - (\omega_1 + \omega_2)t}{2} \right]$ representa a oscilação dessa onda.

Vamos considerar que $f_R(x, t)$ seja a soma de duas ondas sonoras $s_1(x, t) = s_1 \cdot \text{sen}(k_1 x - \omega_1 t)$ e $s_2(x, t) = s_2 \cdot \text{sen}(k_1 x - \omega_1 t)$. Tomando $s_1 = s_2 = S$ e dispensando o termo espacial, sendo este fixo por conta do observador estar em repouso em um determinado ponto, podemos reescrever a função da onda resultante da seguinte maneira:

$$f_R(t) = 2 \cdot S \cdot \cos \left[\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2} \cdot t \right] \cdot \text{sen} \left[\frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2} \cdot t \right] \quad \text{Equação 68}$$

Tomando-se os valores de ω_1 e ω_2 muito próximos, teremos $\frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2} \gg \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}$, de forma que a equação 68 pode ser considerada uma função que depende somente do valor do seno, com a frequência angular igual a $\frac{(\omega_1 + \omega_2)}{2}$ e com a amplitude variando de acordo com $2 \cdot S \cdot \cos \left[\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2} \cdot t \right]$.

Um batimento ocorre no momento em que a amplitude na equação 68 atinge um valor máximo ou um valor mínimo, no instante em que o valor de $\cos \left[\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2} \cdot t \right]$ é +1 ou -1. Essa situação se repete duas vezes a cada período da onda. Como a frequência angular do termo $\cos \left[\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2} \cdot t \right]$ é igual a $\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{2}$, a frequência angular do batimento $\omega_{\text{batimento}}$ é dada por:

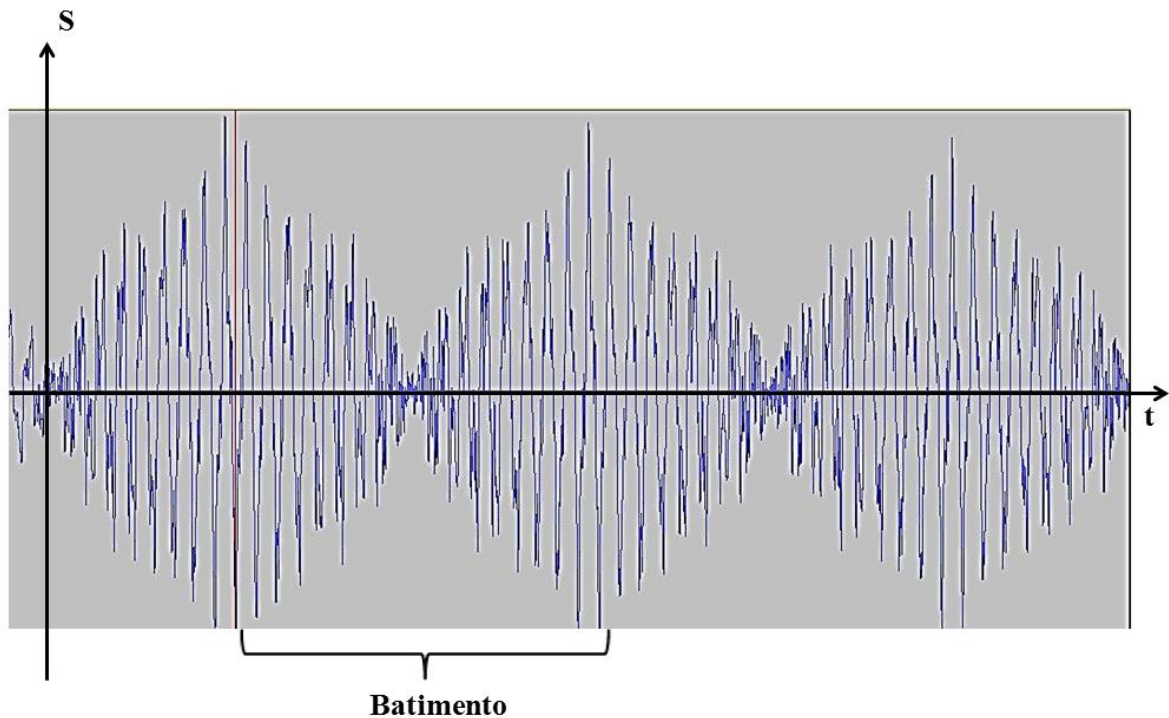
$$\omega_{batimento} = 2 \cdot \left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2} \right) = \omega_1 - \omega_2 = 2\pi f_1 - 2\pi f_2$$

$$f_{batimento} = f_1 - f_2$$

Equação 69

Sendo a variação de pressão de uma onda sonora proporcional à sua amplitude máxima e a intensidade dessa onda proporcional ao quadrado dessa amplitude, podemos representar graficamente o fenômeno do batimento colocando uma dessas grandezas no eixo das ordenadas e o tempo do eixo das abscissas. A figura a seguir representa o perfil de uma onda resultante.

Figura 2.29 – Onda resultante da superposição de duas ondas de frequências f_1 e f_2 muito próximas.



Fonte – site: www.fiscalouca2012blogspot.com

A frequência da onda resultante é dada pela média aritmética entre as frequências f_1 e f_2 :

$$f_R = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

Equação 70

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

3.1 Introdução

Quando ingressei no mestrado profissional, ainda não tinha muita ideia do que desenvolver, mesmo porque não conhecia esse modelo de pós-graduação voltado especificamente ao aprimoramento do ensino, que insere o professor no processo de ensino/aprendizagem não somente como um transmissor do conhecimento, mas sim como pesquisador, agente e articulador das ferramentas de ensino. Foi nas aulas ministradas pelos professores do programa que entendi essa filosofia e me deparei com o que é mais atual sobre teorias de aprendizagem e ferramentas para potencializar o ensino, alçando-o a um patamar mais elevado.

Apesar de lecionar há mais de 15 anos, ainda não conhecia tantos recursos de aprendizagem e foi no mestrado que mudei minha visão em relação à metodologia do professor dentro de sala de aula. Por isso, interessei-me em criar um material que utilizasse algumas dessas ferramentas mescladas com as tradicionais em que se articulasse o ensino de forma mais moderna do que vemos nas escolas de Ensino Médio atualmente.

Resolvi então criar um AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem que explora os conceitos de ondas sonoras e a Acústica. Este é um dos temas estruturadores do ensino de Física proposto nas Orientações Educacionais Complementares dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). O tema 3 tem justamente o título “Som, imagem e informação” apresentando “Fontes sonoras”, no caso os instrumentos musicais, como uma de suas unidades temáticas. Esta unidade propõe que o aprendiz do ensino médio seja capaz de:

"Identificar objetos, sistemas e fenômenos que produzem sons para reconhecer as características que os diferenciam; associar diferentes características de sons a grandezas físicas (como frequência, intensidade etc.) para explicar, reproduzir, avaliar ou controlar a emissão de sons por instrumentos musicais ou outros sistemas semelhantes; conhecer o funcionamento da audição humana para monitorar limites de conforto, deficiências auditivas ou poluição sonora." (BRASIL, 2002, p. 75)

O estudo das ondas e da acústica nem sempre é ministrado de forma adequada nas aulas do Ensino Médio, por motivo de falta de tempo, já que nas escolas estaduais só são disponibilizadas duas aulas semanais de Física e os professores, em geral, priorizam o estudo da Mecânica ou, mais frequentemente nas escolas particulares, por conta do enfoque quase

que exclusivo para o vestibular, centrado na resolução de exercícios. Isso causa um ônus muito grande no aprendizado do aluno, já que o estudo das ondas e da acústica, além de ser interessantíssimo, é de extrema importância na atualidade. É nesse momento que se discute a respeito de diversos temas fundamentais para o ser humano, desde o mais tradicional meio de comunicação, a fala, passando pela compreensão de instrumentos musicais, os cuidados com a audição, caracterização de uma nota musical, afinação de instrumentos, enfim, vários temas que são do cotidiano do aluno e que são necessários para a compreensão dos fenômenos corriqueiros que acontecem a sua volta.

Os alunos devem adquirir competências e habilidades para entender e saber utilizar as tecnologias ao seu dispor e o processo de ensino/aprendizagem deve contemplar essas exigências, como destacam os PCN+:

“implica em trabalhar tanto a natureza ondulatória comum ao som e à luz, quanto reconhecer suas especificidades. Isso inclui, quanto ao som, reconhecer suas características físicas, relacionando-as a fontes, volume, timbre ou escalas musicais, os meios que aprimoram sua transmissão, amplificam ou reduzem sua intensidade e sua interação com a matéria, como a produção do eco.” (BRASIL, 2002, p. 74)

Um processo de ensino/aprendizagem que contemple essas exigências pode ter como ferramenta o computador e a internet. São várias as publicações que sugerem partes desse ensino feitos à distância ou mesmo presencial com o uso de computadores. Podemos destacar os trabalhos de Almeida (2003), Fiolhais (2003), Trindade (2003), Rezende (2003), Barros (2003), Lopes (2003), Araújo (2003). Além dessas publicações os próprios PCNEM enfatizam o uso e o papel da informática na educação, quando definem competências e habilidades que os alunos do Ensino Médio devem desenvolver no decorrer do processo. Podemos destacar:

“Reconhecer a Informática como ferramenta para novas estratégias de aprendizagem, capaz de contribuir de forma significativa para o processo de construção do conhecimento, nas diversas áreas.” (PCNEM, 2000, p.62)

Aliando a história da música, instrumentos musicais e recursos tecnológicos utilizando o computador e a internet, propomos neste trabalho a construção de um AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem que envolva os conceitos de ondas e acústica tendo como vetor motivador a música e os instrumentos musicais.

Os PCNs recomendam parcerias que tornem o processo de ensino/aprendizagem de Ciências mais instigante e interessante ao aluno. No nosso trabalho, escolhemos a música como fio condutor do processo, também de acordo com os PCN+ que a

destaca como uma das competências esperadas na área de ciências da natureza e suas tecnologias:

“compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de música, etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana”.

Para a construção do AVA, confeccionamos vídeos, onde são apresentados vários instrumentos musicais sendo tocados. A imagem e o som foram captados separadamente e foram editados posteriormente em softwares diferentes. Com o áudio, montamos gráficos que mostram o período e o timbre da onda sonora produzida por cada instrumento, além de alguns fenômenos como a ressonância e o batimento, sendo os dois últimos pouco explorados no ensino médio.

O AVA foi desenvolvido em cinco Módulos, divididos da seguinte maneira:

- Módulo 1 - O Som do Diapasão;
- Módulo 2 - A Nota Musical no Violão e na Viola de Arco;
- Módulo 3 – Qualidades Fisiológicas do Som;
- Módulo 4 – Nível de Intensidade Sonora.
- Módulo 5 – Ressonância e Batimento Sonoro

Cada módulo é dividido em Seções:

- Breve História da Música;
- Problematização Inicial;
- Objetivos;
- Introdução;
- Atividade;
- Questionário;
- Simulação;
- Fórum.

Breve história da Música: Apresentamos nessa seção fatos históricos relacionados ao desenvolvimento da música e dos instrumentos musicais. Damos ênfase à história da música ocidental desde seus primórdios até a música moderna. Essa história é dividida nos módulos seguindo a cronologia dos fatos.

Problematização Inicial: Como o próprio nome já remete, discutem-se fatos cotidianos em que está presente o assunto a ser estudado no módulo, objetivando a sua contextualização e mostrando algumas aplicações dos conceitos envolvidos em situações próximas ao aluno.

Objetivos: Apresentamos o objeto de estudo, suas implicações com os conceitos da Física, bem como o que se espera em termos dos conhecimentos relativos agregados após o desenvolvimento do módulo.

Introdução: apresentamos um desenvolvimento teórico sobre o tema abordado no módulo. Esse desenvolvimento, em parte já foi discutido pelo seu professor em sala de aula, porém, serve para o aluno recordar os conceitos mostrados em sala e possivelmente aprofundar-se em alguns deles. É de extrema importância ler bem esse texto já que ele dá suporte e subsídios para desenvolver o seu conhecimento sobre ondas sonoras, bem como realizar as atividades propostas no módulo.

Atividade: mostramos os recursos que serão utilizados e permitirão resolver o Questionário subsequente. Para cada módulo apresentamos vídeos que servirão de subsídios para a realização do que é proposto no módulo, sendo condição *si ne qua non* assistir a eles, uma vez que todo o questionário está baseado neles. Todos os vídeos estão hospedados no *YouTube* e podem ser vistos em qualquer local, desde que se tenha acesso à internet. Nesses vídeos são apresentados os objetos de estudos e suas relações com o mundo da Física, tais como os sons e seus geradores, como, por exemplo, o diapasão e/ou instrumentos musicais, além de gráficos. Em alguns deles são feitas perguntas que servem apenas para instigar a curiosidade do aluno. No entanto, as questões propriamente ditas estão todas presentes nos Questionários.

Questionário: Contém os exercícios que deverão ser resolvidos. O aluno vai precisar de lápis, caneta, borracha, régua, calculadora, assistir atentamente aos vídeos e tirar as suas conclusões. Assim, espera-se que ele resolva os problemas propostos e, posteriormente, responda ao questionário, assinalando a alternativa que julgar correta.

Simulação: Apresentamos uma simulação que permite visualizar os conceitos estudados no módulo. Nela, o aluno pode manipular as variáveis como quiser e identificar as alterações que ocorrem depois dessa ação.

Fórum: O aluno vai discutir os resultados com seus colegas e principalmente dar sugestões e fazer críticas sobre o material. Tudo que o aluno escrever será lido, analisado e utilizado na pesquisa e no melhoramento dessa ferramenta educacional, a qual é feita para estudantes conectados e preocupados em não utilizar a internet somente para diversão, mas também para um bem maior que é trilhar o maravilhoso caminho em direção ao conhecimento.

O trabalho com os alunos foi realizado no período que vai do mês de Outubro ao mês de Dezembro de 2012, sendo que as atividades foram feitas por eles individualmente, em um local escolhido e com acesso à internet, já que todas as atividades do AVA dependem de computadores conectados à rede. Prevíamos que cada aluno levaria uma hora para completar todas as tarefas de cada módulo.

A escolha do tema Ondas e Acústica deveu-se ao amor e proximidade à música já que tenho uma banda de *Heavy Metal*, canto em coral e tenho um estúdio de gravação e ensaios.

3.2 Objetivos Gerais

Esse trabalho tem por objetivo produzir e avaliar um AVA sobre música, ondas e acústica com o intuito de dar subsídios aos alunos que queiram aprofundar os seus conceitos referentes a esse tema, bem como servir de ferramenta de ensino para outros professores que se interessem. Essa estratégia de ensino, que proporciona a aprendizagem desses conteúdos de uma forma mais moderna, faz uso de recursos tecnológicos proporcionados pelo computador e pela internet, levando o aluno a uma melhor compreensão dos fenômenos de física que ocorrem em seu dia a dia e a um melhor aproveitamento do computador, o qual, de maneira geral, é utilizado pelos jovens, somente como diversão.

3.3 Objetivos Específicos

- Motivar os alunos para a aprendizagem de alguns conceitos de Física por meio de atividades e recursos tecnológicos que usem o computador e a internet.
- Desenvolver um AVA sobre música, ondas e acústica, fazendo uso de recursos tecnológicos e objetos de aprendizagem disponíveis na internet.
- Propiciar um melhor aproveitamento do computador e da internet utilizando-os, também, como ferramenta de ensino e aprendizagem e não somente como diversão.
- Permitir que os alunos discutam entre si, por meio dos fóruns as, questões problematizadoras propostas, levando-os a uma maior interação e a uma atitude colaborativa.
- Permitir que os alunos participem ativamente do processo de ensino e aprendizagem, adquirindo valores tais como a responsabilidade de cumprir cada módulo no tempo determinado, respeito ao trabalho e à opinião de outrem, postura ética perante os colegas quando se faz o uso dos fóruns.
- Desenvolver nos alunos atitudes como iniciativa e autonomia, de modo que sua atuação participativa na realização das atividades do AVA e nas discussões propostas nos fóruns torne-se mais eficiente.
- Desenvolver nos alunos a habilidade de interpretar gráficos e tabelas, bem como relacioná-los.
- Desenvolver nos alunos a habilidade de leitura e interpretação de textos.
- Desenvolver nos alunos a habilidade de relacionar dados e trabalhar com ferramentas matemáticas simples, fazendo uso de calculadora e articulações matemáticas.
- Permitir que os alunos relacionem os conceitos físicos estudados com a prática do músico na hora de afinar um instrumento, ou escolher o timbre do som que este deve gerar.
- Permitir que os alunos aprendam a distinguir situações cotidianas onde o uso do som possa prejudicar a sua própria audição e a das pessoas, com a criação, por exemplo, de grandes poluições sonoras.

3.4 Breve revisão bibliográfica

Como ponto de partida para a realização deste trabalho, fizemos uma pesquisa bibliográfica em artigos e publicações sobre ensino de Ciência e Física que utilizam instrumentos musicais, música e, principalmente, o computador como ferramenta de ensino. Procuramos, também, identificar trabalhos que descrevessem metodologias de trabalho com atividades sobre ondas e acústica que fizessem uso do computador e da internet como instrumento de ensino, buscando auxiliar a aprendizagem dos conteúdos de Física no Ensino Médio.

Segue a descrição de alguns trabalhos que foram consultados nessa linha de ação:

No artigo “A física das oscilações mecânicas em instrumentos musicais: Exemplo do berimbau” (KANDUS; GUTMANN; CASTILHO, 2006) os autores utilizam o berimbau, que é um instrumento musical bem simples constituído por uma única corda rigidamente esticada e uma cabaça, para discutir conceitos como ressonância, velocidade de propagação de uma onda em uma corda e velocidade do som no ar.

Discutem, entre outros assuntos, o modo como o músico afina as cordas de um violão quando se aperta ou se afrouxa a tarraxa; como se dá a formação das notas musicais em uma flauta; os tipos de tubos sonoros utilizados em órgãos de tubo; a formação das ondas estacionárias em uma corda e num cilindro de ar, diferenciando-as em transversais e longitudinais. Observam, também, que o som produzido por uma fonte sonora é tão mais intenso quanto maior for a variação da pressão que ocorre na sua geração.

No final do artigo, os autores apresentam uma breve história da evolução do berimbau e da capoeira.

Podemos perceber claramente que os autores utilizam um instrumento musical simples para discutir conceitos de física de ondas e acústica.

No artigo “O violão no Ensino de Física” (GRILLO et al, 2010) os autores utilizam o violão como elemento motivador e citam que a música pode ser utilizada como fio condutor para o estudo da Física e da Matemática.

Citam também a formação do timbre do instrumento, a partir da composição de ondas (série de Fourier), comentando a diferença entre um som harmônico e um ruído (que é um som não harmônico).

Exploram o instrumento musical (violão) para discutir a formação de ondas estacionárias, timbre do instrumento, ressonância e afinação do instrumento, a partir de um padrão ou pelo fenômeno do batimento e a velocidade de propagação das ondas em uma corda. Citam a utilização de um *software* GRAM10 para afinação de instrumentos, identificando o uso da tecnologia para este fim.

Com isso, concluem que o uso do violão como vetor de aprendizagem de Física é de grande valia para um processo mais dinâmico e interessante para o aluno.

No artigo “Utilização do Computador como Instrumento de Ensino: Uma Perspectiva de Aprendizagem Significativa” (NOGUEIRA et al, 2000) os autores já enfatizaram naquela época (ano 2000), o uso do computador como um instrumento de ensino, identificando o recurso das simulações.

Comentam também que o computador contribuirá para uma aprendizagem significativa, se a interface entre a máquina e o aprendiz propiciar uma interação entre ambos, pois aguça a criatividade, iniciativa e capacidade de raciocínio do aluno, proporcionando uma aprendizagem autônoma e contínua fundamentada na interação e visualização de situações vivenciadas por ele em seu cotidiano, as quais a Física explica ou equaciona.

Concluem que o efetivo aproveitamento e sucesso dos programas passam pela aceitação do professor e que o uso do computador e *softwares* de ensino podem contribuir para uma aprendizagem significativa e efetiva dos seus alunos.

No artigo “Aprendizagem Significativa em um Ambiente Multimídia” (TAVARES, 2007), o autor ressalta que o uso do computador e das ferramentas multimídia contribuem e facilitam o aprendizado, já que esses recursos utilizam o canal verbal e visual, minimizando o esforço cognitivo a que o aluno está sujeito. Ressalta que o uso desses recursos multimídia torna o processo de ensino/aprendizagem mais inclusivo, já que mais pessoas conseguem entender um determinado fenômeno da natureza quando observado em uma animação ou em uma simulação computacional, ou mesmo em um vídeo, pois, nesse caso e com esses recursos, o aluno pode acompanhar a evolução temporal do fenômeno passo a passo, identificando suas nuances e suas características instante por instante. Quando não havia esses recursos computacionais multimídia à disposição, o entendimento do fenômeno por parte do aprendiz dependia da capacidade de cada um desenvolver um mapa mental da situação, demandando um maior esforço cognitivo e restringindo o aprendizado apenas aos mais aptos.

Ressalta também que o uso de animações interativas, simulações e vídeos, facilitam a compreensão de conceitos abstratos já que esses recursos permitem a construção de sua imagem como uma realidade virtual e possibilitam uma passagem gradual dos resultados de modelos empíricos para modelos aceitos pela comunidade científica. O autor ressalta que o aprendizado se dá por vários canais (verbal, auditivo e visual) e que este aprendizado será mais rico, efetivo e inclusivo, quanto maior forem as nuances que acionam esses canais. Assim, os recursos computacionais e objetos de aprendizagem permitem uma visualização e simulação de um fenômeno da natureza que dificilmente seriam possíveis e acessíveis em um laboratório didático.

Finalmente, conclui que a soma desses recursos com a facilidade de comunicação proporcionada pela internet, proporciona a possibilidade de se criar um ambiente de aprendizagem que possa ser utilizado com os alunos presentes na sala de aula, ou como suporte na educação à distância.

No artigo “Um Ambiente Virtual para a Aprendizagem de Conceitos Sobre Ondas Sonoras: Concepção e Primeiras Análises” (DIOGO; GOBARA, 2008), os autores propõem um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) nos mesmos moldes do proposto no nosso trabalho, inclusive com o mesmo tema, enfatizando a possibilidade de uma ferramenta computacional virtual que utiliza as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), bem como os recursos de animações, simulações, vídeos, textos e figuras em prol de uma aprendizagem significativa.

Fazem uma revisão bibliográfica em busca de trabalhos que envolvam o uso do computador e das TIC no ensino de Física, concluindo que ainda existe uma grande escassez de propostas de trabalhos com essas ferramentas e, nas encontradas nesta revisão, poucas relatam o resultado do efetivo aprendizado do aluno, constituindo apenas *kits* de aprendizagem. A partir disso, justificam o trabalho no desenvolvimento de um AVA e a pesquisa dos resultados dessa investida no aprendizado dos alunos.

De acordo com os autores, o AVA foi desenvolvido com o intuito de servir como um meio alternativo e/ou complementar à aprendizagem de algumas propriedades das ondas sonoras. São elas: necessidade de um meio material para a propagação do som; o som não transporta matéria; intensidade sonora e amplitude da onda; necessidade de uma fonte sonora e frequência sonora.

No processo de desenvolvimento do material educacional, originaram-se duas versões em que uma delas é constituída de páginas na web que se relacionam entre si e outra

constituída por atividades modeladas como desafios. Os autores comentam que a primeira versão do material foi aplicada aos alunos como um teste para sua eficiência, mostrando-se pouco adequada, já que este modelo com páginas na web apenas se parece muito com o livro didático, não sendo, então, motivador ao aluno. A partir dessa conclusão, os autores reformularam o AVA levando em consideração duas prerrogativas para uma aprendizagem significativa: 1) o material de ensino deve ser potencialmente significativo sendo possível a incorporação das informações relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno; 2) o aluno deve estar disposto a aprender e não apenas memorizar os conteúdos. Para isso, a reformulação se deu através da criação de situações nas quais os alunos deveriam resolver um problema ao superar um desafio.

Foram propostos quatro desafios que, de acordo com os autores, têm a missão de se trabalhar de forma problematizada, levando o aluno a buscar respostas que tenham a capacidade de construir os conhecimentos sobre ondas sonoras de uma forma significativa.

Concluem que existem poucos trabalhos que testam a eficiência do uso de recursos computacionais, sendo que essa área se constitui um grande campo a ser pesquisado. Concluem também que o AVA confeccionado por eles se mostra como um recurso educacional que proporciona uma aprendizagem significativa, tão ou mais satisfatória do que as aulas presenciais, e que as TIC podem ser consideradas como mais um recurso a ser utilizado pelo professor para favorecer a aprendizagem dos seus alunos.

Outra conclusão importante está relacionada à teoria da Aprendizagem Significativa. Este referencial teórico, concluem os autores, é adequado para o desenvolvimento de materiais educacionais que façam uso das tecnologias da informação e comunicação, sendo estas uma alternativa viável e promissora para favorecer uma melhor aprendizagem dos conteúdos.

Em outro artigo “A Contribuição dos Objetos de Aprendizagem no Ensino de Conceitos Físicos” (NUNES; PICONEZ; COIMBRA, 2009), os autores comentam que a chegada da internet na escola provocou mudanças nas concepções de ensino e aprendizagem, surgindo, assim, novas competências para ensinar, além de formas de aprender e a interagir, as quais os professores de hoje não estudaram em seus cursos de Licenciatura. Comentam que o uso do computador não é garantia de aprendizagem eficaz, mas que, quando usado de forma bem estruturada e contextualizada, pode contribuir bastante no processo de ensino/aprendizagem. Comentam ainda que, para um bom aproveitamento, os objetos de aprendizagem (OA) devem criar oportunidades de ação por parte do estudante na construção

do seu conhecimento, sendo que essas ferramentas podem estar presentes em ambientes virtuais de aprendizagem. Os autores relatam que, apesar de existirem vários desses objetos de aprendizagem, poucos deles têm esse caráter de introdução de conceitos físicos de forma dinâmica e interativa que levem, assim, a uma aprendizagem significativa.

Os autores utilizam um OA na forma de animação com textos que mostram situações cotidianas do aluno em que as ondas estão presentes. Usam os exemplos da pedra jogada na superfície da água; uma conversa; uma pessoa assistindo à televisão ou escutando rádio; tocando um instrumento musical e, para finalizar, apresentam como exemplo, a famosa “ola” feita pelas pessoas nos estádios de futebol. Feito isso, em outra tela, os autores utilizam a animação para que o aluno encontre em quais situações apresentadas naquela tela ou figura existe a presença de ondas. Posteriormente a animação dá um *feedback* para o aluno retornar ao início. Comentam que a intenção do uso de OA é a introdução dos estudantes na estruturação conceitual do fenômeno físico “ondas”.

Posteriormente, utilizaram mapas conceituais para avaliarem e investigarem as contribuições do uso de OA como recurso didático no ensino e apropriação de conceitos de física por parte dos alunos.

Os autores concluem que o uso desses OA contribuiu para um melhor entendimento do conceito de onda, pois provocou uma mudança conceitual significativa por parte dos estudantes, a partir do conceito de ondas mais próximo do seu cotidiano e culminando em um conceito mais adequado a uma estruturação científica. Concluem também que o OA atuou como organizador prévio, pois cumpriu o papel de gerar condições cognitivas para uma aprendizagem significativa, constituindo-se, então, como mais um recurso didático disponível ao professor para a dinamização das aulas de Física. Este OA pode ser acessado no link:

http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/13Ondas/anima/massa/fis1_ativ1.html.

Outro artigo “Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas” (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003) os autores expõem que as causas de um baixo rendimento no aprendizado de conceitos de física ainda não são bem conhecidas e, por consequência, os meios para uma boa aprendizagem também não. Além disso, comentam que a aprendizagem de conceitos abstratos fica muito difícil caso se utilize apenas o discurso verbal ou textual, necessário então, o uso de outras ferramentas de ensino, tais como o computador.

Fazem um resumo histórico sobre a evolução dos computadores até a fase em que estes ficaram acessíveis (entenda-se baixo custo e alta interatividade) e passaram a ser usados como ferramentas de ensino. Comentam que com o uso do computador é possível respeitar o grau de maturidade e desenvolvimento cognitivo do aluno e tornam o processo de ensino/aprendizagem mais eficiente e democrático, respeitando, assim, a individualidade de cada um.

Enfatizam também alguns modos de utilização do computador:

- i.* Aquisição de dados em tempo real durante experimentos no laboratório;
- ii.* Modelagens e simulações que permitem analisar fenômenos e fazer previsões, além de ser um recurso que permite a visualização de experimentos de difícil reprodução na prática;
- iii.* Multimídia, na forma de hipertextos, figuras, vídeos, sons, animações disponíveis *on-line* ou *off-line*;
- iv.* Realidade virtual que facilita a interação entre o homem, a máquina e o ambiente virtual;
- v.* Internet, envolvendo as utilizações anteriores e proporcionando maior raio de ação do professor que passa a ter a função de orientador que ajuda o aluno a procurar e organizar as informações acessíveis na rede, deixando de ter papel tão central no processo de ensino/aprendizagem.

No entanto, para que o uso dessa ferramenta seja efetivo, existe a necessidade de se criar *softwares* de boa qualidade, que sejam estimulantes, atrativos e, claro, eficientes na preparação dos professores para que façam o uso correto dos mesmos.

Concluem, então, que o uso do computador e das novas tecnologias abriu novas perspectivas de ensino e aprendizagem das ciências em geral, permitindo um leque de estratégias e ferramentas à disposição do professor e do aluno para que juntos atinjam êxito no processo de ensino/aprendizagem.

Como justificado por essa breve revisão bibliográfica, o uso do computador e dos Objetos de Aprendizagem pode contribuir para um processo de ensino mais efetivo e significativo para os alunos, envolvendo-os em um ambiente mais próximo da sua realidade cotidiana, explorando novos recursos e tecnologias.

CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM (AVA)

4.1 Introdução

Neste capítulo, apresentamos um relato do desenvolvimento do AVA e a descrição do seu formato final, do modo que foi utilizado pelos alunos. Ressaltamos que esse material consiste num programa de aprendizagem voltado para alunos do Ensino Médio, sobre ondas sonoras, que toma, como fio condutor, a música e os instrumentos musicais. O material é apresentado no formato digital, em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) o qual só pode ser acessado por meio de um computador conectado à internet.

Acreditamos que esse AVA possa servir como mais uma ferramenta educacional à disposição dos professores e dos alunos para aprofundamento em alguns assuntos referentes à acústica e ondas sonoras, servindo como material complementar ou de apoio ao curso presencial desenvolvido nas escolas.

Em relação aos conteúdos nos ambientes virtuais de aprendizagem, Mattar (2009, p. 116) afirma que:

Com as tecnologias modernas e particularmente com a Internet, podem-se desenvolver conteúdos e objetos de aprendizagem de diversas formas: som, texto, imagens, vídeo e realidade virtual. O aluno pode interagir com o conteúdo de diversas maneiras: navegando e explorando, selecionando, controlando, construindo, respondendo, entre outras.

Marquesi (2009, p. 359) afirma que “quanto mais ativamente uma pessoa participar da aquisição de um conhecimento, mais ela irá integrar e reter aquilo que aprender”.

Dessa forma, as mídias interativas desenvolvidas e utilizadas no AVA, tais como áudio, vídeos, questionários, simulações favorecem uma atitude exploratória, tornam a navegação mais amigável e a tarefa de estudar pelo computador mais atraente.

Neste programa, o próprio professor das aulas presenciais pode ser o tutor, direcionando e dando assistência aos alunos que se interessem em aprofundar seus conhecimentos sobre ondas sonoras.

4.2 Aspectos Gerais do Ambiente

O Ambiente elaborado e aplicado aos alunos do 2º Ano, 3º Ano e Pré-Vestibular nas escolas onde trabalhamos, foi organizado em cinco módulos:

Módulo 1 – O Som do Diapasão;

Módulo 2 – A Nota Musical no Violão e na Viola de Arco;

Módulo 3 – Qualidades Fisiológicas do Som;

Módulo 4 – Nível de Intensidade Sonora;

Módulo 5 – Ressonância e Batimento Sonoro.

Cada um dos módulos é constituído pelas seguintes seções:

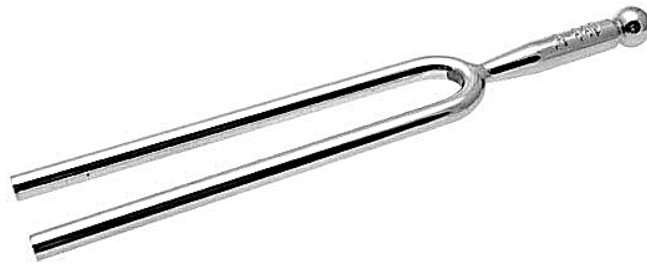
- Breve História da Música;
- Problematização Inicial;
- Objetivos;
- Introdução;
- Atividade;
- Questionário;
- Simulação;
- Fórum.









A estrutura de cada módulo está representada na figura 4.1 a seguir:

Figura 4.1 – Estrutura de cada modulo do AVA.

1

Módulo 01 - O Som do Diapasão



-  Breve História da Música Ocidental
-  Problematização Inicial
-  Objetivos
-  Introdução
-  Atividade
-  Questionário - Módulo 01
-  Módulo 01 - Simulação – Frequência e Amplitude
-  Discussões, Sugestões e Críticas - Módulo 01

Fonte – figura elaborada pelo aluno

Ao clicar em cada um dos campos, o aluno é direcionado a uma tarefa específica.

Nos campos Breve História da Música Ocidental, Problematização Inicial, Objetivos e Introdução o aluno tem acesso a uma página da *Web*, a qual apresenta um texto que deve ser lido para o desenvolvimento do Módulo.

No campo Atividade, é apresentado ao aluno um *link* ou *links* que o direcionam aos vídeos que norteiam a resolução do Questionário.

No campo Questionário, o aluno é direcionado à tarefa de resolução de questões referentes ao tema abordado no módulo, questões estas baseadas tanto nos vídeos quanto na teoria exposta na Introdução.

No próximo campo, Simulação, o aluno tem acesso a uma simulação que ilustra o fenômeno de Física abordado naquele módulo.

Por fim, no campo Discussões, Sugestões e Críticas, o aluno tem acesso a um fórum onde pode expor suas dúvidas e dar suas sugestões para o aperfeiçoamento do AVA.

A seguir, descreveremos cada uma dessas seções.

4.2.1 Breve História da Música Ocidental

Nesta seção, fazemos um breve relato do desenvolvimento e da história de alguns instrumentos musicais utilizados em orquestras. Em cada módulo, apresentamos uma parte dessa história, varrendo-a desde a antiguidade até culminar na utilização desses instrumentos na música moderna do século XX.

No Módulo 01, apresentamos alguns relatos históricos da antiguidade que deram origem aos instrumentos musicais e à manipulação do som nas composições. Comentamos a respeito da origem da palavra música e ressaltamos a confusão que existe entre Música Clássica e Música Erudita.

No Módulo 02 apresentamos alguns instrumentos musicais utilizados em orquestras, especificamente aqueles do naipe das cordas. Damos ênfase ao aspecto da construção, sem muitos detalhes; do timbre de cada um dos instrumentos; do seu desenvolvimento na história e de algumas técnicas de execução (como o instrumento pode ser tocado). Dentre os instrumentos de cordas, comentamos sobre a Harpa, o Violino, a Viola de Arco, o Violoncelo, o Contrabaixo e o Violão.

No mesmo formato do Módulo 02 apresentamos no Módulo 03 os instrumentos do Naipe das Madeira (Flauta, Flautim, Fagote Oboé e Clarinete), no Módulo 04 os instrumentos do naipe dos Metais (Trompete, Tuba e Trombone) e, por fim, no Módulo 05, apresentamos alguns instrumentos de percussão (Tímpanos e Xilofone).

Em cada uma das descrições dos instrumentos, mostramos textos e figuras que levam à identificação de cada um deles, o que torna esses instrumentos mais familiares aos alunos.

A utilização de textos nas páginas produzidas no AVA é de grande importância, pois, de acordo com Araújo e Marquesi (2009, p. 363):

podemos estimular a interação em AVAs por meio de estratégias que permitam que o professor se faça presente tanto nos textos teóricos produzidos pelo mesmo para o ambiente virtual quanto nas demais situações que o AVA propicia.

Essas páginas da *Web* foram largamente utilizadas nos módulos, já que nelas podemos introduzir textos e imagens tornando a apresentação do conteúdo atraente. Tomamos cuidado para que esses textos não fossem muito longos de maneira que a leitura se tornasse confortável ao aluno.

4.2.2 Problematização Inicial

Nesta seção expomos um fato do cotidiano do aluno no intuito de despertar sua curiosidade em relação ao assunto que será abordado no módulo. Acreditamos que com essa ação, o aluno se interesse em conhecer o fenômeno da Física no qual aquele fato está baseado.

Tomamos o cuidado de abordar o fato de forma bem simplificada, sem um tratamento direto da teoria por trás do fenômeno, justamente para o aluno tentar encontrar uma explicação plausível para aquilo que ele está observando baseado no seu conhecimento de mundo e suas concepções alternativas.

Como o AVA trata de ondas sonoras, os exemplos utilizados em cada módulo remetem a questões que envolvem o som, instrumentos musicais e fatos que envolvem o cotidiano do músico. Não discorremos sobre outros fatos que não sejam relacionados à física do som, ou que envolva outros tipos de ondas que não sejam as ondas sonoras.

4.2.3 Objetivos

De forma bem direta, nesta seção expomos os objetivos que pretendemos trabalhar no módulo, já comentando sobre alguns objetos de aprendizagem que serão utilizados no desenvolvimento das atividades propostas.

4.2.4 Introdução

Nesta seção abordamos a teoria que embasa o fenômeno da Física a ser estudado no módulo. De maneira simples e direta, expomos os conceitos que o aluno deve agregar aos seus conhecimentos prévios para que ele tenha o arcabouço teórico que lhe de condições para responder as questões apresentadas no Questionário e para a manipulação da Simulação, que será proposta posteriormente.

Apresentamos a teoria a partir de uma página da *Web* onde se encontra um texto com linguagem simples e clara, permeado por figuras ilustrativas, onde esperamos que o aluno consiga se embasar e resolver as atividades do módulo.

Além dos textos e imagens, expomos as equações necessárias, sem suas demonstrações, para que o aluno agregue a ferramenta matemática necessária para o desenvolvimento do módulo.

Tomamos cuidado para que o texto não fosse longo nem cansativo ao aluno, dando-lhe apenas os subsídios necessários a serem aprendidos e utilizados no decorrer do programa.

Alguns desses subsídios teóricos e matemáticos foram expostos em aulas presenciais na escola onde o aluno estuda e outros foram apresentados nos módulos de forma articulada com os conhecimentos prévios do aluno.

4.2.5 Atividade

Nesta seção apresentamos e informamos a atividade que o aluno deverá realizar e anexamos os *links* dos vídeos confeccionados para o AVA, vídeos estes que serão explorados no Questionário.

Enfatizamos a necessidade de se assistir aos vídeos, já que neles está exposto o fenômeno da Física que será discutido no módulo, além dos gráficos que deverão ser interpretados na realização do questionário.

Esses vídeos possibilitam a apresentação do fenômeno de forma atraente e dinâmica, no intuito de captar o interesse do estudante e contribuem também para uma observação mais completa e detalhada, na medida em que permitem parar, voltar ou antecipar a imagem.

4.2.6 Questionário

Nesta seção apresentamos um Questionário no qual as questões estão baseadas na teoria exposta na introdução, bem como nos vídeos que foram produzidos para constituir o AVA. Nesses vídeos são agregados os gráficos que representam a onda de pressão do som gerado pelo instrumento que foi tocado ou pela voz das pessoas. Esses gráficos foram obtidos com o auxílio do software *Audacity*.

O aluno é levado a manipular os vídeos e utilizar os gráficos gerados para identificar as grandezas físicas e relacioná-las. Para a resolução dos exercícios em que são necessários cálculos matemáticos, sugerimos o uso da calculadora. Com relação a esta ferramenta, os PCNs afirmam que:

dentre as várias razões para seu uso, ressalta-se a possibilidade de explorar problemas com números frequentes nas situações cotidianas e que demandam cálculos mais complexos, como os fatores utilizados na conversão de moedas, os índices com quatro casas decimais (utilizados na correção da poupança), os descontos como 0,25% etc (BRASIL, 1998a, p. 67).

Seu uso tem sido recomendado pelos pesquisadores, apesar das controvérsias que tem provocado. No caso da resolução das questões propostas nos questionários, o aluno deve efetuar cálculos com muitas casas decimais e suas conclusões são baseadas em aproximações para os resultados adquiridos nessas contas. Por isso, o uso desse recurso é sugerido, pois facilita o cumprimento da tarefa.

O número de questões varia de cinco a vinte, sendo que todas elas são de múltipla escolha. O aluno tem a possibilidade de realizar o questionário da forma que for mais conveniente para ele, podendo inicia-lo num momento, gravar as questões que já realizou e resolver as outras em outra oportunidade, enviando todas de uma só vez, depois de tudo terminado. A nota final do aluno é calculada pela média de acertos.

Em cada questão, o aluno tem um *feedback* indicando se acertou ou não a alternativa escolhida. No caso de assinalar a alternativa errada, é sugerido ao aluno, a leitura da teoria do módulo ou, ainda, fornece-lhe informações sobre aquela alternativa escolhida. Por exemplo, em uma questão em que a resposta é “ressonância” e o aluno escolheu a alternativa “reflexão”, o *feedback* explica o fenômeno “reflexão”, esclarecendo para o aluno por que o que ele assinalou não é o correto. Por ser o Questionário um instrumento de avaliação, o aluno não tem a chance de resolver novamente a questão, sendo direcionado para a próxima.

4.2.7 Simulação

Nesta seção, sugerimos ao aluno a manipulação de uma simulação, fornecendo o *link* que o direciona à página onde ela pode ser acessada. Tomamos o cuidado de escolhermos simulações que sejam claras e bem feitas, ou seja, simulações que mostrem o fenômeno discutido no módulo e que sejam de fácil manipulação das variáveis.

Enquanto manipula a simulação, são propostas algumas questões, constituindo um trabalho que também servirá como avaliação, de forma a orientar o aluno na manipulação das variáveis expostas. Posteriormente, sugerimos que o aluno explore a simulação da forma que bem entende e escreva um breve texto sobre o que observou depois de manipular as variáveis.

Como tarefa, cobramos dos alunos que digitem, no programa *Word*, as respostas das questões propostas, bem como o texto escrito sobre as simulações, tecendo suas conclusões, para a postagem desse arquivo no espaço indicado. Posteriormente esse texto será corrigido pelo professor e, então, atribuída uma nota que fará parte média final do aluno no término das atividades do programa.

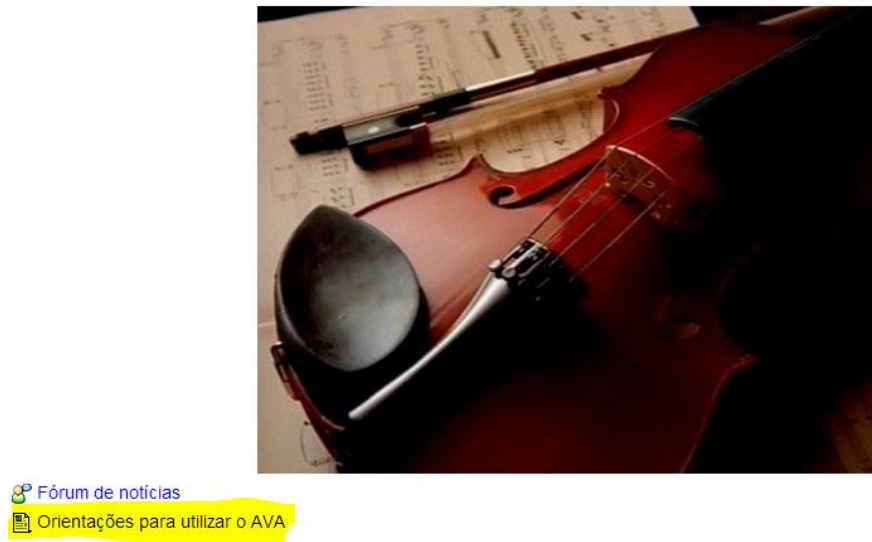
4.2.8 Discussões, Sugestões e Críticas

Nesta seção pedimos para que os alunos exponham suas conclusões, sugestões e críticas relacionadas ao AVA. É nesse campo que o aluno pode discutir e tirar suas eventuais dúvidas na resolução do Questionário ou relativas à teoria proposta em cada módulo.

4.3 Roteiros das Atividades

Aqui descrevemos os roteiros idealizados para a construção dos módulos do AVA. Antes de iniciar os trabalhos nos módulos, colocamos algumas orientações para que os alunos possam entender a dinâmica das tarefas, além de um fórum de notícias. Nestas orientações, explicamos o que é proposto em cada uma das seções de cada módulo. O aluno, clica no campo indicado e é direcionado a uma página com um texto explicativo.

Figura 4.2 – figura de abertura do AVA juntamente com as orientações e um fórum de notícias.



Fonte – figura elaborada pelo aluno

4.3.1 Módulo 01 – O Som do Diapasão

Figura 4.3 – Figura de abertura do Módulo 01.

Módulo 01 - O Som do Diapasão



Fonte – figura elaborada pelo aluno

Neste módulo, exploramos o som do diapasão. Seguindo a sequência, na seção Breve História da Música Ocidental, discorreremos sobre alguns aspectos históricos que envolvem a produção de sons na antiguidade, datando alguns eventos e identificando alguns períodos em que já se poderiam identificar produções musicais rudimentares.

Figura 4.4 – Página da seção Breve História da Música Ocidental apresentada no Módulo 01.

Provavelmente, a música é um dos elementos principais da cultura de uma forma geral. Existem evidências que já se produzia música desde a pré-história possivelmente como resultado da observação dos sons produzidos na natureza.

Como os utensílios produzidos no dia-a-dia já não eram suficientes para expressar sua produção cultural, era na arte e na música que o ser humano encontrava um campo fértil para evidenciar seus desejos, seus medos e outras sensações que não eram explicadas pela razão. Em diferentes fontes encontradas por arqueólogos como pinturas, esculturas e gravuras, são apresentadas imagens de músicos, dançarinos e instrumentos musicais.

Alguns estudos científicos afirmam que desde o momento que o ser humano começou a se organizar em tribos primitivas no continente africano, a música já era parte integrante do cotidiano e da cultura desses povos.

Acredita-se que a música tenha surgido em torno de 60000 anos atrás e que as primeiras manifestações musicais tenham surgido na África e expandido pelo mundo juntamente com a raça humana.

Já nas grandes civilizações do mundo antigo, foram encontrados vestígios de instrumentos musicais. Os sumérios já utilizavam em suas liturgias, milhares de anos antes de Cristo, cantos e hinos salmodiados que influenciaram as culturas Judaica, Caldéia e Babilônica que posteriormente se instalaram naquela região. Existem vestígios de uma flauta constituída de ossos que possivelmente foi confeccionada aproximadamente no ano 60000 a.C.

Na Mesopotâmia também foram encontrados vestígios de harpas e liras datados em 3000a.C. Talvez seja por isso que o deus grego Apolo, deus das artes, tenha suas representações feitas portando uma lira. É válido ressaltar que na Grécia Antiga, somente a poesia e a música eram consideradas manifestações artísticas do modo como hoje são compreendidas.



Figura 1 – Apolo, deus grego das artes, portando uma lira.

Fonte – figura elaborada pelo aluno

Na seção Problematização Inicial, estimulamos o aluno a pensar na utilização do diapasão. Comentamos brevemente sobre o trabalho de um músico e expomos uma figura de um diapasão para que o aluno o visualize. Posteriormente, comentamos que, hoje em dia, existem outros tipos de diapasões.

Figura 4.5 – Página da seção Problematização Inicial apresentada no Módulo 01.

Quando as pessoas comentam sobre músicos no cotidiano, logo vem aquela figura que sempre está presente nos churrascos, festas, bares, tocando seus instrumentos, cantando, divertindo o público.

Pois bem, um músico profissional, para atingir um nível alto de execução do seu instrumento, seja ele qual for, deve estudar de forma disciplinada e aplicada, chegando a trabalhar por 6, 8, 10 e até 12 horas. Isso mesmo, o músico para chegar e encantar as pessoas com sua performance, deve trabalhar muito. Como dizem nas escolas, deve fazer o dever de casa.

E todo esse estudo e horas de prática começam com a afinação do instrumento. Para isso, muitos músicos utilizam o diapasão, que é um objeto em forma de ferradura que vibra em uma única frequência, emitindo uma nota musical de referência.



Figura 01 – Diapasão em forma de ferradura.

Fonte – figura elaborada pelo aluno

Depois de apresentar de forma bem direta o Objetivo na seção Introdução, fornecemos ao aluno uma teoria sobre ondas sonoras a partir da vibração de um diapasão.

Comentamos sobre as compressões e rarefações provocadas pela vibração do mesmo e como as moléculas de ar se comportam nessa situação. Os conceitos de período e frequência não são apresentados, pois acreditamos que o aluno já tenha aprendido isso nas aulas presenciais.

Figura 4.6 – Parte da Página da seção Introdução apresentada no Módulo 01.

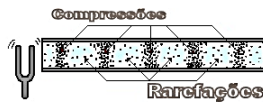
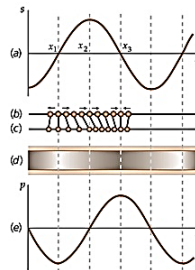


Figura 01 – Diapasão vibrando e as sucessivas compressões e rarefações provocadas nas moléculas de ar

Podemos observar na figura que, ao vibrar, o diapasão provoca sucessivas regiões de compressões e de rarefações no ar.

O gráfico abaixo mostra uma representação dessas compressões e rarefações que ocorrem ao longo da direção de propagação da onda. No eixo das ordenadas, temos as variações da pressão em torno da pressão de equilíbrio e, no eixo das abscissas, temos as posições onde ocorrem essas variações.



Fonte – figura elaborada pelo aluno

Na seção posterior, Atividade, apresentamos o objeto de aprendizagem utilizado para a resolução do Questionário. Confeccionamos um vídeo que mostra o diapasão sendo percutido, o gráfico da pressão sonora resultante da vibração do diapasão e o som gerado pelo mesmo. Nesse mesmo vídeo, comentamos brevemente sobre a ressonância, sem dar muitos detalhes, pois esse fenômeno será tratado em outro módulo. Esse vídeo pode ser acessado no seguinte endereço:

Link: Vídeo 01 - <http://www.youtube.com/watch?v=QChYeyaZWg&feature=youtu.be>

Figura 4.7 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no link, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo.

Video 01 – Som do Diapasão

<http://www.youtube.com/watch?v=QChYeyaZWg&feature=youtu.be>



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Hospedamos os vídeos no *Youtube*, pois dessa forma a imagem e o som ficam com melhor qualidade. Para que pudéssemos inserir o vídeo no próprio AVA, teríamos que convertê-lo em um formato com qualidade inferior, prejudicando, assim, sua visualização.

Figura 4.8 – Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos para os alunos o diapasão.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.9 – Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o som do diapasão quando colocado diretamente no microfone.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Após a apresentação do diapasão e seu som, no próprio vídeo mostramos o gráfico da pressão sonora gerado na captação do som.

Figura 4.10 – Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o gráfico de pressão da onda sonora gerada pelo diapasão quando colocado diretamente no microfone.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Esse gráfico será explorado no Questionário para que o aluno o relacione com uma tabela e encontre o período, a frequência da onda sonora e a referente nota musical.

Figura 4.11 – Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o gráfico de pressão da onda sonora gerada pelo diapasão, quando colocado diretamente no microfone e comentamos sobre a intensidade da onda sonora gerada.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Posteriormente, no mesmo vídeo, apresentamos o violão que será utilizado como uma caixa acústica, para amplificar a intensidade sonora do som gerado pelo diapasão. Nessa parte, comentamos brevemente sobre a caixa de ressonância do instrumento e sobre o fenômeno da ressonância.

Figura 4.12 – Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o diapasão em contato com a caixa de ressonância do violão, identificando uma maior intensidade sonora.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.13 – Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos alunos o diapasão em contato com a caixa de ressonância do violão juntamente com o gráfico da pressão sonora.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

No final do vídeo, apresentamos novamente o gráfico da pressão sonora, pedindo que o aluno identifique a nota musical. Essa questão fará parte do Questionário que o aluno deverá responder depois de assistir ao vídeo.

Figura 4.14 – Figura de parte do Vídeo 01. Nesse momento, apresentamos aos o gráfico da pressão sonora para que ele possa utilizar na resolução do questionário.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Neste módulo, fizemos um questionário com cinco questões de fácil realização, pois acreditamos que um questionário com questões complexas, logo no primeiro módulo, poderia desmotivar os alunos. Nesse questionário, exploramos questões sobre a determinação da amplitude da onda, do período e da frequência da mesma a partir da interpretação dos gráficos. Por fim, exploramos a interpretação de uma tabela a partir dos dados coletados nos gráficos, de modo que o aluno identifique a nota musical emitida pelo diapasão (essa questão foi proposta no vídeo).

Figura 4.15 – Figura da última questão proposta no Questionário do Módulo 01.

5

Notas: -/1

- 1) As notas musicais são sons com frequências definidas. Cada uma das notas da escala tem sua respectiva frequência que caracteriza o seu tom. Observe a tabela a seguir:

Nota	dó	dó#	ré	ré#	mi	fá	fá#
f(Hz)	260	280	290	310	330	350	370
Nota	sol	so#	lá	lá#	si	dó	
f(Hz)	390	420	440	470	490	520	

Tabela – Notas musicais e suas respectivas frequências.

Baseando-se na resposta da questão anterior, identifique dentre as alternativas a seguir qual é a nota mais próxima emitida pelo diapasão:

Escolher uma resposta.

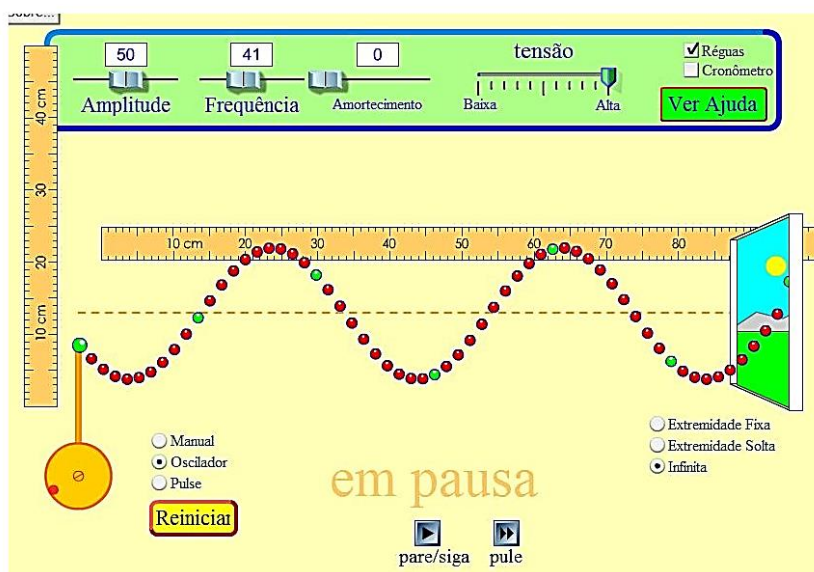
- a. Ré
 b. Mi
 c. Lá
 d. Sol
 e. Dó

Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Feito o questionário, o aluno é direcionado à próxima seção que é constituída de uma simulação.

Apresentamos ao aluno o objeto de aprendizagem que pode ser acessado no *link* que leva a uma simulação sobre ondas. Essa simulação se encontra no site PhET e nela o aluno pode explorar a formação de pulsos em uma corda, visualizar a propagação do mesmo e identificar a reflexão de pulsos em uma extremidade fixa ou livre. Além disso, pode manipular os valores de amplitude, frequência, período, amortecimento e tensão aplicada na corda, para identificar esses parâmetros e o resultado da modificação de cada um na propagação da onda. Acreditamos que com essa simulação o aluno observe e aprenda alguns conceitos que são importantes na formação de ondas em uma corda de violão.

Figura 4.16 – Figura da simulação explorada no Módulo 01.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Sugerimos algumas questões para que o aluno as observe ao manipular as variáveis da simulação e, com os resultados dessa ação, produza um arquivo no *Word* e o poste no local apropriado para que o professor possa identificar as concepções que o aluno observou e aprendeu após realizar a tarefa.

Feito isso, apresentamos no final do módulo o Fórum onde os alunos podem postar suas observações, dúvidas, sugestões e críticas.

4.3.2 Módulo 02 – Nota Musical no Violão e na Viola de Arco

Figura 4.17 – Figura de abertura do Módulo 02.

Módulo 02 - A Nota Musical no Violão e na Viola de Arco



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Na primeira seção, tratamos sobre os instrumentos musicais de corda que constituem uma orquestra, comentando particularmente sobre a Harpa, Violino, Viola de Arco, Violoncelo, Contra Baixo e Violão. Discutimos brevemente sobre a construção de cada um, a maneira como pode ser tocado e fizemos um breve relato da sua evolução histórica. Apresentamos figuras com fotos desses instrumentos, já que alguns deles não são bem conhecidos pelos alunos.

Figura 4.18 – Figura da página que mostra um violino ao lado de uma viola de arco para que o aluno possa comparar a diferença entre suas dimensões.

Viola

Também denominada "alto" ou "viola de arco", esse instrumento musical pertence à mesma família do violino, contendo quatro cordas que também são tocadas da mesma maneira, com um arco friccionando as cordas. Apesar da semelhança estética com o violino, o som da viola é mais doce e encorpado, sendo menos estridente e com um timbre mais grave.

A viola assim como o violino, também foi criada entre os séculos XIV e XV. A palavra viola foi utilizada por muito tempo, antes ainda do século XVI, para identificar os instrumentos de corda. Somente a partir do século XVI que os instrumentos de cordas passaram a ser denominados da maneira que conhecemos hoje.

Além de dimensões um pouco maiores que as do violino, o arco também tem peso e espessura diferentes. No entanto, a técnica para se tocar a viola é idêntica à do violino.

Todos esses atributos caracterizam um timbre próprio desse instrumento, que é parte fundamental em qualquer orquestra ou parte da formação tradicional do quarteto de cordas.

A figura a seguir mostra a diferença estética entre um violino e uma viola.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Também comentamos a diferença entre seus timbres e qual o papel de cada instrumento na composição da orquestra.

Na seção Problematização Inicial, indagamos o aluno a respeito das diferenças entre o violão, a viola caipira e a viola de arco.

Na seção Objetivos, comentamos que nesse módulo será explorado o som do violão, da viola de arco e manipulações matemáticas sobre as ondas que se formam em cordas.

Na seção Introdução, discorreremos brevemente sobre a teoria relativa às ondas que se propagam em uma corda. Mostramos a lei de Taylor e a equação que permite a determinação da frequência fundamental de vibração de uma corda. Esses dois tópicos podem ter sido comentados pelo professor do aluno na aula presencial. A título de aprofundamento, acrescentamos um tópico que está mais relacionado com a teoria musical referente ao intervalo i que determina se o tom da nota musical é maior, menor, semitom, uníssono ou oitava. Acreditamos que esse tema dificilmente seja comentado com os alunos nas aulas presenciais.

Figura 4.19 - Figura da página que apresenta a determinação do intervalo i entre as frequências das notas musicais na determinação de um semitom, tom maior, tom menor, oitava e uníssono.

Denomina-se intervalo entre dois sons de frequências f_2 e f_1 , com f_2 maior ou igual a f_1 , a relação:

$$i = \frac{f_2}{f_1}$$

Quando $i = 1$ os sons estão em **uníssono**, ou seja, dois sons de mesma frequência. Quando $i = 2$ o intervalo é denominado **oitava**, $i = 9/8$ denomina-se um **tom maior**, $i = 10/9$ denomina-se **tom menor** e quando $i = 16/15$, denomina-se **semitom**.

Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Feito isso, apresentamos os vídeos confeccionados para este módulo. Esses vídeos podem ser acessados nos seguintes endereços:

Link: Vídeo 02 - <http://www.youtube.com/watch?v=zu3de37E7fI&feature=youtu.be>

Link: Vídeo 03 - <http://www.youtube.com/watch?v=NeI13VUsJos&feature=youtu.be>

Link: Vídeo 04 - http://www.youtube.com/watch?v=k_iGafIDEVa&feature=youtu.be

Figura 4.20 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 02 – Nota Musical no Violão.

Vídeo 02 – Nota Musical no Violão

Link: <http://www.youtube.com/watch?v=zu3de37E7fl&feature=youtu.be>



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.21 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 03 – Nota Musical no Violão.

Vídeo 03 – Nota Musical no Violão

Link: <http://www.youtube.com/watch?v=Nel13VUsJos&feature=youtu.be>



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.22 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 04 – Nota Musical na Viola de Arco.

Vídeo 04 – Nota Musical na Viola

Link: http://www.youtube.com/watch?v=k_iGafIDEVA&feature=youtu.be



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

No Vídeo 02 – Nota Musical no Violão, apresentamos o som de uma nota musical e o gráfico da onda de pressão sonora para que, no Questionário, o aluno identifique qual é essa nota. Tomamos o cuidado de “esconder” as cordas do violão para que aqueles que, por ventura, toquem esse instrumento, não identifiquem a nota pela posição do dedo na corda ou mesmo pela corda que está sendo percutida.

Figura 4.23 – Figura do Vídeo 02. Para que o aluno não identificasse a nota musical pela corda que está sendo percutida ou pela posição do dedo que segura essa corda, tomamos o cuidado de “escondê-las”.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

No mesmo vídeo, apresentamos o gráfico da pressão sonora. Nesse, momento o aluno já pode identificar o formato da onda que caracteriza o timbre do instrumento. Isso será tema de um módulo posterior e por conta disso não foi comentado com o aluno nessa ocasião.

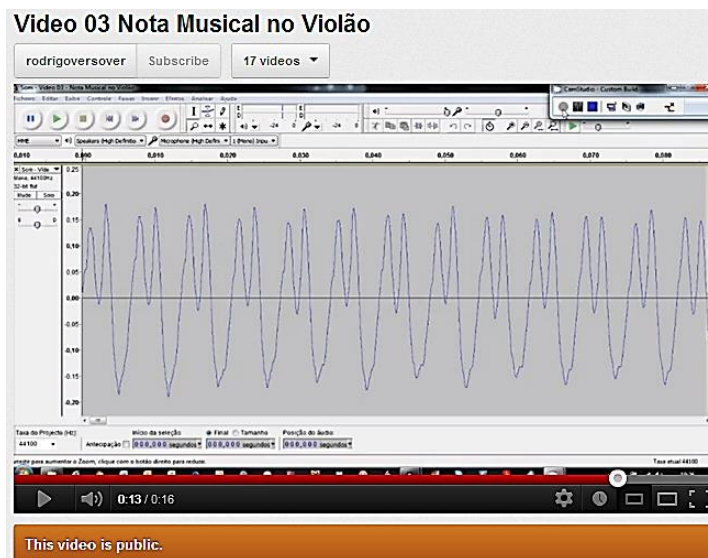
Figura 4.24 – Gráfico da pressão sonora da onda gerada pelo violão. O aluno já pode observar o formato da onda que representa o timbre do instrumento.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

No Vídeo 03 – Nota Musical no Violão, procedemos exatamente da mesma forma que no Vídeo 02 e formulamos as mesmas questões. No entanto, escolhemos uma nota musical mais aguda e mostramos o novo gráfico da pressão sonora bem como o novo formato dessa onda.

Figura 4.25 – Gráfico da pressão sonora da onda gerada pelo violão. O aluno já pode observar, então, o novo formato da onda.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

No Vídeo 04 – Nota Musical na Viola de Arco, apresentamos a Viola utilizada nas orquestras comentando sobre as diferenças entre a mesma e o Violino. Comentamos sobre o seu timbre, intermediário entre o do violino e o do violoncelo sem, no entanto, explicar o que é timbre.

Figura 4.26 – Apresentação da Viola de Arco no Vídeo 04.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Posteriormente, apresentamos o gráfico da pressão sonora para que o aluno determine a nota musical proferida. Mais uma vez, o aluno pode observar o formato da onda sonora que caracteriza o timbre desse instrumento.

Figura 4.27 – Gráfico da pressão sonora resultante da captação do som proveniente da viola de arco.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Apresentados os vídeos e os gráficos, o aluno é direcionado ao Questionário. Nessa ocasião, fizemos um questionário mais longo, com 20 questões, de forma a explorar mais exaustivamente os vídeos e os gráficos.

Nas questões exploramos a interpretação de gráficos de maneira que leve o aluno a identificar o período e a frequência a partir da observação dos mesmos. Nesse momento, o aluno também é levado a exercitar sua capacidade de aproximação de valores, já que, pela leitura dos gráficos, não é possível a identificação exata desses dois parâmetros. De posse desses valores, o aluno é levado a relacionar os dados coletados no gráfico com uma tabela de notas musicais, para que seja possível identificar a nota proferida pelo instrumento. Como a tabela não apresenta todas as frequências das notas musicais em todas as oitavas, no próprio exercício o aluno aprende que uma frequência múltipla inteira representa a mesma nota musical e, de posse dessa informação, ele pode responder qual é a nota executada.

Figura 4.28 – Questão que explora a relação entre os dados coletados no gráfico e a tabela das notas musicais.

3

Notas: -/1

A tabela abaixo mostra as frequências das notas musicais da escala cromática. Sabe-se que as frequências múltiplas inteiras representam a mesma nota musical. Por exemplo, o som de frequência 130Hz também é uma nota dó, uma oitava abaixo, pois $130\text{Hz} = 260\text{Hz}/2$, metade da frequência da nota dó natural.

Nota	dó	dó#	ré	ré#	mi	fá	fá#
f(Hz)	260	280	290	310	330	350	370
Nota	sol	sol#	lá	lá#	si	dó	
f(Hz)	390	420	440	470	490	520	

Com base no enunciado, na tabela e na frequência determinada na questão anterior, responda qual é a nota musical mais próxima da tocada na viola.

Escolher uma resposta.

- a. Fá
 b. Sol
 c. Lá
 d. Sol#
 e. Lá#

Fonte – figura elaborada pelo aluno.

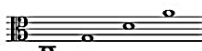
Em algumas questões, exploramos certos assuntos bem particulares referentes à música. Por exemplo, na questão 4 mostramos um pedaço de uma partitura representando a posição da nota musical. Não temos a intenção de que o aluno aprenda a ler partitura, mas, sim, que tenha um breve contato com a grafia utilizada pelos músicos.

Figura 4.29 – Questão que mostra um pedaço de uma partitura para que o aluno observe a grafia que representa as notas musicais.

4

Notas: -/1

1) A extensão das notas emitidas por uma viola de arco é da frequência de 128Hz até 1280Hz. As cordas, quando soltas, emitem as notas Lá (1ª corda), Ré (2ª corda), Sol (3ª corda) e Dó (4ª corda). Na partitura, as notas musicais são representadas da seguinte maneira:



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Nesse questionário, exploramos alguns cálculos simples como a determinação da frequência de vibração de uma corda e do comprimento de onda, a partir da velocidade de propagação e da frequência. Não exploramos a teoria das ondas estacionárias e, por conta disso, algumas “dicas” foram dadas para que o aluno pudesse resolver a questão com facilidade. Acreditamos que essa teoria deveria ter sido ministrada nas aulas presenciais, no entanto, para garantir a realização da tarefa, incluímos as “dicas”.

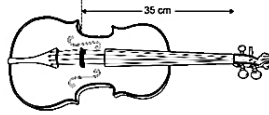
Figura 4.30 – Questão que mostra um instrumento de corda e propõe ao aluno a realização de alguns cálculos.

6

Notas: -/1

1) Bruna afina a corda mi de seu violino, para que ela vibre com uma frequência mínima de 680 Hz.

A parte vibrante das cordas do violino de Bruna mede 35 cm de comprimento, como mostrado nesta figura:



Considerando essas informações,

- I. CALCULE a velocidade de propagação de uma onda na corda mi desse violino. Dica: o comprimento de onda da onda na corda é o dobro do comprimento da corda.
- II. Considere que a corda mi esteja vibrando com uma frequência de 680 Hz. DETERMINE o comprimento de onda, no ar, da onda sonora produzida por essa corda. A velocidade de propagação do som no ar é de aproximadamente 340m/s.

Escolher uma resposta.

- a. I - 280m/s; II - 0,40m
- b. I - 280m/s; II - 0,50m
- c. I - 580m/s; II - 0,70m
- d. I - 480m/s; II - 0,50m
- e. I - 480m/s; II - 0,70m

Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Propomos uma questão desafio que cobra uma resolução mais rebuscada. Nessa questão, citamos o piano, já que este também é um instrumento de cordas muito usado por solistas em uma orquestra.

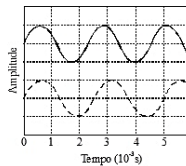
Figura 4.31 – Questão desafio que cobra uma maior abstração por parte do aluno para realizar a tarefa.

10

Notas: -/1

1) Questão desafio: Para a afinação de um piano usa-se um diapasão com frequência fundamental igual a 440 Hz, que é a frequência da nota Lá. A curva contínua do gráfico representa a onda sonora de 440 Hz do diapasão.

- I) A nota Lá de um certo piano está desafinada e o seu harmônico fundamental está representado na curva tracejada do gráfico. Obtenha a frequência da nota Lá desafinada.
- II) O comprimento dessa corda do piano é igual a 1,0 m e a sua densidade linear é igual a $5,0 \times 10^{-2}$ g/cm. Calcule o aumento de tensão na corda necessário para que a nota Lá seja afinada.




Escolher uma resposta.

- a. I) 800Hz. II) 366N
- b. I) 400Hz. II) 672N
- c. I) 400Hz. II) 366N
- d. I) 200Hz. II) 672N.

Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Por fim, propomos algumas questões referentes ao intervalo *i*, para que o aluno identifique o semitom, oitava, uníssono, tom maior ou tom menor, naquela situação proposta.

Figura 4.32 – Questão que explora a teoria apresentada no módulo sobre o intervalo i entre as frequências das notas musicais.

15  De acordo com os resultados determinados nas questões anteriores, qual o valor do **intervalo** entre a frequência da nota musical encontrada na tabela e a frequência determinada pela análise do gráfico?

Notas: -/1

Escolher uma resposta.

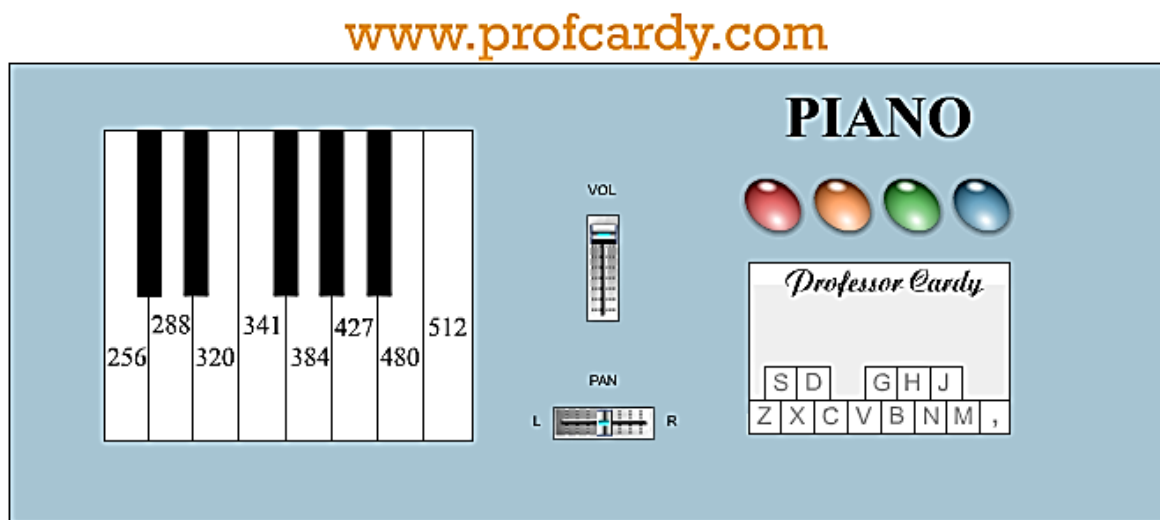
- a. $i = 16/15$ (semitom)
- b. $i = 4$ (4° Harmônico)
- c. $i = 2$ (oitava)
- d. $i = 9/8$ (tom maior)
- e. $i = 10/9$ (tom menor)

Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Esse é o questionário com o maior número de questões e possivelmente o mais trabalhoso dentre os cinco já que demanda um tempo maior para sua realização.

Na seção simulação, o aluno é direcionado a uma página do professor Cardy. Ali o aluno pode encontrar um pouco de teoria musical, caso se interesse, tendo a opção de ir diretamente à manipulação de uma simulação que mostra o teclado de um piano onde se pode tocar e ouvir as notas musicais.

Figura 4.33 – Animação em que o aluno pode identificar a nota musical em um piano e ouvi-la. Existe a possibilidade de tocar mais de uma tecla e, com isso, identificar sons dissonantes e sons harmônicos.



Cardicas use o teclado para tocar duas notas

Toque o Dó (256) com o Dó (512) - seu ouvido receberá as frequências $512/256 = 2$ (som agradável?)

Toque o Fá (341) com o Ré (288) - seu ouvido receberá as frequências $341/288 =$

$1,184027777777777...$ (o som é agradável?)

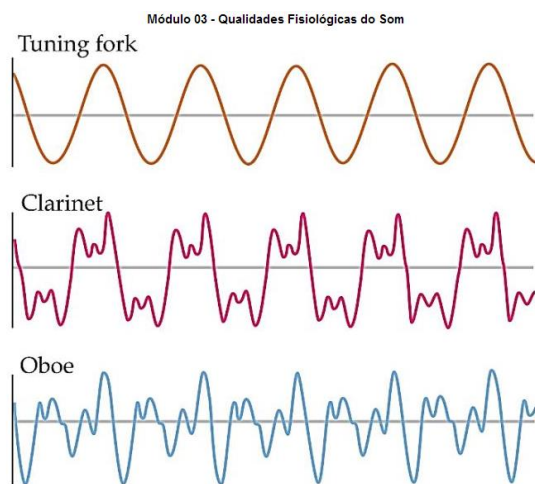
Ser agradável ou não é sua opinião... Mas notou que o ouvido "entende" que o resultado não é inteiro?

Fonte – site: www.profcardy.com

Como tarefa, propomos três questões que o aluno deve responder manipulando a simulação. O intuito dessas questões é que o aluno identifique sons dissonantes de sons harmônicos. Propomos que o aluno faça um breve texto em um arquivo do *Word* referente a cada questão e o poste para identificarmos as concepções adquiridas por ele.

4.3.3 Módulo 03 – Qualidades Fisiológicas do Som

Figura 4.34 – Figura de abertura do Módulo 03.



Fonte: Tipler, P.A. **Física/1b**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1985

Na primeira seção, discorreremos sobre os instrumentos musicais do naipe das madeiras, sendo eles a flauta, flautim, fagote, oboé e clarinete. Comentamos que, apesar de ser do naipe das madeiras, hoje em dia, muitos desses instrumentos são feitos com metais. Tratamos brevemente da evolução histórica desses instrumentos e comentamos que a flauta é um dos instrumentos mais antigos confeccionado pelo homem. Por meio de figuras, apresentamos a aparência dos mesmos para que o aluno tenha uma ideia do formato de cada um deles.

Figura 4.35 – Figura que mostra uma flauta confeccionada com madeira e outra com metal.

Hoje em dia, a flauta tem um formato moderno contendo vários furos para poder varrer uma faixa de notas musicais maior.



Figura 2 – Foto de uma flauta moderna

Apesar de pertencer ao naipe das madeiras, hoje em dia as flautas são construídas basicamente de metal.



Figura 3 – Foto de uma flauta transversal. Observe que nesse instrumento, o instrumentista sopra o ar perpendicularmente ao sentido do instrumento.

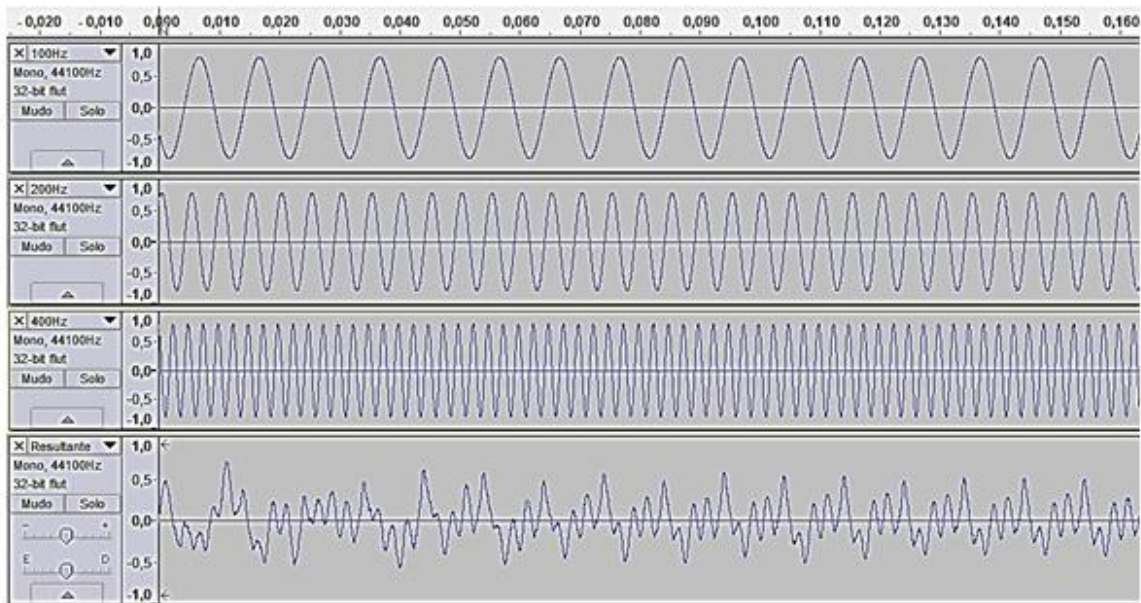
Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Posteriormente, na seção Problematização Inicial, indagamos o aluno sobre alguns fatos com que provavelmente ele já tenha se deparado. Por exemplo, ao telefonar para à casa de um colega e confundir a voz do pai com a do colega (confusão entre timbres parecidos). Indagamos também sobre o termo “altura”, usado erroneamente como “volume” do som.

Depois que apresentamos o objetivo do módulo, que é estudar as qualidades fisiológicas do som (altura, intensidade, timbre), na seção Introdução apresentamos a teoria que explica cada um desses parâmetros. A partir de um texto sucinto, permeado por figuras, apresentamos a definição de altura como sendo a qualidade fisiológica, que nos permite diferenciar sons agudos de sons graves; a intensidade sonora, que permite a diferenciação entre som forte (volume grande) e som fraco (volume pequeno) e o timbre, que permite diferenciar dois sons de mesma altura e intensidade provenientes de diferentes fontes sonoras.

Ao comentar sobre a intensidade sonora, apresentamos a equação que permite seu cálculo. Na discussão do timbre, apresentamos uma figura que mostra a somatória de ondas resultando em um formato que caracteriza esse parâmetro. Para a confecção dessa figura, utilizamos o software *Audacity*.

Figura 4.36 – Figura que mostra a onda resultante da somatória de outras três com frequências diferentes.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Na seção atividade, apresentamos os quatro vídeos utilizados nesse módulo. Os vídeos podem ser acessados nos seguintes endereços:

Link: Vídeo 05 - <http://www.youtube.com/watch?v=-LqASdBb5Es&feature=youtu.be>

Link: Vídeo 06 - <http://www.youtube.com/watch?v=rT7w98Z9b5s&feature=youtu.be>

Link: Vídeo 07 - <http://www.youtube.com/watch?v=BTAO1muKnk&feature=youtu.be>

Link: Vídeo 08 – <http://www.youtube.com/watch?v=IJDTMv6n9gM&feature=youtu.be>

Figura 4.37 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 05 – Timbre e Nota Musical – Violão e Baixo.

Vídeo 05 – Timbre e Nota Musical – Violão e Baixo
<http://www.youtube.com/watch?v=-LqASdBb5Es&feature=youtu.be>



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.38 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 06 – Violão e Baixo - Acorde.

Vídeo 06 – Violão e Baixo – Acorde
<http://www.youtube.com/watch?v=rT7w98Z9b5s&feature=youtu.be>



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.39 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 07 – Timbre e Nota Musical – Violão e Teclado.

Vídeo 07 – Timbre e Nota Musical – Violão e Teclado
http://www.youtube.com/watch?v=_BTAO1muKnk&feature=youtu.be



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.40 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 08 – Timbre das Vozes - Gráfico.

Vídeo 08 – Timbre das Vozes – Gráfico
<http://www.youtube.com/watch?v=IJD TMv6n9gM&feature=youtu.be>



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

No Vídeo 05 – Timbre e Nota Musical Violão e Baixo apresentamos ambos os instrumentos sendo tocados para que o aluno ouça a diferença entre os timbres. Primeiramente mostramos o Violão emitindo a nota Mi.

Figura 4.41 – Momento em que o violão é tocado emitindo a nota Mi.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Posteriormente, apresentamos o gráfico onde o aluno pode observar o formato da onda de pressão sonora que identifica o timbre. Nessa ocasião, o aluno já teve contato com a teoria sobre o timbre do instrumento, podendo, então, observar a diferença entre o gráfico gerado quando o Violão é tocado e quando o Baixo é tocado.

Figura 4.42 – Gráfico da onda de pressão sonora gerada pelo Violão.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Em determinado momento, estimulamos o aluno a escutar o som do Violão e observar o gráfico, já que ele deverá comparar esses mesmos parâmetros com os obtidos no caso do Baixo.

Figura 4.43 – Momento em que enfatizamos que o aluno observe o gráfico e ouça o som do violão.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Apresentados o Violão e o respectivo gráfico, mostramos os mesmos parâmetros para o Baixo. Comentamos que o instrumento, por ser elétrico, está ligado em uma caixa de maneira para que o som possa ser amplificado, ouvido e analisado.

Figura 4.44 – Momento em que tocamos o Baixo, emitindo a mesma nota musical Mi.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Apresentamos, também, o gráfico da onda de pressão sonora produzida pelo instrumento para que o aluno o compare com o do Violão.

Figura 4.45 – Gráfico da onda de pressão sonora gerada pelo Baixo.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Aproveitando a diferença entre os timbres, comentamos também a diferença entre as alturas das notas musicais de forma a que o aluno possa ouvir a mesma nota em frequências diferentes, uma mais grave que a outra.

Figura 4.46 – Momento em que enfatizamos a diferença entre as alturas das notas, expondo que o som produzido pelo baixo é mais grave que o produzido pelo Violão.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Por fim, solicitamos que o aluno determine a frequência de cada nota. No questionário, será cobrada a determinação dessas notas musicais.

No Vídeo 06 – Violão e Baixo – Acorde, apresentamos ao aluno o som produzido quando tocamos um acorde. Discorreremos brevemente sobre o que é um acorde e mostramos no gráfico a onda de pressão produzida pelo Baixo e pelo Violão.

Figura 4.47 – Momento em que tocamos um acorde no Baixo.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.48 – Gráfico da onda de pressão sonora produzida pelo baixo quando se faz um acorde.



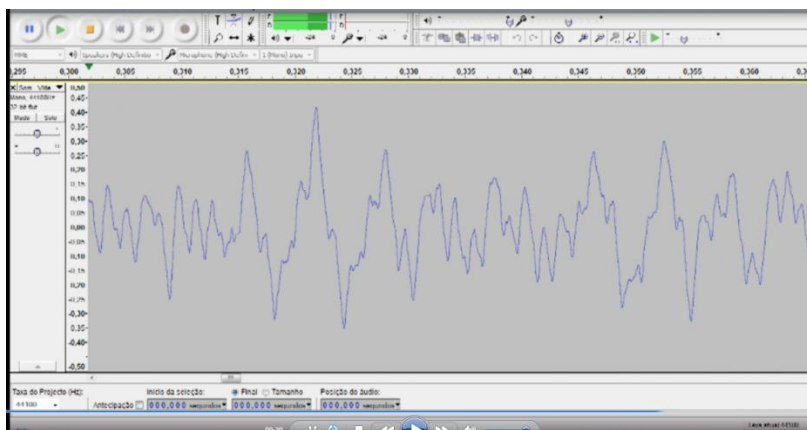
Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.49 – Acorde feito no violão.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.50 – Gráfico da onda de pressão sonora gerada pelo violão quando se toca o acorde.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Alertamos para que o aluno observe a diferença entre os gráficos, identificando o timbre de cada instrumento.

No Vídeo 07 – Timbre e Nota Musical – Violão e Teclado, da mesma forma que nos vídeos anteriores, apresentamos ao aluno a diferença entre os timbres do violão e do teclado.

Figura 4.51 – Momento em que o violão é tocado gerando uma onda sonora.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.52 – Gráfico da onda de pressão sonora gerada pelo violão quando se toca uma nota.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

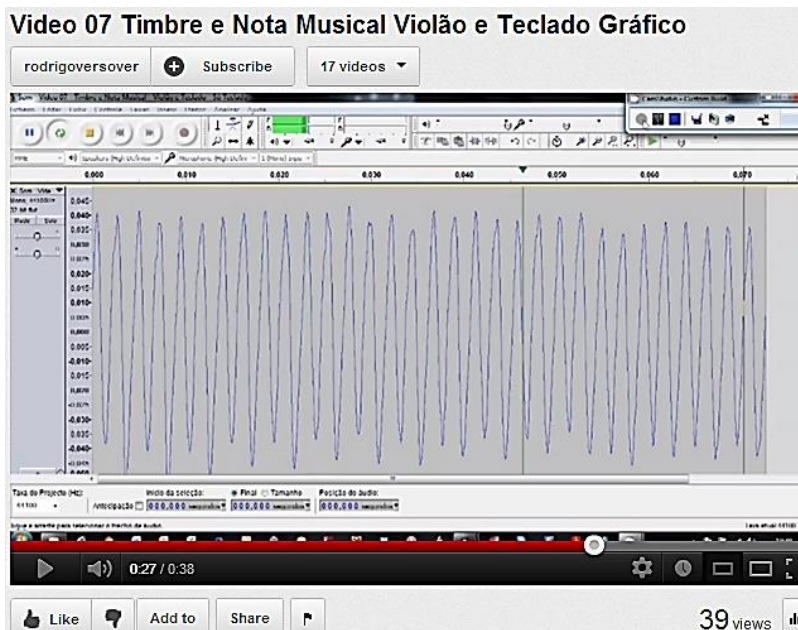
Nosso intuito neste módulo, é diferenciar os timbres de alguns instrumentos. Por conta disso, fizemos uma quantidade maior de vídeos. Possivelmente, a qualidade fisiológica mais apreciada pelas pessoas é justamente o timbre que permite diferenciar o som dos instrumentos musicais.

Figura 4.53 – A mesma nota musical tocada no teclado.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.54 – Gráfico da pressão sonora quando o teclado é tocado.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

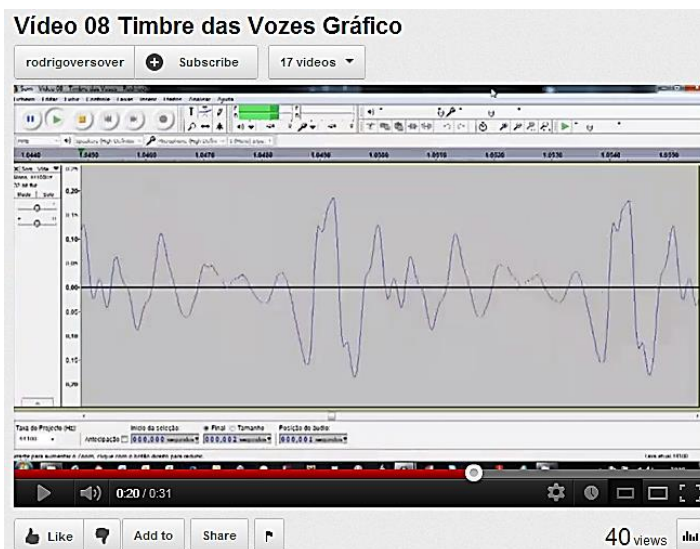
Com o mesmo intuito de comparar os timbres, apresentamos para o aluno duas pessoas cantando a mesma nota musical. É possível observar claramente a identidade do timbre de cada voz, evidenciado pelo formato da onda de pressão mostrada no gráfico. Ressaltamos que, nesses gráficos, a escala de tempo no eixo das abscissas não é a mesma.

Figura 4.55 – À esquerda, o Rodrigo e à direita o Leandro. Ambos cantaram a mesma nota musical.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.56 – Gráfico da pressão sonora da voz do Rodrigo.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.57 – Gráfico da pressão sonora da voz do Leandro.

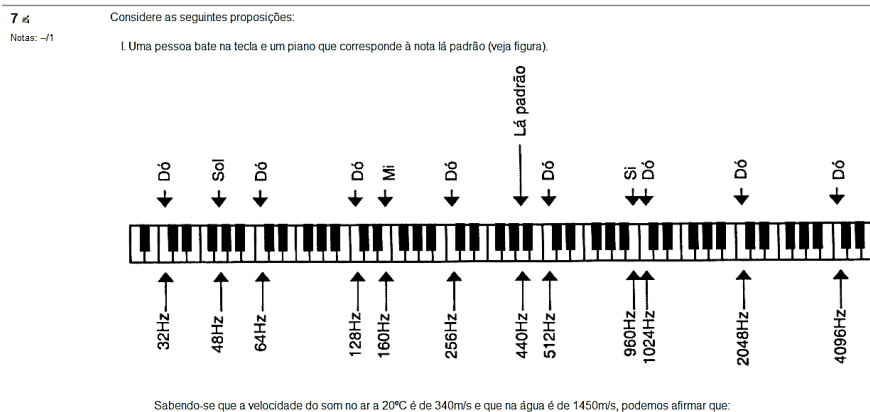


Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Depois de assistir aos vídeos, o aluno é direcionado ao Questionário. Nessa ocasião, preparamos dez questões que envolvem a teoria vista nesse módulo, bem como na dos outros. Novamente, expomos os gráficos para que o aluno determine a amplitude, período, frequência e nota musical gerada, relacionando os resultados com as tabelas das notas musicais. Com esses mesmos gráficos, discorremos sobre as três qualidades fisiológicas expostas na teoria e propomos questões teóricas, sem cálculos, para que o aluno exercite os conhecimentos adquiridos.

Gostaríamos de destacar a questão 7, pois nela apresentamos a figura de um teclado mostrando as respectivas notas musicais. Nesse exercício, exploramos o fenômeno da refração, tema que o aluno deve ter visto nas aulas presenciais.

Figura 4.58 – Figura da questão 7 onde se explora um teclado com suas respectivas notas.



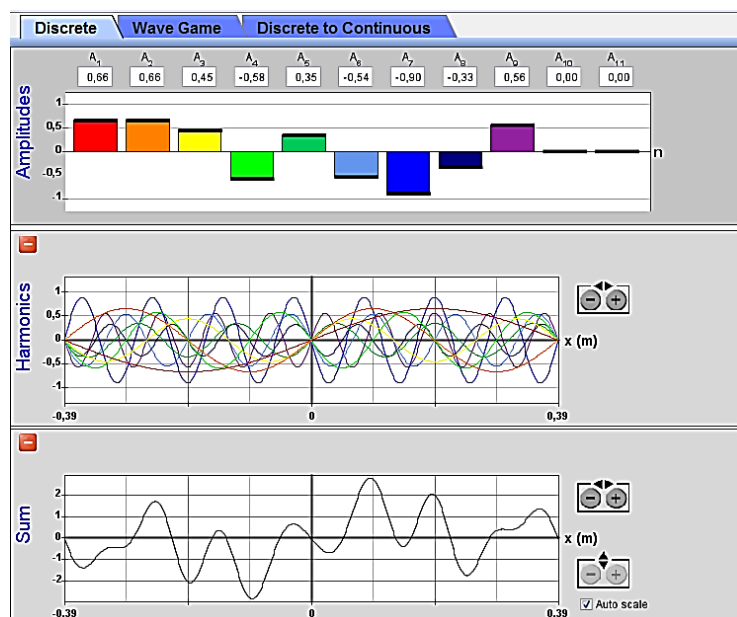
Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Terminado o questionário, o aluno é levado à simulação, a qual pode ser acessada no site do PhET pelo seguinte endereço:

Link - <http://phet.colorado.edu/en/simulation/fourier>.

Essa simulação é particularmente a que mais me impressionou. O aluno pode manipular a amplitude das ondas ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_{11}$) de maneira a formar uma onda resultante da soma destas e ouvir o som resultante da somatória desses harmônicos. Com isso, o aluno pode manipular o timbre do som identificando, também, a mudança do gráfico da pressão sonora.

Figura 4.59 – Figura da simulação sobre a formação do timbre de um som a partir da manipulação dos harmônicos. Podemos observar no último gráfico o formato da onda resultante além de podermos ouvir o som representado por esse gráfico.

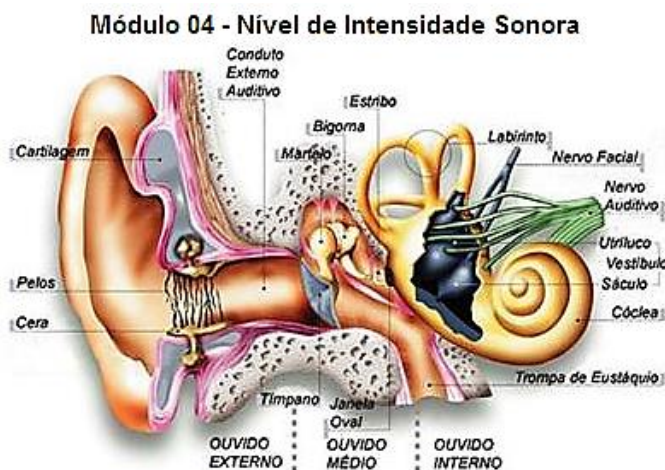


Fonte – figura elaborada pelo aluno.

A título de tarefa, pedimos para que o aluno explore os vários timbres e, na forma de figura, monte, no *Word*, cinco figuras representando cinco sons diferentes para a postagem no espaço reservado, para posterior correção do professor.

4.3.4 Módulo 04 – Nível de Intensidade Sonora

Figura 4.60 – Figura de abertura do Módulo 04



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Neste módulo, tratamos do Nível de Intensidade Sonora. Esse tema é muito pouco explorado no curso do Ensino Médio, e, por conta disso, demos uma ênfase especial a ele.

Seguindo o padrão dos outros módulos, na primeira seção tratamos dos instrumentos musicais do naipe dos metais. Dentre eles, comentamos sobre o Trompete, a Tuba e o Trombone, discorrendo a respeito dos seus formatos, seus timbres, seus desenvolvimentos e suas utilizações nos períodos da história da música.

Na Problematização Inicial, expomos uma situação bastante corriqueira na vida do aluno que é estar em um ambiente onde o som está muito intenso, ou seja, com uma poluição sonora muito grande. Indagamos o aluno sobre a sensação horrível que sentimos, quando somos expostos a esses ruídos, em particular, aos sons agudos. Com isso, acreditamos que o aluno fique curioso em entender o que se passa nessa situação e por que o som agudo é mais perturbador que o som grave.

Já que o tema é Nível de Intensidade Sonora, parâmetro que mede nossa sensibilidade auditiva, na Introdução começamos expondo, de forma simplificada, o sistema auditivo do ser humano. Comentamos sobre a estrutura do ouvido e suas respectivas subdivisões, identificando a função de cada parte do mesmo.

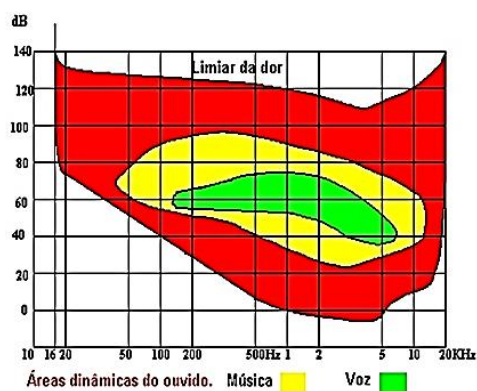
Posteriormente, tratamos da teoria envolvida na determinação do Nível de Intensidade Sonora e apresentamos a equação e o gráfico que mostra a região audível para um ser humano sem problemas auditivos.

Figura 4.61 – Equação e gráfico no Nível de Intensidade Sonora expostos na Introdução do Módulo 04.

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

A unidade do Nível de Intensidade Sonora (β) é o Bel, em homenagem a Alexander Graham Bell (1847 – 1922). Na prática usa-se o decibel (dB).

O gráfico a seguir relaciona o Nível de Intensidade Sonora (β) e a frequência (Hz) da onda sonora.

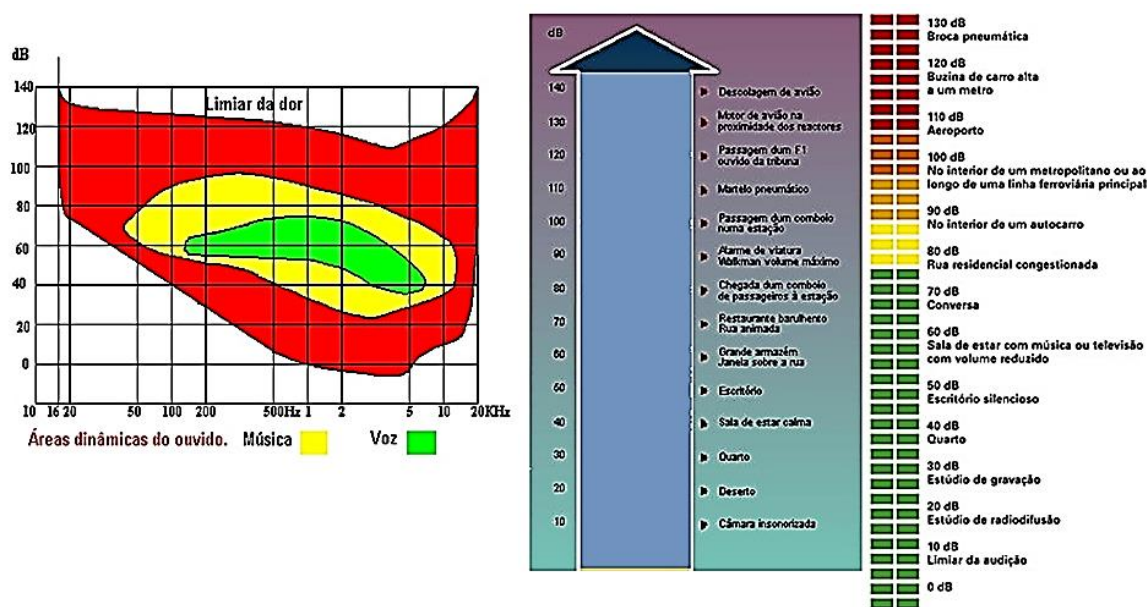


Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Para este módulo, não confeccionamos vídeos e o questionário foi desenvolvido baseando-se na teoria. Como os cálculos são um pouco mais rebuscados para determinar o Nível de Intensidade Sonora, montamos apenas cinco questões para que os alunos as resolvessem. Acreditamos que, nas aulas de matemática, alunos de segundo e terceiro anos do Ensino Médio já tenham aprendido como resolver um logaritmo de base 10. No entanto, postamos no Fórum uma breve descrição de como efetuar essa operação.

No primeiro exercício, que não exige cálculo, cobramos do aluno a interpretação do gráfico e associação de sua conclusão com uma situação do dia a dia. Para isso, apresentamos a figura a seguir:

Figura 4.62 – Figura utilizada na questão 1 para que o aluno associe um dado coletado no gráfico com uma situação do dia a dia. O gráfico à esquerda representa a frequência do eixo x e no eixo y referente Nível de Intensidade Sonora, a partir do qual o som se torna audível. O gráfico à direita representa situações do dia a dia e o respectivo Nível de Intensidade Sonora naquela situação.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

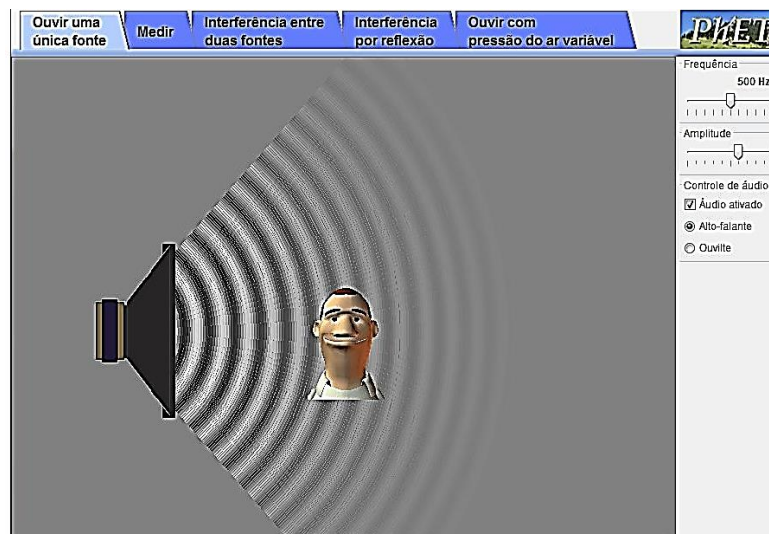
Acreditamos que esse tipo de interpretação e associação seja de grande valia para o aluno, já que ele se depara muitas vezes com situações (interpretativas) desse tipo em seu dia a dia.

Realizado o questionário, o aluno é direcionado a mais uma simulação, também do site PhET, que pode ser acessada no seguinte endereço:

Link - http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/sound

Nessa simulação, propomos ao aluno duas situações. A primeira refere-se à mudança da amplitude e à consequência dessa ação no som percebido pela pessoa.

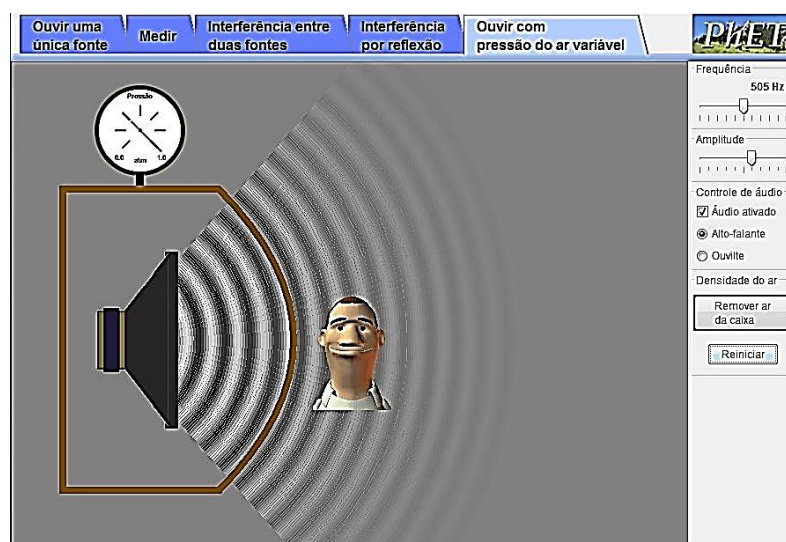
Figura 4.63 – Figura da simulação, onde o aluno pode variar a amplitude, a frequência e a posição do ouvinte.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Em outro momento, estimulamos o aluno a concluir o que ocorre quando se retira o ar de dentro de um local onde existe um alto falante emitindo uma onda sonora.

Figura 4.64 – Figura da simulação onde o aluno pode perceber o que ocorre quando se retira o ar de dentro do recipiente.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Como tarefa, pedimos que o aluno responda as questões propostas e escreva um texto com suas conclusões. Esse arquivo escrito no *Word* deve ser postado no *Moodle* para posterior correção.

4.3.5 Módulo 05 – Ressonância e Batimento Sonoro

Figura 4.65 – Figura de abertura do Módulo 05.

Módulo 05 - Ressonância e Batimento Sonoro



Fonte – site: www.radiestesiaecia.com.

Neste último módulo tratamos de dois fenômenos muito interessantes: a ressonância e o batimento sonoro.

Finalizando os naipes que constituem uma orquestra, na primeira seção tratamos do naipe da percussão, apresentando os tímpanos e o xilofone.

Na seção Problematização Inicial, indagamos o aluno sobre dois fatos cotidianos. Um deles é o famoso exemplo de quebrar uma taça utilizando uma fonte de ondas sonoras. Esse fato até foi explorado em um programa de televisão, onde as pessoas tentavam a façanha de quebrar a taça com a voz. Em outro exemplo, agora relacionado ao fenômeno do batimento, perguntamos ao aluno como se afina um piano. Poucos sabem que esse processo é feito utilizando o fenômeno do batimento sonoro.

Após apresentado o objetivo do módulo, na Introdução, discutimos as teorias envolvidas na ressonância e no batimento sonoro. Para tanto, na explicação sobre ressonância,

utilizamos o gráfico que mostra a condição de ocorrência desse fenômeno e explicamos no texto quando a ressonância ocorre.

Em relação ao batimento, introduzimos o assunto referente à interferência de ondas, já que o estudo do batimento baseia-se nesse fenômeno ondulatório. Discutida a interferência, apresentamos o fenômeno do batimento sonoro e as equações que permitem determinar a frequência resultante e a frequência do batimento.

Figura 4.66 – Na pagina referente ao batimento sonoro, apresentamos um gráfico que evidencia o fenômeno e as equações que determinam a frequência da onda resultante e a frequência do batimento.

Considerando duas ondas sonoras de mesma amplitude, mas de frequências ligeiramente diferentes, o resultado da superposição dessas ondas origina o fenômeno denominado Batimento. As sucessivas interferências construtivas e destrutivas entre as ondas formam uma onda resultante de amplitude variável, como mostrado na figura.

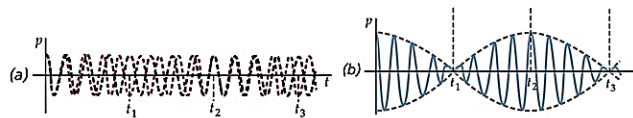


Figura 5 – (a) Duas ondas de frequências ligeiramente diferentes em que no instante inicial estavam em fase e no instante posterior t_1 estão defasadas em 180° . (b) A frequência da onda resultante é próxima das frequências das ondas que se superpõem. No entanto, a amplitude é modulada, variando de valor em intervalos de tempo determinados.

Denominando f_1 a frequência da primeira onda e f_2 a frequência da segunda onda, sendo $f_2 > f_1$, o som que ouvimos tem uma frequência média dada por:

$$f_R = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

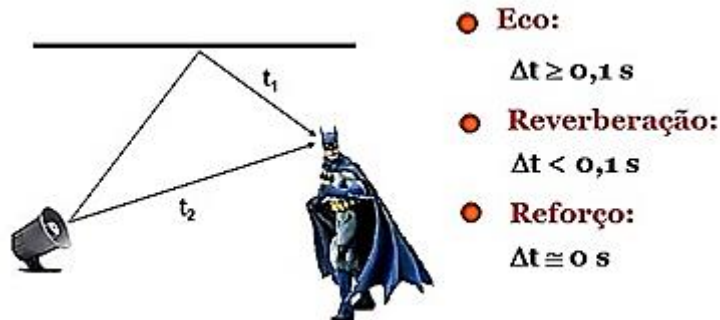
A frequência do batimento, que é a frequência que se ouvem os máximos e mínimos de intensidade sonora (pulsação do som) é dada por:

$$f_B = f_2 - f_1$$

Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Apesar de não ser tema do módulo, finalizamos a Introdução discutindo as condições de ocorrência do eco, reverberação e reforço. Esses temas serão explorados nos exercícios do questionário.

Figura 4.67 – Condições de ocorrência do Eco, Reverberação e Reforço.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Na seção Atividade, apresentamos os três vídeos confeccionados para esse módulo. Os vídeos podem ser acessados nos seguintes endereços:

Link: Vídeo 09 - <http://www.youtube.com/watch?v=7kemMaHxD7Y&feature=youtu.be>

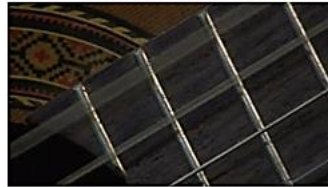
Link: Vídeo 10 – <http://www.youtube.com/watch?v=NiD-8K0Xk3s&feature=youtu.be>

Link: Vídeo 11 – <http://www.youtube.com/watch?v=CGYYxBXMpdk>

Figura 4.68 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 09 – Ressonância.

Vídeo 09 – Ressonância

<http://www.youtube.com/watch?v=7kemMaHxD7Y&feature=youtu.be>



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.69 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 10 – Ressonância no Violão e Diapasão.

Vídeo 10 – Ressonância no Violão e Diapasão

<http://www.youtube.com/watch?v=NiD-8K0Xk3s&feature=youtu.be>



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.70 – Figura apresentada na seção Atividade. Ao clicar no *link*, o aluno é direcionado ao *Youtube* para que possa assistir ao Vídeo 11 – Batimento.

Vídeo 11 – Batimento

<http://www.youtube.com/watch?v=CGYYxBXMpdK>



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

No Vídeo 09 – Ressonância, mostramos no violão a ocorrência desse fenômeno. Ao segurar a corda 6 (primeira da parte de cima) na quinta casa, estando afinada, ela emite um som com a mesma frequência de vibração da corda 5 solta. Por conta disso, ocorre a ressonância. O aluno pode observar claramente esse fenômeno no vídeo, e, no mesmo, é indagado a responder qual o fenômeno que está ocorrendo.

Figura 4.71 – Vídeo 09 mostrando o fenômeno da ressonância ocorrendo nas cordas de um violão.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

No Vídeo 10 – Ressonância no Violão e Diapasão, apresentamos ao aluno o som do diapasão diretamente no microfone e, posteriormente, quando colocado em contato com a caixa de ressonância. Esperamos que o aluno perceba que ao ocorrer o fenômeno da ressonância, o som do diapasão é amplificado pela caixa de ressonância que constitui o corpo

do violão, já que as moléculas de ar que se encontram dentro desta caixa, vibram juntamente com o diapasão.

Figura 4.72 – Vídeo 10 mostra a amplificação do som do diapasão devido ao fenômeno da ressonância que ocorre no corpo do violão.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

No Vídeo 11 – Batimento, utilizamos um teclado para gerar o som de duas notas de frequências próximas. As frequências dessas notas deveriam ser determinadas pelos alunos a partir do gráfico da pressão sonora apresentado no momento da execução de cada uma.

Figura 4.73 – Gráfico da primeira nota tocada no teclado.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Figura 4.74 – Gráfico da segunda nota tocada no teclado.

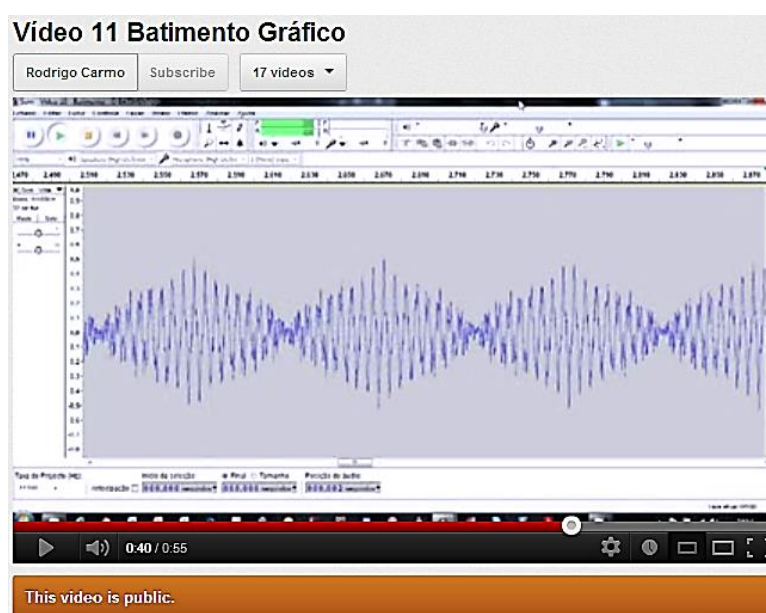


Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Ao observar os dois gráficos, o aluno pode perceber que ambos são muito parecidos. Isso ocorre porque o instrumento é o mesmo e as frequências das notas são muito próximas, sendo possível a observação do batimento sonoro quando ambas forem tocadas no mesmo instante.

Apresentadas as duas notas e seus respectivos gráficos da pressão sonora, tocamos no teclado as duas notas no mesmo momento. O Batimento sonoro pode ser ouvido claramente e o gráfico da pressão sonora nessa ocasião é apresentado ao aluno.

Figura 4.75 – Gráfico do batimento sonoro.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

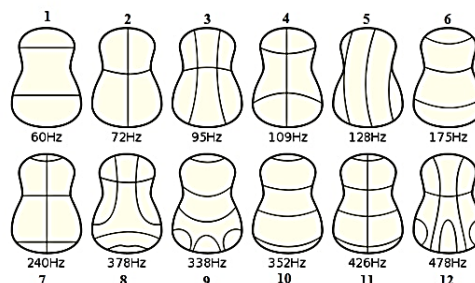
Apresentados os vídeos, direcionamos o aluno à execução do questionário. Neste último, propomos 15 questões permeando o tema Ressonância, Batimento Sonoro, Eco, Reverberação e Reforço. Gostaríamos de destacar alguns exercícios que, a nosso ver, acrescentam algumas informações interessantes para o aprendizado do aluno.

Na questão 3, apresentamos uma figura que mostra as partes do violão que ressoam em determinadas frequências.

Figura 4.76 – Figura que apresenta a parte da caixa de ressonância que ressoa em determinadas frequências.

3 Notas: -/1

No Vídeo 10, você pode observar que ao colocar o diapasão em contato com o corpo do violão, o som ficou mais intenso. Isso ocorre por conta do fenômeno da ressonância, que não ocorre em todas as partes da caixa de ressonância, mas sim em partes específicas que dependem da frequência da fonte excitadora (o diapasão ou a corda percutida). Observe a figura a seguir que mostra as várias regiões que ressoam para determinadas frequências.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

De posse dessa figura e do gráfico apresentado na mesma questão, perguntamos ao aluno qual é a frequência da onda sonora e qual é o número da figura referente à parte que ressoa. Com isso, cobramos do aprendiz que ele interprete o gráfico e relacione essa informação com a figura apresentada.

Na questão 5, direcionamos o aluno a um vídeo muito famoso, que pode ser acessado na internet, sobre a ponte de Tacoma. Essa ponte, nos anos quarenta, veio ao solo por conta do fenômeno da ressonância⁴. É um vídeo muito impressionante que mostra ao aluno o poder da natureza.

Figura 4.77 – Questão que explora o fenômeno da ressonância a partir do vídeo da ponte de Tacoma.

5 Notas: -/1

1) Na manhã do dia 7 de novembro de 1940, a ponte suspensa (semelhante à ponte Hercílio Luz) sobre o estreito de Tacoma, no estado de Washington, EUA, foi destruída durante um vendaval apenas 4 meses depois de ter sido aberta ao tráfego. Inicialmente, sob a ação do vento, o vão central da ponte pôs-se a vibrar no sentido vertical, passando depois a vibrar torcionalmente, com as torções ocorrendo em sentidos opostos nas duas metades do vão. Uma hora depois, o vão central se despedaçava. Tal acontecimento não foi devido, simplesmente, à força imposta pelo vento que, na manhã do desastre, soprava com uma velocidade de módulo de, aproximadamente, 68 km/h, insuficiente, por si só, para destruir uma ponte solidamente construída. No link a seguir você pode assistir a um filme que mostra o ocorrido:

Link: <http://www.youtube.com/watch?v=3mclp9QmCGs>

O fenômeno físico que explica o ocorrido é denominado:

- Escolher uma resposta.
- a. Difração
 - b. Refração
 - c. Efeito Doppler
 - d. Interferência
 - e. Ressonância

Fonte – figura elaborada pelo aluno.

⁴ Novos estudos mostram que a queda da ponte não se deve exclusivamente ao fenômeno da ressonância.

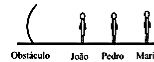
Por fim, exploramos algumas questões sobre eco e reverberação, finalizando assim, a sequência de questionários.

Figura 4.78 – Questão que explora o fenômeno do eco e reverberação.

14

Notas: -/1

Para que o cérebro humano consiga distinguir dois sons, é necessário que o segundo som chegue aos nossos ouvidos, após decorrido um tempo mínimo de 0,1 segundo. Para intervalos de tempo menores que esse, o cérebro não distingue os sons, fenômeno conhecido como persistência auditiva. João, Pedro e Maria encontram-se próximos a um obstáculo que produz eco, refletindo a voz das pessoas (veja a figura). João está a 15 m; Pedro, a 20 m; e Maria, a 25 m do obstáculo. Considerando a velocidade do som, no ar, igual a 340 m/s, naquele local, é CORRETO afirmar que:



- Escolher uma resposta.
- a. Maria e Pedro ouvirão o eco de suas vozes.
 - b. apenas Maria ouvirá o eco de sua voz.
 - c. nenhum deles ouvirá o eco de suas vozes.
 - d. todos os três ouvirão o eco de suas vozes.

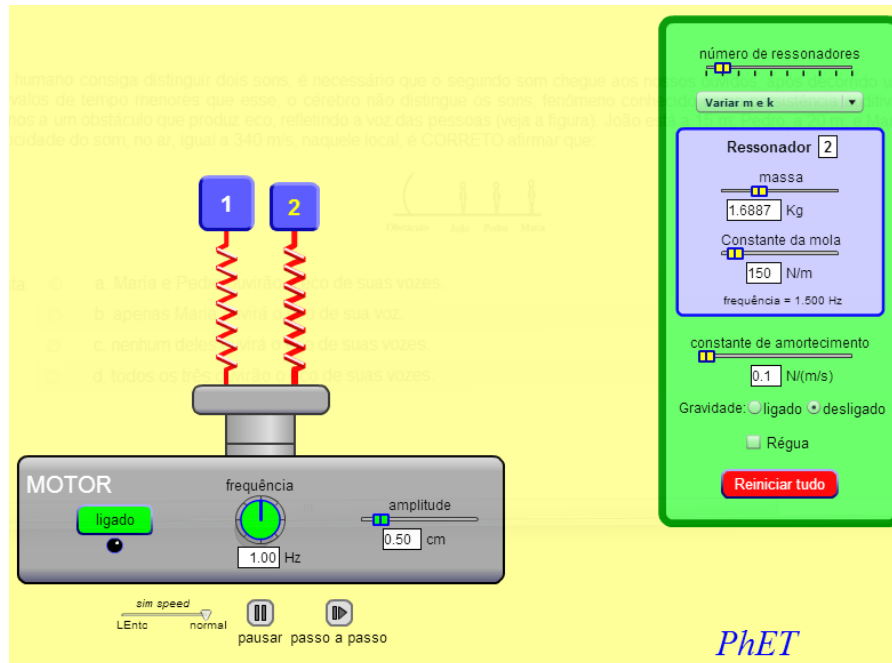
Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Realizado o questionário, o aluno é direcionado a mais uma simulação no site PhET. Ela pode ser acessada no seguinte endereço:

Link – http://phet.colorado.edu/sims/resonance/resonance_pt_BR.html

Nessa simulação, o aluno é levado a manipular o valor da massa do corpo e da constante elástica da mola onde o corpo está acoplado. Não se cobra o cálculo da frequência natural do sistema massa-mola, já que esse valor é informado na própria simulação.

Figura 4.79 – Simulação que permite observar o fenômeno da ressonância em um oscilador massa- mola. Ao alterar os valores de massa e constante elástica, a partir da frequência de vibração do motor, o aluno pode observar qual ou quais dos ressoadores entram em ressonância com o motor.



Fonte – figura elaborada pelo aluno.

Novamente a título de tarefa, fazemos quatro perguntas sobre essa simulação e sobre o que o aluno observou quando alterou as variáveis. As suas respostas deveriam ser digitadas no *Word* e o arquivo postado no *Moodle* para posterior correção.

Com isso, descrevemos o nosso material educacional que foi aplicado entre Agosto de 2012 e Dezembro de 2012.

CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO, RESULTADOS E IMPRESSÕES

5.1 Introdução

Neste capítulo, apresentamos a aplicação do AVA aos alunos, a forma e características dessa aplicação bem como as impressões dos alunos sobre esse material e os resultados de aprendizagem conseguidos.

5.2 Aplicação do AVA

Para a aplicação do material educacional descrito neste trabalho, escolhemos alunos das segundas e terceiras séries do Ensino Médio além de turmas de Pré-Vestibular. Essa escolha foi feita por conta do conteúdo e assuntos abordados nos módulos fazerem parte do currículo dessas séries. Em geral, esses temas são abordados no final do ano e, muitas vezes, não são vistos ou são discutidos rapidamente, por conta da falta de tempo para cumprir todo o conteúdo.

Aplicamos o AVA do início de Setembro até início de Dezembro de 2012. Os alunos foram convidados a participar desse projeto, tendo em mente que essa participação seria totalmente espontânea, ou seja, não seria atribuída ao aluno uma nota que fizesse parte de sua média na escola. A proposta é que fosse um trabalho totalmente paralelo ao curso presencial sem valor quantitativo para a avaliação das atividades escolares regulares.

Ao convidarmos os alunos, expusemos a ideia do trabalho, explicamos o que é um AVA e ressaltamos que, ao participarem, deveriam fazer isso com extrema responsabilidade e cautela para que o resultado fosse fidedigno. Enfatizamos que, ao participarem desse projeto, eles estariam fazendo parte de uma pesquisa em ensino de Física e contribuindo, assim, para o desenvolvimento de técnicas e ferramentas de ensino que poderiam ser utilizadas por vários professores e alunos em todo o Brasil. A ideia era justamente selecionar os alunos que estariam realmente dispostos a participar do projeto de forma espontânea e responsável.

Os alunos convidados fazem parte das quatro escolas onde eu leciono. São elas Escola Carlos Drummond de Andrade (Barretos), onde trabalho há 17 anos, Escola Espaço Livre (Bebedouro) onde trabalho há 13 anos, Escola Nomelini Cirandinha (Barretos) onde trabalho há 6 anos e escola Coc Cardiofísico (Jaboticabal), onde trabalho desde sua fundação há 3 anos.

Figura 5.1 – Estrutura da Escola Carlos Drummond de Andrade, em Barretos.

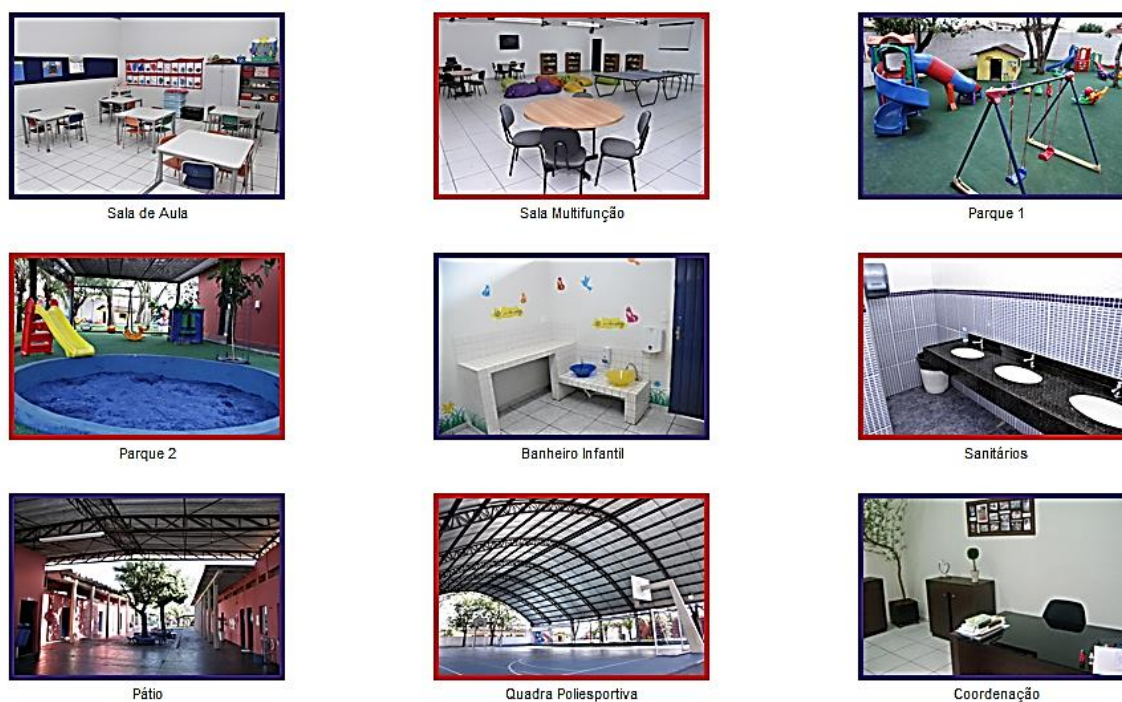


Figura 5.2 – Laboratório de química e quadra poliesportiva da Escola Espaço Livre, em Bebedouro.



Figura 5.3 – Foto aérea do Colégio Nomelini Cirandinha, em Barretos.



Figura 5.4 – Sala de aula do Colégio COC – Cardiofísico, em Jaboticabal.



De início, disponibilizaram - se a participar do projeto 17 alunos da escola Carlos Drummond de Andrade (2ª e 3ª séries do Ensino Médio), 23 alunos da escola Espaço Livre (2ª. série do Ensino Médio e Pré-Vestibular), 5 alunos da escola Nomelini Cirandinha (pré-vestibular) e 11 alunos da escola COC – Cardiofísico (3ª série do Ensino Médio e Pré-Vestibular), num total de 56.

Apesar de todo o discurso sobre o projeto e sobre a responsabilidade na realização das tarefas, somente 36 alunos chegaram a iniciar as atividades do AVA, sendo que apenas 11 deles chegaram a realizar todas e os outros 25 realizaram apenas algumas. A alegação é, em geral, a mesma, falta de tempo para realizar os deveres já que são muitos os seus compromissos com a escola e afazeres do dia a dia. Mas, essa evasão era previsível já que o curso não tinha um valor quantitativo na avaliação formal de cada aluno e deveria ser

feito de boa vontade. Garantimos com isso que os alunos que realizaram todas as tarefas do AVA o fizeram com responsabilidade e comprometimento, proporcionando-nos um resultado mais fiel à realidade de aprendizado.

Em princípio, sugerimos que os alunos realizassem um módulo por semana. Como são cinco módulos que compõem o AVA, o aluno, em teoria, levaria cinco semanas para realizar todas as tarefas. Percebemos, no entanto, que muitos deles faziam mais de um módulo em uma semana, ao invés de seguir o sugerido. Acreditamos que isso não acarretou ônus para o aluno, pois cada um realizou-o da maneira mais conveniente, adequando-o ao seu tempo e seus compromissos, tendo como premissa cumprir as tarefas.

Podemos identificar na dinâmica observada na realização das tarefas, uma atitude, diríamos, “moderna”, já que se parece bastante com a postura adotada por grandes empresas como Microsoft, Google em que o responsável pela tarefa a cumpra da maneira mais adequada à sua dinâmica de vida, nos dias que forem mais convenientes para sua realização.

Foi isso que aconteceu com os alunos que participaram do projeto. Muitos deles nos perguntavam se tinham que fazer um módulo por semana e a resposta era sempre a mesma, que fizessem da maneira mais confortável, sendo que a data de término seria a da última semana de Novembro de 2012. Como tudo que é novo precisa de adaptação, muitos alunos cumpriram à risca o prazo e alguns deles não conseguiram cumprir todas as tarefas nesse tempo disponível, deixando para trás algumas atividades. A seguir, apresentamos uma figura que mostra o número de visitas, horários e os dias em que os alunos trabalharam em cada tópico do AVA.

Figura 5.5 – Acompanhamento das visitas ao AVA de um dos alunos que cumpriu todas as tarefas.

Tópico 1

 Breve História da Música Ocidental	2 visitas	sábado, 6 outubro 2012, 17:54 (71 dias 16 horas)
 Problematização Inicial	3 visitas	sábado, 6 outubro 2012, 18:05 (71 dias 16 horas)
 Objetivos	2 visitas	sábado, 6 outubro 2012, 17:55 (71 dias 16 horas)
 Introdução	2 visitas	sábado, 6 outubro 2012, 17:55 (71 dias 16 horas)
 Atividade	4 visitas	sábado, 6 outubro 2012, 18:00 (71 dias 16 horas)
 Questionário - Módulo 01	Nota: 10,00 / 10,00	quarta, 7 novembro 2012, 17:40 (39 dias 17 horas)
 Módulo 01 – Simulação – Frequência e Amplitude	Nota: 70,00 / 100,00	segunda, 3 dezembro 2012, 13:46 (13 dias 21 horas)
 Discussões, Sugestões e Críticas - Módulo 01		

Tópico 2

 Breve História dos Instrumentos Musicais - Naípe das Cordas	1 visitas	domingo, 7 outubro 2012, 15:05 (70 dias 19 horas)
 Problematização Inicial	1 visitas	domingo, 7 outubro 2012, 15:07 (70 dias 19 horas)
 Objetivos	1 visitas	domingo, 7 outubro 2012, 15:07 (70 dias 19 horas)
 Introdução	2 visitas	domingo, 7 outubro 2012, 16:37 (70 dias 17 horas)
 Atividade	1 visitas	domingo, 7 outubro 2012, 15:12 (70 dias 19 horas)
 Questionário - Módulo 02	Nota: 10,00 / 10,00	quarta, 7 novembro 2012, 17:40 (39 dias 17 horas)
 Módulo 02 – Simulação – Nota Musical	Nota: 100,00 / 100,00	quarta, 5 dezembro 2012, 07:32 (12 dias 3 horas)
 Discussões, Sugestões e Críticas sobre o Módulo 02		









Tópico 3

 Breve História dos Instrumentos Musicais - Naípe das Madeiras		
 Problematização Inicial	2 visitas	segunda, 15 outubro 2012, 13:02 (62 dias 21 horas)
 Objetivos	3 visitas	segunda, 15 outubro 2012, 13:02 (62 dias 21 horas)
 Introdução	4 visitas	segunda, 15 outubro 2012, 13:02 (62 dias 21 horas)
 Atividade	5 visitas	segunda, 15 outubro 2012, 13:11 (62 dias 21 horas)
 Questionário - Módulo 03	Nota: 10,00 / 10,00	quarta, 7 novembro 2012, 17:41 (39 dias 17 horas)
 Módulo 03 – Simulação – Qualidades Fisiológicas do Som	Nota: 100,00 / 100,00	quarta, 5 dezembro 2012, 07:35 (12 dias 3 horas)
 Discussões, Sugestões e Críticas sobre o Módulo 03		

Tópico 4

 Breve História dos Instrumentos Musicais - Naípe dos Metais	1 visitas	sábado, 27 outubro 2012, 10:13 (51 dias 1 hora)
 Problematização Inicial	1 visitas	sábado, 27 outubro 2012, 10:22 (51 dias)
 Objetivos	1 visitas	sábado, 27 outubro 2012, 10:25 (51 dias)
 Introdução	1 visitas	sábado, 27 outubro 2012, 10:25 (51 dias)
 Atividade	1 visitas	sábado, 27 outubro 2012, 10:29 (51 dias)
 Questionário - Módulo 04	Nota: 10,00 / 10,00	quarta, 7 novembro 2012, 17:41 (39 dias 17 horas)
 Módulo 04 – Simulação – Intensidade e Nível de Intensidade Sonora	Nota: 100,00 / 100,00	quarta, 5 dezembro 2012, 07:53 (12 dias 3 horas)
 Discussões, Sugestões e Críticas sobre o Módulo 04		

Tópico 5

 Breve História dos Instrumentos Musicais - Naípe da Percussão	1 visitas	sábado, 27 outubro 2012, 10:54 (51 dias)
 Problematização Inicial	1 visitas	sábado, 27 outubro 2012, 10:57 (51 dias)
 Objetivos	1 visitas	sábado, 27 outubro 2012, 10:58 (51 dias)
 Introdução	1 visitas	sábado, 27 outubro 2012, 10:58 (51 dias)
 Atividade	10 visitas	sexta, 2 novembro 2012, 14:49 (44 dias 20 horas)
 Questionário - Módulo 05	Nota: 10,00 / 10,00	quarta, 7 novembro 2012, 17:41 (39 dias 17 horas)
 Módulo 05 – Simulação – Ressonância	Nota: 90,00 / 100,00	quarta, 5 dezembro 2012, 07:56 (12 dias 3 horas)
 Discussões, Sugestões e Críticas sobre o Módulo 05		

Fonte – figura elaborada pelo aluno.

A total liberdade para cumprir os deveres é uma característica de aplicação do AVA, de forma que propomos que os alunos realizassem as tarefas no local mais conveniente para eles, deixando-os totalmente livres para escolher. Com isso, nenhum deles realizou as tarefas no laboratório de informática da escola, mas, sim, no conforto de suas casas. Sugerimos até que utilizassem, além dos fóruns, as redes sociais para se comunicarem e discutirem suas dúvidas uns com os outros, utilizando essa ferramenta para ajudar no processo de ensino/aprendizagem.

5.3 Resultados

Como comentado anteriormente, não foram todos os alunos que se disponibilizaram a realizar os trabalhos e chegaram até o final cumprindo todas as tarefas. Por conta disso, mostraremos os resultados de forma particionada, ou seja, destacando o número de participantes e apresentando as notas e médias dos alunos que cumpriram cada uma dessas tarefas. Assim, para cada tarefa, teremos um número diferente de alunos que a realizaram.

No total, foram dez tarefas divididas em Questionários e Simulações, sendo cinco questionários com questões de múltipla escolha e cinco simulações para que os alunos manipulassem e comentassem o que observaram. De forma geral, os questionários foram realizados por um número maior de alunos, e, nas tarefas envolvendo as simulações, o número de participantes diminuiu consideravelmente.

Pela característica do nosso AVA, o aluno pode realizar cada módulo no horário mais adequado, não tendo um limite de tempo para trabalhar nas tarefas. Isso fica evidente no relatório de visitas que o Moodle nos oferece, apresentado nas tabelas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 a seguir.

Tabela 5.1 – Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 01.

Módulo 01		
 Breve História da Música Ocidental	91	terça, 18 dezembro 2012, 21:30 (16 horas 44 minutos)
 Problematização Inicial	83	terça, 18 dezembro 2012, 21:30 (16 horas 44 minutos)
 Objetivos	88	terça, 18 dezembro 2012, 21:30 (16 horas 44 minutos)
 Introdução	98	domingo, 25 novembro 2012, 19:41 (23 dias 18 horas)
 Atividade	117	terça, 18 dezembro 2012, 21:31 (16 horas 43 minutos)
 Questionário - Módulo 01	149	segunda, 19 novembro 2012, 09:48 (30 dias 4 horas)
 Módulo 01 - Simulação – Frequência e Amplitude	216	terça, 18 dezembro 2012, 21:33 (16 horas 41 minutos)
 Discussões, Sugestões e Críticas - Módulo 01	200	quarta, 5 dezembro 2012, 11:45 (14 dias 2 horas)

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

Tabela 5.2 – Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 02.

Módulo 02		
 Breve História dos Instrumentos Musicais - Naípe das Cordas	69	segunda, 19 novembro 2012, 10:47 (30 dias 3 horas)
 Problematização Inicial	67	domingo, 25 novembro 2012, 19:41 (23 dias 18 horas)
 Objetivos	50	domingo, 25 novembro 2012, 19:41 (23 dias 18 horas)
 Introdução	101	segunda, 19 novembro 2012, 10:58 (30 dias 3 horas)
 Atividade	112	domingo, 25 novembro 2012, 19:41 (23 dias 18 horas)
 Questionário - Módulo 02	130	segunda, 19 novembro 2012, 17:48 (29 dias 20 horas)
 Módulo 02 – Simulação – Nota Musical	147	terça, 18 dezembro 2012, 12:01 (1 dia 2 horas)
 Discussões, Sugestões e Críticas sobre o Módulo 02	96	terça, 18 dezembro 2012, 12:01 (1 dia 2 horas)

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

Tabela 5.3 – Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 03.

Módulo 03		
 Breve História dos Instrumentos Musicais - Naipe das Madeiras	49	domingo, 25 novembro 2012, 19:40 (23 dias 18 horas)
 Problematização Inicial	40	domingo, 25 novembro 2012, 19:40 (23 dias 18 horas)
 Objetivos	46	domingo, 25 novembro 2012, 19:40 (23 dias 18 horas)
 Introdução	69	domingo, 25 novembro 2012, 19:40 (23 dias 18 horas)
 Atividade	75	domingo, 25 novembro 2012, 19:40 (23 dias 18 horas)
 Questionário - Módulo 03	75	terça, 18 dezembro 2012, 21:34 (16 horas 40 minutos)
 Módulo 03 – Simulação – Qualidades Fisiológicas do Som	94	terça, 18 dezembro 2012, 12:04 (1 dia 2 horas)
 Discussões, Sugestões e Críticas sobre o Módulo 03	42	quarta, 31 outubro 2012, 22:33 (48 dias 15 horas)

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

Tabela 5.4 – Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 04.

Módulo 04		
 Breve História dos Instrumentos Musicais - Naipe dos Metais	24	terça, 20 novembro 2012, 18:51 (28 dias 19 horas)
 Problematização Inicial	27	terça, 20 novembro 2012, 18:54 (28 dias 19 horas)
 Objetivos	26	terça, 20 novembro 2012, 18:56 (28 dias 19 horas)
 Introdução	43	terça, 20 novembro 2012, 18:57 (28 dias 19 horas)
 Atividade	32	terça, 20 novembro 2012, 19:04 (28 dias 19 horas)
 Questionário - Módulo 04	58	terça, 20 novembro 2012, 19:05 (28 dias 19 horas)
 Módulo 04 – Simulação – Intensidade e Nível de Intensidade Sonora	81	terça, 18 dezembro 2012, 12:02 (1 dia 2 horas)
 Discussões, Sugestões e Críticas sobre o Módulo 04	40	terça, 20 novembro 2012, 19:23 (28 dias 18 horas)

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

Tabela 5.5 – Relatório das visitas realizadas pelos alunos na execução das tarefas do AVA ao Módulo 05.

Módulo 05		
 Breve História dos Instrumentos Musicais - Naipe da Percussão	28	terça, 18 dezembro 2012, 21:34 (16 horas 40 minutos)
 Problematização Inicial	19	terça, 20 novembro 2012, 19:52 (28 dias 18 horas)
 Objetivos	20	terça, 20 novembro 2012, 19:55 (28 dias 18 horas)
 Introdução	45	terça, 20 novembro 2012, 19:55 (28 dias 18 horas)
 Atividade	182	terça, 18 dezembro 2012, 21:34 (16 horas 40 minutos)
 Questionário - Módulo 05	46	terça, 18 dezembro 2012, 21:36 (16 horas 38 minutos)
 Módulo 05 – Simulação – Ressonância	67	terça, 18 dezembro 2012, 21:27 (16 horas 47 minutos)
 Discussões, Sugestões e Críticas sobre o Módulo 05	58	domingo, 11 novembro 2012, 11:28 (38 dias 2 horas)

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

Observando as tabelas anteriores, podemos perceber que nos últimos dois módulos, o número de alunos que realizaram as tarefas é menor, evidenciado pelo número de visitas.

No Módulo 01, todos os alunos que iniciaram a participação no projeto realizaram o Questionário 01. Podemos observar na tabela 5.6 que o rendimento dos alunos foi bastante satisfatório. A nota de cada aluno é dada pela média aritmética entre o número de acertos e o número de questões de cada questionário.

Tabela 5.6 – Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 01. Os trinta e seis participaram dessa tarefa.

Nome	Questionário: Questionário - Módulo 01
Aluno A	10,00
Aluno B	10,00
Aluno C	10,00
Aluno D	10,00
Aluno E	10,00
Aluno F	10,00
Aluno G	10,00
Aluno H	10,00
Aluno I	10,00
Aluno J	10,00
Aluno K	8,67
Aluno L	10,00
Aluno M	10,00
Aluno N	10,00
Aluno O	6,00
Aluno P	10,00
Aluno Q	10,00
Aluno R	10,00
Aluno S	10,00
Aluno T	10,00
Aluno U	10,00
Aluno V	10,00
Aluno X	10,00
Aluno Z	10,00
Aluno A'	10,00
Aluno B'	10,00
Aluno C'	10,00
Aluno D'	10,00
Aluno E'	10,00
Aluno F'	10,00
Aluno G'	10,00
Aluno H'	10,00
Aluno I'	10,00
Aluno J'	10,00
Aluno K'	10,00
Aluno L'	10,00
Média Questionário 01	9,85

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

No Módulo 02, trinta e dois alunos realizaram a tarefa. As notas também são bastante satisfatórias, como indica a tabela 5.7 a seguir.

Tabela 5.7 – Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 02. Trinta e dois alunos participaram dessa tarefa.

Nome	Questionário: Questionário - Módulo 02
Aluno A	10,00
Aluno B	10,00
Aluno C	10,00
Aluno E	10,00
Aluno F	10,00
Aluno G	10,00
Aluno H	10,00
Aluno I	9,50
Aluno J	10,00
Aluno L	10,00
Aluno M	10,00
Aluno N	10,00
Aluno O	4,50
Aluno P	10,00
Aluno Q	10,00
Aluno R	10,00
Aluno S	10,00
Aluno T	10,00
Aluno U	10,00
Aluno V	10,00
Aluno X	10,00
Aluno Z	10,00
Aluno A'	9,50
Aluno B'	10,00
Aluno C'	10,00
Aluno D'	10,00
Aluno E'	10,00
Aluno F'	10,00
Aluno H'	10,00
Aluno I'	10,00
Aluno J'	10,00
Aluno L'	8,00
Média Questionário 02	9,73

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

No Módulo 03, vinte e três alunos realizaram a tarefa. As notas também são bastante satisfatórias, como indica a tabela 5.8 a seguir.

Tabela 5.8 – Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 03. Vinte e três alunos participaram dessa tarefa.

Nome	Questionário: Questionário - Módulo 03
Aluno A	10,00
Aluno B	10,00
Aluno F	10,00
Aluno G	10,00
Aluno H	10,00
Aluno I	9,00
Aluno J	10,00
Aluno L	10,00
Aluno M	10,00
Aluno P	10,00
Aluno R	10,00
Aluno S	10,00
Aluno T	10,00
Aluno U	10,00
Aluno V	9,00
Aluno Z	9,50
Aluno A'	9,00
Aluno C'	10,00
Aluno D'	10,00
Aluno E'	10,00
Aluno F'	10,00
Aluno H'	10,00
Aluno J'	10,00
Média Questionário 03	9,85

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

No Módulo 04, vinte e um alunos realizaram a tarefa. Consideramos que esse seja o questionário que apresenta maior dificuldade, pois alguns cálculos são realizados utilizando logaritmo. No entanto, podemos observar que as notas também são satisfatórias, como indica a tabela 5.9 a seguir.

Tabela 5.9 – Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 04. Vinte e um alunos participaram dessa tarefa.

Nome	Questionário: Questionário - Módulo 04
Aluno A	10,00
Aluno B	10,00
Aluno F	10,00
Aluno G	10,00
Aluno H	10,00
Aluno I	10,00
Aluno J	10,00
Aluno M	10,00
Aluno P	10,00
Aluno R	10,00
Aluno U	10,00
Aluno V	10,00
Aluno Z	10,00
Aluno A'	8,00
Aluno C'	10,00
Aluno D'	10,00
Aluno E'	10,00
Aluno F'	10,00
Aluno J'	10,00
Aluno K'	10,00
Aluno L'	10,00
Média Questionário 04	9,89

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

No Módulo 05, dezenove alunos realizaram as tarefas. Seguindo a tendência dos questionários anteriores, as notas dos participantes são muito boas. Podemos identificar esse fato na tabela 5.10 apresentada a seguir.

Tabela 5.10 – Notas e Média Geral dos alunos no Questionário do Módulo 05. Dezenove alunos participaram dessa tarefa.

Nome	Questionário: Questionário - Módulo 05
Aluno A	10,00
Aluno B	10,00
Aluno F	10,00
Aluno G	10,00
Aluno H	10,00
Aluno I	10,00
Aluno J	8,67
Aluno M	10,00
Aluno P	10,00
Aluno S	9,33
Aluno U	10,00
Aluno V	10,00
Aluno Z	10,00
Aluno A'	8,67
Aluno C'	10,00
Aluno D'	10,00
Aluno E'	10,00
Aluno F'	9,33
Aluno J'	10,00
Média Questionário 05	9,79

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

Calculando a média geral entre as médias atingidas pelos alunos em cada questionário, podemos observar que eles compreenderam a teoria que foi exposta nas seções dos módulos e que os recursos utilizados para este fim contribuíram para um bom resultado.

Tabela 5.11 – Média Geral entre as médias dos alunos em cada questionário.

Média Geral dos Questionários	
Média Questionário 01	9,85
Média Questionário 02	9,73
Média Questionário 03	9,85
Média Questionário 04	9,89
Média Questionário 05	9,79
Média Geral	9,82

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

Tratando agora das simulações, as notas foram atribuídas após a leitura das respostas às questões propostas e dos textos escritos pelos alunos. Os alunos postaram um arquivo do *Word* em um espaço no AVA reservado para este fim.

No Módulo 01, vinte seis alunos cumpriram a tarefa de manipular a simulação e responder as questões. Apesar das notas não serem tão boas quanto as do questionário, podemos perceber que continuam satisfatórias, vide a tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Notas e Média dos alunos na simulação 01 do Módulo 01. Vinte e seis alunos participaram dessa tarefa.

Nome	Tarefa: Módulo 01 - Simulação – Frequência e Amplitude
Aluno A	6,00
Aluno B	9,00
Aluno C	8,00
Aluno E	10,00
Aluno F	8,00
Aluno G	8,00
Aluno K	5,00
Aluno L	10,00
Aluno N	7,00
Aluno P	9,00
Aluno R	7,00
Aluno U	6,00
Aluno V	8,00
Aluno X	7,00
Aluno Z	7,00
Aluno A'	9,00
Aluno B'	8,00
Aluno C'	7,00
Aluno D'	10,00
Aluno E'	8,00
Aluno F'	7,00
Aluno H'	7,00
Aluno I'	10,00
Aluno J'	5,00
Aluno K'	7,00
Aluno L'	10,00
Média - Simulação 01	7,81

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

No Módulo 02, dezenove cumpriram a tarefa de manipular e responder as questões. As notas também são satisfatórias.

Tabela 5.13 – Notas e Média dos alunos na simulação 02 do Módulo 02. Dezenove alunos participaram dessa tarefa.

Nome	Tarefa: Módulo 02 – Simulação – Nota Musical
Aluno A	5,00
Aluno B	5,00
Aluno C	10,00
Aluno F	7,00
Aluno G	5,00
Aluno L	10,00
Aluno P	10,00
Aluno R	5,00
Aluno S	10,00
Aluno U	5,00
Aluno X	10,00
Aluno Z	5,00
Aluno A'	4,00
Aluno B'	10,00
Aluno C'	10,00
Aluno D'	10,00
Aluno F'	10,00
Aluno H'	10,00
Aluno J'	10,00
Média - Simulação 02	7,95

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

No Módulo 03, apenas nove alunos realizaram a tarefa. Pelas notas apresentadas na tabela 5.14, podemos perceber que todos eles entenderam o que tinha que ser feito e responderam as questões corretamente.

Tabela 5.14 – Notas e Média dos alunos na simulação 03 do Módulo 03. Nove alunos participaram dessa tarefa.

Nome	Tarefa: Módulo 03 – Simulação – Qualidades Fisiológicas do Som
Aluno A	10,00
Aluno F	10,00
Aluno L	10,00
Aluno P	10,00
Aluno X	10,00
Aluno Z	10,00
Aluno C'	10,00
Aluno D'	10,00
Aluno J'	10,00
Média - Simulação 03	10,00

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

No Módulo 04, também nove alunos realizaram a tarefa. Aqui podemos observar que os alunos tiveram um pouco mais de dificuldade para entender o que deveria ser feito na tarefa. No entanto, apesar da média ser um pouco inferior às anteriores, exceto a do módulo 01, ainda representa um rendimento bom, de quase 80% de aproveitamento.

Tabela 5.15 – Notas e Média dos alunos na simulação 04 do Módulo 04. Nove alunos participaram dessa tarefa

Nome	Tarefa: Módulo 04 – Simulação – Intensidade e Nível de Intensidade Sonora
Aluno A	7,00
Aluno F	6,00
Aluno P	9,00
Aluno X	7,00
Aluno Z	6,00
Aluno C'	10,00
Aluno D'	10,00
Aluno F'	10,00
Aluno J'	6,00
Média - Simulação 04	7,89

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

No Módulo 05, onze alunos realizaram a tarefa e a média superou a da tarefa anterior. As notas estão na tabela 5.16.

Tabela 5.16 – Notas e Média dos alunos na simulação 05 do Módulo 05. Onze alunos participaram dessa tarefa.

Nome	Tarefa: Módulo 05 – Simulação – Ressonância
Aluno A	9,00
Aluno B	9,00
Aluno F	7,00
Aluno P	10,00
Aluno S	9,00
Aluno Z	9,00
Aluno A'	9,00
Aluno C'	9,00
Aluno D'	9,00
Aluno F'	10,00
Aluno J'	6,00
Média - Simulação 05	8,73

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

Procedendo da mesma maneira que fizemos com as notas dos Questionários, apresentamos na tabela 5.17 a média geral entre as médias das notas das tarefas referentes às simulações que os alunos manipularam.

Tabela 5.17 – Média geral entre as médias atingidas pelos alunos nas tarefas referentes às simulações.

Média Geral dos Questionários	
Média - Simulação 01	7,81
Média - Simulação 02	7,95
Média - Simulação 03	10,00
Média - Simulação 04	7,89
Média - Simulação 05	8,73
Média Geral	8,48

Fonte – tabela elaborada pelo aluno.

Com base nos resultados apresentados nas tabelas das notas dos alunos e na média geral atingida por eles nas tarefas sobre as simulações, acreditamos que eles tenham aproveitado esse recurso (simulação) para compreender melhor a teoria e visualizar o fenômeno estudado em cada módulo. Ressaltamos que as questões propostas para essas tarefas tinham o intuito de direcionar o aluno na manipulação da simulação e, posteriormente, averiguar o seu entendimento depois dessa ação. Feito isso, deixamos os alunos totalmente livres para alterarem os parâmetros que quisessem, e escreverem um texto sobre suas conclusões.

5.4 Impressões e Comentários dos Alunos

Depois de apresentados os resultados, vamos nessa seção, expor os comentários dos alunos e as suas sugestões para possíveis alterações. Nem todos os alunos teceram comentários sobre o AVA, mas os que o fizeram, em geral, foram positivos. Todos os comentários foram feitos no fórum disponível em cada módulo e os textos escritos pelos alunos foram mantidos na íntegra, sem correções gramaticais e de concordância.

Comentário do Aluno L, da escola Carlos Drummond de Andrade.

Professor, me interessou muito os textos deste módulo, seu vídeo sobre a funcionalidade do diapasão e da atividade que nos propôs através de um jogo, o que torna o módulo muito didático, mas gostaria de fazer uma sugestão apenas: acho que seria mais interessante se o senhor hospedasse os vídeos do curso dentro do site. Assim, não precisaremos entrar no Youtube para termos acesso a ele.

Depois de agradecer o elogio, justificamos ao aluno o porquê dos vídeos estarem hospedados no *Youtube*. Para que estivessem inseridos no AVA, precisaríamos convertê-los para outro formato e por conta disso, a qualidade ficaria inferior. Para não prejudicar a visualização, optamos por colocar os *links*.

Comentário da Aluna J', também da escola Carlos Drummond de Andrade. Como já esperávamos, no questionário do Módulo 02 o número de questões é maior e algumas dificuldades dos alunos podem ser percebidas.

Comentário 1: Rodrigo , ficou muito bom esse primeiro módulo, a explicação ta muito boa , só foi um pouco difícil entender aqueles gráficos dos exercícios , mas no fim tudo deu certo e o video também ficou muito bom, enfim , gostei (:

Comentário 2: Rodrigo, esse módulo eu achei um pouco mais difícil e fiquei meio perdida com os dados nos exercícios , acho que na hora da explicação você poderia colocar mais informações e alguns exemplos para ajudar mais nos exercícios.

Sendo um dos objetivos do AVA, auxiliar o professor nas aulas presenciais, de acordo com o Aluno G', da Escola Espaço Livre, podemos observar, pelo seu comentário, que esse objetivo foi atingido.

Já fiz o modulo 1, Ganso⁵ ta me ajudando muuuito isso!! eu to entendo umas coisas que não sabia :O
Obrigado, as 6hrs diarias estão dando resultados

Outro objetivo do AVA é utilizar objetos de aprendizagem para auxiliar o aprendizado do aluno. Pelo comentário do Aluno F', da Escola Espaço Livre, um dos que fizeram todas as tarefas do AVA, a simulação apresentada nesse módulo proporcionou um entendimento melhor do assunto. Além disso, a teoria apresentada no módulo foi de grande valia, auxiliando-o a resolver as tarefas.

Comentário 1: Gostaria de falar que o módulo foi bem didático e fácil de compreender. Consegui resolver tranquilamente os exercícios e o oscilador de ondas deixou muito claro o que acontece nas situações propostas.

Comentário 2: Gostaria de dizer que consegui fazer todos os exercícios desse módulo, tive dificuldades em alguns em particular mas refazendo as contas consegui alcançar o resultado correto. Queria finalizar dizendo que a [introdução](#) teórica foi bem didática e explicativa sendo crucial para responder os exercícios mais complexos

Comentário 3: Ganso, terminei até o módulo 5 e quero deixar um breve feedback:

Muito boas explicações em todos os módulos, as coisas que errei foram erros meus de cálculo em pequenos detalhes. [Introdução](#) teórica, história da música, vídeos e tudo mais foi impecável.

⁵ Ganso é meu apelido.

Gostaria de agradecer por ter participado do projeto que realmente foi algo a mais que aprendi e até o próximo projeto, se vossa senhoria quiser é claro hahaha.

Comentário do Aluno B da Escola Carlos Drummond de Andrade. Esse aluno é do terceiro ano do Ensino Médio. Podemos perceber que para ele, o AVA ajudou a relembrar conceitos que foram discutidos no ano anterior.

Rodrigo, adorei o primeiro módulo. Deu para relembrar muita coisa, achei os exercícios e vídeos um máximo, super interessante e não ficou cansativo. Bora começar os próximos... Abraços!

Considerando que uma das vantagens de se utilizar o AVA é justamente a troca de ideias e a possibilidade do aluno realizar perguntas sem que fique constrangido, fato corriqueiro dentro da sala de aula, pelo comentário da Aluna K, do Colégio Nomelini Cirandinha, nota-se que, além dela ter apreciado a simulação e o material, este lhe proporcionou a possibilidade de tirar uma dúvida muito interessante sobre o som gerado pelas cordas.

Professor, adorei o projeto. Ficou fácil de entender através do seu método, principalmente naquele esquema de amplitude, tensão, frequência e etc, que pode manusear. Mas me diz... O material que é feita as cordas influenciam na qualidade do som?...Nylon, aço. Eu vi que o "corpo" e a grossura da corda influencia.

O Aluno T do Colégio Nomelini Cirandinha, de Barretos, em seu comentário teceu algumas sugestões que foram prontamente seguidas. Mais uma vez podemos perceber que o Módulo 02 apresentou uma dificuldade um pouco maior, mas, mesmo assim, a maneira como apresentamos a teoria e os vídeos agradou.

Comentário 1: Ae Rodrigão, achei bem legal esse modulo (até então o único que fiz), bem tranquilo e didático. O vídeo também está em excelente qualidade (gostei bastante do seu estúdio hahaha, esse é o tão famoso AK47?). A única coisa que talvez precise de uma revisão, é o capítulo de [Introdução](#) do modulo.

Faltam alguns espaços entre as palavras. Valeu Ganso, Socos! Haha

Comentário 2: Esse foi um pouco mais difícil, levei um certo tempo, mas tirando isso, tudo tranquilo. explicações bem didáticas e interativas.

As alunas aqui chamadas de Aluna X, da escola Espaço Livre de Bebedouro fizeram as tarefas juntas, por serem muito amigas e acharem que o trabalho em dupla seria mais prazeroso e facilitado. Não nos opusemos a essa iniciativa e, pelos seus comentários, tudo correu bem e foi produtivo. Em referência ao primeiro comentário, postamos no fórum uma orientação de como realizar esse procedimento para capturar a imagem da tela.

Comentário 1: ganso só achamos um pouco difícil a parte que tem que tirar print e tudo mais, pois não sabíamos qual ferramenta tinha que mudar, você tem que deixar mais específico! mas o resto deu tudo certo! adoramos bjs maju e Ac

Comentário 2: Ganso, conseguimos fazer tudo. As contas eram meio complicadas, mas depois que pegamos o jeito ficou fácil. Entendemos super bem as explicações. beijos Maju e Ac

Comentário 3: ganso deu tudo certo dessa vez. entendemos bem como usar o simulador.. achamos a fórmula levemente complicada..mas conseguimos fazer bem! beijos:

Comentário 4: Ganso o exercícios 15 tava difícil mas depois entendi. Feito o ultimo módulo queríamos dizer foi tudo super bem explicado em todos os modulos, entendemos super bem as explicações de maneira interativa! muito obrigada pelo projeto.. o próximo é só avisar hahaha espero que se saia bem! beijinhos:*

O Aluno D' é músico e um dos que realizou todas as tarefas. No AVA, apresentamos alguns assuntos que não fazem parte do currículo normal das escolas. Podemos perceber que esse aluno sentiu-se privilegiado por participar do projeto, além é claro, do AVA ter contribuído para seu aprendizado. Ressaltamos que a simulação foi uma ferramenta bem utilizada por este aluno, já que proporcionou facilidade no entendimento do assunto.

Comentário 1: Ganso, achei bem legal o módulo 1. O questionário estava fácil, mas tem de prestar atenção para fazer. A simulação me ajudou muito a entender sobre ondas, o que realmente facilita em diversos aspectos. O mais trabalhoso pra mim foi o questionário da simulação, que estava fácil, o que deu trabalho foi montar o arquivo pra enviar, mas é questão de prática. Valeu, ta ótimo.

Abraço.

Comentário 2: Na minha opinião estes módulos foram muito úteis para o melhor entendimento em todas as áreas das ondas sonoras. Para quem gosta de música, foi bem legal fazer tudo isso. Adquiri muito conhecimento a parte, me sinto privilegiado. Valeu mestre Ganso. Parabéns pelo AVA.

Abraços.

Pelos comentários do Aluno B' da Escola Espaço Livre, fica evidente que os objetos de aprendizagem serviram para facilitar o entendimento do assunto abordado nos módulos.

Comentário 1: Os textos juntamente com o vídeo e a simulação da ao aluno uma excelente base para responder o questionário e a tarefa. Realmente tudo muito dinâmico, que possibilita uma rápida aprendizagem.

Comentário 2: Módulo muito bom. Os exercícios estavam um pouco mais complexos, mas a Introdução, o Vídeo e os outros recursos do módulo permitiu-me responder à todos. A tarefa é muito boa também.

Comentários da aluna M da Escola Carlos Drummond de Andrade de Barretos. Tivemos a sorte dessa aluna participar do nosso projeto. Essa aluna é uma menina que nasceu em Angola e foi adotada pela família de um pastor barretense. A adoção ocorreu quando a menina já tinha por volta de 12 anos, sendo concretizada em meados de outubro de 2012, quando o seu nome foi alterado. Ela tem dificuldade em entender a língua portuguesa e escrever nesse idioma. Por conta disso, suas notas na escola não são boas e, a título de recuperação, utilizamos as notas que ela conseguiu na realização das tarefas do AVA como mais uma nota na escola. Acreditamos que esse fato enriqueceu nosso projeto.

Comentário 1: Professor, Gostei do Modulo 1, eh legal, fiquei Perdida no começo, ah, achei um pouco dificil,

Comentário 2: Professor.. essa aula consegui entender mais,, so fico confuso pra entender o grafo de son.. mas estou melhorando eu creio..

Comentário do Aluno S da Escola Espaço Livre. Deixamos esse comentário para o fim já que ele resume as impressões dos alunos em relação ao AVA.

Ganso, o ambiente de aprendizagem está bem completo e estruturado; você soube unir as informações à conteúdos interessantes , exercícios, simulações e até mesmo um pouco de humor . Só senti um pouco de dificuldade nos exercícios do módulo 4 (acho que é porque estou enferrujado com logaritmos heheh). Ficou ótimo, parabéns!

CONCLUSÃO

Neste trabalho, apresentamos a aplicação de um AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem sobre ondas sonoras e acústica tomando como fio condutor a música.

É evidente que o processo de ensino/aprendizagem está em transição daquele modelo centrado no professor, sendo este a fonte dos conhecimentos, para outros processos mais dinâmicos, em que o professor tem o papel de mediador e orientador.

A evolução e integração das novas tecnologias como a internet, os dispositivos móveis (*tablets*, celulares), além claro, dos computadores, contribuem profundamente para essa transição (MORAN, 2005).

As plataformas de ensino a distância, onde podemos disponibilizar objetos de aprendizagem como simulações, animações, áudio, vídeo, hipertextos, enfim, recursos mediados pelo computador e pela internet, agregam ao processo de ensino/aprendizagem ferramentas que há pouco tempo eram impensadas pelos professores.

No AVA que desenvolvemos, podemos perceber pelos comentários dos alunos que essas ferramentas fizeram a diferença nesse processo. Atingimos nosso objetivo que era unir o ensino presencial, aquele em que os alunos e o professor estão todos em um mesmo ambiente físico, ao ensino a distância, onde a interação do professor e do aluno é virtual, sendo que este tem a comodidade de estudar em sua casa, no horário que mais lhe agrada, respeitando seu ritmo de trabalho e aprendizado.

Além disso, os objetos de aprendizagem utilizados no AVA proporcionaram um processo de estudo mais dinâmico, interativo e agradável ao aluno, em um ambiente mais próximo de sua realidade, característico desta nova geração.

Baseando-nos nas notas atingidas pelos alunos, podemos verificar que aqueles que participaram do projeto aproveitaram e aprenderam os conceitos apresentados, evidenciando em suas falas que fizeram isso com satisfação e orgulho de estarem fazendo parte deste projeto, sentindo-se motivados a estudarem em casa, já que o processo de ensino é diferente do que estão acostumados na escola.

Outro objetivo que consideramos atingido é que o AVA proporciona uma revisão de conceitos estudados em sala de aula e um aprofundamento em outros conceitos que não são discutidos, enriquecendo, assim, o aprendizado do aluno.

Podemos destacar também que o AVA pleiteia o desenvolvimento da competência da autoaprendizagem, permitindo aos alunos ganharem autonomia, maturidade e

motivação para aprender, além de contribuir para uma atitude mais proativa, dando-lhes a chance de serem sujeitos ativos na construção dos seus conhecimentos de forma significativa.

Acreditamos que esse AVA possa ser mais um recurso para outros professores que queiram desenvolver esses temas com seus alunos, sendo esses tanto de escolas particulares quanto escolas públicas, mesmo porque o ambiente virtual proporciona uma aprendizagem personalizada, já que respeita as individualidades, necessidades, disponibilidades e ritmos de aprendizado de cada um deles.

Ainda há muito a ser feito para que essas duas vertentes de ensino se equacionem de uma forma ideal. A escola tradicional, bem como seus professores e o processo de cobrança nos vestibulares, ainda priorizam o ensino de forma tradicional, voltado para resolução cansativa de exercícios e processos de memorização. No entanto, é fato que esse processo de ensino deverá se adaptar às novas formas e que os professores precisam se atualizar e renovar seus métodos, adequando-se, assim, às novas tecnologias que serão agregadas ao ensino presencial e à distância.

O AVA se constitui um espaço aberto, sujeito a mudanças onde se podem agregar ou retirar conteúdos, com uma estrutura dinâmica característica dos tempos modernos.

Este AVA será hospedado em algum servidor externo ao da UFSCAR, de maneira que possa ser utilizado livremente por professores e alunos que queiram aprofundar nos conceitos sobre acústica. O AVA pode ser material extracurricular ou ainda, fazer parte do planejamento de aulas de cada professor.

REFERÊNCIAS

ABBONDATI, M. **Um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino de tópicos de matemática do ensino fundamental**. 2012, fls. 159. Dissertação (Mestrado em Área do Conhecimento) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

ABDOUNUR, OJ. **Matemática e música**. São Paulo: Escrituras Editora, 2003.

ALMEIDA, MEB. Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v.29, n.2, p. 327-340, jul./dez. 2003.

ARAÚJO JÚNIOR, CF. MARQUESI, SC. Atividades em ambientes virtuais de aprendizagem: parâmetros de qualidade. In: LITTO, FM. FORMIGA, M (Org.). **Educação a distância: o estado da arte**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009. p. 358-368.

AUSUBEL, DF. **Aprendizagem significativa**. 2011. Disponível em: <<http://www.fisica-interessante.com>>. Acesso em: 21/12/2012. Estágio curricular supervisionado em física II.

BARROS, SS. LOPES, AMA. ARAUJO, RS. Interação: um ambiente virtual construtivista para formação continuada de professores de física. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v.20, n.3, p. 372-390, dez. 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCNEM**, Parâmetros Curriculares Nacionais, Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2000.

BRASIL. **PCN+**. Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC-SEMTEC, 2002.

CARLOS, JG. **Interdisciplinaridade: o que é isso?** Interdisciplinaridade no Ensino Médio: desafios e potencialidades. CAPES, 2012.

CAVALCANTE, MA. BONNIZIA, A. GOMES, LC. Aquisição de Dados em Laboratórios de Física: Um método Simples, Fácil e de Baixo Custo para Experimentos em Mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Carlos, v. 30, n. 2, p. 2501, 2008.

COSTA, SSC. MOREIRA, MA. A resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 18, n. 3; p. 263-277, 2001.

DIOGO, RC. GOBARA, ST. Um ambiente virtual para a aprendizagem de conceitos sobre ondas sonoras: concepção e primeiras análises. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v.16, n.2, p. 159-177, maio/ ago.2008.

DIOGO, RC. GOBARA, ST. **Os Mistérios do Som**: aprendendo física por meio de desafios e do uso das TIC. In: XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA – SNEF 2009 – Vitória, ES. UFES, Vitória – ES, 2009.

DONOSO, JP. et al. A física do violino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p.2305, 2008.

FEYNMAN, R. O americano, outra vez! **Parcerias Estratégicas** - número 9 - Outubro/2000.

FIOLHAIS, C. TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 123-148, set. 2003.

GAMA, EARM. **Física e música no ensino médio a distância**. Dissertação. (Mestrado em Área do Conhecimento) Universidade Tecnológica Federal do Rio de Janeiro - CEFET/RJ, 2006.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. São Paulo: Ed. Ática, 2011. v.2. 448p.

GRILLO, MLN. et al. **O violão no ensino de física**. UTFPR. In: II SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2010.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. v. 2. 292p.

KANDUS, A. GUTMANN, FW. CASTILHO, CMC. A física das oscilações mecânicas em instrumentos musicais: Exemplo do berimbau. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 427-433, 2006.

MATTAR, J. Interatividade e aprendizagem. In: LITTO, FM. FORMIGA, M. (Org.). **Educação a distância: o estado da arte**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009. p. 112-120.

MORAN, JM. **O que é educação a distância**. 2002. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/dist.htm>>. Acesso em: 21/12/2012.

MORAN, JM. **Para onde caminhamos na educação?** 2005. Disponível em: <http://www.microsoft.com/brasil/educacao/biblioteca/artigos/nov_05.msp>. Acesso em: 21/12/2012.

MORAN, JM. **A distância e o presencial cada vez mais próximos**. 2010. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/prof/moran/proximos.htm>>. Acesso em: 21/12/2012.

MOREIRA, MA. **Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos**. São Paulo: Moraes, 1985. 94p.

MOREIRA, MA. Mapas conceituais. Instituto de Física UFRGS. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, Florianópolis, v.3, n.1, p. 17-25, abr. 1986.

MOREIRA, MA. O professor-pesquisador como instrumento de melhoria do ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, v. 7, n. 40, p. 98-111, out./dez. 1988.

- MOREIRA, MA. Modelos mentais. Instituto de Física da UFRGS. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.1, n.3, p.193-232, 1996.
- MOREIRA, MA. **Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos**. São Paulo: Moraes, 1999. 195.
- MOREIRA, MA. **Aprendizagem significativa crítica**. Minas Gerais: Instituto de Física da UFRGS, 2000.
- MOREIRA, MA. **A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área**. Rio Grande do Sul: Instituto de Física, UFRGS, 2002.
- MOREIRA, MA. **Sobre monografias, dissertações, teses, artigos e projetos de pesquisa: significados e recomendações para iniciantes da área de educação científica**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.
- MOREIRA, MA. MASINI, EF. **Aprendizagem significativa – a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982. 112p.
- MOREIRA, MA. OSTERMAN, F. Sobre o ensino do método científico. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, v. 10, n. 2, p. 108-117, ago. 1993.
- NOGUEIRA, JS. et al. Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva de aprendizagem significativa. Departamento de Física UFMT. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 4, p. 98-115, dez. 2000.
- NUNES, ER. PICONEZ, SCB. COIMBRA, SG. **A Contribuição dos Objetos de Aprendizagem no Ensino de Conceitos Físicos**. Instituto de Física. Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 2009.
- NUSSENZVEIG, M. **Curso de física básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. v. 2. P. 55
- ROSSING, TD. **The Science of Sound**. 2nd ed. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Co, 1990.
- SALVADOR, JÁ. PITON GONÇALVES, J. O Moodle como ferramenta de apoio a uma disciplina presencial de ciências exatas. In: **ANAIS DO XXXIV COBENGE, 2006**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006. p. 7122 a 7131. Disponível em: http://www.dee.ufma.br/~fsouza/anais/arquivos/7_243_365.pdf. Acesso em: 15/05/2012.
- SILVA, KN. **Experimentos em ondas e acústica para auxiliar o processo ensino e aprendizagem da física no ensino médio**. Dissertação. (Mestrado na Área do Conhecimento) - Universidade Federal de São Carlos, 2011.
- TAVARES, R. **Aprendizagem significativa**. Universidade Federal de Pernambuco. UFPB, Julho de 2003/Junho de 2004.
- TAVARES, R. Aprendizagem significativa em um ambiente de multimídia. UFPB. **Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación**, 2007.

TIPLER, PA. **Física/1b**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985. 587p.

ZANÃO, AA. O alaúde na renascença. In: **ANAIS DO II SIMPÓSIO DE VIOLÃO DA EMBAP**, 2008.

ANEXOS

Anexo 1 - AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem - Orientações

Este ambiente virtual é parte de uma pesquisa de mestrado em ensino de Física, de forma que a contribuição com críticas e sugestões será de extrema importância para podermos avaliar e aperfeiçoar o material aqui exposto. É muito importante que se utilize todo ele, leiam-se todos os textos, vejam-se todos os vídeos, resolvam-se os questionários e utilizem-se as simulações, para o aprimoramento e desenvolvimento desta ferramenta educacional.

O AVA é dividido em módulos, os quais são divididos em seções:

- Breve História da Música;
- Problematização Inicial;
- Objetivos;
- Introdução;
- Atividade;
- Questionário;
- Simulação;
- Fórum.

Breve História da Música: Apresentamos nessa seção, fatos históricos relacionados ao desenvolvimento da música e dos instrumentos musicais. Damos ênfase à história da música ocidental desde seus primórdios até a música moderna. Essa história é dividida nos módulos seguindo a cronologia dos fatos.

Problematização Inicial: Como o próprio nome já remete, discutem-se fatos cotidianos em que está presente o assunto a ser estudado no módulo, objetivando a contextualização do mesmo e algumas aplicações dos conceitos envolvidos em situações próximas ao cotidiano do aluno.

Objetivos: Apresentamos o objeto de estudo, suas implicações com os conceitos da Física, bem como o que se espera em termos dos conhecimentos relativos agregados, após o desenvolvimento do módulo.

Introdução: apresentamos um desenvolvimento teórico sobre o tema abordado no módulo. Esse desenvolvimento, em parte já foi discutido pelo professor em sala de aula,

porém, recorda os conceitos mostrados em sala e possivelmente, aprofunda-se em alguns deles. Esse texto dá suporte e subsídios para o desenvolvimento do conhecimento sobre ondas sonoras, bem como a realização das atividades propostas no módulo.

Atividade: mostramos os recursos que serão utilizados e permitirão resolver o Questionário subsequente. Para cada módulo, apresentamos vídeos que servirão de subsídios para se realizar o que é proposto no módulo, sendo condição *si ne qua non* assistir a eles, uma vez que todo o questionário está baseado neles. Deixá-los sempre abertos e com fácil acesso, já que todos estão hospedados no *YouTube* e podem ser utilizados em qualquer local, desde que se tenha acesso à internet. Nesses vídeos, é apresentado o objeto de estudo e suas relações com o mundo da Física, tais como sons e seus geradores, como, por exemplo, diapasão e/ou instrumentos musicais, além de gráficos. Em alguns deles, são feitas perguntas que servem apenas para instigar a curiosidade. No entanto, as questões propriamente ditas estão todas presentes nos Questionários.

Questionário: Contém os exercícios que serão resolvidos. Providenciem-se lápis, caneta, borracha, régua, calculadora e uma boa dose de paciência para observar bem os vídeos e tirar conclusões, resolvendo os problemas e posteriormente, respondendo ao questionário.

Simulação: Apresentamos uma simulação que permite visualizar os conceitos estudados no módulo. Nela pode-se manipular as variáveis como se quiser e identificar as alterações que ocorrem depois da sua ação.

Fórum: Discutem-se os resultados com colegas e fazem-se sugestões e críticas sobre o material. Tudo que for escrito será lido, analisado e utilizado na pesquisa e no melhoramento desta ferramenta educacional, que é feita para estudantes conectados e preocupados em não utilizar a internet somente para diversão, mas também para um bem maior que é trilhar o maravilhoso caminho em direção ao conhecimento.

Muito obrigado pela colaboração, dedicação e responsabilidade. Sinta-se prestigiado, pois este material estará disponível para o mundo utilizar, e você faz parte de seu desenvolvimento e aprimoramento.

Anexo 2 - Tutorial – Audacity

Nos vídeos confeccionados para o AVA, utilizamos o *software* Audacity. Esse *software* é livre e o download pode ser feito no endereço <http://www.baixaki.com.br/download/audacity.htm>.

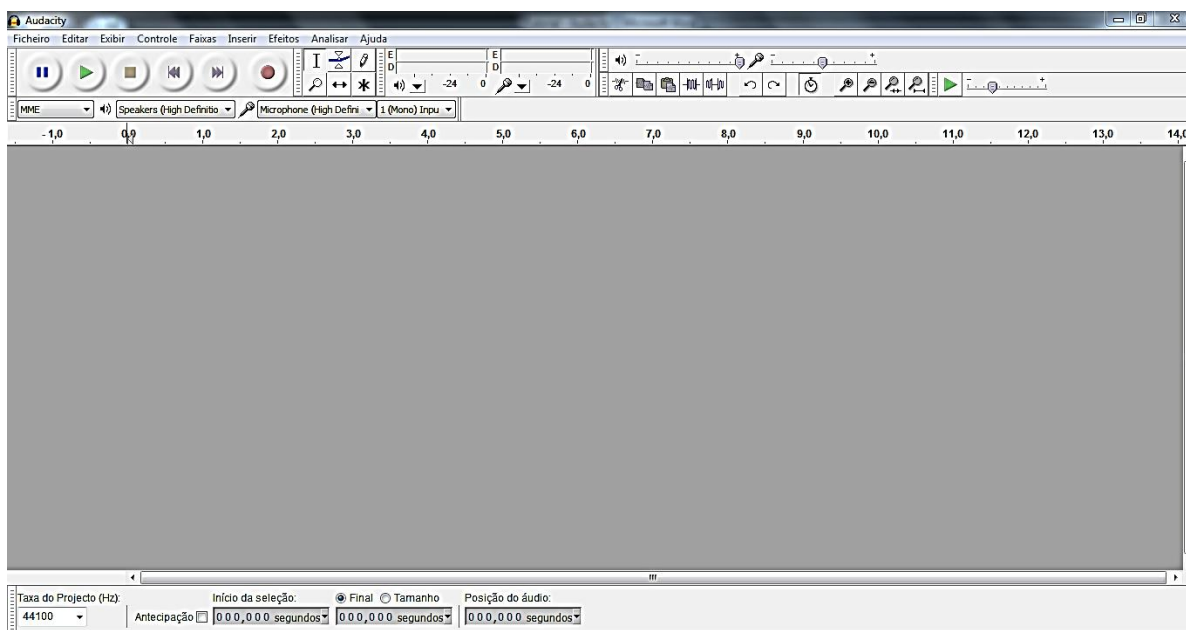
Com ele, foi possível captarmos, analisarmos e editarmos a parte de áudio que está presente em cada um dos os vídeos. Esse *software* é muito fácil de usar e permite que se realize a captação, a análise e a edição do áudio de uma forma bastante simples.

Nesta seção, apresentaremos um breve tutorial sobre as funcionalidades do *software*, com o foco na captação e análise do som.

Nosso intuito não é fazer um manual sobre o *Audacity*, mas sim descrever brevemente algumas ferramentas e funcionalidades, suficientes para que o professor possa entender o que foi realizado na confecção do AVA e também para aqueles que desejam montar o seu próprio material didático.

A figura a seguir mostra a tela de entrada, logo que se inicia o programa.

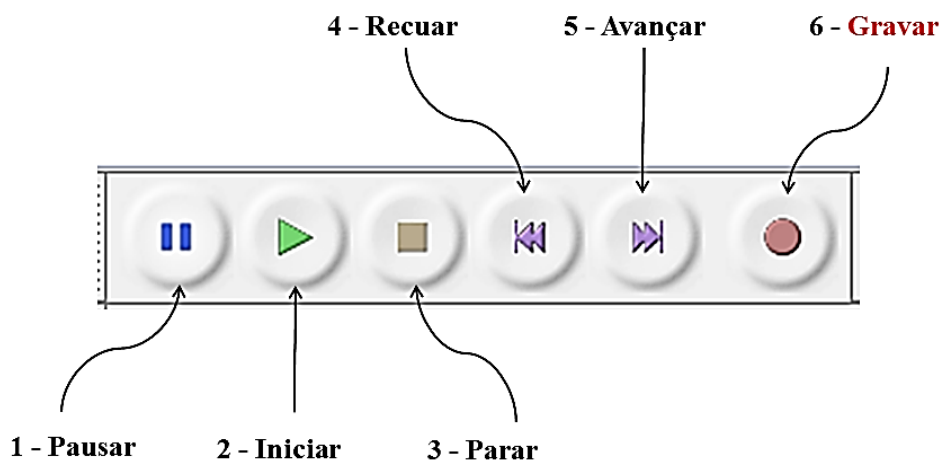
Figura 1 – Tela de entrada do programa Audacity.





Podemos observar que os comandos e ferramentas mais importantes estão na barra superior de inicialização. A seguir faremos uma breve descrição sobre a função de cada ferramenta.


Iniciaremos com a barra de comandos mostrada no canto esquerdo superior da tela de inicialização:


Figura 2 – Comandos localizados no canto esquerdo da tela superior




Tecla 1  – Esse comando permite pausar e reiniciar do mesmo ponto um áudio já gravado anteriormente ou um áudio já existente como um arquivo do computador que foi importado para o programa Audacity.

Tecla 2  – Essa tecla inicia a execução do áudio.

Tecla 3  – Essa tecla breca a execução do áudio.

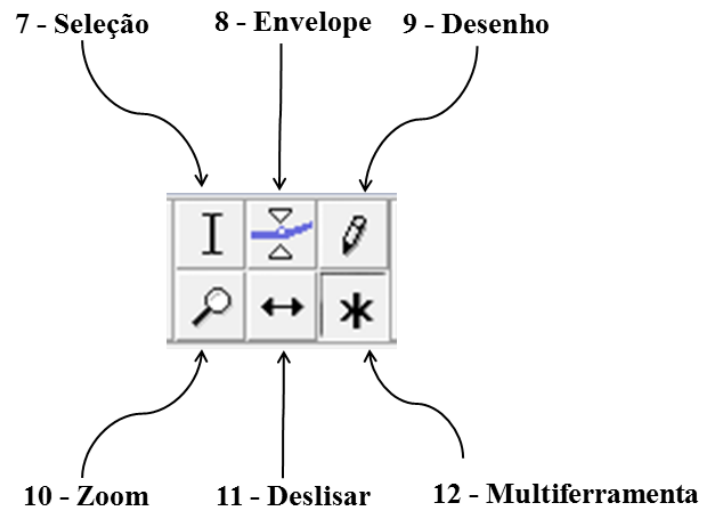
Tecla 4  – Essa tecla permite voltar ao início do áudio.


Tecla 5  – Essa tecla permite avançar até o final do áudio.

Tecla 6  – Essa tecla inicia a gravação do áudio a ser captado por um microfone.

Logo ao lado direito dessa régua de opções, temos outro conjunto de ferramentas com que podemos manipular a visualização do áudio, bem como realizar algumas edições.

Figura 3 – Teclas de comando para visualização e edição do áudio.



Tecla 7  – A ferramenta de seleção permite-nos seleccionar uma parte do áudio, a qual queremos editar ou executar. Quando seleccionada, somente essa parte do áudio será executada ou editada.


Tecla 8  – A ferramenta envelope permite-nos proporcionar um efeito de “fade” de entrada ou saída, variando gradualmente a amplitude do áudio na região seleccionada. Observemos o exemplo abaixo:

Figura 4 – Áudio original sem edição.

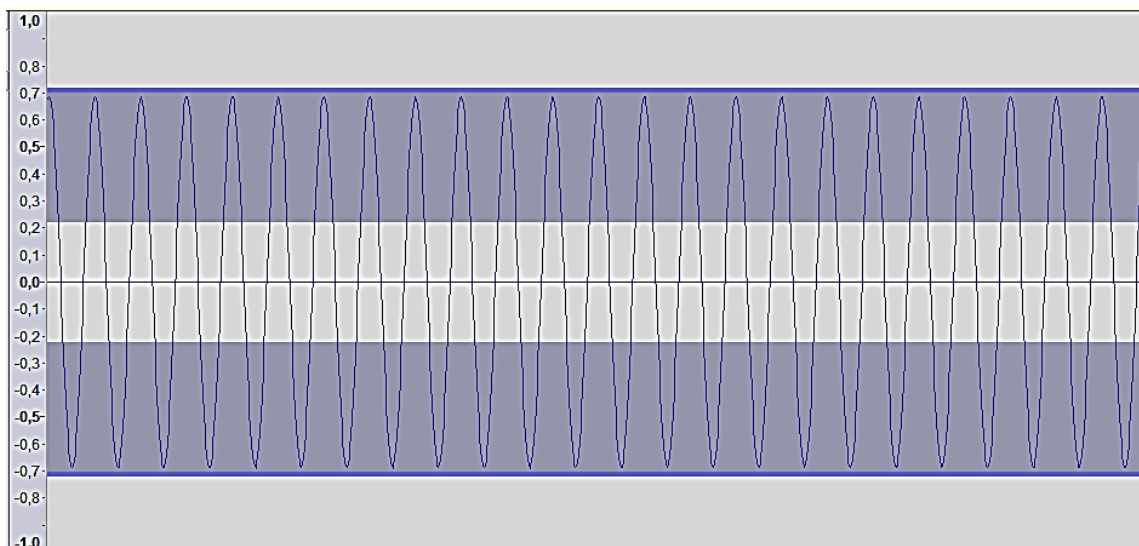
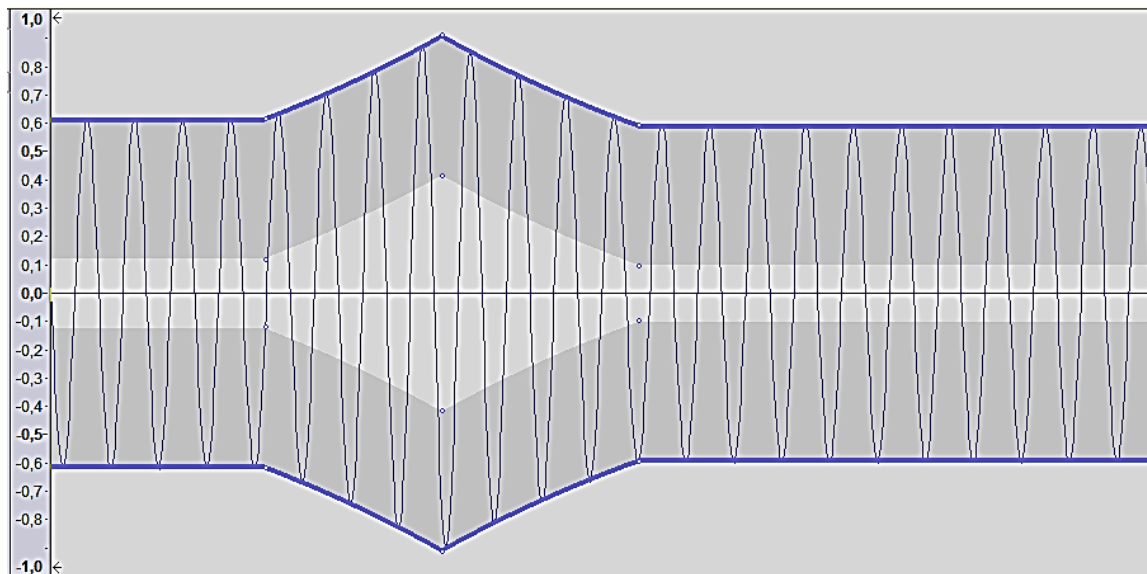


Figura 5 – Áudio editado. Na parte seleccionada a amplitude do som varia gradualmente, aumentando e diminuindo a intensidade.




Tecla 9  – Com a ferramenta desenho, podemos literalmente redesenhar a onda sonora para criar efeitos ou corrigir imperfeições. Observemos o exemplo abaixo:

Figura 6 – Onda original sem alteração. Aumentamos o zoom até visualizarmos os pontinhos sobre a onda.

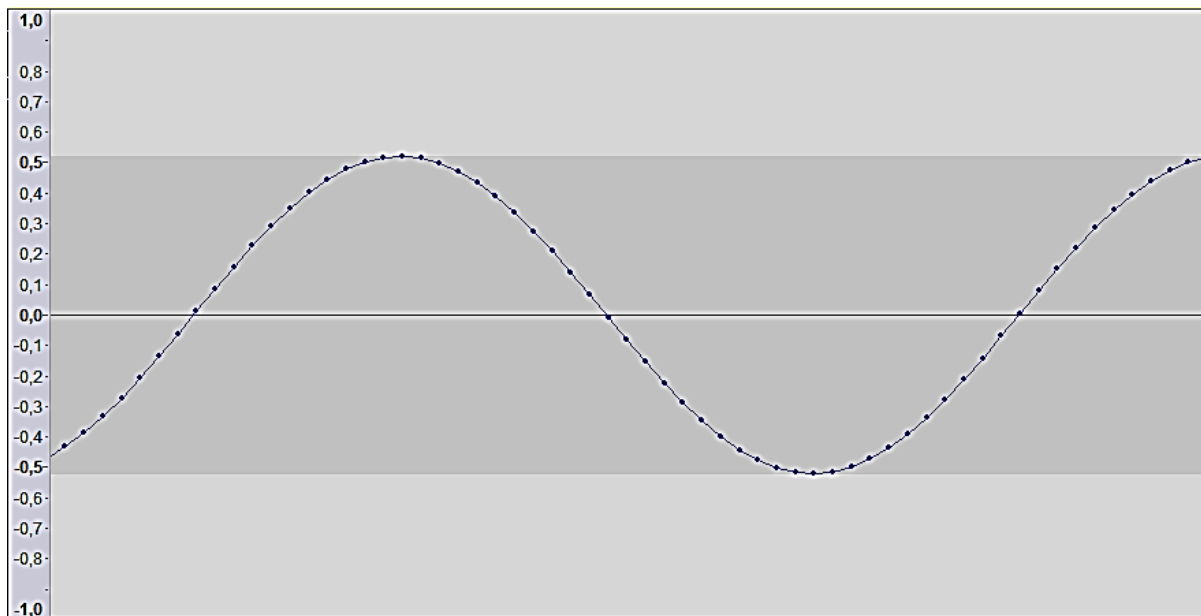
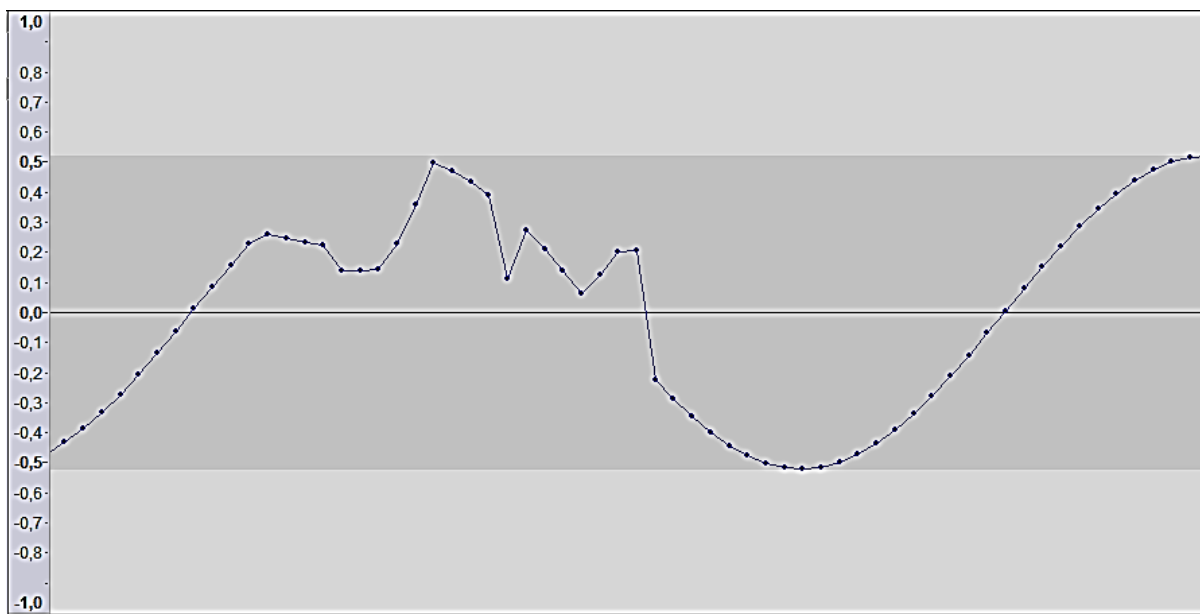


Figura 7 – A mesma onda depois de manipulada com a ferramenta desenho.




Tecla 10  – A ferramenta zoom permite expandir o áudio e vice-versa. Ao selecionar essa tecla e clicar sobre a onda com o botão esquerdo do mouse, aumentamos o zoom. Ao clicarmos com o botão direito do mouse, diminuimos o zoom.

Figura 8 – Menos zoom.

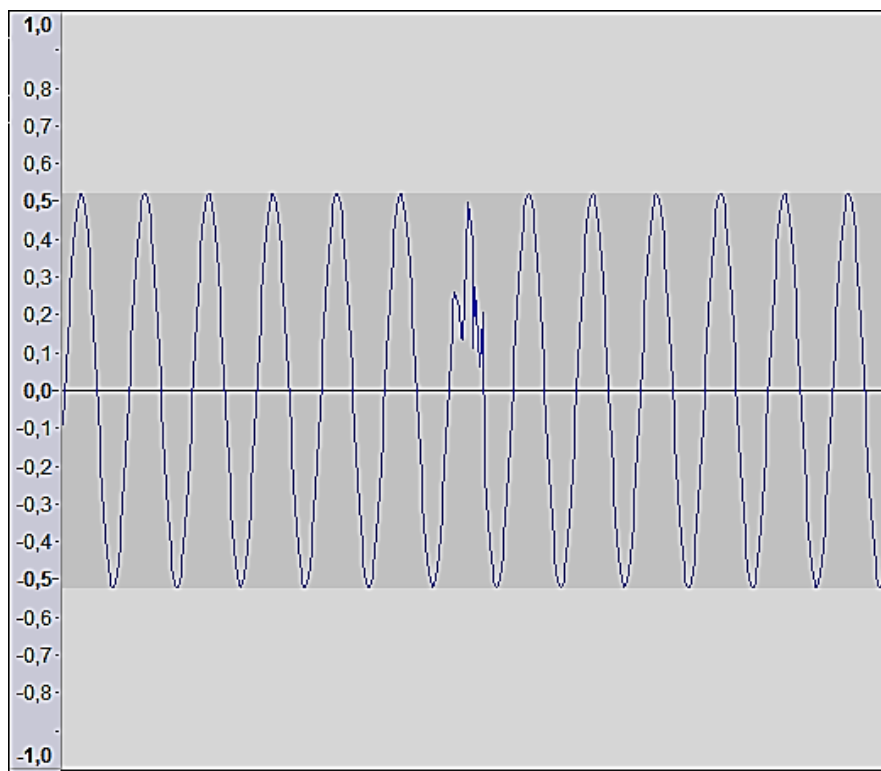
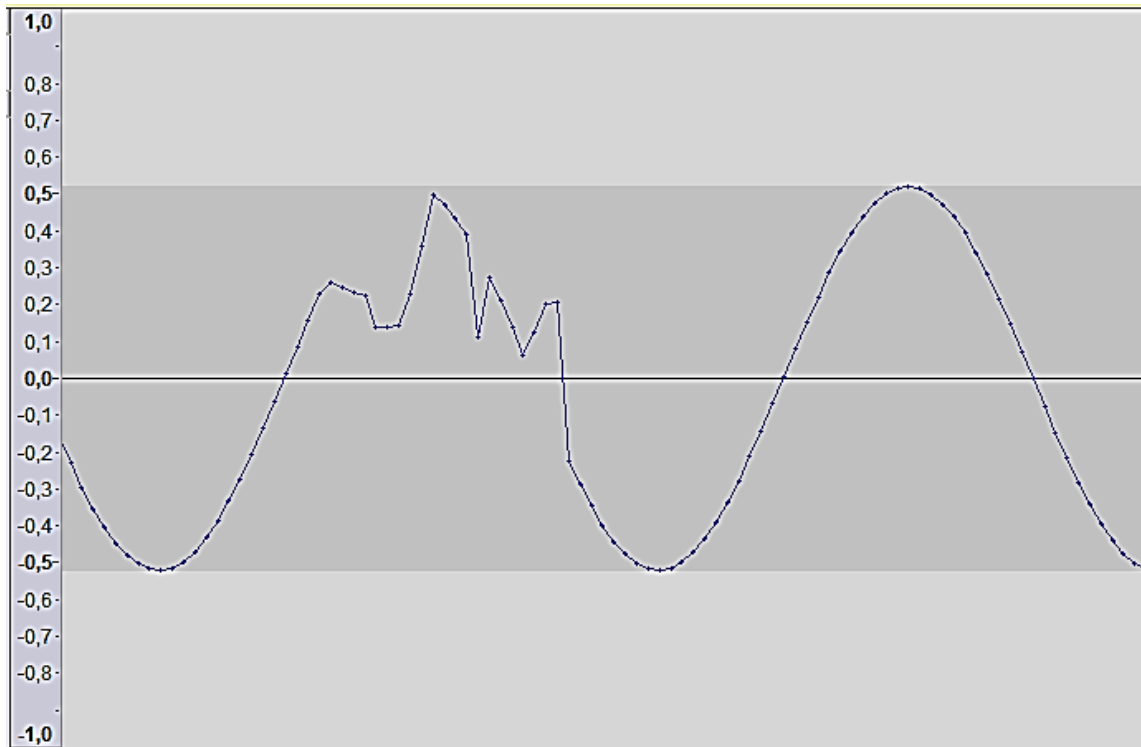




Figura 9 – Mais zoom.

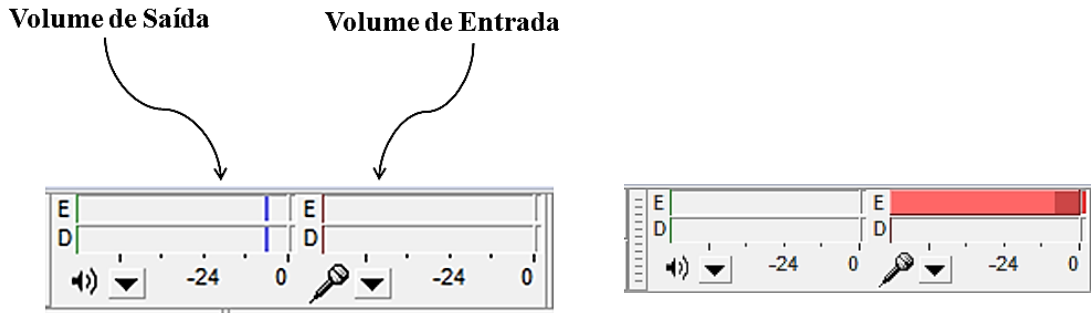


Tecla 11  – Com essa ferramenta, podemos arrastar o áudio para a direita e para esquerda sem alterá-lo. Utilizamos essa ferramenta, quando queremos encontrar certa região da onda que nos interessa ou alinharmos várias faixas.

Tecla 12  – Selecionando essa ferramenta, trabalhamos com múltiplas ferramentas ao mesmo tempo. É como uma ferramenta inteligente. Dependendo do local onde se coloca o cursor do mouse, utiliza-se uma ferramenta diferente.

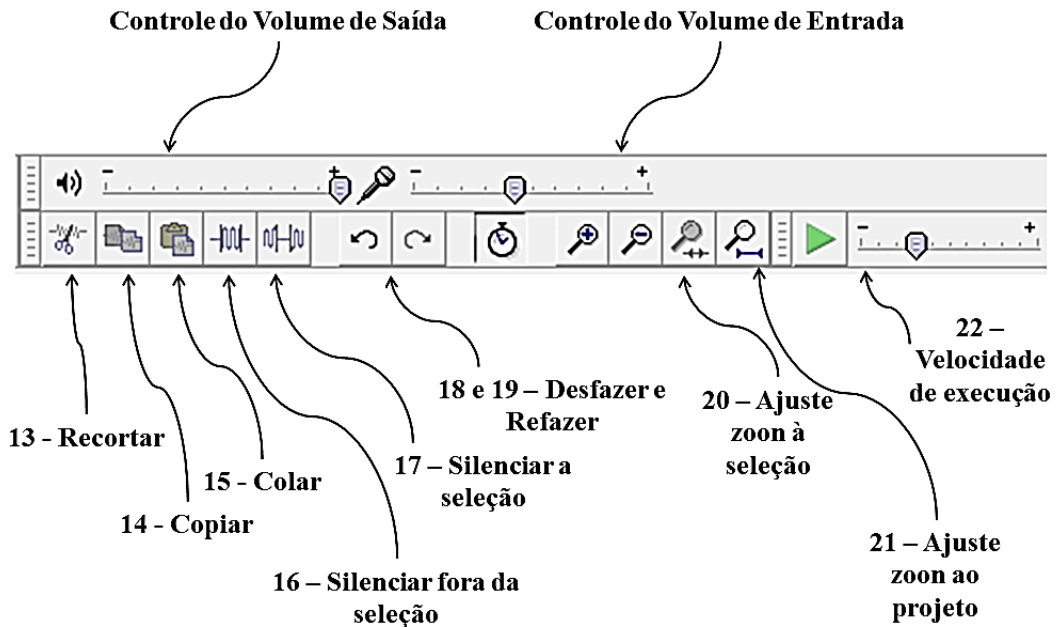
Logo ao lado direito da caixa de ferramentas citada acima, temos os indicadores de volume do som em análise, tanto de saída, quanto de entrada. Com eles, podemos observar se o canal da esquerda (E) está em um volume maior, menor ou igual ao da direita (D), bem como observamos se o volume da entrada de áudio não está saturado.

Figura 10 – Indicadores de volume. Na figura à direita, podemos observar o volume de entrada saturado.



A seguir, temos mais uma régua com ferramentas de edição e exibição. Essa régua também se encontra na parte superior da tela.


Figura 11 – Régua de edição e exibição.




Controle de Saída : Controla o volume do áudio que está sendo executado.

Controle de Entrada : Controla o volume da entrada do áudio para gravação.

Tecla 13 – Esta ferramenta recorta a parte do áudio selecionada. Essa seleção não fará mais parte do áudio.

Tecla 14  – Esta ferramenta copia a parte do áudio sem que essa parte seja retirada da seleção. Mantém-se o aspecto original do áudio.

Tecla 15  – Esta ferramenta “cola” uma seleção previamente recortada ou copiada em outra parte do áudio.


Tecla 16  – Esta ferramenta, denominada silenciar fora da seleção, é utilizada quando queremos escutar apenas uma parte selecionada do áudio. O que estiver fora da seleção será silenciado. Observemos o exemplo a seguir.

Figura 12 – Áudio com seu aspecto original antes de aplicarmos a ferramenta.

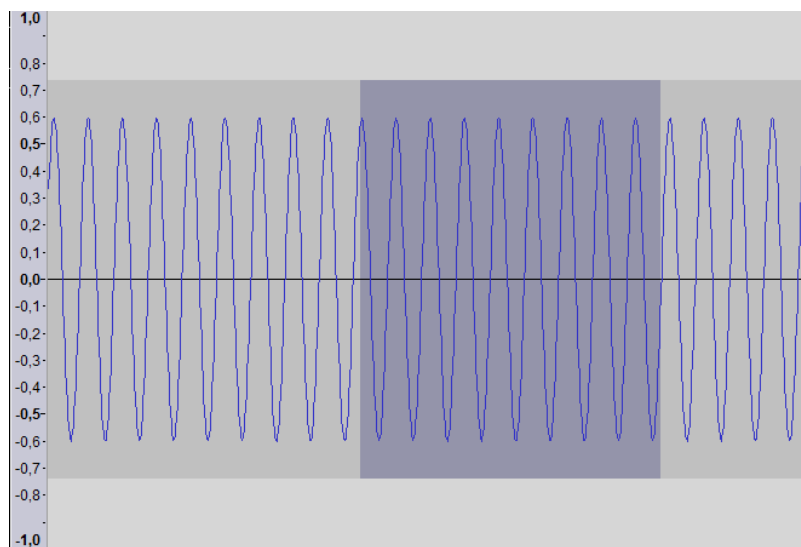
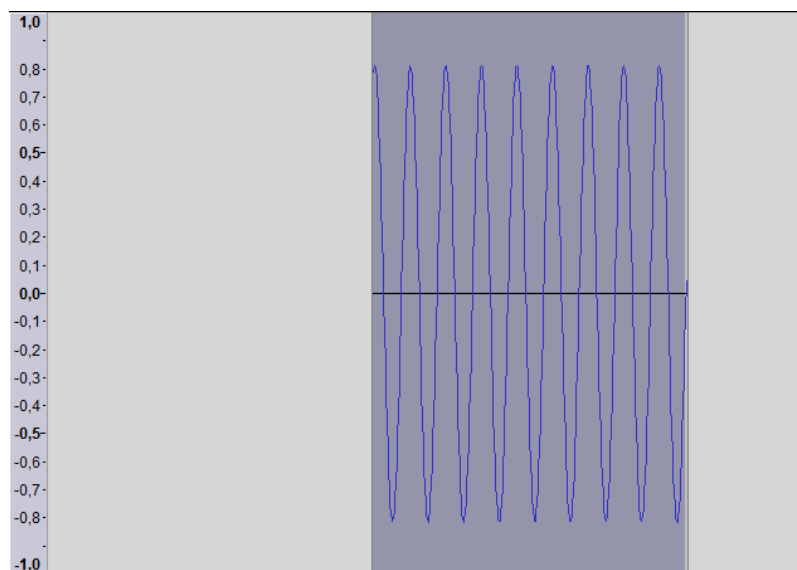


Figura 13 – Aspecto do áudio após a utilização da ferramenta. Somente a parte selecionada será audível.




Tecla 17  – Esta ferramenta é utilizada quando queremos que uma parte do áudio seja inaudível. A ferramenta silencia a parte do áudio que foi previamente selecionada. Observemos o exemplo:

Figura 14 – Áudio com seu aspecto original antes de aplicarmos a ferramenta silenciar seleção.

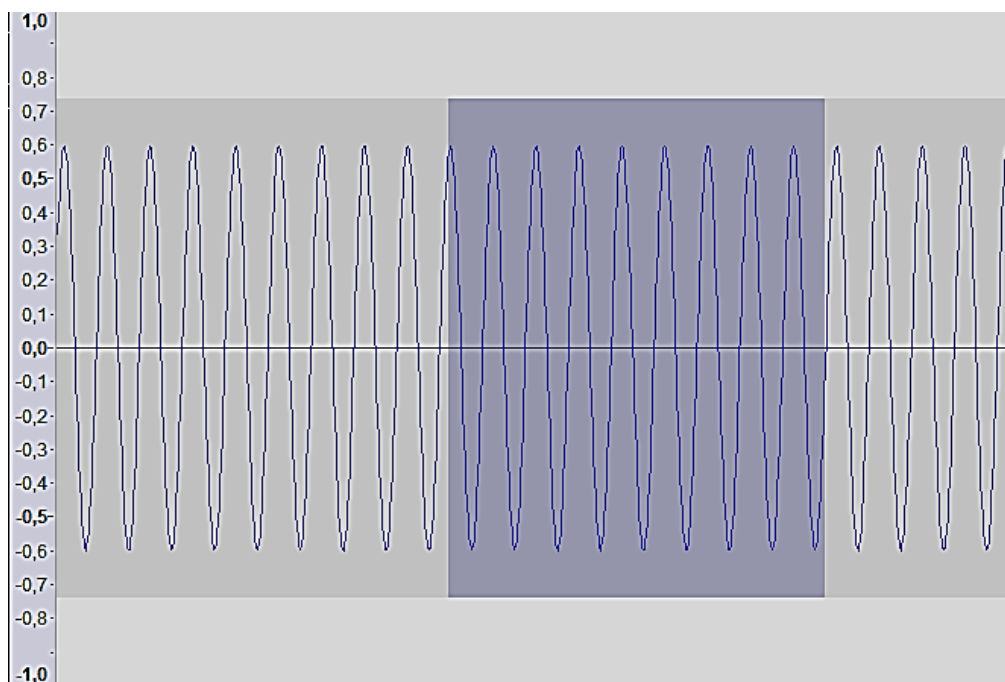
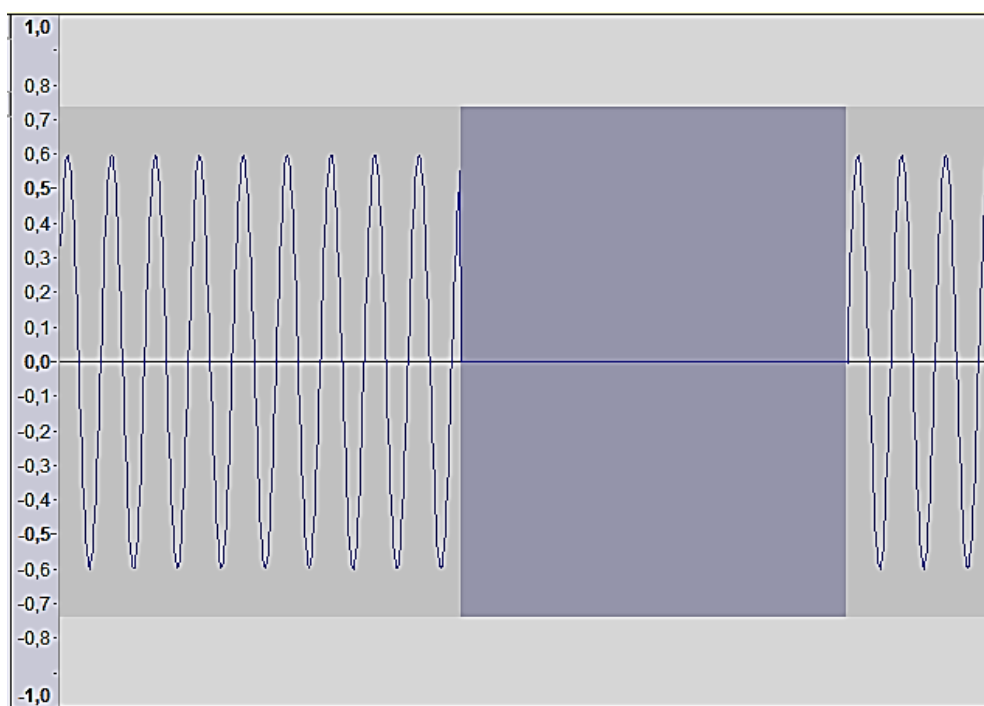





Figura 15 – Aspecto do áudio após a utilização da ferramenta. Somente a parte selecionada será silenciada, mantendo o restante do áudio original.



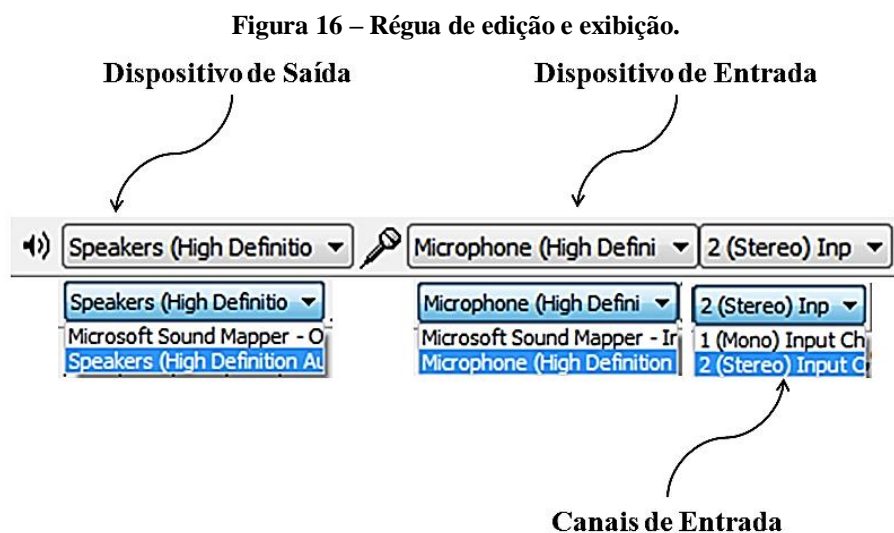
Teclas 18 e 19  – Desfazer ou refazer uma ação.


Tecla 20  – Com essa ferramenta, ajustamos à tela o zoom de uma parte previamente selecionada.


Tecla 21  – Essa ferramenta ajusta o zoom para que seja possível observar todo o áudio na tela.

Tecla 22  – Essa ferramenta varia o tempo de execução do arquivo de áudio, acelerando-o ou retardando-o.

Logo abaixo da régua de edição e exibição, temos uma linha que contém alguns dispositivos importantes:

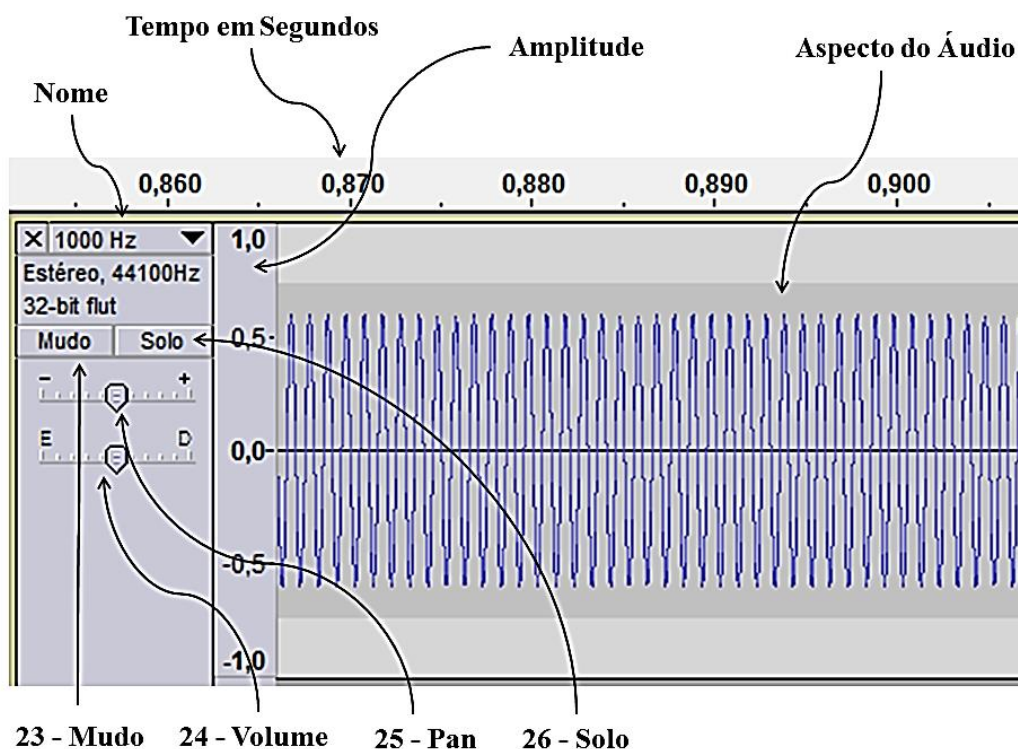


O dispositivo de saída  seleciona qual das opções será responsável pela saída do som no momento da execução do áudio.


O dispositivo de entrada  seleciona qual é o responsável pela captação do som, que pode ser captado em Mono, ou seja, em um único canal ou em Estéreo, ou seja, em dois canais. Essa seleção é feita nos Canais de Entrada logo ao lado do dispositivo de entrada.


A seguir, temos a tela de visualização onde são realizadas as edições. Alguns elementos dessa tela serão descritos a seguir.

Figura 17 – Tela de visualização do áudio.



Tecla 23 **Mudo** – Essa tecla funciona como um liga/desliga. Quando a gravação é feita em multifaixas, essa ferramenta liga e desliga individualmente o áudio de uma determinada faixa.

Tecla 24  - Essa tecla controla o volume individual do áudio no caso de uma gravação em multifaixas separadas.

Tecla 25  - Esse comando permite alterar a intensidade do som em cada faixa no momento da execução.

Tecla 26 **Solo** - Esse comando permite que uma única faixa seja audível, quando a gravação é feita em multifaixas. Quando selecionada, somente essa faixa será audível.

Esperamos que, com essas informações, o professor já tenha subsídios para entender o que foi realizado no AVA e também, se for o caso, que o ajude a montar o seu próprio material didático.