

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ELANO GUSTAVO REIN

UEPS PARA ACÚSTICA:
UMA NOVA MELODIA DE ENSINO

PONTA GROSSA
2018

ELANO GUSTAVO REIN

UEPS PARA ACÚSTICA:
UMA NOVA MELODIA DE ENSINO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação UEPG polo 35, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes.

PONTA GROSSA
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

R363 Rein, Elano Gustavo
UEPS para acústica: uma nova melodia de ensino. / Elano
Gustavo Rein. Ponta Grossa, 2018.
152 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de
Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta
Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes.

1. Ensino de física. 2. Aprendizagem significativa. 3. Acústica. 4.
Música. 5. Comunidade terapêutica. I. Bernardes, Luiz Antônio Bastos. II.
Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. III.T.

CDD: 530.1

ELANO GUSTAVO REIN

UEPS PARA ACÚSTICA:
UMA NOVA MELODIA DE ENSINO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação UEPG, PÓLO 35, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:



Prof. Dr. Romeu Miqueias Szmoski

UTFPR – 1º Avaliador



Prof. Dr. Fábio Augusto Meira Cássaro

UEPG – 2º Avaliador



Prof. Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes

UEPG - Presidente

PONTA GROSSA

2018

Dedico esta dissertação a todos que utilizarão este material.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder sabedoria nas escolhas dos melhores caminhos, sempre me protegendo e amparando.

Aos meus pais Dionir Rein e Zilma Antunes Rein, pelo exemplo, pela motivação e o incentivo nos momentos em que eu mais precisei.

Aos meus irmãos Luan Dione Rein e Allan Rodrigo Rein que acompanharam minha luta neste mestrado, também sempre me fazendo acreditar que era possível.

Aos colegas de mestrado, pela amizade, ajuda, apoio e incentivo.

Ao Professor Dr. Luiz Antônio Bastos Bernardes, que me orientou no decorrer dos trabalhos, pela paciência, dedicação e compreensão.

Ao colega Hernani Batista da Cruz pela ajuda em diversos momentos com algumas dicas ou favores.

À Comunidade Terapêutica Melhor Viver pela possibilidade de aplicação do produto.

As professoras Linda, Edilce e a pedagoga Márcia, colegas do SAREH, que me auxiliaram em vários momentos.

A minha amada esposa Karin Priscila Henrique Rein pela compreensão, companheirismo e ajuda nessa difícil etapa.

E aos meus filhos Isaac Henrique Rein, Miguel Henrique Rein e Ana Elisa Henrique Rein, minhas maiores motivações, por quem eu busco sempre o melhor.

RESUMO

Atualmente, muitos alunos se sentem desmotivados nos estudos por diversos fatores, não apresentando pré-disposição ao aprendizado, por isso se torna cada vez mais difícil encontrarmos evidências de uma aprendizagem significativa. Buscando uma solução para esse problema foi planejado um caderno que contemplasse a relação dos conceitos de Acústica com o cotidiano dos alunos, o uso de tecnologias e uma abordagem histórica e cultural. O objetivo é, além de motivá-los nos estudos, ampliar sua cultura, através do ensino de física usando também a música. O trabalho está fundamentado teoricamente nas metodologias de Vygostsky, Ausubel e Novak. A avaliação foi realizada através de mapas conceituais, depois analisados com o software Iramuteq. A proposta didática foi aplicada para 12 adolescentes com idades entre 13 a 17 anos, sendo o mais velho do Ensino Médio e os outros do Fundamental. Esses alunos estavam em recuperação na Comunidade Terapêutica Melhor Viver, localizada na cidade de Ponta Grossa – PR, no ano letivo de 2017. Para aplicação do produto didático foi elaborada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, UEPS que engloba um total de 15 aulas, aplicadas em 3 tardes. Com uso dessa estratégia de ensino observou-se uma motivação nos alunos ao aprendizado, ficando evidências de uma aprendizagem significativa. O produto resultado desse mestrado é um caderno didático que contempla os estudos de Acústica, destinado a professores tanto do Ensino Fundamental quanto do Médio. Em cada capítulo desse caderno é oferecida ao leitor uma introdução com uma abordagem histórica e cultural dos conceitos de Ondas, Acústica e Música. Em cada tema o mediador encontrará vídeos que ilustram o assunto e também experiências como o Tubo de Kundt. A experiência destaque do caderno é a construção de um Theremin simples, com uma placa Arduino, na qual o professor segue um passo a passo desde sua construção até aplicação com os alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física, Aprendizagem Significativa, Acústica, Música, Comunidade Terapêutica.

ABSTRACT

Many students today feel unmotivated in their studies due to a variety of factors, with no predisposition to learning, so it becomes increasingly difficult to find evidence of meaningful learning. Seeking a solution to this problem, a notebook was planned that contemplated the relation of the concepts of Acoustics with the students' daily life, the use of technologies and a historical and cultural approach. The goal is, in addition to motivating them in their studies, to broaden their culture through the teaching of physics using music as well. The work is theoretically based on the methodologies of Vygotsky, Ausubel and Novak. The evaluation was performed through conceptual maps, then analyzed with Iramuteq software. The didactic proposal was applied to 12 adolescents between 13 and 17 years old, being the oldest of the High School and the others of the Fundamental. These students were recovering in the Better Living Therapeutic Community, located in the city of Ponta Grossa - PR, in the academic year of 2017. For the application of the didactic product, a Potentially Significant Teaching Unit was created, comprising 15 classes, in 3 afternoons. Using this teaching strategy, students were motivated to learn, and there was evidence of meaningful learning. The result of this master's degree is a didactic book that contemplates the studies of Acoustics, destined to teachers of both Elementary and Middle Schools. In each chapter of this book the reader is allowed an introduction with a historical and cultural approach to the concepts of Waves, Acoustics and Music. In each theme the mediator will find videos that illustrate the subject and also experiences like the Kundt Tube. The highlight of the notebook is the construction of a simple Theremin with an Arduino board, in which the teacher follows a step by step from its construction to application with students

Key words: Teaching Physics, Meaningful Learning, Acoustics, Music, Therapeutic Community.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Apresentação do tema	8
1.2	Delimitação do tema	11
1.3	Formulação do problema	12
1.3.1	O Problema	12
1.3.2	Hipóteses	12
1.4	Justificativas	12
1.5	Objetivos	15
1.5.1	Objetivo Geral	15
1.5.2	Objetivo Específico	15
1.6	Campo de experimentação do produto	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Revisão bibliográfica	18
2.2	Referenciais e metodologia	24
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
3.1	Introdução	32
3.2	UEPS	34
3.3	Produto	37
3.4	Aulas	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL	61
	APÊNDICE B - MAPAS CONCEITUAIS	121

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema

A música é algo magnífico, pois, só de apreciá-la, diferentes sensações podem surgir, como: vontade de sorrir, chorar, amar, emocionar-se, concentrar-se para um estudo ou uma prática esportiva. Ela pode também ser perturbadora quando ouvimos uma canção e essa não sai mais de nossa cabeça. Outras ainda podem nos fazer recordar de momentos vividos.

A música sempre está presente na vida das pessoas, até quem é ou está impossibilitado de ouvir, consegue sentir as batidas de certos ritmos. Em minha vida, a lembrança mais remota que tenho de música está relacionada à minha avó paterna, que algumas vezes tocava flauta doce quando visitava a mim e a meus pais em nossa casa. Ela me influenciou tanto que aos onze anos meus pais me inscreveram em um curso de música para aprender a tocar um instrumento chamado harmônio, parente do órgão de tubos, utilizado em igrejas. Nesse curso aprendi um pouco da teoria musical, permanecendo nele por aproximadamente um ano e meio. Um pouco depois, já com treze anos, adquirindo um violão usado de um colega, tentava, por conta própria, transferir o que aprendera de teoria musical para esse instrumento. Com quatorze anos participei da fanfarra do colégio no qual estudava, tocando bumbo para apresentação do desfile da cidade e, assim, tive oportunidade de desenvolver uma melhor noção de ritmo dentro da música.

Em 1999, ingressando na Universidade, no curso de Física aprendi sobre ondulatória em parte da ementa da disciplina de Física Experimental II, a qual se relacionava com a física dos instrumentos musicais.

Em 2008, trabalhando numa empresa de transporte coletivo da cidade de Ponta Grossa, aceitei o convite para fazer parte do coral da mesma, que se apresentava em diversas datas comemorativas com músicas populares brasileiras. Com essa participação aprendi mais sobre o canto e separação nas partituras com as diferentes vozes. Em paralelo à participação nesse coral também tive o prazer de fazer parte de um outro coral que se apresentava juntamente com uma banda. No ano de 2009 fiz o teste para entrar no Conservatório de Música Maestro Paulino em Ponta Grossa. Passei e fiz um ano e meio de violão clássico, aliando este estudo à prática das disciplinas de teoria musical.

No início de minha carreira como docente, desperta-se uma tendência a práticas em sala com experimentos na área do ensino de Física. Essas práticas vieram contribuir com o processo de ensino aprendizagem dos alunos, através de uma ampliação da forma de avaliar, possibilitando aos educandos diferentes maneiras de demonstrar seu conhecimento em todo

decorrer das práticas e a mim uma melhor análise do conhecimento desenvolvido, por meio da expressão das diferentes inteligências. De acordo com Gardner (1995), devemos buscar compreender que todos somos diferentes e expressamos distintas habilidades de diferentes maneiras. Analisando literaturas nesse tema, há um caderno da “TV Escola” de Múltiplas Inteligências na Prática Escolar, em que Smole (1999) relata:

Gardner afirma que a inteligência é responsável por nossas habilidades para criar, resolver problemas e fazer projetos, em uma determinada cultura. Segundo ele, cada indivíduo possui alguns tipos diferentes de capacidade, que caracterizam sua inteligência.

Levando em consideração as múltiplas inteligências, ao planejar o ano letivo, analisando a ementa de Física do Ensino Médio e construindo o plano de trabalho docente, sempre esperava com expectativa o momento de ensinar Ondulatória. Nesse período, criava, juntamente com os alunos, objetos como flautas transversais feitas de cano PVC, instrumentos construídos com materiais reaproveitados. Nessas aulas levava também alguns instrumentos musicais para que os alunos pudessem observá-los e manuseá-los. A utilização desses instrumentos musicais e a criação de outros com materiais diversos podem ser apenas uma demonstração experimental pelo professor. Essas atividades nem sempre precisam estar associadas a um aparato sofisticado. De acordo com SEED (2008), o que importa é a organização, discussão e reflexão sobre todas as etapas da experiência, o que propicia interpretar os fenômenos físicos e trocar informações durante a aula, seja ela na sala ou no laboratório.

Minhas experiências enquanto educador me fizeram perceber a dificuldade dos alunos em relacionar os acontecimentos históricos e algumas evoluções científicas com o conteúdo ministrado nas aulas. Por isso sempre considerei que seria importante desenvolver um material didático para o Ensino de Física que incluísse a História desta Ciência.

A História das Ciências pode humanizar, aproximando-os dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; pode tornar as aulas mais desafiadoras e reflexivas, permitindo deste modo o desenvolvimento do pensamento crítico; pode contribuir para um entendimento mais abrangente da matéria científica, isto é, pode contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que autores como Matthews (1995), diz ter inundado as salas de aula de Ciências, em que fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; pode melhorar a formação do professor auxiliando-o no desenvolvimento de uma epistemologia da Ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, pode dar ao professor uma

maior compreensão da estrutura das Ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas Quintal e Guerra (2009).

A Música assim como a História também aparece como aspecto marcante na Cultura. Ela pode servir para a ampliação do conhecimento cultural dos alunos. Partindo-se de músicas conhecidas pelos alunos, podemos ampliar seu conhecimento musical, disponibilizando o contato com outros estilos, ritmos e instrumentos, que fazem parte de uma linha histórica, demonstrada de maneira resumida no produto.

Segundo artigos como Rezende (2009), o número de publicações de periódicos até o corrente ano, que discorrem sobre Arte, Cultura e Educação Científica no Ensino de Física é nulo. Como o tema foi pouco explorado pelos professores nas aulas de Física no Ensino Médio, é necessário uma abordagem maior da relação entre os temas.

Em uma tentativa de explorar as relações entre Arte, Música e Ciência não poderíamos deixar de fora a Tecnologia digital, ferramenta hoje imprescindível para o ensino aprendizagem nas disciplinas científicas. Uma ferramenta que aparece no mercado com baixo custo, fácil manuseio e infinitas possibilidades de aplicação tecnológica é o Arduino. Ele pode ser utilizado tanto para aquisição de dados como em práticas de experimentos manipuláveis pelos alunos, oportunizando o desenvolvimento e a construção de seus conhecimentos de acordo com as teorias de aprendizagem escolhidas.

Realizamos um levantamento, em sites que disponibilizam artigos de diferentes áreas, sobre o tema “Arduino para o Ensino de Ciências ou Física”. Quanto à aplicação de tecnologias em aulas de Física, nada foi encontrado sobre o ensino de Acústica.

Então, no produto desta dissertação, optamos por utilizar essa plataforma para o ensino de Acústica, voltado ao Ensino de Ciências para alunos do Ensino Fundamental II. A aplicação deste produto possui algumas características que o identificam, presentes nos estudos de alguns teóricos na área de Ensino de Física. Por isso, para organização deste trabalho e como fundamentação didática, as aulas serão organizadas conforme os trabalhos do pesquisador Marco Antonio Moreira, que, depois de estudos principalmente sobre aprendizagem significativa, elabora suas Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). As UEPS organizam os trabalhos em sala, de uma maneira não mecânica (sendo a mecânica uma aprendizagem em que o aluno não relaciona o que aprendeu com o que já se sabe do seu cotidiano), potencializando o aprendizado, pois está diretamente relacionada com o conhecimento dos próprios educandos.

1.2 Delimitação do tema

O estudo de Acústica no Ensino Médio ou Fundamental pode ser muito atrativo se bem planejado. Para que ocorra uma aprendizagem significativa e motivadora é necessária a elaboração de um caderno didático pedagógico que seja utilizado como facilitador do ensino/aprendizagem. Uma alternativa que auxilia o aluno a relacionar os conceitos ao seu cotidiano, são os roteiros para montagem de experimentos.

Nesta dissertação, é elaborado um caderno didático pedagógico, que auxiliará o professor no ensino de Acústica. Além de conter vários vídeos que contextualizam o assunto, experiências relacionadas ao cotidiano, consta também de um aparato experimental que utiliza uma placa de Arduino. Esse experimento é descrito passo a passo, para a prática do professor mediador. Esse caderno didático tem como objetivo conceber e pôr em prática situações e procedimentos que promovam, motivem e engajem os alunos no processo de aprendizagem do assunto escolhido.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017), são competências para o ensino/aprendizagem: selecionar, produzir, aplicar e avaliar recursos didáticos e tecnológicos para apoiar o processo de ensinar e aprender; criar e disponibilizar materiais de orientação para os professores, bem como manter processos permanentes de formação docente que possibilitem um contínuo aperfeiçoamento dos processos de ensino e aprendizagem; compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico. Assim pensando então num caderno que auxilie o professor na apresentação de um conhecimento científico, cultural e histórico, foram elaborados textos que servem de introdução histórica e cultural em cada capítulo desse caderno.

Para a aplicação do caderno didático pedagógico foi elaborada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, UEPS, com o tema Acústica. Ela começará com os princípios fundamentais de um movimento oscilatório, propriedades de uma onda, o ultrassom e o infrassom e as notas musicais com diferentes timbres executadas por instrumentos musicais distintos. E em seguida, será utilizado um Theremin, primeiro instrumento musical eletrônico de que se tem conhecimento. Nessa UEPS o professor ainda pode utilizar de instrumentos musicais, para explicar a formação de uma onda.

O produto didático foi desenvolvido dando muita importância aos fatos históricos presentes nos temas Acústica, Ondulatória, Música, bem como no instrumento desenvolvido com o Arduino, o Theremin. No terceiro capítulo do produto didático pedagógico o aluno

poderá compreender, com o auxílio do professor como mediador, uma evolução histórica da música, que amplia e desenvolve um melhor senso crítico na classificação de diferentes estilos, não se restringindo a apenas poucos gêneros musicais.

1.3 Formulação do problema

1.3.1 O Problema

Muitos alunos se sentem desmotivados e ocorrem poucos indícios de uma aprendizagem significativa, quando os conhecimentos no Ensino de Física, especificamente Acústica, são tratados de maneira isolada, sem relacioná-los ao seu cotidiano, talvez até pela ausência de tecnologias mais atuais, presentes em suas vidas, ou sem contextualizá-los historicamente.

É preciso enfatizar, ainda, que não se trata somente de incluir uma abordagem dos processos de construção do conhecimento científico no Ensino de Ciência, mas de considerá-los no contexto histórico, filosófico e cultural em que a prática científica tem lugar. Ou seja, não se deve focar somente a participação de alunos e professores em atividades simuladas de investigação científica, sem tratamento explícito e crítico das dimensões históricas e filosóficas envolvidas em tal investigação Silva (2006).

1.3.2 Hipóteses

Os alunos desenvolverão e construirão conceitos relacionados à Ondulatória – Acústica, de uma maneira que surjam evidências de uma Aprendizagem Significativa, interagindo com seus colegas, manipulando tecnologias como a ferramenta Arduino.

Os alunos compreenderão a Ondulatória – Acústica historicamente, através da visualização de vídeos, experimentos e introduções contextualizadas.

1.4 Justificativas

Muitas aulas de Física e de Ciências permanecem no âmbito da sequência didática dos livros. No entanto, várias provas nacionais, inclusive o ENEM, exigem que o aluno possua certas habilidades e competências. Apenas os livros ensinados de uma forma mecânica, sem relacionar os conteúdos ao cotidiano, não desenvolvem essas habilidades e competências nos

alunos, por isso, a montagem de experimentos de uma forma inovadora, com a utilização de novas tecnologias, possibilita que as aulas de Física se tornem muito mais dinâmicas, por meio de uma aprendizagem significativa e não arbitrária e literal. Segundo Ausubel (2000), para que a aprendizagem significativa aconteça é necessário que o professor forneça ao estudante um material potencialmente significativo e que o estudante manifeste uma pré-disposição para aprender. Não existe aprendizagem significativa se os alunos não estão predispostos a aprender significativamente.

Todo avanço tecnológico nos trouxe diferentes formas de interação. Segundo Vygotsky (1988), psicólogo entre outras formações e teórico na área das teorias de aprendizagens, em sua lei de dupla estimulação, tudo que está no sujeito existe antes no social (interpsicologicamente) e, depois de apreendido e modificado pelo sujeito, é devolvido para a sociedade, passando a existir no plano intrapsicológico (interno ao sujeito). Assim a criança ou o adolescente vai aprendendo e se modificando. Segundo essa teoria, o desenvolvimento cognitivo do indivíduo ocorre através da interiorização de instrumentos e signos por intermédio da interação social. Os instrumentos podem ser entendidos como algo utilizado com certo objetivo para fazer alguma coisa, eles se interpõem entre o homem e o mundo, ampliando as possibilidades de transformação da natureza: uma faca bem afiada pode cortar melhor, uma vasilha pode transportar um determinado líquido. O signo, exclusivamente humano, é uma representação de algo ou fenômeno, que expressa outro objeto, evento, situação, ou seja, é algo que possui significado. Um exemplo de signo seria a palavra bola, que, quando pronunciada, nos faz imaginar uma bola em nossa mente, nos libertando do espaço e tempo presentes.

Vygotsky salienta que as possibilidades que o ambiente proporciona ao indivíduo são fundamentais para que este se constitua como sujeito lúcido e consciente, capaz, por sua vez, de alterar as circunstâncias em que vive. Nesta medida, o acesso a instrumentos físicos ou simbólicos desenvolvidos em gerações precedentes é fundamental.

Atualmente, nas aulas de Física, professores têm utilizado as tecnologias como instrumento de mediação do processo ensino/aprendizagem, buscando contextualizar essas aulas, tornando-as mais atrativas. Algumas escolas possuem em seus currículos, aulas de robótica, nas quais os alunos exploram os chamados LEGOs, blocos de montagem com possibilidade de programação, para execução de atividades com resposta a sensores de luz, som e ultrassônico.

Como professor cheguei a trabalhar num colégio que possuía desses kits LEGO. Fazíamos várias atividades com esses robôs, termo utilizado pelos próprios alunos para denominar as peças, após serem ligadas ao processador. Foi uma experiência muito motivadora,

pois realizei vários cursos nessa área. Certa vez, em um desses cursos acabei conhecendo a plataforma Arduino, placa bastante utilizada atualmente em automatização de casas, empresas, bem como em coleta de dados em experimentos na área de Ciências Exatas, conforme será relatado na fundamentação teórica da presente dissertação.

Essa placa também não exige que se pague royalties pelo seu uso, pois não possui propriedade intelectual voltada a suas aplicações, podendo ser montada de diferentes maneiras. Depois de finalizado um projeto com essa placa, pode-se então ser efetuado seu registro. Outro fator importante é que o software utilizado no Arduino é considerado livre, não sendo necessário fazer o registro ou compra do mesmo, isso agiliza e facilita seu manuseio. Com o Arduino será montado um Theremin, instrumento escolhido por possuir uma gama de possibilidades para os estudos de Acústica. A montagem do Theremin com o Arduino é de extrema simplicidade, facilitando a aplicação daquele que utilizar o produto desenvolvido neste trabalho.

A utilização do Theremin remete também à escolha do tema mais abrangente do trabalho que é a música. A escolha desse tema está também ligada ao público alvo, que são alunos de uma Comunidade Terapêutica, internados para recuperação. Sempre que utilizei a música de maneira direta ou indireta, em minhas aulas de Ciências e Matemática, pude perceber nos alunos uma melhora tanto no comportamento individual, como no coletivo.

Para Swanwick (2003), a música pode contribuir para manter pessoas afastadas das ruas, gerando emprego, engrandecendo eventos sociais e auxiliando de modo significativo na compreensão sobre nós mesmos e sobre o mundo. Segundo Louro (2006), existem instituições utilizando a música com o objetivo de reabilitar ou trabalhar a comunicação em grupo, a socialização, a recreação, visando fins terapêuticos e sociais. Porém todas essas possibilidades em relação à música não excluem a importância da educação musical.

A música está ligada também aos aspectos culturais, e o produto desenvolvido está fundamentado na Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky (THC). Nessa teoria do conhecimento, a aprendizagem se dá por meio das interações que ocorrem de forma interna e externa ao sujeito. Como o sujeito da aprendizagem é ativo, ele se apropria dos valores e experiências históricas e sociais da sua comunidade. Para construir sua consciência, o sujeito interage de forma coletiva e socio-histórica, internalizando os signos sociais e os instrumentos criados pela sociedade durante toda sua história. Seguindo as premissas dessa teoria, foi realizado um levantamento histórico e cultural em cada capítulo do produto, com o objetivo de apresentar vários aspectos culturais como signos aos educandos.

O signo é uma construção histórica e cultural da sociedade. É utilizado para representar algo do mundo externo ou interno ao indivíduo em tarefas que exigem memória e atenção. Com

ele, torna-se voluntário o controle da atividade psicológica, o que possibilita aumentar a capacidade de acúmulo de informações. O signo carrega em si seus significados. O significado de um signo é determinado de forma cultural e é sempre dependente do contexto histórico e social Faria (2013).

1.5 Objetivos

1.5.1 Geral

Desenvolver e aplicar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de tópicos de Acústica no Ensino Fundamental, para alunos numa Comunidade Terapêutica.

1.5.2 Específicos

Desenvolver um material didático que possa ser utilizado como facilitador do ensino/aprendizagem de Acústica no Ensino Fundamental, com roteiro de montagem e discussão dos experimentos.

Desenvolver e aplicar um aparato experimental utilizando o Arduino, para o estudo sobre frequência e amplitude das ondas sonoras.

Apresentar o contexto histórico sobre as Ondas, a Acústica, a Música e o Theremin.

1.6 Campo de experimentação do produto

O produto será aplicado na Comunidade Terapêutica Marcos Fernandes Pinheiro, mais conhecida como Comunidade Terapêutica Melhor Viver. Nessa Comunidade é aplicado o programa desenvolvido pela Associação Ministério Melhor Viver. Essa instituição é produto de uma parceria entre a Associação e o Município de Ponta Grossa, por meio da Secretaria de Saúde e do Conselho Municipal dos Direitos da Criança e do Adolescente (CMDCA). Antes de se tornar parte dessa Associação, a Comunidade Terapêutica, que chamaremos de CT, era administrada pela Associação Esquadrão da Vida, fundada em março de 2010.

No início de 2012, a gestão administrativa da Associação Ministério Melhor Viver lançou uma proposta de Unidade de Acolhimento para pessoas com dependência química, mas foi somente em julho de 2012 que assumiu a administração da CT Marcos Fernandes Pinheiro.

A CT Melhor Viver possui um sistema de recuperação em regime de residência. Seu público alvo é formado por adolescentes do sexo masculino, que possuem transtornos decorrentes do uso/abuso de substâncias psicoativas. Sua capacidade de atendimento é de 24 adolescentes, de 12 a 17 anos. O programa dura em média 10 a 12 meses no período de residência e ainda 12 meses na fase de reinserção sociofamiliar, entretanto esse tempo varia conforme o desenvolvimento do tratamento do adolescente.

A filosofia que permeia a instituição baseia-se num modelo de desenvolvimento psicossocial do indivíduo, bem como no modelo pedagógico proposto por Antônio Carlos Gomes da Costa, pedagogo e educador mineiro, um dos formuladores do ECA¹.

Por se tratar de uma instituição dedicada à evolução psicológica, física e emocional de seus internos, é necessária uma fundamentação metodológica, que define como o programa deve ser realizado, bem como um modelo que atesta a evolução clínica dos adolescentes. Para tanto, a CT Melhor Viver também se baseia fundamentalmente na obra “A Comunidade Terapêutica: Teoria, Modelo e Método” do estudioso americano George de Leon. Em sua metodologia, os indivíduos precisam passar por fases no tratamento, as quais definem sua evolução clínica. São elas: 1ª fase – Adaptação; 2ª fase-Interiorização; 3ª fase: Reinserção Social, divididas em 1ª etapa (interna) e 2ª etapa (externa).

Além dessas fases, a CT oferece um programa de prevenção de recaídas², em que ocorre o acompanhamento dos adolescentes que receberam alta terapêutica, com a finalidade de oferecer apoio à manutenção de sua abstinência.

O Estado do Paraná possui um vínculo com a CT através do programa SAREH, Serviço de Atendimento à Rede de Escolarização Hospitalar, através do qual disponibiliza uma pedagoga e três professores, sendo um da área de Exatas e outros nas áreas de Linguagens e de Humanas. Os professores trabalham com alunos internos, que estão em diferentes séries, ou até pararam de estudar devido a sua dependência e/ou outros fatores.

Algumas características diferem o ambiente de uma CT para uma sala de ensino regular. O aluno está em fase de adaptação à nova rotina, pois agora esse ambiente se tornou sua casa. Ele tem responsabilidades que muitas vezes não tinha em sua morada anterior. A rotatividade desses alunos é grande, muitos acabam saindo, ficam alguns meses fora e voltam à CT. O tratamento de desintoxicação exige o uso de medicamentos que muitas vezes os

¹Estatuto da Criança e do adolescente – (LEI Nº 8.069, DE 13 DE JULHO DE 1990.) Esta lei dispõe sobre a proteção integral à criança e ao adolescente.

²Recaídas: do dicionário s.f. Ato ou efeito de recair; recaimento. Medicina: reaparecimento ou recrudescimento dos sintomas de uma doença.

deixam sonolentos, desligados, apáticos, principalmente para as aulas que exigem concentração. Alguns alunos vêm direto das ruas com baixa autoestima, pois saíram do ambiente familiar, com isso o desempenho muitas vezes é comprometido.

O trabalho do professor do SAREH em uma CT é uma tarefa difícil e de fundamental importância, pois precisa estar psicologicamente e emocionalmente bem, sabendo separar os diferentes problemas de cada indivíduo com a situação desses como alunos. Um dos objetivos do SAREH, dentro da CT, é de humanizar, trazendo questões como valores, disciplina, hierarquia, respeito, através de projetos que valorizam o meio ambiente, a vida e a sociedade.

As aulas na Comunidade Terapêutica Melhor Viver possuem algumas particularidades. Alguns projetos são realizados para estimular a autonomia, criatividade e participação dos educandos. Esses projetos envolvem os alunos pela relação ao cotidiano e a interação do grupo, tornando assim os conteúdos mais claros, com indícios de uma aprendizagem significativa.

Segundo Gohn (2006), a educação não-formal e suas contribuições para o pleno desenvolvimento de pessoas (assim como para o desenvolvimento de mecanismos que permitem a inclusão social) vão além de uma simples integração do indivíduo na sociedade. Desta forma, a educação não-formal tem caráter de intencionalidade, que permite às pessoas a troca de aprendizagens a fim de que todos possam adquirir ferramentas necessárias à prática da cidadania.

A educação não-formal é aquela que acontece em ambientes e situações interativas, sendo uma educação complementar da educação formal, não estando ligada a obrigatoriedade de ensino.

Numa CT, a educação não-formal pode levar a transformação dos indivíduos no coletivo, dando espaço para que possam ouvir uns aos outros de maneira democrática sempre com a participação de todos por meio do diálogo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Revisão bibliográfica

Para uma pesquisa bem fundamentada, foi realizado um levantamento sobre bibliografias escritas que estão relacionadas ao uso do Arduino no Ensino de conceitos na área de Ciências e Física. Os trabalhos analisados foram dispostos na sequência de publicação, sendo apresentados no quadro abaixo:

QUADRO 1 – Relação de trabalhos relacionados à plataforma Arduino e ao Ensino.

(continua)

TITULO	AUTOR(ES)	ANO	TRABALHO	LOCAL
Proposta de Método de Robótica Educacional de Baixo Custo	Curcio	2008	Dissertação Mestrado	PRODETEC
Scrath, Arduino e o Construcionismo: Ferramentas para a Educação	Bastos, Borges e Abreu	2010	Artigo	I STED
A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC	Souza, et al	2011	Artigo	RBEF
Física com Arduino para iniciantes	Cavalcante, Tavolaro e Molisani	2011	Artigo	RBEF
Aprendizagem de conceitos físicos relacionados com circuitos elétricos em regime de corrente alternada com o uso da placa arduino	Dröse Neto	2013	Dissertação de Mestrado	UFRGS
Dispositivos eletrônicos Inovadores para o Ensino de Física	Baraniuk	2013	Projeto de Pesquisa	UFPR
Promovendo a robótica educacional para estudantes do ensino médio público do Brasil	Kalil, Hernandez, Santos	2013	Artigo	IMED
Usando a plataforma Arduino para criação de Kit pedagógico baseado em oficinas de Robótica para introdução a Engenharia no Ensino Médio	Fabri Junior, et al	2014	Artigo	FATECE

QUADRO 1 – Relação de trabalhos relacionados à plataforma Arduino e ao Ensino.

(conclusão)

A Plataforma Arduino para fins didáticos: Estudo de caso com recolhimento de dados a partir do PLX-DAQ	Cavalcante, et al	2014	Artigo	IFBA
Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de Física em tempo real	Rocha e Marranghell o	2014	Artigo	CBEF
Arduino para físicos, uma ferramenta prática para aquisição de dados automáticos	Rodrigues e Cunha	2014	Produto de Mestrado	UFRGS
Arduino: Uma Tecnologia No Ensino de Física	Martinazzo, Trentin, Piaia	2014	Artigo	URI
Desenvolvimento De Aparato Para Medição de Propriedades Magnéticas Utilizando Arduino e Sensores de Efeito Hall	Luciano, et al	2014	Artigo	SINECT
Instrumentação para Ensino de Física da UFRuralRJ: experiências docentes para a introdução tecnológica	Laudares, et al	2014	Artigo	REFIEDU
Utilização de sensores de temperatura e da placa arduino como alternativa para um experimento de condução térmica	Rosa, Giacomelli e Trentin	2014	Artigo	SINECT
Experimentos de baixo custo para o ensino de Física em nível Médio usando a placa Arduino UNO	Fetzner Filho	2015	Dissertação de Mestrado	UFRGS
Ensino de Óptica na escola de nível médio: utilizando a plataforma Arduino como ferramenta para aquisição de dados, controle e automação de experimentos no laboratório didático	Santos, Teixeira e Cavalcante	2015	Produto de mestrado	UFRGS

Nota: Significado das siglas mencionadas no quadro anterior:

PRODETEC - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia;

STED - Seminário de Tecnologia Educacional de Araucária;

RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física;

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

UFPR – Universidade Federal do Paraná;

IMED – Faculdade Meridional;

FATECE – Faculdade de Tecnologia, Ciência e Educação;

IFBA - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia;
CBEF – Caderno Brasileiro do Ensino de Física;
URI – Universidade Regional Integrada;
SINECT - Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia;
REFIEDU - Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria;
COBENGE – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.

Analisando o quadro, podemos perceber que em ordem cronológica, o primeiro artigo ou dissertação publicado foi o trabalho de Curcio (2008), no Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento LACTEC, que não se trata de um produto específico sobre o Arduino, porém foi deixado de propósito para uma percepção da evolução relacionada ao assunto. Esse trabalho, dissertação de Mestrado, é um estudo de caso que fornece tutoriais com uma metodologia para aplicação de robótica, utilizando materiais de baixo custo, em turmas de escolas da Prefeitura Municipal na cidade de Paranaguá, no estado do Paraná. A professora ressalta a importância de realizar uma formação continuada com os docentes envolvidos na aplicação do projeto, faz pesquisas para levantamentos dos produtos que serão utilizados e analisa a viabilidade econômica do projeto. Esse trabalho tem sua justificativa na ausência de uma metodologia específica que faça o uso de dispositivos robóticos e de informática de baixo custo ou até reciclados, como recursos didáticos, para um melhor aprendizado, tornando o processo ensino aprendizagem mais importante, com o aluno construindo o seu conhecimento.

Outra produção é a de Bastos; Borges e Abreu (2010), que trata sobre a importância da inclusão da tecnologia no sistema de ensino atual, proporcionando benefícios na aprendizagem através do Construcionismo, linguagem Scratch, que seria um primeiro passo a programação e placa Arduino. Esse artigo se embasa no Construcionismo desenvolvido por Piaget e Papert, em que o aluno constrói seu conhecimento a partir do cotidiano, usando coisas que façam sentido e sejam de interesse, sendo o papel do professor de mediador do conhecimento. O uso do Arduino nesse trabalho é comandado com seus sensores pelo software Scratch.

No trabalho de Souza et al., (2011), os autores relatam sobre as diferentes formas de coletas de dados através de alguns dispositivos e então apresentam a placa Arduino como uma ótima ferramenta pelos seus diversos benefícios. Esse trabalho apresenta muitos detalhes técnicos relativos à placa e demonstra uma prática, também bem detalhada, de um Oscilador Amortecido construído com sensor LDR, régua, espelho, LED e Arduino para aquisição dos dados.

No artigo publicado para RBEF, de Cavalcante et al., (2011), se relata a importância dos computadores como ferramenta cognitiva e agente transformador no ensino de Física,

diminuindo a distância tecnológica entre a escola e o estudante. Nesse trabalho os estudantes podem coletar de forma muito mais precisa e rápida os dados de um determinado experimento, representando gráficos, observando fenômenos, predizendo resultados, formulando hipóteses, criando um ambiente de construção do seu conhecimento. Nesse trabalho afirma-se que a tendência nos trabalhos publicados nessa área, nos últimos anos, é buscar ferramentas para aquisição de dados que sejam de baixo custo e totalmente livres. Para finalizar esse trabalho são realizados alguns experimentos com capacitores e coleta de dados, com representação de gráficos demonstrando automação do experimento de carga e descarga com montagem de circuito.

Para Dröse Neto (2013), o objetivo principal era de investigar as dificuldades apresentadas pelos alunos na aprendizagem de circuitos elétricos, conceitos como reatância e impedância, dos processos físicos envolvidos. Para isso foi montado, fundamentado em Ausubel, um aparato experimental com Arduino para coleta de dados em tempo real. Nesse trabalho foram realizados questionário on line para verificação do conhecimento prévio dos alunos do curso de licenciatura em Física da Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, utilizando da metodologia do “Predizer, Interagir e Explicar” (P.I.E.).

O Projeto de pesquisa de Baraniuk (2013) tem como proposta a realização de atividades experimentais de Física no Ensino Médio utilizando-se de dispositivos eletrônicos inovadores, dentre eles o Arduino. Ocorre também um levantamento de experimentos já existentes, com preparação de roteiros para aqueles que ainda não os têm, desenvolvendo-se protótipos em eletrônica para verificação dos temas escolhidos.

O trabalho de Kalil et al., (2013) é um levantamento do uso de Arduino e LEGO Mindstorm, nas escolas públicas do Brasil. É analisado qual o interesse por esses equipamentos, bem como a motivação gerada pelo seu uso. Os autores concluíram que há subsídios para o uso da robótica educacional em todo o País.

Fabri Junior et al., (2014), apresentam um kit pedagógico de baixo custo para introdução de conceitos básicos de engenharia, na forma de oficinas de robótica, para uso em salas de aula ou laboratórios em escolas públicas de Ensino Médio. Foram usadas placas micro controladas Arduino versão Uno. O processo é apoiado por material apostilado que acompanha o passo a passo da evolução das oficinas. Nesse trabalho foram explorados conceitos de física, matemática, programação, robótica básica, raciocínio lógico e comunicação.

No trabalho de Cavalvante et al., (2014), o principal objetivo é expor a utilização da Plataforma Arduino de forma prática para benefício do ensino e da aprendizagem. Além disso, o Arduino é apresentado como um equipamento considerado de baixo custo e que desperta a

curiosidade e a vontade científica do estudante. Como exemplo são mostradas aplicações utilizando o Arduino e em seguida um estudo de caso de um projeto realizado no Instituto Federal da Bahia, na disciplina de Probabilidade e Estatística.

Rocha et al, (2014), apresentam um artigo referente ao projeto de um acelerômetro eletrônico voltado ao ensino de Física Experimental. O acelerômetro funciona conectado eletronicamente à placa Arduino, sendo capaz de fornecer dados numéricos de aceleração que se atualizam no decorrer de uma experiência. Os dados obtidos são trabalhados com as ferramentas PLX-DAQ e a planilha eletrônica Excel (Física em Tempo Real – FTR). São apresentadas características operacionais do módulo acelerômetro MM7361, aspectos gerais da placa Arduino e detalhes da programação computacional envolvida no projeto como um todo. Em seguida, são discutidas algumas possibilidades de uso deste dispositivo em práticas de ensino propostas para serem reproduzidas em um laboratório.

O produto de Mestrado de Rodrigues e Cunha (2014) possui uma breve introdução ao uso do Arduino como ferramenta do Ensino de Física. Nesse material, estão algumas explicações sobre a utilização de sensores com a placa Arduino. No projeto desenvolvido com alunos do Ensino Médio, há construção de uma estação meteorológica. Os esquemas e as programações contidas nesse material fizeram parte desse trabalho e são apresentados como exemplos do uso do Arduino conectado a alguns sensores. O material foi realizado supondo que o leitor tenha algum conhecimento de programação e de eletrônica.

No artigo de Martinazzo et al., (2014), é apresentado o Arduino como uma plataforma alternativa na aquisição automática de dados em experimentos didáticos de Física via porta USB do computador. São relatados os resultados de alguns experimentos realizados durante o período de execução de projetos de Iniciação Científica, editais PIIC-URI e PIIC-EM-CAPES/URI. A principal conclusão desse trabalho é a de que a plataforma Arduino é muito versátil, servindo muito bem ao propósito do desenvolvimento de experimentos didáticos que permitam um ensino e uma aprendizagem de Física mais significativos.

No trabalho de Luciano e Ferreira (2014), foram verificados em literatura os parâmetros básicos de campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos e os tipos de materiais pela sua classificação magnética. Construiu-se um equipamento para mensurar o grau de histerese de materiais, com custo reduzido. Para controle foi utilizado um Arduino Uno.

O objetivo com a aplicação do trabalho de Laudares et al., (2014) é de utilizar o Arduino como substituto da utilização de kits experimentais prontos, em laboratórios de Ensino de Física. Segundo os autores, esses kits diminuem a interação do aluno com o experimento, já que o processo ensino/aprendizagem se dá também com a interação entre a atividade prática e

o aluno. Com o objetivo de melhorar a percepção do aluno com relação à elaboração, construção e manipulação de equipamentos experimentais, uma nova proposta para o curso de instrumentação para o Ensino de Física foi elaborada. Ela visa a atender a necessidade de inserir, na vida acadêmica dos alunos, tecnologias que até então não eram exploradas, por complicações em sua construção física ou por terem valores elevados.

No trabalho de Rosa et al., (2014) há um relato da realização de atividade experimental envolvendo o conteúdo de condução de calor. O principal objetivo deste trabalho é servir como material de apoio para que professores, tanto de Ensino Médio como de Ensino Superior, possam reproduzir a experiência com os seus alunos. No trabalho é apresentada uma proposta de roteiro para a construção do equipamento com materiais alternativos e de baixo custo. A realização da atividade experimental foi dividida em duas partes: na primeira, foram utilizados termômetros convencionais para a realização das medidas de temperatura; na segunda, foram inseridos os sensores de temperatura e a placa Arduino, e o experimento foi assistido pelo PC. Por meio dessas atividades, foi possível perceber as vantagens e limitações do uso dessas tecnologias na realização do experimento, assim como fazer uma projeção do emprego desse método para outros experimentos envolvendo medidas de temperatura.

Para Fetzner Filho, (2015), em sua dissertação de mestrado, um dos principais desafios que um professor de Física enfrenta ao tentar atualizar suas aulas e trazer novas abordagens para o contexto escolar diz respeito à infraestrutura necessária para implementá-las. Em seu trabalho o objetivo foi o desenvolvimento de materiais instrucionais de baixo custo para a realização de experimentos de Física relacionados ao conteúdo de Cinemática usando a placa Arduino-UNO como interface para aquisição de dados. Para isto foi desenvolvido um material didático, amparado na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. O material instrucional foi elaborado dentro de um conceito de Recursos Educacionais Abertos (REA).

Foram atribuídas licenças que possibilitam a manipulação de todo o material desenvolvido neste trabalho a fim de que professores, pesquisadores, estudantes e demais membros da sociedade possam usar, estudar, modificar e compartilhar livremente todo o seu conteúdo. A proposta foi implementada em três turmas do primeiro ano do Ensino Médio na Escola Técnica Frederico Guilherme Schmidt na cidade de São Leopoldo (RS), durante o terceiro trimestre de 2014, totalizando dezenove períodos. Os resultados indicam que o uso de experimentos com aquisição automática de dados nas aulas de Física, em conjunto com uma metodologia adequada de ensino, contribuiu para o aprendizado e motivação dos alunos. Por se tratar de um material didático de baixo custo, elaborado com uso de softwares livres e hardware

aberto, é altamente disseminável e tornar-se-á muito útil para o desenvolvimento de projetos e práticas educacionais no Ensino de Física.

Santos et al., (2015) apresentam, com esse trabalho, uma proposta de algumas possibilidades para o uso da placa de prototipagem Arduino, especialmente com as ferramentas da WEB 2.0, na elaboração de atividades para o laboratório didático de Física do Ensino Médio, bem como sua utilização em sala de aula. Como exemplo de aplicação, foi desenvolvida uma sequência de atividades com a intenção de que venha a ser potencialmente significativa para o estudo introdutório de Óptica. Destaca-se o estudo qualitativo e quantitativo da reflexão, da refração e da absorção da luz e, também, das cores dos objetos. Essas atividades incluem roteiros de aula dinâmicos, nos quais o estudante desenvolve seu trabalho e o professor pode corrigi-lo diretamente pelo computador. Deste modo o conteúdo fica disponibilizado na internet, por meio de aplicativos livres para armazenamento e compartilhamento de arquivos, como o Google Drive, o que torna sua impressão dispensável e seu acesso possível de qualquer computador conectado à Web. Além dos roteiros, as atividades contam com equipamentos experimentais que foram especialmente desenvolvidos para a realização de coleta e análise de dados com o Arduino.

Discutem-se nesse trabalho de dissertação a utilização desse instrumento de ensino, abordando seus aspectos positivos e sugerindo-se cuidados a serem tomados para o bom desenvolvimento das atividades. Descrevem-se também a confecção dos equipamentos, incluindo os custos envolvidos. O material de apoio ao professor e sugestões de roteiros a serem trabalhados com os estudantes será disponibilizado na série “Textos de Apoio ao Professor de Física” para que possa ser utilizado por outros professores na sua prática docente. Descreve-se a implementação do material instrucional em sala de aula, embasada nas teorias de Ausubel e Vygotsky, com turmas da 2ª série do Ensino Médio de uma escola da rede privada de ensino de São Paulo, SP.

Os trabalhos relatados nessa seção serviram de embasamento para a aplicação do Arduino para o desenvolvimento do produto didático desta dissertação.

2.2 Referenciais e metodologia

A teoria de Vygotsky pode ser definida através de algumas palavras chaves: sociabilidade do homem, interação social, signo e instrumento, cultura, história, funções mentais superiores. Para defini-la com uma expressão poderíamos dizer que a teoria de

Vygotsky é uma “teoria sócio-histórico-cultural do desenvolvimento das funções mentais superiores”, chamada também de “teoria histórico-cultural”.

Vygotsky, ao enfatizar as origens sociais da linguagem e do pensamento, seguia a linha de influentes sociólogos franceses. Foi o primeiro psicólogo moderno a sugerir os mecanismos pelos quais a cultura torna-se parte da natureza de cada pessoa. Ao insistir em que as funções psicológicas são um produto da atividade cerebral, tornou-se um dos primeiros defensores da associação da psicologia cognitiva experimental com a neurologia e a fisiologia.

Segundo Vygotsky (1987), o desenvolvimento cognitivo se dá com a interação social, e, a partir desta, o conhecimento vem por meio de um elo intermediário, os signos, que se localizam entre o estímulo “E” e a resposta “R”, formando a memória mediada, que é diferente da memória natural.

Nessa concepção, os instrumentos e os signos são constituídos das representações que existem, ou do próprio objeto. As representações podem ser feitas pela junção das letras que formam palavras, textos, imagens que dão significados. Para esse teórico a aprendizagem pode ser por meio do próprio objeto ou através de símbolos. Um exemplo disso é quando certas equações são transformadas em algo representativo para os alunos, através da associação com um fenômeno físico. O papel do professor é o de mediador que mostra qual o significado dessa equação, para que o aluno interprete este signo.

Para Vygotsky, a interação social é de extrema importância, pois ninguém aprende de forma isolada, por isso o papel do professor é o de intermediar essas relações, estabelecidas não somente entre o professor e o aluno, mas também entre os próprios alunos.

Outro fator de grande importância é o ambiente em que os envolvidos fazem parte, no processo de ensino aprendizagem em que estão inseridos, pois este pode favorecer êxito ou fracasso, caso não seja apropriado, como explica o texto de Vygotsky (1993, p. 50) abaixo:

A presença de um problema que exige a formação de conceitos não pode, por si só, ser considerada a causa do processo, muito embora as tarefas com que o jovem se depara ao ingressar no mundo cultural, profissional e cívico dos adultos sejam, sem dúvida, um fator importante para o surgimento do pensamento conceitual. Se o meio ambiente não apresenta nenhuma dessas tarefas ao adolescente, não lhe faz novas exigências e não estimula o seu intelecto, proporcionando-lhe uma série de novos objetos, o seu raciocínio não conseguirá atingir os estágios mais elevados, ou só alcançará com grande atraso.

Para o aprendizado ser concretizado, além do ambiente apropriado devemos analisar que o aluno tem dois níveis de desenvolvimento: o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. O nível real retrata as etapas já concluídas pelo indivíduo, individualmente ele consegue realizá-las sem necessitar de ajuda ou suporte. O nível potencial

é a capacidade que o indivíduo tem de desenvolver atividades ou tarefa com ajuda dos outros. E para estabelecer novos significados, ele precisa da zona de desenvolvimento proximal (DORNELES et al, 2006, p. 488).

Conceito mais importante para Vygotsky na área da educação, a zona de desenvolvimento proximal (ZDP) de acordo com (VYGOTSKY, 2008, p. 97),

[..] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou com companheiros mais capazes.

Quando o aluno possui dúvidas, essas estão localizadas em sua zona de desenvolvimento proximal, ZDP. O importante é que a partir do momento em que dominemos um assunto como professores, através da interação social, damos condições para que o educando analise seu desenvolvimento cognitivo real, facilitando a construção de seu conhecimento.

O aluno deverá ser ativo em todo o processo educacional, por isso esta dissertação está fundamentada não apenas na teoria cognitiva de Vygotsky, mas também em Ausubel, que aborda uma aprendizagem significativa.

A teoria da aprendizagem de Ausubel tem como norte a Aprendizagem Significativa, que propõe um aprendizado não mecânico (de memorização). De acordo com essa teoria, o aluno primeiramente deve expressar o que já sabe, para então adquirir conceitos relacionados, agregando saber de forma significativa. Vale ressaltar que mesmo existindo muitas diferenças entre a aprendizagem significativa e a mecânica, nem sempre uma exclui a outra. Um indivíduo pode inicialmente aprender de forma mecânica e depois seu conhecimento pode tornar-se significativo.

Como para Ausubel o conhecimento prévio tem o papel principal para a aprendizagem, foram elaborados e utilizados em sua teoria os chamados mapas conceituais, que têm como objetivo o desenvolvimento dessa aprendizagem significativa. As finalidades desses mapas estão explicadas no texto abaixo, conforme (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993,):

O mapeamento conceitual é uma técnica muito flexível e em razão disso pode ser usado em diversas situações, para diferentes finalidades: instrumento de análise do currículo, técnica didática, recurso de aprendizagem, meio de avaliação.

Alguns professores utilizam também como recurso os chamados mapas mentais. Muito parecidos com os conceituais, se diferem por não apresentarem conceitos. Esses mapas possuem uma ideia central, se ligando às outras a sua volta de maneira hierarquizada. Essas informações

podem ser mapeadas ou registradas graficamente de diferentes formas. Nos casos mais simples, como um agrupamento de ideias e informações ou nos casos mais complexos como um fluxograma. Outras variações dos mapas mentais são os mapas de memorização que apresentam uma sequência de imagens e palavras que representam algum procedimento.

Quando produzido um mapa mental a partir de um texto, esse mapa será uma espécie de resumo do texto, aparecendo apenas as informações principais. Esses mapas nos ajudam a lembrar da sequência de informações do texto completo. Ou ainda podem servir para escrever novos textos, conforme diz (HERMANN; BOVO, 2005, pg. 91):

O Mapa Mental é um valioso sistema de expressão escrita: rápido, eficaz e divertido, muito útil para registrar informações nos casos de anotações de aulas ou de ideias que fluem em grande quantidade, velozmente, como no processo criativo, e que podem ser perdidas no esquecimento caso tentemos registrá-las em um texto sequencial. Enfim, os Mapas Mentais constituem-se numa poderosa técnica de registro visual e conceitual de informações e podem ser elaborados por qualquer pessoa, em praticamente qualquer idade.

Mapeando o conhecimento prévio dos alunos ou subsunçores, o professor utiliza esses mapas para nortear sua prática, eliminando qualquer fator cognitivo que venha de encontro com a aprendizagem do aluno.

A fim de que o aluno aprenda, o mediador (professor) deve fornecer um material potencialmente significativo, para que o aluno gradativamente atinja a aprendizagem. Por isso o nome de potencialmente significativo, pois permeia etapas no desenvolvimento do conhecimento.

Professor emérito da Cornell University e Pesquisador Sênior no IHMC, Joseph Donald Novak, em 1970, ganha reconhecimento mundial pela sua teoria a respeito dos mapas conceituais, originalmente baseada na teoria da aprendizagem de Ausubel.

A construção dos mapas será de grande importância, pois, como diz Ausubel (2000) sobre o conhecimento prévio:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia a um só conceito diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo.

Os mapas conceituais são estruturados com base em relações entre conceitos, explicitadas por frases de ligação, formando proposições, as quais são passíveis de análise lógica. Nesta dissertação é apresentada a possibilidade de serem utilizados os mapas conceituais ou mentais, conforme o nível cognitivo dos alunos a serem avaliados. Eles são aplicados como análise do conhecimento prévio e ao final das atividades, como síntese integradora. O campo

de experimentação do produto nesta dissertação é uma Comunidade Terapêutica, com a maioria dos adolescentes no Ensino Fundamental II. Como a maioria desses alunos possuem dificuldades de aprendizagem, foi decidido então utilizar-se dos mapas mentais para as análises.

Para Ausubel, o conhecimento prévio está diretamente relacionado a essa Aprendizagem Significativa que se estabelece como conhecimento adquirido através das relações por meio da interação social e a linguagem, que são fundamentais para a captação desses significados de acordo com Vygotsky.

Segundo Moreira, somente há ensino quando ocorre uma aprendizagem significativa que seja crítica, para isso devem-se escolher materiais que sejam potencialmente significativos. Uma sequência didática de ensino como a UEPS (UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA) possibilita ao educador uma ferramenta que facilita em muito a aplicação de uma aprendizagem não mecânica que se torne prazerosa tanto para o educando como para o professor que fará o papel de mediador.

Moreira (2011) mostra em seu artigo os passos a serem seguidos para criação de uma UEPS, os quais serão norteadores para a sequência didática elaborada nesta dissertação. Para Moreira, a UEPS é uma sequência de ensino direcionada à aprendizagem significativa de conceitos e tópicos específicos de um ou mais conteúdos escolares. Para a elaboração de uma UEPS existem alguns princípios que são fundamentais, tais como: o conhecimento prévio do aluno; a predisposição do aluno em querer aprender de uma forma não mecânica; a decisão é do aluno se quer aprender significativamente; o conhecimento vem por meio de organizadores prévios, que estabelecem a relação entre o conhecimento prévio e os novos conhecimentos; situações problemas devem ser organizadas em ordem crescente de dificuldade com o objetivo de despertar no aluno o desejo pela aprendizagem; estimular a criação de modelos mentais numa nova situação de aprendizagem; em uma estrutura de ensino. É necessário estarem presentes a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação, conforme proposto por Ausubel; avaliação progressiva em busca de evidências; a interação social e a linguagem como fundamentos para aprendizagem estabelecendo a essência que é a relação entre aluno, professor e materiais educativos.

Um pré-requisito para que a aprendizagem significativa ocorra é que seja despertado no indivíduo o interesse em aprender e que este conhecimento seja socialmente relevante. Analisando dessa maneira, a aplicação de tecnologias na educação pode ocorrer com dois objetivos. Primeiro, como meio para instigar e oportunizar ao aluno o interesse em aprender e deixá-lo preparado para a aquisição da aprendizagem significativa; segundo, como via de apresentação de uma temática ampliando o leque de possibilidades de se explorar uma temática.

Pensando ainda de uma outra perspectiva, a tecnologia pode servir como instrumento no processo ensino aprendizagem, de acordo com Richit (2014):

[...] a interferência da escola faz-se necessária no sentido de oferecer ao aluno oportunidades significativas de construção de conhecimentos e valores que estão atrelados à atual conjuntura social e, principalmente, promovendo a utilização das tecnologias informáticas como instrumentos auxiliares à prática pedagógica com o objetivo de promover interação, cooperação, comunicação e motivação a fim de diversificar e potencializar as relações inter e intrapessoais mediante situações mediatizadas, que venham a dar um novo significado ao processo de aprendizagem. Isto é, as relações entre sujeitos e, entre sujeitos e tecnologias colabora para a estruturação do conhecimento do grupo que a utiliza, bem como para o desenvolvimento desses sujeitos, o que caracteriza o coletivo seres humanos com mídias, proposto por (LÉVY, 1999).

Uma das principais práticas do produto educacional produzido nesta dissertação é baseada numa tecnologia que está sendo cada vez mais usada por professores de todas as modalidades e níveis de ensino: é o Arduino. É uma ferramenta “open source” que tem se tornado cada vez mais utilizada em projetos de automatização diversos, e nas instituições de ensino, ou até por pessoas sem vínculo algum com a área da educação. Por se tratar de um código fonte aberto, de programação fácil e de simples manuseio, o Arduino possibilita a aplicação em muitas áreas, dentre elas a do Ensino de Física. Esse instrumento, considerado uma Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) faz parte de um contexto que irá interferir diretamente no indivíduo. De acordo com o texto abaixo, a teoria de Vygotsky é a mais adequada para se estudar o impacto das TICs:

O surgimento recente das mídias audiovisuais modernas e das tecnologias de informação, suas aplicações no ensino, seu papel, em curto e longo prazos na vida das crianças levantam problemas novos e sérios. Que instrumento será mais pertinente e mais útil para as pesquisas sobre o impacto desses novos instrumentos culturais para o ser humano do que uma teoria como a de Vygotsky, que coloca, precisamente, no centro de suas preocupações, o papel dos instrumentos de cultura no desenvolvimento psicológico, histórico e ontogenético? Essa teoria oferece um quadro conceitual ideal para essas pesquisas, mas falta ainda um trabalho árduo para ser completado para torná-la operacional na condução de pesquisas empíricas. (IVIC, 2010, p. 28).

Em Silva (2016), afirma-se que, através de estudos existentes acerca da utilização de tecnologias em sala de aula, há o entendimento de que os métodos tecnológicos auxiliam o desenvolvimento do aluno, que na maioria dos casos passam a ter maior interesse em sala de aula. Entretanto, se faz presente também a necessidade de oficinas de capacitação tecnológica para os professores, para que estes possam utilizar de forma eficaz as tecnologias, pois os professores que se utilizam de algumas dessas tecnologias não o fazem de forma adequada. Por

isso, no produto educacional que está no apêndice A desta dissertação, existe uma descrição passo a passo da montagem do instrumento Theremin, a ser construído com o uso da plataforma Arduino.

O Theremin é um instrumento musical eletrônico que foi inventado em 1919 por um técnico russo chamado Leon Theremin. Esse instrumento é bem singular, pois tem seu som produzido sem que haja nenhum toque de seu músico, por isso requer grande habilidade para ser tocado. É composto por duas antenas, uma vertical e uma horizontal; a primeira produz a variação em sua frequência e a segunda em seu volume. A medida que o músico aproxima sua mão da antena vertical, aumenta-se a tonalidade do som, enquanto que ao aproximar a mão da antena horizontal, diminui-se o volume.

A escolha desse instrumento para fazer parte de uma das práticas do produto educacional é justificada por ser simples montá-lo com o Arduino. A sua montagem possibilita uma abordagem de conceitos físicos como frequência e amplitude, sensibilizando os alunos para a área da música. Alguns fatos sobre a vida de seu inventor também podem ser trabalhados de forma interdisciplinar pelos professores de História.

Segundo Figueiredo (2010, p. 156), a música por si só já tem um caráter interdisciplinar pois aborda também aspectos sobre a aprendizagem musical:

Uma das formas de entender a área da educação musical é através do caráter interdisciplinar que congrega questões de música e educação. Nesta área são estudados diversos temas que incluem aspectos essencialmente musicais, assim como são investigados componentes de aprendizagem e ensino, ou seja, como os indivíduos aprendem os diversos elementos musicais, e como são ensinados tais elementos em diferentes contextos e para diferentes indivíduos.

Existe ainda o fator cultural presente na música. Devemos dar importância e valorizar os usos e consumos musicais dos alunos. O universo musical trazido pelos alunos deve ter lugar garantido na prática docente. Sobre as músicas preferidas pelos alunos Queiroz (2011) afirma:

[...] essas músicas além de terem significados culturais para os estudantes, possibilitam diversos trabalhos relacionados à linguagem musical, explorando aspectos como: sonoridades e timbres dos instrumentos, formas de cantar, padrões rítmicos, estruturas melódicas etc.

No terceiro capítulo do produto desta dissertação é realizado um breve levantamento histórico sobre a linha do tempo musical, apresentando aos alunos diferentes contextos musicais. Esse capítulo está fundamentado em Queiroz (2011), que afirma sobre a importância da inserção na prática escolar de músicas de diferentes contextos culturais, visando à ampliação e/ou transformação do universo musical do aluno. Em Almeida; Pucci (2015) é salientada a relação da cultura musical com os contextos sociais:

A busca por vivenciar a pluralidade musical implica em procurar entender a multiplicidade de expressões que une povos, mas que também pode provocar conflitos. Ainda hoje se percebe uma relutância em se aproximar do desconhecido e de expressões culturais de outros povos. As diferentes manifestações culturais nas quais a música está inserida não podem ser consideradas isoladamente, pois dizem respeito aos processos sociais que nem sempre são fáceis de ser compreendidos em um primeiro momento.

Uma abordagem histórica, cultural e social é dada em cada início de capítulo do produto educacional, pois é importante inserir o aluno no contexto que se passam os fatos mencionados. De acordo com Silva (2006), o conhecimento do Enfoque Histórico Cultural sendo adequadamente utilizado na elaboração de aulas de Ciências pode proporcionar resultados favoráveis na diminuição das dificuldades de aprendizagem de alunos do ensino fundamental. Para tanto, além da definição clara de princípios filosóficos e epistemológicos que sustentem a metodologia a ser aplicada, é necessário o conhecimento pessoal dos alunos e da sua cultura, bem como a escolha de uma proposta adequada que apresente os recursos disponíveis e que garanta a eficiência desta prática pedagógica.

Cada aluno traz como bagagem seus conhecimentos, sua cultura, que fazem parte de seu nível de desenvolvimento real e, segundo Vygotsky, este conhecimento é constantemente reconstruído tanto no plano coletivo quanto individual: a vida social é um processo dinâmico, na qual o indivíduo é um sujeito ativo que internaliza os processos interpessoais fornecidos pela cultura, não na forma de absorção passiva, mas de transformação em um processo intrapessoal. Para que isso ocorra o produto educacional foi pensado para que os alunos interajam durante o processo, observando a figura do professor como mediador desse conhecimento. Com o professor mediador o aluno pode modificar o reflexo da realidade, de acordo com Barroco e Tuleski (2007):

[...] as impressões que lhe chegam do mundo exterior são submetidas a uma análise complexa, recodificam-se de acordo com as categorias que assimilou de toda a experiência histórica humana a ele transmitida e por ele apropriada, e seu reflexo da realidade adquire um caráter abstrato e generalizador (sintético), que muda em cada etapa do desenvolvimento psíquico, tornando-se cada vez mais aperfeiçoado.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Introdução

De acordo com a descrição da Metodologia, feita no item 2.2 o produto didático será organizado utilizando-se uma UEPS, cujo tema central é a Acústica, inserida na área da

Ondulatória. A UEPS servirá como norte para aplicação do produto didático produzido nesta dissertação.

Como já foi justificado, antes de cada início de capítulo será confeccionado um mapa mental pelos alunos, como forma de verificar os subsunçores, ou seus conhecimentos prévios. Serão feitas uma leitura e análise desses mapas, com os alunos, para verificação do nível de desenvolvimento real presente em sua Zona de Desenvolvimento Proximal.

Após aplicação do mapa, os alunos ouviram do professor mediador uma explanação sobre aspectos históricos, culturais e sociais envolvidos em uma linha do tempo sobre a Ondulatória. Com essa linha se pretende situar o aluno no contexto dos acontecimentos ocorridos nas diferentes datas, para que ele não se sinta perdido na compreensão dos fatores que contribuíram para toda evolução dos conceitos.

Para uma associação de seus conhecimentos com o conteúdo, será realizada uma leitura de imagens. Durante essa leitura o grupo irá analisar, comentar e refletir através de uma sequência de perguntas. Espera-se que cada indivíduo interprete as imagens conforme sua representação na sociedade, na qual ele atua como parte de uma história, de uma cultura.

Além das explicações sobre as características das ondas, o produto possui também algumas experiências em que os alunos verificarão o que foi mediado, ampliando ou reelaborando seus conhecimentos, pois, de acordo com Jonassen (2007), o conhecimento é estimulado pelo desejo de entender os fenômenos e resulta do entendimento que fazemos das nossas interações com o meio ambiente.

O professor que utilizará o caderno didático, que está no apêndice desta dissertação, também encontrará recursos como links de vídeos que possibilitam ao aluno uma construção de seu conhecimento por meio de um pensamento reflexivo. Desse modo o professor poderá interpretar as diferentes inteligências compartilhadas no ambiente da sala de aula, onde ele atua como mediador. Nesse ambiente poderão surgir situações complexas relacionadas com o tema da aula. Uma experiência muito interessante que possui está no caderno didático, que é o produto educacional desta dissertação, é do tubo de Kundt. Nessa experiência os alunos poderão “visualizar” o som, uma onda longitudinal. É importante sempre realizar uma ligação entre o conteúdo proposto com cada experimento aplicado.

No primeiro capítulo do caderno mencionado há duas imagens para reflexão em seu final, uma de um trilho de trem e outra de um índio.

No segundo capítulo, como já mencionado, ocorre uma breve introdução histórica sobre a classificação dos instrumentos musicais e sobre o Theremin. Como há algumas imagens, sua aplicação pode ser através de slides. Ainda nesse capítulo, são apresentadas algumas

propriedades físicas de uma onda sonora, características como altura, frequência e intensidade, amplitude. Também estão presentes curiosidades sobre infrassom, ultrassom e os intervalos audíveis em animais. Uma parte desse capítulo que chama muita atenção dos alunos é quando ocorre a apresentação dos diferentes instrumentos musicais para demonstração dos diversos timbres. Uma experiência que traz o conceito de ressonância e batimento é a afinação do violão. Geralmente, no grupo existem aqueles que tocam o instrumento e, quando apresentada essa prática, ficam surpreendidos com o efeito causado pelo som. Um ponto de destaque do segundo capítulo é a construção de um Theremin utilizando uma placa Arduino. A realização desse experimento pode ser de diferentes formas. O professor pode montar com seus alunos o Theremin, pois o caderno traz um passo a passo, ou, se o educador preferir, pode ainda trazê-lo montado e explorar o seu funcionamento com seus alunos.

O terceiro capítulo pode também ser apresentado em slides, para apresentação das imagens que ilustram essa parte do produto. Nesse capítulo há uma introdução histórica que possibilita realizar uma viagem através do tempo, desde as antigas culturas do período Paleolítico, passando pelos períodos da Antiguidade Clássica, Idade Média, Renascentista, Barroco, Classicismo, Romantismo do século XIX e a Música do século XX. A ideia dessa linha do tempo é que ocorra uma apresentação aos alunos, de pinturas, dos compositores da época, das características musicais e os instrumentos utilizados em cada período.

Após essa apresentação histórica cultural, o professor tem a possibilidade de mostrar aos seus educandos o que é a reverberação, mostrando fotos de grandes salas específicas para concertos no Brasil. Na sequência há ainda uma experiência que pode ser realizada num auditório ou espaço cultural de sua cidade, para visualização da reverberação produzida no local. Para fechar o caderno didático, foram escolhidos alguns links de vídeos, que estão relacionados ao uso do Theremin ou músicas tocadas com o instrumento.

3.2 UEPS

PROPOSTA DE UEPS PARA O ENSINO DE ACÚSTICA

Elano Gustavo Rein³

Objetivo: facilitar a aquisição de significados de conceitos básicos de Acústica no Ensino Fundamental – conceitos gerais sobre Ondulatória, características das ondas, formas, natureza,

³ Estudante do Mestrado Profissional em Ensino de Física da UEPG. Professor de Física do Estado do Paraná, e da área de Exatas na Comunidade Terapêutica Melhor Viver, Ponta Grossa, PR.

propriedades, velocidade, introdução histórica sobre Acústica e o Theremin, como as ondas sonoras são produzidas, qualidades fisiológicas de uma onda, altura e intensidade, infrassom e ultrassom e intervalos audíveis em animais, sons musicais, apresentação sobre o Arduino para construção do Theremin, aspectos culturais relacionados com a Física da Música nos diferentes períodos, o que é reverberação.

Sequência:

1. Situação inicial: Será explicado o que é e como fazer um mapa mental, então os alunos serão incentivados a elaborar um mapa mental com o tema ONDAS. No mapa, o sujeito tem total liberdade para fazer associações entre seus conhecimentos, suas representações, suas cognições, a partir de uma palavra-chave ou uma imagem central. Assim, os alunos ficarão à vontade para fazer relações sobre ondas com outros ramos da Física e/ou com o seu cotidiano, suas representações sociais. O mediador fará uma breve reflexão sobre os temas que aparecem nos mapas dos alunos, então estes serão recolhidos. A seguir, para refletir sobre o assunto, os alunos irão assistir a uma apresentação em (data show) sobre uma contextualização histórica cultural com o tema Ondulatória. A atividade ocupará duas aulas.
2. Situações-problema iniciais:
 - a) O que são ondas?
 - b) Onde podemos encontrar as ondas?
 - c) Que tipos de ondas podemos encontrar?
 - d) Em quais situações do cotidiano encontramos as ondas?
 - e) Nas imagens temos ou podemos obter ondas? (Visualização da Figura 2 do caderno didático do professor.) Existem diferença entre elas? Para que essas ondas se formem é necessário algo que produza uma perturbação?

Todas estas questões/situações deverão ser discutidas em grande grupo, sob a mediação do professor, com a intenção de ouvir a opinião do grupo, estimular a curiosidade sobre o assunto, inicialmente sem a necessidade de chegar a uma resposta final.

A seguir será realizada uma experiência com relação a Figura 3 (apresentada no caderno didático do professor), onde algumas pessoas praticam Rope Training. Algumas perguntas podem ser feitas durante a visualização.

Durante a propagação da perturbação na corda, o que é transmitido através da corda? A matéria da corda ou simplesmente energia?

Serão apresentadas aos alunos as características das ondas. E eles participarão de uma experiência de visualização de ondas circulares no interior de uma bacia com água. Essas ondas

aparecem após ser jogado um pequeno objeto em seu interior. Para visualizar ondas tridimensionais será passado um vídeo de aviões rompendo a barreira do som. Outro vídeo será sobre os esportes praticados no mar, mostrando as ondas formadas. Para uma melhor compreensão sobre ondas longitudinais será montado um tubo de Kundt simples, que será acoplado a um celular executando um som em determinada frequência.

Apresentando-se a natureza das ondas, os alunos visualizarão mais quatro vídeos. Em um deles as ondas do mar produzem sons quando atingem uma escadaria com orifícios, outro mostra um aparato que apaga fogo através do som produzido por um alto-falante, outro tem uma experiência de estudantes que envolvem um celular com papel alumínio para bloquear a transmissão de ondas eletromagnéticas e por último um vídeo demonstrando a difração de elétrons.

Serão mostradas as propriedades de uma onda com a nomenclatura das partes. Uma discussão depois de visualizarem duas imagens finaliza essa etapa. Uma imagem que mostra um trilho de trem, onde podemos prever a chegada de um trem ao colocarmos o ouvido no trilho e outra tem um índio que coloca seus ouvidos no chão para saber se alguém está vindo ao seu encontro.

Para avaliação será solicitado um novo mapa mental com o tema ondas. O desenvolvimento dessa etapa ocupará duas aulas.

3. Aprofundando conhecimentos: para iniciar essa etapa é entregue aos alunos uma folha em branco, na qual eles devem fazer mais um mapa mental, agora com o tema “Acústica”. Depois de recolhidas as folhas, é realizada a reflexão. Então é mais uma vez passada aos alunos uma introdução que servirá como contextualização histórico-cultural sobre o tema Acústica, instrumentos musicais e suas classificações. Isso será feito com imagens através de slides. Também serão mostrados slides sobre o instrumento musical Theremin, com imagens de seu inventor e do próprio instrumento. Alguns links de notícias sobre o Theremin, na folha de São Paulo, também farão parte desta aula. Os alunos verão como são produzidas ondas sonoras, qualidades fisiológicas de uma onda sonora, sensação sonora, altura e intensidade, infrassom e ultrassom, intervalos audíveis em animais com imagem do espectro sonoro, notas musicais, timbre e ressonância. Para apresentar aos alunos sobre notas musicais, timbre e ressonância, serão levados instrumentos musicais diferentes para que compreendam cada assunto abordado visualizando na prática.

Para a compreensão sobre ressonância, será demonstrado como ocorre a vibração das cordas de um violão ao serem tocadas notas com mesma frequência. Será apresentado também um vídeo e um breve comentário sobre o terremoto ocorrido na cidade do México em 1985.

Para finalizar esta etapa, será construído com Arduino um simples Theremin, o qual os alunos irão manipular para compreenderem as diferentes frequências produzidas ao mudar a posição de suas mãos no instrumento. Os alunos farão mais um mapa mental com o tema “Acústica”, que será comparado com o inicial. A etapa será desenvolvida em cinco aulas.

4. Nova situação: Será realizado novamente um mapa mental para verificação dos subsunçores na zona de desenvolvimento proximal do aluno. Depois de discutidos e analisados com os alunos alguns conceitos presentes nos mapas, esses serão recolhidos. Para uma abordagem mais geral sobre o assunto será realizada novamente uma abordagem histórico-cultural e social, agora com o tema Física da Música. Nessas aulas os alunos serão apresentados a uma linha do tempo sobre a Música, contendo características dos instrumentos, pinturas, estilos musicais em cada período exposto. Também será discutido sobre o conceito de reverberação. Para ilustrar e despertar maior interesse por parte dos alunos será apresentado cada estilo musical através de vídeos. Ao final dessa etapa os alunos também poderão ouvir a músicas relacionadas com o uso do Theremin. Ao final será novamente realizado um mapa mental. Esta atividade ocupará 5 aulas.
5. Comparando mapas: Nas últimas aulas, será realizado uma espécie de mesa redonda com a análise dos mapas juntamente com os alunos. Será feita uma comparação qualitativa entre esses mapas, buscando aspectos que envolvam concepções alternativas, ou representações sociais, sobre os temas envolvidos, possivelmente apresentados nos mapas mentais construídos no início das aulas e sua provável ausência nos mapas ao final dessas aulas.
6. Avaliação individual: através dos mapas.
7. Aula final e avaliação da UEPS em sala de aula: A avaliação ocorrerá a partir da participação dos alunos nas atividades e nos experimentos desenvolvidos, das contribuições nos questionamentos sobre o conceito abordado durante as aulas, na elaboração dos mapas mentais.
8. Avaliação da UEPS: análise qualitativa, de parte do professor, sobre as evidências que percebeu, ou não, se há indício de uma aprendizagem significativa dos conceitos da

unidade, na avaliação individual e na observação participante, bem como da avaliação da UEPS feita em sala de aula.

9. Total de horas-aula: 15

3.3 Produto

O produto educacional (caderno didático) é uma parte integrante da dissertação realizada junto ao Programa de Pós-Graduação do MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e está no apêndice A. É uma sequência didática planejada para abordar conteúdos de Ondulatória, Acústica e Música, no Ensino Fundamental ou Médio. Esse material foi constituído para que seja significativo ao aluno. No primeiro capítulo, iniciado por uma introdução histórica, cultural e social, o professor encontrará conceitos gerais sobre as ondas, como características e propriedades. No segundo, também introduzido com uma abordagem histórica sobre a Acústica e os diferentes instrumentos musicais e suas classificações, é mostrado, passo a passo, como construir com uma placa de Arduino o curioso instrumento Theremin, primeiro aparato musical eletrônico; também abordados assuntos sobre: como as ondas sonoras são produzidas, qualidades fisiológicas e os sons musicais. No terceiro capítulo há uma abordagem dos aspectos históricos, culturais e sociais ligados à Música, à Física da Música e do Theremin. O objetivo deste trabalho é de facilitar a aplicação do conteúdo referente à Ondulatória, abordando-o de maneira interativa.

3.4 Aulas

Aula 01 – Elaboração de mapas mentais

No dia 20 do mês de novembro de 2017, os alunos foram preparados para o início da aplicação da sequência didática proposta como produto desenvolvido ao longo deste programa de pós-graduação.

Para essa preparação, foi feita primeiro uma miniaula sobre mapas conceituais e mentais. Nessa miniaula, após as explicações sobre os mapas, foi solicitado aos educandos que construíssem seus mapas mentais baseando –se em alguns modelos com temas sobre a comunidade terapêutica, escola, família.

Com a aplicação dos mapas mentais esperava-se obter conceitos prévios dos alunos, subsunçores, sobre os temas propostos nos três capítulos do produto didático pedagógico: Ondas, Acústica e Música. A aplicação se deu da seguinte forma: no início e ao final de cada capítulo, os alunos construíram mapas, para comparação entre os conceitos antes e depois da execução da sequência didática. Isso serviu também como análise para validação da proposta.

Aulas de 02 a 06 – Ondulatória, abordagem histórica, cultural e social, conceitos gerais

No dia 21 do mês de novembro de 2017 houve a segunda aula de aplicação. Inicialmente os alunos foram reunidos num grande grupo e então ensinados os primeiros conceitos sobre Ondulatória. As primeiras informações foram de alguns nomes de cientistas que contribuíram para os conhecimentos sobre a Ondulatória, tudo em forma de slides com imagens e textos. O primeiro cientista mencionado foi Galileu Galilei, com suas análises sobre aspectos fundamentais desse ramo. Depois, Isaac Newton, com seus estudos ligados à velocidade do som. Em seguida, Christian Huygens e a propagação das diferentes ondas, em meios como o éter, completamente diferente dos meios conhecidos, pois seria imponderável e invisível. Após, Robert Hooke, com o estudo das propriedades elásticas da matéria. Também foram feitas discussões sobre a natureza da luz, sobre a teoria eletromagnética, em que James Maxwell propôs que a luz era uma onda eletromagnética, sendo confirmado experimentalmente por Heinrich Hertz. Foram mencionadas a primeira transmissão sem fio por Guglielmo Marconi e a descoberta do efeito Doppler. No século XX, com as discussões sobre o caráter dual da luz, tratou-se de Albert Einstein e suas explicações sobre o efeito fotoelétrico em 1905, utilizando da ideia de quantização da energia proposta por Max Plank e considerando a luz com um caráter corpuscular. Em 1924, mostrou-se como o francês Louis De Broglie sugeriu o comportamento ondulatório de um elétron em um experimento de difração. O elétron então teria natureza ondulatória e corpuscular.

Durante as explicações, os alunos afirmaram nunca terem ouvido o nome de alguns cientistas. De outros, já haviam ouvido comentários, mas não sabiam muito bem o que haviam feito. Dentre os cientistas que já tinham ouvido falar estavam Galileu Galilei, Newton e Einstein. Um dos alunos chegou a perguntar se era Einstein que havia inventado a Física.

Após essa introdução histórica, cultural e social, realizamos uma apresentação sobre o que seriam as ondas, suas características, formas, natureza e propriedades. Além dessas explicações os alunos puderam visualizar na prática alguns conceitos explicados na teoria.

A experiência 6 do caderno didático é composta pela comparação de duas práticas, a primeira das ondas produzidas numa corda, conforme figura 1 a seguir, e a segunda, da pedrinha jogada num balde com água, figura 2. Os alunos se questionaram como que as ondas produzidas com o movimento da corda tinham relação com essa experiência das ondas produzidas no balde de água.

Figura 1 - Experiência do caderno didático, Rope Training, produzida pelos alunos



Fonte – O autor

Figura 2 - Formação de ondas circulares na água.



Fonte – O autor

Os alunos gostaram bastante também da experiência 5, com o tubo de Kundt, figura 3. Nessa prática eles puderam modificar a frequência da fonte, observando o efeito produzido. Alguns alunos comentaram sobre o ar deslocado pelo som produzido em alto-falantes automotivos, então foi aproveitado para comentar sobre a propagação de energia no movimento ondulatório e que não há o transporte de matéria.

Figura 3: Demonstração das ondas sonoras no interior do tubo de Kundt.



Fonte – O autor

Os educandos se encantaram pelo vídeo apresentado sobre a natureza das ondas. Alguns nem conheciam o mar e quando viram que esse mar poderia produzir sons com suas ondas de água ficaram admirados, o mesmo aconteceu com o vídeo do fogo sendo apagado pelo

alto-falante. Ainda sobre a natureza das ondas, foi apresentado um vídeo sobre as ondas eletromagnéticas, em que a luz é classificada como uma dessas ondas. Algo que deixou os alunos intrigados foi sobre a explicação das ondas transmitidas pelos celulares, que estão por toda parte e não são visíveis a olho nu.

Aulas de 07 a 11

Na aplicação do segundo capítulo do caderno didático, os alunos começaram produzindo os mapas mentais antes das aulas. Depois do recolhimento dos mapas, foi iniciada uma introdução histórico-cultural e social sobre os instrumentos musicais e suas classificações. Essa introdução preparou-os para a prática, que foi sobre a história do Theremin, com seu inventor e algumas aplicações. Como no início do primeiro capítulo do caderno, os educandos puderam visualizar as imagens sobre os instrumentos musicais. Nesse capítulo, eles foram apresentados a alguns desses instrumentos, como o violão, uma flauta transversal e gaitas harmônicas de diferentes tonalidades, todos para o estudo de timbre e frequência. Como parte também desse capítulo foi montado um Theremin com Arduino, descrito passo a passo na sequência didática. Para essa aula, a placa e seus componentes já estavam todos conectados, ficando apenas a conexão com o computador para alimentação. Após essa conexão os alunos puderam manipular conforme observamos na figura 4 a seguir.

Figura 4 - Alunos manipulando o Theremin de Arduino.



Fonte – O autor

Além de os alunos ouvirem e manipularem o Theremin, puderam também observar e escutar diferentes frequências produzidas no computador, como mostra a figura 5 abaixo.

Figura 5 - Alunos visualizando e modificando frequências produzidas com o notebook.



Fonte – O autor

Depois das práticas, os alunos ouviram a explicação do professor sobre como as ondas são produzidas, as qualidades fisiológicas de uma onda sonora, sensação sonora, altura e intensidade, infrassom e ultrassom, os intervalos audíveis em animais.

Para o estudo dos sons musicais, das notas, escala e oitava foram utilizados instrumentos musicais pelo professor, depois, alguns alunos tocaram os instrumentos para que pudessem reproduzir e verificar esses conceitos na prática.

Na explicação sobre o timbre foram reproduzidos nas gaitas harmônicas sons de mesma nota em gaitas diferentes. Depois foram reproduzidas notas de mesma frequência no violão, na flauta transversal e na gaita. Os alunos conseguiram distinguir os diferentes instrumentos quando foi executada a experiência 9, em que eles permaneciam de olhos fechados para esse desafio. Puderam assim compreender o que significava o conceito de timbre.

Sobre ressonância, foi realizada a experiência 10 do produto educacional (caderno didático). Os educandos observaram um pedacinho de papel, colocado numa das cordas do violão, vibrando ao ser tocada uma outra corda com nota de mesma frequência da corda em que estava o papel. Alguns alunos da comunidade tocam o instrumento e comentaram que iriam utilizar do método para afinar seus violões.

Para ilustrar ainda sobre ressonância, agora de forma histórica, foi apresentado um breve relato do ocorrido na cidade do México em 1985, em que apenas alguns prédios com alturas específicas acabaram caindo devido ao fenômeno da ressonância.

Aulas de 11 a 15

Na aplicação do terceiro capítulo do caderno didático, foi realizado primeiramente um mapa mental depois analisado e entregue ao mediador. Também como nos outros capítulos, houve uma introdução histórica, cultural e social através de uma linha do tempo sobre a música, a lutheria, os instrumentos musicais, compositores e algumas pinturas e teatros relacionados com cada período. Para essas aulas foi utilizado um projetor multimídia. No computador foram abertos vídeos que ilustravam com músicas referentes os compositores de cada época.

O propósito inicial desse capítulo era de levar os alunos para um ambiente acústico como um teatro ou uma sala de concertos, porém por falta de recursos isso não foi possível. Um dos conceitos apresentados nesse capítulo era o da reverberação, para isso foram mostradas diferentes salas também de concertos e apresentações. A experiência 13 do produto não foi realizada por falta de verbas.

Na finalização desse capítulo foi feito um breve histórico sobre apresentações de shows de música com o uso do Theremin e ilustrado com vídeos em que aparecem o instrumento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo, são analisados os mapas mentais dos alunos. Essa análise serviu não somente como avaliação dos alunos, mas também como medida da aplicação da metodologia e do produto didático. Como Moreira e Buchweitz (1993) afirmam, o mapeamento é uma técnica muito flexível e em razão disso pode ser usado em diversas situações. Uma dessas finalidades é como técnica didática, recurso de aprendizagem e meio de avaliação.

Conforme vemos na UEPS, que delimita a aplicação do caderno didático, os conteúdos eram divididos em três capítulos, com os temas Ondas, Acústica e Música. Os mapas mentais após terem sido digitalizados são encontrados no apêndice B desta dissertação. Eles foram realizados antes e depois das aulas relacionadas à cada tema, totalizando seis mapas por aluno.

Para aprofundar a análise dos mapas foi utilizado o software IRAMUTEQ⁴. Ele possibilita uma análise lexical identificando as palavras que aparecem com maior frequência nos mapas conceituais ou mentais. Também possibilita identificar o grau de conexão entre as palavras. Outra ferramenta encontrada no software permite a criação de uma nuvem de palavras, a partir da frequência que elas aparecem, nos permitindo analisar os conceitos que serviam de subsunçores ou estavam na zona de desenvolvimento proximal desses alunos.

A primeira análise é dos mapas realizados sobre o tema ondas, conforme observamos na figura 5 a seguir.

Figura 5 - Nuvem de palavras criada no software Iramuteq, a partir dos mapas mentais realizados antes das aulas sobre ondas.



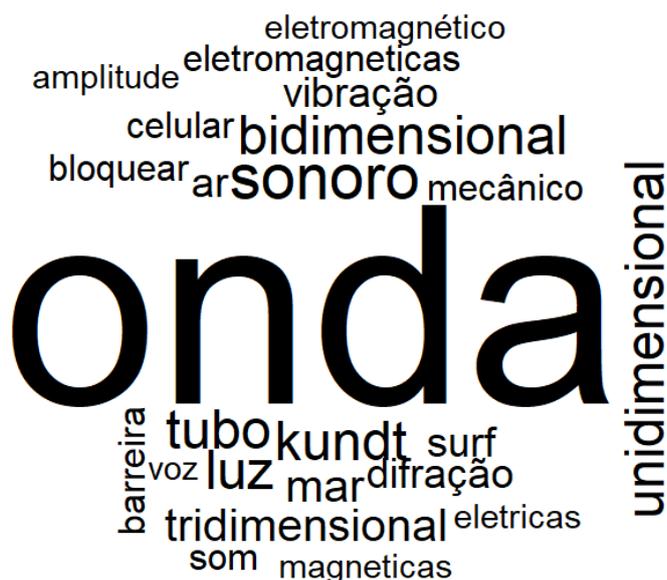
Fonte – O autor

⁴ O IRAMUTEQ é um software para análise de textos e tabelas de dados, que se apoia no software R (<http://www.rproject.org>) e está escrito sobre a linguagem python (<http://www.python.org>). Ele estabelece uma interface com o software R e prepara a análise multidimensional dos textos. O software realiza a leitura dos dados a partir de um único arquivo, que varia conforme a natureza da pesquisa. Esse arquivo é formado por unidades de texto, chamadas de unidade de contexto inicial (UCI), os quais coletivamente constituirão o corpus de análise do programa.

Podemos perceber que a palavra de maior relevância é o próprio tema dos mapas, onda. As palavras que também aparecem são relacionadas a ondas: mar e praia. Aparecem também o vento e com uma maior frequência a palavra sonoro, que se refere ao som das ondas do mar e do vento.

A nuvem a seguir, da figura 6, foi criada a partir dos mapas gerados após a sequência de aulas sobre o tema ondas.

Figura 6 - Nuvem de palavras criada no software Iramuteq, a partir dos mapas mentais realizados depois das aulas sobre ondas



Fonte – O autor

Comparando as duas nuvens percebemos a quantidade de novos conceitos que aparecem. Além da palavra onda, as palavras de maior relevância são: bidimensional, unidimensional, sonoro, tubo de Kundt, barreira e luz. Por essas palavras fica evidente que os alunos compreenderam que para as ondas existe o conceito de dimensionalidade. Eles também conseguiram perceber que existe um experimento, o tubo de Kundt, que possibilita a visualização das ondas sonoras. Outra palavra que não apareceu no primeiro mapa, aparecendo no segundo, deixa clara a caracterização da luz como uma onda, por esses alunos. Algo que também é visível na comparação dos mapas é que além das ondas do mar, os alunos perceberam que existem ondas elétricas, magnéticas e eletromagnéticas.

É importante também ressaltar que os alunos relacionaram aplicações de ondas importantes que não apareceram no primeiro mapa, como barreira e bloquear celular. Os alunos também distinguiram uma onda, quanto a sua classificação, pois mencionaram as palavras

mecânica e eletromagnética. Outro experimento que apareceu no segundo mapa foi o de difração, um fenômeno característico da ondulatória. Uma palavra que apareceu na primeira nuvem e deixou de aparecer na segunda é a palavra vento, sendo um indício de desapropriação do termo para fenômenos ligados a ondas. É nítido o enriquecimento conceitual presente na segunda nuvem. Isso é uma indicação da validade da metodologia abordada acompanhada da devida verificação de que os estudantes dominam tais conceitos. É importante ressaltar que o fato da nuvem de palavras ser mais cheia não deve ser o único fator a ser considerado para validação da proposta metodológica. Nesse caso as discussões com os alunos sobre os mapas são de fundamental importância para verificação da utilização correta dos conceitos.

Durante as discussões, após a aplicação do primeiro capítulo, os alunos expressaram um sentimento de espanto, por verem a quantidade enorme de conceitos relacionados ao tema onda. Para a maioria desses alunos, onda apenas se relacionava ao mar, à praia ou até ao vento. O que ficou evidente pela fala deles é que agora até a luz era uma onda, algo que nem imaginavam. Nas discussões dos alunos aparecem também seus relatos de quando jogavam pedras nas lagoas e formavam-se ondas circulares.

Numa análise da proximidade entre os conceitos que apareceram nos mapas mentais, obtemos a figura 7 a seguir.

Numa análise da figura 7, percebemos a relação de ondas com uma prática de esporte, o surf. Os alunos também expressaram que uma onda está relacionada à vibração e o som é caracterizado como uma onda mecânica, pois, pela proximidade e espessura, que representa uma frequência maior de alunos que fizeram essa mesma conclusão em seus mapas. Numa análise pela espessura das ligações, percebemos que os alunos colocaram as três dimensões possíveis das ondas muito próximas, indicando que relacionaram tais características. Outra palavra que aparece nessa imagem é a voz que eles relacionam com uma onda sonora. Nessa imagem também pode ser observada novamente a relação que os alunos fazem da luz como uma onda. Podemos perceber nessa imagem que houve uma melhora em seus subsunçores, pois aparecem termos, experimentos, aplicações que antes não estavam presentes em seus mapas. Outras palavras que apareceram mais distantes da palavra central onda, na figura 7, são as que possuem uma frequência menor de aparição nos mapas dos alunos.

Figura 7 - imagem gerada pelo software Iramuteq, em que aparecem os termos presentes em todos os mapas mentais e suas proximidades



Fonte – O autor

A segunda análise é com o tema Acústica. A seguir, na figura 8, é apresentada a nuvem de palavras relacionadas ao assunto.

Nessa nuvem a palavra de maior relevância é o som. É interessante ressaltar que nela aparecem também termos físicos ligados à ondulatória, como o grave e o agudo. Uma observação a ser feita é que no software Iramuteq, pode ser ajustado um corte de palavras que aparecem com pouca frequência, o que justifica o não aparecimento de palavras presentes apenas no mapa mental do aluno K e não nessa nuvem.

Figura 8 - Nuvem de palavras criada no software Iramuteq, a partir dos mapas mentais realizados antes das aulas sobre Acústica



Fonte – O autor

Na figura 9 a seguir também percebemos o enriquecimento dos mapas mentais, deixando a nuvem com muito mais conexões.

Figura 9 - Nuvem de palavras criada no software Iramuteq, a partir dos mapas mentais realizados depois das aulas sobre Acústica.

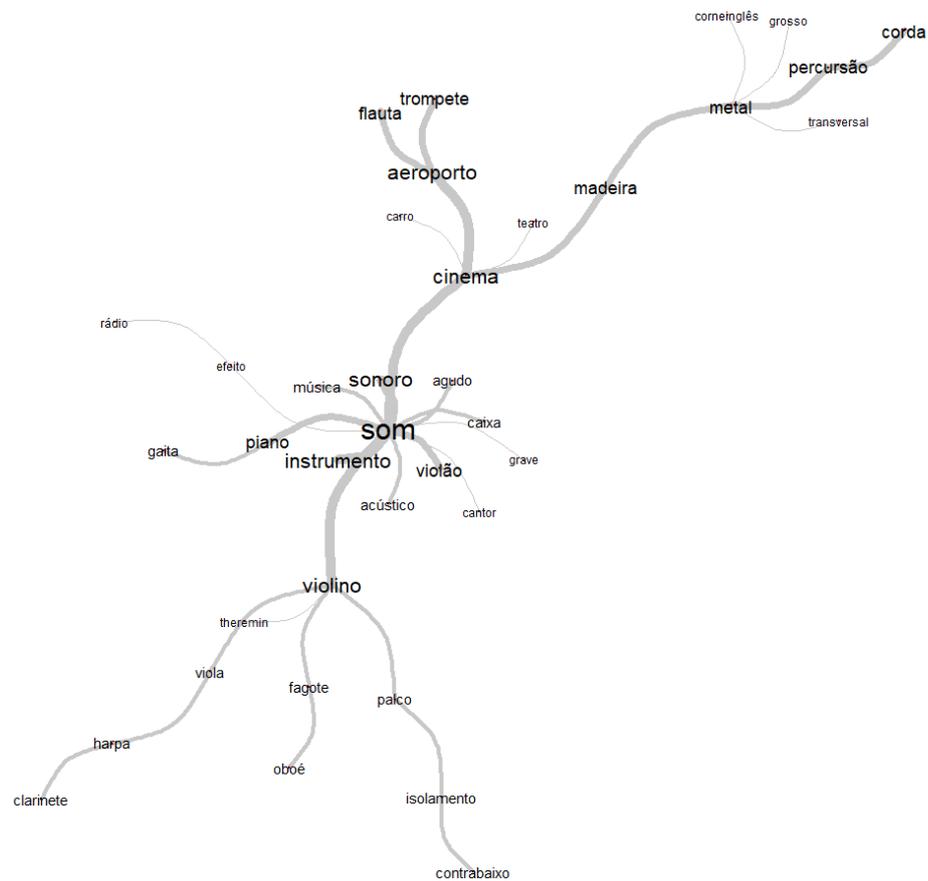


Fonte – O autor

Nessa nuvem os alunos demonstraram a relação entre a Acústica dos instrumentos musicais e os sons produzidos em ambientes ou por veículos. O termo som continua com destaque e aparecem destacadas também as palavras corda, madeira, aeroporto e flauta, que não tinham aparecido na nuvem anterior. Podemos perceber que os alunos começaram a relacionar a Acústica com sons produzidos em instrumentos musicais de cordas e instrumentos de madeira. É também perceptível que os educandos relacionaram a Acústica a locais de apresentação como o teatro. Um aspecto curioso é que nesses mapas deixaram de aparecer os termos grave, agudo e a palavra rádio.

Uma análise geral dos mapas aparece a seguir na figura 10, colocando os itens de maior relevância mais próximos e os com menor relevância mais afastados.

Figura 10 - Análise geral dos mapas mentais realizados antes e ao final das aulas com o tema acústica.



Fonte – O autor

Na imagem fica evidente, através da espessura da linha, que os alunos passaram a relacionar a Acústica aos instrumentos musicais convencionais, como o piano, violão, gaita, violino, trompete, flauta, clarinete, fagote, viola, oboé e também ao Theremin. Fica claro também a compreensão dos alunos da classificação dos instrumentos de cordas, metais e madeiras. Também está claro o entendimento por parte dos alunos sobre a relação entre Acústica e os ambientes, e os instrumentos musicais, que são itens em maior número na Figura 10. Aparecem também nessa figura técnicas para se evitar a propagação do som, como o isolamento.

A análise dos mapas relacionados com o terceiro capítulo, de tema música, do caderno didático, resultaram na nuvem de palavras a seguir, conforme a figura 11.

Figura 11 - Nuvem de palavras criada no software Iramuteq, a partir dos mapas mentais realizados antes das aulas sobre música.



Fonte – O autor

Na nuvem de palavras relacionadas à música aparecem dois instrumentos musicais e um estilo, sendo uma nuvem simples com apenas quatro palavras.

Figura 12: Nuvem de palavras criada no software Iramuteq, a partir dos mapas mentais realizados depois das aulas sobre música.



Fonte – O autor

Para a análise com o tema música desapareceu o tema central música, porém apareceram na nuvem vários estilos musicais, nos quais dois se destacam: o gospel e o funk, que retratam a rotina desses adolescentes, pois o estilo musical preferido para maioria deles é o

De acordo com as análises das figuras 6,7,9,10,12 e 13 há muitas evidências de uma aprendizagem significativa, pois os alunos se apropriaram de conceitos não descritos em seus mapas anteriores. A quantidade de ligações presentes nas figuras de análises gerais 7,10 e 13 demonstra que os alunos fizeram muitas relações entre os conceitos abordados, algo que provavelmente não poderia ter sido produzido por meio de uma aprendizagem mecânica.

Para complementar esta dissertação, foi inserida uma transcrição da fala de três alunos que participaram da aplicação deste produto didático. Em aproximadamente dois meses após a aplicação do produto, eles relatam suas experiências e seus pontos de vista sobre o trabalho, deixando claro o que permaneceu em suas memórias. A referência ao nome do aluno codificado é o mesmo utilizado nos mapas conceituais.

Aluno I – Meu nome é _____, sou residente da Comunidade Terapêutica, sou aluno do professor Elano, um professor muito considerado aqui por nós, e quero falar agora um pouco das aulas que nós tivemos com ele sobre ondas sonoras, instrumentos musicais, a sobre tudo que ele tem feito por nós aí. Tivemos a oportunidade de escutar algumas músicas que nós nunca *escutemos*, oportunidade de conhecer o *therebin*, tocar uma flauta e quero também falar por que das águas que batiam *nuns* cano assim, do avião que rompia a barreira do som e é isso que eu tenho pra falar.

O primeiro ponto que fica claro é que para esse aluno a apresentação dos diferentes instrumentos musicais ficou presente em sua memória. Considerando-se outra parte da fala desse aluno, percebe-se que ele viu de maneira positiva a apresentação das músicas em diferentes épocas, havendo indícios do princípio de uma mudança cultural, pois ele relata que teve a oportunidade de escutar algumas músicas que nunca havia escutado. Outro ponto satisfatório é relacionado à lembrança do instrumento Theremin, ao fato deles terem interagido com os diferentes instrumentos e sobre o relato de dois vídeos apresentados.

Aluno D – Meu nome é _____, sou aluno do professor Elano, sou morador da Comunidade Terapêutica, aprendi bastante com ele, com as aulas de Música que ele deu pra nós. Gostei bastante do theremim, foi uma coisa inovadora, gratificante pra mim que eu nem sabia que existia um instrumento desses, aprendi bastante sobre as ondas sonoras, aprendi também sobre os tubos, as flautas de antigamente como que eram, aprendi também, aprendi bastante coisa, coisa que eu não sabia, são tudo inovadoras.

No relato desse aluno aparecem três vezes a afirmação: eu aprendi bastante. Para esse aluno o tema que foi lembrado primeiro é o da Música. Para ele a utilização do Theremin foi inovadora e gratificante. Como esse aluno, nenhum dos outros tinham ouvido falar sobre o

Theremin. Vale ressaltar que a concepção de inovador para esse educando, conforme seu último relato, é de algo que ele nunca havia visto anteriormente.

Aluno K – Meu nome é _____, sou aluno do professor Elano daqui da Comunidade, da CT Melhor Viver e falar sobre a aula que o professor deu pra nós sobre os instrumentos, ondas e foi interessante né porque a maioria das coisas eu não sabia e tipo é uma novidade né pra gente ta aprendendo mais, e sobre o, e a que eu mais gostei foi uma parte lá da praia né que tipo as ondas faziam um som né, que eles criaram la tipo dum instrumento la, que fazia um som com a onda do mar que batia la no nível da parede e fazia o som né e é interessante conhecer a maioria dos instrumentos também né porque não conhecia muito, saber o som, a nota, aprender bastante coisa né, sobre uns instrumento também, o Theremin que é só aproximar a mão que ele aumenta o volume e faz som diferente.

O aluno K, diferente dos dois anteriores, que são do Ensino Fundamental, faz a disciplina de Física do Ensino Médio, nas aulas da Comunidade, possui um conhecimento maior que os outros relatando mais detalhes. Mais uma vez é agora lembrado por esse educando sobre os diferentes instrumentos musicais apresentados. O que ele mais gostou foi a apresentação de um vídeo sobre as ondas do mar que produzem sons nas calçadas a beira mar na Croácia. Ele repete que foi interessante conhecer a maioria dos instrumentos musicais. Esse educando lembra sobre a formação do som e das diferenças entre as notas musicais. O Theremin mais uma vez é lembrado, sendo descrito seu funcionamento por esse aluno. O conceito de frequência aparece descrito como sons diferentes e o conceito físico de amplitude e intensidade aparece como volume.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta desta dissertação desde o início foi um desafio, pois trabalhar com adolescentes em Comunidades Terapêuticas exige um preparo psicológico e intelectual por parte do mediador. Para despertar o interesse desses educandos é necessário que as aulas sejam envolventes, atrativas, pois muitos dos nossos alunos além da dependência química possuem algum histórico de TDAH (Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade). Por isso, o trabalho foi todo adaptado seguindo a metodologia já mencionada. Aplicando essa metodologia, através da interação, conseguimos uma maior proximidade com os alunos.

As diferentes experiências e os vídeos contidos no caderno didático acabaram quebrando a monotonia de uma aula apenas expositiva, despertando a curiosidade em aprender mais, não apenas o assunto abordado, mas também os conceitos relacionados. O diálogo foi também uma peça chave para a execução deste trabalho. Os alunos, por estarem em internato, possuem uma certa carência, necessitando a todo momento de palavras de afirmação ou motivação. Esse é um grande desafio para o professor.

A escolha da metodologia colaborou não apenas para a comunicação entre professor – aluno, como também aluno – aluno. Antes desse trabalho, a maioria desses educandos possuíam certo preconceito em relação aos colegas que interagiam com o professor, respondendo às perguntas ou participando de maneira mais efetiva nas práticas realizadas. A diferença no trato entre eles, com a aplicação desse produto, foi nítida. Muitos queriam participar e alguns teciam até elogios aos que respondessem corretamente. A autoestima desses adolescentes foi também elevada quando perceberam a possibilidade de fazer parte de uma história como a descrita sobre os diferentes cientistas e compositores. Algo que também despertou muito interesse foi a aplicação da placa Arduino, em que visualizaram a oportunidade de futuramente utilizar dessa placa em diferentes projetos. A montagem do Theremin para o estudo das diferentes frequências abriu o leque de possibilidades para aplicação em outros projetos. A utilização dessa tecnologia no Ensino de Ciências acaba ajudando o professor a “ganhar” alunos com pouco interesse durante as aulas

Outro aspecto positivo sobre essas aulas é que elas trouxeram mudanças na rotina do professor. Após a aplicação do produto, a utilização de músicas durante as aulas é quase que um padrão, auxiliando na concentração, no desempenho e também em alguns casos na disciplina. A escolha das músicas a serem colocadas algumas vezes é feita pelos próprios alunos.

A ideia inicial era a utilização de mapas conceituais como forma de avaliação antes e depois das aulas. Porém devido ao baixo desempenho escolar, às dificuldades de aprendizado,

ao prejuízo no desenvolvimento e estruturação das habilidades cognitivas, comportamentais e emocionais do adolescente, por causa do uso das drogas, os alunos ao invés de construírem mapas conceituais acabaram construindo mapas mentais, mais simples que os conceituais. Porém, ainda foi possível extrair informações relevantes para nossas análises, não prejudicando o andamento dos trabalhos. Podemos citar duas evidências de uma aprendizagem significativa: utilizar um conhecimento adquirido numa nova situação e expressá-lo através de uma linguagem pessoal. Portanto a aplicação dessa estratégia de avaliação mostrou ser eficiente, pois verificamos essas evidências na análise dos mapas.

O uso do software IRAMUTEQ para a análise dos mapas permitiu um olhar criterioso sobre o material coletado, dando qualidade e clareza na análise dos resultados, potencializando a pesquisa qualitativa. O uso dessa ferramenta ainda não é muito divulgado, por isso esse trabalho tem também como objetivo a sua divulgação para a aplicação na análise de dados qualitativos.

Após a aplicação do caderno didático, pode-se perceber que as hipóteses levantadas no item 1.3, Formulação do Problema, foram confirmadas, pois os alunos desenvolveram e construíram conceitos relacionados à Ondulatória – Acústica, o que é perceptível pela análise das nuvens de palavras geradas pelo programa Iramuteq. Vários conceitos e novas relações foram adquiridas por esses alunos com a aplicação dessa metodologia. Isso se torna evidente em toda a análise de palavras realizada no capítulo 4 Os alunos também manipularam a placa Arduino, como pode ser verificado na figura 4 do item 3.4, Aulas. Outra hipótese também confirmada está relacionada à compreensão da Ondulatória – Acústica, com seus aspectos históricos de maneira contextualizada, que pode ser verificada através da análise da figura 13 do capítulo 4, resultado e discussões.

Os objetivos foram atingidos, pois a UEPS foi desenvolvida e aplicada aos alunos da Comunidade Terapêutica, auxiliando e facilitando o ensino/aprendizagem do conteúdo de Acústica no Ensino Fundamental. O aparato experimental com Arduino foi desenvolvido e aplicado para o estudo de frequência e amplitude das ondas sonoras como pode ser observado na figura 4 do item 3.4, aulas. E foi também apresentado um contexto histórico na introdução de cada capítulo do produto educacional elaborado, abordando as Ondas, a Acústica, a Música e o Theremim.

Todo o trabalho realizado rendeu um caderno didático e uma sequência didática para a organização da aplicação desse caderno, que é constituído de experiências, vídeos e descrições históricas. Esse material que resultará num produto deste mestrado é destinado a professores de Ciências do Ensino Fundamental e de Física do Ensino Médio. Com as atividades presentes no

caderno didático pedagógico, desta dissertação, o professor mediador interage com seus alunos através dos experimentos e vídeos, seguindo as metodologias de Vygotsky e a de Ausubel, tornam a aprendizagem mais significativa, o que é verificado nesta dissertação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B.; PUCCI, M. D. **Outras terras, outros sons**. São Paulo: Callis Ed., 2015.
- ARAÚJO, I. S.; DORNELES, P. F. T.; VEIT, E. A. Simulação e Modelagem Computacional no Auxílio à Aprendizagem Significativa de Conceitos Básicos de Eletricidade: Parte 1: Circuitos elétricos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 487-496, set. 2006.
- ARDUINO, **Arduino**: Disponível em <http://arduino.cc>. Acesso em 10 de julho, 2017.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicología educativa**. México: Edit. Trillas, 7a reimpresión, 1995.
- AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge**: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000, 210p..
- BARANIUK, J. A. **Dispositivos eletrônicos inovadores para o Ensino de Física**. Projeto de Pesquisa, UFPR, 2013;
- PSICOLOGIA EDUCACIONAL. São Paulo: PEPSIC, 2007- ISSN 2175-3520 Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-69752007000100003&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 10 de novembro de 2017.
- BASTOS, B. L.; BORGES, M.; D'ABREU, J. V. Scratch, Arduino e o construcionismo: ferramentas para a educação. *In*: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA EDUCACIONAL DE ARAUCÁRIA, 1. A 2010, Araucária. **Anais [...]**, Araucária: STED, 2010. p. 5.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E.. Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, 2011 33(4), p. 4503–4503, out. 2011.
- CAVALCANTE, Michelle; SILVA, João Lucas; VIANA, Esdriane; RAMALHO, Jamilson. A Plataforma Arduino para fins didáticos: Estudo de caso com recolhimento de dados a partir do PLX-DAQ. *In*: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO (WEI), 22. , 2014, Brasília. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2014 . p. 401-410. ISSN 2595-6175.
- CURCIO, C. P. de Camargo. **Proposta de Método de Robótica Educacional de Baixo Custo**. 2008 (Dissertação de Mestrado) - Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento Curitiba, 2008.
- FARIA, E. M. **A Contribuição da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky para o Ensino e a Aprendizagem de Algoritmo**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências Humanas) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2013.

FIGUEIREDO, S. L. F. de. Considerações sobre a pesquisa em educação musical. In: FREIRE, V. B. (Org.). **Horizontes da Pesquisa em Música**. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2010, (p. 155-175).

FILHO, G. F. **Experimentos de baixo custo para o Ensino de Física em nível Médio usando a placa Arduino UNO**. 2015 (Dissertação de Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

GARDNER, H. **Inteligências Múltiplas**. Artes Médicas, Porto Alegre, 1995.

GOHN, M. DA G.. Educação não-formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 14, n. Ensaio: aval.pol.públ.Educ., 2006 14(50), p. 27–38, jan. 2006.

HERMANN, W.; BOVO, V. (2005). **Mapas mentais: Enriquecendo Inteligências**. Recife: Fundação Joaquim Nabuco. Editora Massangana, 2010.

JONASSEN, D. **Computadores, Ferramentas Cognitivas: desenvolvendo o pensamento crítico nas escolas**. Porto-Portugal: Porto Editora, 2007.

FABRI JUNIOR, L. A.; GUERRA, F. A. A.; TOREZAN NETO, O.; HERNANDEZ, M. de F. G.; PEDRO, P. S. M.; ROGER, L. L. B. Usando a plataforma Arduino para criação de Kit pedagógico baseado em oficinas de Robótica. **Perspectivas em Ciências Tecnológicas - FATECE**, Pirassununga, v.3, n.3, p. 68-77, maio de 2014.

KALIL, F.; HERNANDEZ, H.; ANTUNEZ, M. F.; OLIVEIRA, K.; FERRONATO, N.; DOS SANTOS, M. R. Promovendo a Robótica Educacional para estudantes do Ensino Médio público de Brasil. **Nuevas Ideas en Informática Educativa**, Porto Alegre, v. 9, p. 739-742, 2013.

LAUDARES, F. A. L.; CRUZ, F. A. O.; CRUZ, T. G.; BIGANSOLLI, A. R. Instrumentação para o Ensino de Física da UFRuralRJ: experiências docentes para introdução tecnológica. **Revista de Formación e Inovación Educativa Universitária**, v. 7, p. 51-58, 2014.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência**. São Paulo, Ed. 34. 1993

LOURO, V. dos S. **Educação musical e deficiência: propostas pedagógicas**. São José dos Campos, SP: Ed. Do Autor, 2006.

LUCIANO, A. Desenvolvimento de aparato para medição de propriedades magnéticas utilizando Arduino e sensores de efeito Hall. *In* SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2014, **Anais[...]** Ponta Grossa: SINECT, 2014.

MARTINAZZO, C. A.; TRENTIN, D. S.; FERRARI, D.; PIAIA, M. M. Arduino: uma nova tecnologia no Ensino de Física. *In* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA FÍSICA, 2014, Erechim. **Anais [...]** Erechim: SIBEF, 2014 v. 38, n.143, p. 21-30.

HISTÓRIA, FILOSOFIA E ENSINO DE CIÊNCIAS: A TENDÊNCIA ATUAL DE REAPROXIMAÇÃO. Auckland, Florianópolis: Caderno Catarinense de Ensino de Física da UFSC, 1995.

MOREIRA, M. A. Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas – UEPS, **Aprendizagem Significativa em Revista**, v 1, n. 2, 2011.

MOREIRA, M.A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

NETO, B. D. **Aprendizagem de conceitos físicos relacionados com circuitos elétricos em regime de corrente alternada com o uso da placa Arduino**. (Dissertação de Mestrado) - Mestrado Profissional em Ensino de Física, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre, 2013.

QUEIROZ, L. R. S. Escola, Cultura, Diversidade e Educação Musical: Diálogos da Contemporaneidade. **InterMeio: Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação** - UFMS, v. 19, n. 37, 31 out. 2016.

QUINTAL, J. R.; GUERRA, A, A história da ciência no processo ensino-aprendizagem **Física na Escola**, São Paulo, v. 10, n. 1, maio 2009.

REZENDE, F.; OSTERMANN, F.; FERRAZ, G.. Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século **XXI**. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. Rev. Bras. Ensino Fís., 2009 31(1), p. 1402.1–1402.8, abr. 2009.

BORGES, A. DE S.; RICHIT, A.. DESENVOLVIMENTO DE SABERES DOCENTES PARA O ENSINO DE MÚSICA NOS ANOS INICIAIS. *Cadernos de Pesquisa*, v. 50, n. Cad. Pesqui., 2020 50(176), p. 555–574, abr. 2020. ROCHA, F. S. da; MARANGHELLO, G.F.; LUCHESE, M. M. Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para Ensino de Física em tempo real. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, (2014).

RODRIGUES, R. F., CUNHA, S. L. S. **Arduino para físicos, uma ferramenta prática para aquisição de dados automáticos**. (Produto de Mestrado) Mestrado em Ensino de Física–UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre, 2014.

ROSA, A. B. Utilização de sensores de temperatura e da placa arduino como alternativa para um experimento de condução térmica. *In SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA*, 2014, Ponta Grossa . **Anais[...]** Ponta Grossa: SINECT, 2014.

SANTOS, E. M. F. **Ensino de óptica na escola de nível Médio: utilizando a plataforma Arduino como ferramenta para aquisição de dados, controle e automação de experimentos no laboratório didático**, (Produto de Mestrado), Mestrado em Ensino de Física – UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre, 2015.

SEED. **Diretrizes Curriculares de Física para a Educação Básica**. Curitiba – PR, 2008.

SILVA, A. M. **Avaliando a percepção da tecnologia digital na educação por professores: um estudo exploratório**. Americana: Centro Universitário Salesiano de São Paulo, 2016.

SILVA, C.C. (org.), **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: Subsídios para Aplicação no Ensino Livraria da Física, São Paulo, 2006.

DA SILVA, F. W.; DE ALMEIDA, A. G. A importância do enfoque histórico cultural na elaboração de aulas de ciências no ensino fundamental. **Ciências & Cognição**, v. 8, 11.

SMOLE, K. C. S. **Múltiplas Inteligências na Prática Escolar**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação a Distância, Cadernos da TV Escola. Inteligências Múltiplas, 1999. 80 p.; 16 cm. - [Cadernos da TV Escola. Inteligências Múltiplas, ISSN 1517-2341 n.1).

SOUZA, A. R.; PAIXÃO, A. C.; UZÊDA, D. D.; DIAS, M. A.; DUARTE, S.; AMORIM, H. S. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de Física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v.33, n.1, p.01-05, 2011.

SWANWICK, K. **Ensinando Música Musicalmente**. Tradução de Alda Oliveira e Cristina Tourinho. São Paulo: Moderna, 2003.

VYGOTSKY, L. **Pensamento e linguagem**. 1ª Ed. Brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 2ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

VYGOTSKY, L. S. **Obras escogidas**. Madrid: Visor, 1993.

APENDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL



ACÚSTICA

EM UMA NOVA
MELODIA DE ENSINO

ELANO GUSTAVO REIN
LUIZ ANTÔNIO BASTOS BERNARDES



Qualquer coisa que você ensina a uma pessoa sábia torna-a mais sábia ainda. E tudo o que você diz a uma pessoa direita aumenta a sabedoria dela.

Pv. 9:9

APRESENTAÇÃO

Caro professor!

Este material, produto educacional, parte integrante da dissertação realizada junto ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 35, da UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa, é um caderno didático a ser aplicado através de uma sequência didática planejada para abordar conteúdos de Acústica, inseridos na área mais geral de Ondulatória. No primeiro capítulo o professor encontrará uma abordagem sobre os aspectos históricos e culturais relacionados à Ondulatória, com um breve relato sobre a contribuição de alguns cientistas para obtenção dos conceitos atuais. Ainda nesse item o leitor encontrará os conceitos gerais sobre ondas, como suas características e propriedades. Logo após a introdução histórica, o caderno possui algumas imagens para reflexão, introduzindo e dando significado aos conceitos abordados na sequência. Além das teorias, esse caderno apresenta também algumas experiências, que proporcionam uma possível aprendizagem significativa. Dentre essas experiências estão as ondas bidimensionais obtidas num balde de água, a prática do Rope training, formando ondas numa corda, o tudo de Kundt que possibilita a visualização das ondas formadas em cortiça no interior de uma proveta e duas imagens que ilustram o conceito de velocidade das ondas. Para dar significado aos conceitos o leitor encontrará também vídeos que ilustram cada item abordado. No segundo capítulo, iniciado por uma breve introdução histórico cultural, sobre assuntos relacionados à Acústica, há os seguintes conteúdos: o Theremin, primeiro instrumento musical eletrônico, seu inventor; como as ondas sonoras são produzidas; qualidades fisiológicas e os sons musicais. Ainda nesse capítulo, o mediador encontrará uma descrição, passo a passo, para a montagem de um Theremin simples construído com uma placa Arduino. O terceiro capítulo é iniciado com uma abordagem dos aspectos culturais ligados à Música, Luthieria, à Física e o Theremin.

A aplicação desse material é voltada para alunos do Ensino Fundamental, porém nada impede de ser utilizado em aulas do Ensino Médio. O objetivo deste caderno didático é de facilitar o desenvolvimento das aulas, de conteúdos referentes à Ondulatória, proporcionando uma abordagem mais interativa. Esperamos que esse trabalho possa contribuir para aplicações em sala, para uma constante melhoria de suas aulas, envolvendo os alunos numa aprendizagem significativa.

COMO USAR ESSE CADERNO

Como já mencionado, com este material didático pretende-se facilitar a aplicação de conceitos envolvendo Ondulatória e mais especificamente, Acústica, a alunos do Ensino Fundamental. Para essa aplicação, o professor irá encontrar neste caderno didático itens denominados como experiências, nos quais aparecem links para vídeos, que ajudam na compreensão do assunto abordado. As experiências são simples de serem montadas e aplicadas. Como forma de chamada para o conteúdo, o professor pode utilizar das imagens dispostas nesse material as quais também possuem links para serem baixadas com melhor resolução. No segundo capítulo, o professor pode ainda montar, com os alunos, um Theremin simplificado, utilizando da plataforma Arduino. Cada passo para sua montagem é encontrado aqui. Há também uma apresentação da própria placa com uma descrição com cada uma de suas partes. As ligações são também apresentadas em imagens que facilitam a interpretação. O último item do capítulo 2, “Fazendo funcionar o Theremin”, traz duas experiências, em uma delas é de extrema importância a manipulação pelos alunos. O capítulo 3 é iniciado por um breve histórico com aspectos culturais sobre a Música, trazendo algumas relações com a Física. Nesse capítulo, também o professor pode realizar experiências. Além das que possuem vídeos, tem uma em que o educador leva os alunos numa sala para medir a reverberação do som. O ideal é que esta sala seja um espaço utilizado para teatros, apresentações de orquestras ou outros estilos musicais.

Esperamos que o professor aplicador e utilizador desse material sobre Acústica se sinta confortável para aplicar tais conteúdos explorando e envolvendo ao máximo os alunos em suas aulas, tornando-as mais interativas e melodiosas.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	58
CAPÍTULO 1: CONCEITOS GERAIS.....	62
1.1 INTRODUÇÃO.....	62
1.2 ONDAS.....	64
1.3 CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS.....	66
1.3.1 ONDAS UNIDIMENSIONAIS, BIDIMENSIONAIS E TRIDIMENSIONAIS.....	66
1.3.2 FORMAS DAS ONDAS.....	67
1.3.3 NATUREZA DAS ONDAS.....	68
1.4 PROPRIEDADES DE UMA ONDA.....	69
1.4.1 VELOCIDADE DE UMA ONDA.....	70
CAPÍTULO 2: ACÚSTICA E O THEREMIM.....	71
2.1 INTRODUÇÃO.....	71
2.2 ONDAS SONORAS.....	76
2.2.1 COMO SÃO PRODUZIDAS.....	76
2.2.2 QUALIDADES FISIOLÓGICAS DE UMA ONDA SONORA.....	77
2.2.2a SENSAÇÃO SONORA.....	77
2.2.2b ALTURA E INTENSIDADE.....	77
2.2.3 INFRASSOM, ULTRASSOM E INTERVALOS AUDÍVEIS EM ANIMAIS.....	78
2.2.4 SONS MUSICAIS.....	79
2.2.4a NOTAS MUSICAIS, ESCALA E OITAVA.....	79
2.2.4b TIMBRE E RESONÂNCIA.....	79
2.2.5 THEREMIN: CONSTRUÇÃO E FUNCIONAMENTO USANDO O ARDUINO.....	81
2.2.5a O QUE É O ARDUINO.....	81
2.2.5b CONSTRUINDO UM THEREMIN SIMPLES COM ARDUINO.....	83
2.2.5c FAZENDO FUNCIONAR O THEREMIN.....	85
CAPÍTULO 3: ASPECTOS CULTURAIS RELACIONADOS COM A FÍSICA DA MÚSICA.....	86
3.1 INTRODUÇÃO.....	86
ANTIGUIDADE CLÁSSICA.....	88
IDADE MÉDIA.....	91
RENASCENTISTA.....	92

BARROCO.....	96
CLASSICISMO.....	98
ROMANTISMO NO SÉCULO XIX.....	101
MÚSICA DO SÉCULO XX.....	102
3.2 O QUE É REVERBERAÇÃO.....	108
3.3 APRESENTAÇÕES DE SHOWS DE MÚSICA COM O USO DO THEREMIN.....	110
REFERÊNCIAS.....	113

ONDULATÓRIA

CAPITULO 1 - CONCEITOS GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

Na ondulatória alguns cientistas contribuíram para o conhecimento que temos hoje. Galileu Galilei (1564-1642) analisou aspectos fundamentais desse ramo, tais como, o período e a amplitude no movimento de pêndulos chamados de isócronos em que uma grandeza não depende da outra em seu movimento, para pequenas oscilações. Assim se iniciou o estudo do movimento harmônico simples. Galileu também percebeu que os pêndulos voltavam praticamente à mesma altura que haviam sido soltos durante suas oscilações, o que hoje se tem como manifestação da conservação de energia, conceito que em sua época ainda não era discutido. Para suas medições do período dos pêndulos, Galileu utilizava como cronômetro sua pulsação cardíaca. Nessa época os pêndulos começaram também a ser utilizados como metrônimos para estudantes de música. Isaac Newton (1643-1727) teve participação no estudo dos fenômenos ligados à velocidade do som, dando-lhes um tratamento mecanicista, isto é, baseado nos conceitos e leis da mecânica que ele havia fundado. Newton determina a velocidade do som através da detonação de um canhão a uma distância de aproximadamente 20 km de outra pessoa, que faz medidas do tempo de percepção entre o clarão e o som produzido pela detonação.

Na metade do século XVII, se pesquisava uma analogia entre a propagação de ondas de água, sonoras e luminosas. Para Christian Huygens (1629-1695), cientista estudioso da ondulatória, o som e a luz se propagavam com vibrações longitudinais. Porém, o som se propagava em meios materiais (por exemplo, ar e água) cujas propriedades mecânicas eram conhecidas, enquanto a luz deveria se propagar em um meio chamado éter. O éter já era conhecido dos filósofos gregos antigos, tais como Aristóteles. É um meio material completamente diferente dos meios conhecidos, pois seria imponderável e invisível, e suas propriedades mecânicas não eram conhecidas nem pelos filósofos gregos da antiguidade e nem pelos cientistas do século XVII. Ainda no século XVII, Robert Hooke (1635-1703), grande físico inglês contemporâneo de Newton, estuda as propriedades elásticas da matéria, contribuindo para os estudos das ondas.

Durante os séculos XVII e XVIII, a grande discussão que havia na ondulatória era sobre a natureza da luz. Em 1675, Newton apresentou à Royal Society um modelo de propagação da luz em que defendia a teoria corpuscular, a qual envolvia o transporte de matéria e conseguia explicar fenômenos como reflexão, refração e dispersão da luz. Huygens combatia esse modelo com sua teoria ondulatória, a qual considerava a luz como uma onda mecânica longitudinal que se propagava no éter e também conseguia explicar os fenômenos já citados. Como Newton tinha grande prestígio na comunidade científica, suas ideias permaneceram por mais de um século. Foi então que Thomas Young (1773-1829), em 1801, com sua experiência de difração e interferência da luz através de uma fenda dupla, acabou contribuindo de maneira decisiva para que prevalecesse a concepção da luz como uma onda mecânica. Durante a primeira metade do século XIX, prevaleceu essa concepção mecanicista da natureza da luz.

Após meados do século XIX, avançaram os estudos sobre a teoria eletromagnética, a qual mostra as relações entre fenômenos elétricos e magnéticos. O físico escocês James Maxwell (1831-1879) foi o primeiro a demonstrar matematicamente o seguinte fenômeno: a oscilação de uma carga

elétrica dá origem a campos magnéticos e a variação desses campos origina campos elétricos, assim como as variações de fluxo de campos elétricos dão origem a campos magnéticos. De acordo com Maxwell, esse fenômeno gera ondas eletromagnéticas, as quais são formadas por campos magnéticos e elétricos, que oscilam em direções perpendiculares entre si. A direção de propagação da onda eletromagnética é perpendicular às direções em que vibram os campos magnético e elétrico como mostra a figura 1.

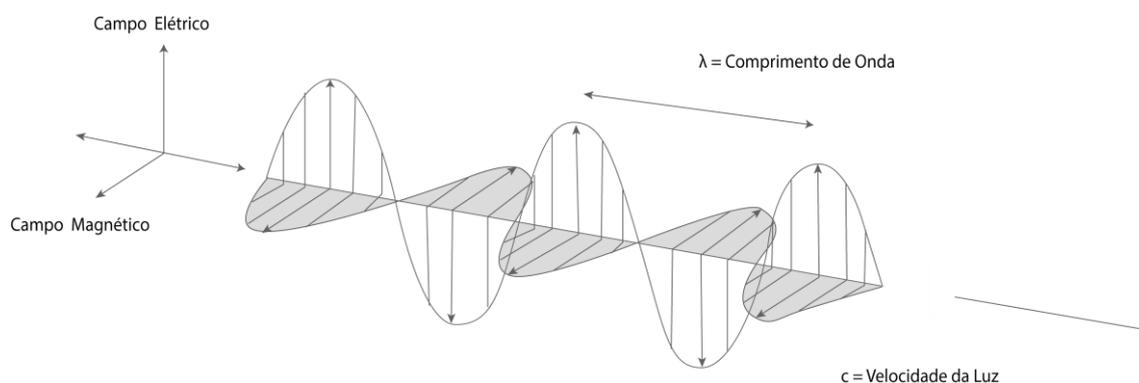


Figura 1: Ondas eletromagnéticas

Fonte: Imagem feita pelo autor

Em 1865, Maxwell propôs que a luz era uma onda eletromagnética, mas somente em 1888 o físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894) confirmou experimentalmente a existência dessas ondas, com todas as características descritas por Maxwell. Infelizmente, Maxwell acaba falecendo antes de ver a confirmação de suas teorias. Maxwell tem sua importância para o Eletromagnetismo assim como Newton tem para a Mecânica. De acordo com o comprimento de onda e sua frequência, as ondas eletromagnéticas se diferenciam formando o espectro eletromagnético que contém as ondas de rádio, micro-ondas, o infravermelho, os raios-X, a radiação gama, os raios ultravioletas e a luz visível ao olho humano. Ondas de baixa frequência são denominadas ondas de rádio, com as quais Guglielmo Marconi (1874-1937) realizou as primeiras transmissões sem fio através de um telégrafo.

Outra descoberta importante ainda do século XIX é a de Johann Christian Andreas Doppler (1803-1853), famoso pelo estudo do fenômeno que leva o seu nome, o Efeito Doppler. De acordo com esse efeito, quando uma fonte em movimento emite onda com determinado comprimento, este se altera conforme nos aproximamos ou nos afastamos desta fonte. Esse efeito não é exclusivo do som podendo ser percebido também em ondas eletromagnéticas.

No início do século XX, iniciam-se discussões que tratam novamente a respeito da natureza da luz. Começa a ser criada a ideia do caráter dual da luz, isto é, há experimentos e fenômenos naturais em que a luz se comporta como partículas e em outros ela se comporta como onda. Em 1905, Albert Einstein (1879-1955) explicou o efeito fotoelétrico, usando a ideia de quantização da energia, proposta por Max Planck (1858-1947), em 1900, para mostrar como ocorre a emissão de radiação por um corpo negro. No efeito fotoelétrico, uma placa metálica exposta a uma radiação eletromagnética de frequência alta, como um feixe de luz, acaba perdendo elétrons. Esses elétrons formam uma corrente elétrica, cuja diferença de potencial pode ser medida experimentalmente. A explicação teórica desse efeito não pode ser feita através da teoria eletromagnética clássica, em que a luz é considerada uma onda. Einstein então propôs a ideia revolucionária de que partículas de luz, os fótons, com energias quantizadas, arrancariam elétrons presentes na placa. Portanto, no efeito fotoelétrico a luz tem um comportamento corpuscular. Em 1924, o físico francês Louis De Broglie (1892-1987), fez a seguinte pergunta: se a luz, que era considerada uma onda, poderia se comportar como uma partícula, será que

o elétron, que é uma partícula, poderia ter comportamento ondulatório? Em sua tese de doutorado, De Broglie respondeu afirmativamente a essa pergunta. Ele relacionou a natureza dual da luz com o comportamento do elétron, afirmando que a todo elétron em movimento, com determinado momento linear, está associada uma onda, com seu comprimento característico. Portanto, uma partícula quântica como o elétron, pode sofrer difração e tem uma natureza dual, de onda e partícula.

Atualmente, quando olhamos a nossa volta, estamos rodeados por ondas, percebemos fenômenos ondulatórios em situações, tais como, o canto dos pássaros, uma pedra jogada num lago, uma orquestra se apresentando, um ruído produzido por uma fábrica, o movimento de vai e vem dos braços, crianças pulando corda numa praça ou brincando na balança, um morcego que consegue se locomover em uma caverna escura, a comunicação entre baleias ou entre golfinhos. Com toda tecnologia atual, a ondulatória também está presente nos celulares, nas televisões, alarmes de carros, controle de portões e portas eletrônicas, satélites, radar, forno de micro-ondas, entre várias outras aplicações. Nesse capítulo, veremos os conceitos gerais das ondas que caracterizam cada uma delas, apresentando uma definição ou distinguindo-as quanto a sua direção, forma ou natureza.

1.2-ONDAS



Figura 2: Ondas presente em diferentes situações

Fontes: <http://www.esquerda.net/sites/default/files/styles/480y/public/pond.jpg?itok=83j9te0S>, <http://1.bp.blogspot.com/-DcCKg8upLiQ/TfoTS4AXhyl/AAAAAAAAAKE/TuSxchpU7co/s1600/viola1.jpg>, <http://www.santanostalgia.com/2010/10/>, http://cdn.ofuxico.com.br/img/upload/noticias/2013/05/03/170269_36.jpg

Vamos refletir sobre as imagens da Figura 2.

Nas imagens acima temos ou podemos obter ondas?

Existem diferenças entre elas?

Para que essas ondas se formem é necessário algo que produza uma perturbação?

Experiência 1: Na Figura 3 abaixo, pessoas praticam Rope Training, atividade realizada com corda naval que fortalece a musculatura e produz perda calórica. Agora vamos realizar uma atividade mais simples. Imagine que duas pessoas segurem uma corda, cada uma pegando uma das extremidades da mesma. Uma das pessoas sacode bruscamente essa corda para cima e para baixo, provocando uma perturbação, que se propagará até a outra extremidade da corda onde se encontra a outra pessoa.

Vamos refletir sobre essa experiência.

Durante a propagação da perturbação na corda, o que é transmitido através da corda? A matéria da corda ou simplesmente energia?



Figura 3: Pessoas praticando Rope Training, atividade realizada com corda naval que fortalece a musculatura e produz perda calórica

Fonte: https://do1pouckcwot.cloudfront.net/brasil/uploads/2014/03/id1_n_de05a3397d39425dc9a3b5578fac1004.jpg

A partir da experiência e dos exemplos das figuras 2 e 3, pode-se concluir que ONDA é uma perturbação que se propaga num meio, como a água de um lago ou as cordas de um violão, sem que haja transporte de matéria, mas somente de energia.

1.3-CARACTERÍSTICAS DAS ONDAS

1.3.1 ONDAS UNIDIMENSIONAIS, BIDIMENSIONAIS E TRIDIMENSIONAIS

As ondas podem ser classificadas por diferentes critérios. Um desses critérios pode ser o número de direções em que ela se propaga num meio. Ondas unidimensionais se propagam em apenas uma dimensão, como as ondas da corda de um violão. Ondas bidimensionais se propagam em duas

direções, como as ondas na superfície de um lago. Ondas tridimensionais se propagam em três dimensões, como as ondas sonoras produzidas por uma flauta transversal.

Experiência 2: Nessa experiência vamos mostrar exemplos das ondas citadas anteriormente. Ondas unidimensionais serão produzidas com a própria corda utilizada na Experiência 1, como na Figura 3. Ondas bidimensionais serão mostradas em um balde cheio de água, como na Figura 4 abaixo. Quando se joga uma pedrinha na água, pode-se observar uma onda circular se propagando, a partir do ponto em que a pedra caiu. Por outro lado, se tocamos a água com uma régua, serão formadas ondas retas, que continuam sendo bidimensionais.



Figura 4: Ondas Circulares formadas por um feijão que cai na água

Fonte: Foto tirada pelo autor

Experiência 3: Ondas tridimensionais podem ser visualizadas através de um vídeo que mostre a propagação de ondas sonoras em um fluido como o ar, conforme o link <https://www.youtube.com/watch?v=-H0zKsfNV0c>. Relacionado com esse vídeo será feita uma reflexão com os alunos sobre o som produzido pelos aviões e quando ocorre o rompimento da barreira do som.

1.3.2 FORMAS DAS ONDAS

As ondas podem ter três formas: transversais, longitudinais e mistas.

Denominam-se ondas transversais aquelas em que a direção de propagação é perpendicular à direção de vibração. Ex.: ondas numa mola, como na figura 5 abaixo.



Figura 5: Onda transversal.

Fonte: <http://4.bp.blogspot.com/-5B2al0h9zRs/UbN5MDnceWI/AAAAAAAAAG4/YI-LjNv6YVo/s1600/Capturar.JPG>

Denominam-se ondas longitudinais aquelas em que a direção de propagação coincide com a direção de vibração. Ex.: O som se propagando nos fluidos (gases e líquidos) ou em molas, como na Figura 6 abaixo.

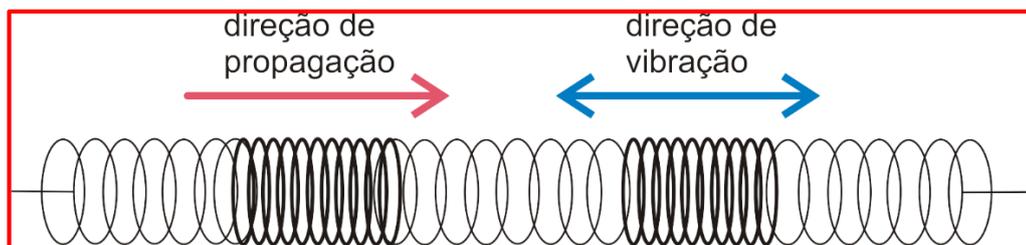


Figura 6: Onda longitudinal.

Fonte: http://3.bp.blogspot.com/-O_8cHx5X1gM/TsK_9ycuZZI/AAAAAAAAAbN4/B7CmeHxiNtw/s1600/mollum.png

Denominam-se ondas mistas aquelas em que as partículas do meio vibram transversalmente e longitudinalmente ao mesmo tempo. Ex.: ondas do mar, como na figura 7 abaixo.



Figura 7: Ondas do mar.

Fonte: <http://imgnzn-a.akamaized.net//2016/10/13/13110113747041.jpg?w=1200&h=480&mode=crop>

Experiência 4: Mostrar vídeos de formação de ondas no mar e de surfistas. Link <https://www.youtube.com/watch?v=SSJCTkk9LYQ>. Discutir sobre o mar, quem já o conhece, características e esportes como surf e outros que aproveitam as ondas do mar.

Experiência 5: Montar um aparato para visualização das ondas longitudinais, o chamado Tubo de Kundt que consiste num tubo transparente fechado em uma de suas extremidades e na outra colocado um auto-falante ligado a um gerador, no interior do tubo é inserido serragem fina ou bolinhas de isopor, que após determinadas sons poderá ser visto um padrão como observado na figura 8 a seguir.



Figura 8: Tubo de Kundt

Fonte: http://www.istitutovalfieri.gov.it/labscienze/immagini_laboratori_web/acustica/esperienze%20acustica/tubodikundteondestazionarie2.jpg

1.3.3 NATUREZA DAS ONDAS

As ondas podem ser mecânicas, eletromagnéticas ou de matéria.

As ondas mecânicas se propagam somente em um meio material, sendo produzidas pelos deslocamentos dos elementos deste meio. Por isso não se propagam no vácuo. Exemplos de ondas mecânicas: ondas na superfície de um lago, ondas do mar produzindo sons link https://www.youtube.com/watch?v=R1CB_qmncV0; ondas sonoras se propagando em instrumentos de sopro, tais como flauta e oboé; som apagando fogo link <https://www.youtube.com/watch?v=WyExRshe2vc>.

As ondas eletromagnéticas se propagam em um meio material e também no vácuo. Exemplos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, luz visível, micro-ondas, raio X, ondas eletromagnéticas em celulares link: <https://www.youtube.com/watch?v=0HYph4BJ0BU>.

As ondas de matéria são associadas, por exemplo, a um elétron. No link <https://www.youtube.com/watch?v=GXAYW4a3OZY>; observa-se a difração de elétrons. Lembrando: difração é um fenômeno essencialmente ondulatório, portanto, quando os elétrons sofrem difração, eles estão se comportando como onda.

1.4 PROPRIEDADES DE UMA ONDA

Para descrever todos os corpos precisamos estudar suas propriedades ou características, como volume, massa entre outras. No caso das ondas existem variáveis específicas para sua descrição, para isso vamos usar o exemplo de uma onda transversal como na figura 9 a seguir:

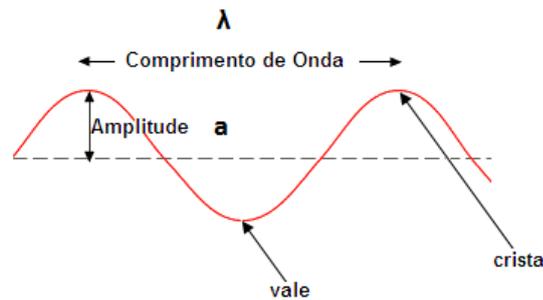


Figura 9: Nomenclatura das partes de uma onda.

Fonte: Autoria própria.

Crista é o ponto mais alto de uma onda.

Vale é o ponto mais baixo de uma onda.

Amplitude é a máxima distância da onda (linha em vermelho) ao ponto de equilíbrio representado pela linha pontilhada, ou da linha pontilhada até uma crista ou um vale, conforme indicado na figura 9. A amplitude está diretamente relacionada com a energia transportada, ou seja, quanto maior a amplitude maior é a quantidade de energia transportada pela onda.

Comprimento de onda é representado pela letra grega λ (lambda) e é uma grandeza que corresponde ao comprimento de uma onda completa, ou seja, o comprimento entre dois pontos iguais, por exemplo, o comprimento de uma crista a outra crista (consecutiva) ou de um vale a outro vale (consecutivo), como indicado na figura 9.

Frequência é o número de ondas produzidas em certo intervalo de tempo ou que passam em determinado ponto em determinado intervalo de tempo.

Período é o tempo necessário para realização de um ciclo completo.

Experiência 6: Observação detalhada pelos alunos de uma onda em uma corda e das ondas em uma cuba de água para que os alunos identifiquem as grandezas definidas acima

1.4.1 VELOCIDADE DE UMA ONDA

Seja:	
Variáveis	Unidade de medida
v – velocidade da onda sonora no meio ar	metros/segundo
λ - o comprimento de onda	metros
f – a frequência de oscilação	Hertz
$v = \lambda \cdot f$	

Figura 10: Equação fundamental da ondulatória com suas variáveis.

Fonte: Autoria própria.

Experiencia 7: Visualizar e comentar imagens que mostram diferentes velocidades de ondas. Exemplos do trilho e do índio, como mostrados nas figuras 11 e 12 abaixo.



Figura 11: Podemos saber se um trem está vindo colocando o ouvido nos trilhos.

Fonte: https://paralemdoagora.files.wordpress.com/2015/01/linha_trem.jpg.

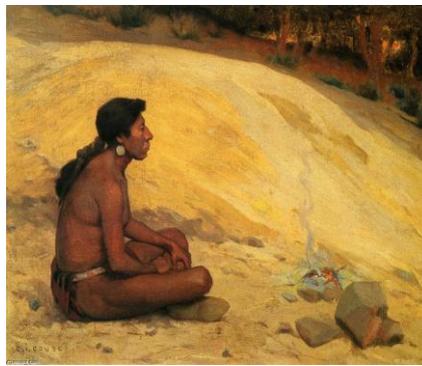


Figura 12: Os índios ouviam o chão para saber se alguém se aproximava de sua aldeia.

Fonte: [http://es.wahooart.com/Art.nsf/O/8XXGYL/\\$File/E.-Irving-Couse-Indian-Seated-by-a-Campfire.JPG](http://es.wahooart.com/Art.nsf/O/8XXGYL/$File/E.-Irving-Couse-Indian-Seated-by-a-Campfire.JPG).

CAPITULO 2 – ACÚSTICA e o THEREMIN

2.1 INTRODUÇÃO

Quando ouvimos uma música tocada por diferentes instrumentos, uma conversa entre amigos, ou ainda o barulho gerado por um avião em um aeroporto, não imaginamos que conceitos físicos possam estar envolvidos. Em todas as situações citadas, a energia é propagada por meio de ondas sonoras originadas em uma fonte. Essas ondas, devido à vibração das moléculas presentes no meio de propagação, chegam até nossos ouvidos e fazem vibrar o tímpano, que envia sinais ao nosso cérebro através de impulsos elétricos. A Acústica é o ramo da física que trata das leis dos sons e dos fenômenos que lhes são concernentes bem como estuda a qualidade de um local, especificamente teatros, palcos, cinemas, ambientes com isolamento sonoro, aeroportos, carros e na música sob o ponto de vista da propagação do som.

Um instrumento musical é qualquer objeto construído com o propósito de produzir música. Os instrumentos possuem classificações de diferentes formas, uma das mais comuns é a divisão em 4 grandes famílias: cordas, madeiras, metais e percussão. Nos instrumentos de cordas, o som é produzido através da vibração de cordas, que podem ser tocadas de três diferentes formas: com os dedos, como no violão; com um arco, como no violino; ou ainda com martelos, como no piano. Na figura 13 a seguir temos alguns desses instrumentos.



Figura 13: Instrumentos de cordas

Fonte: <http://musicaplena.com/wp-content/uploads/2012/11/cordas.jpg>.

Na classificação da família das madeiras existem dois tipos de instrumentos, aqueles em que o som é produzido por uma coluna de ar vibrante, como no caso das flautas e flautins, e aqueles em que o som é produzido pela vibração de uma palheta de madeira, como o oboé e a clarinete. Na figura 14 a seguir temos alguns desses instrumentos.



Figura 14: Instrumentos de madeiras

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/10394632/33/images/12/FAM%C3%8DLIA+DOS+SOPROS+%EF%80%AD+MADEIRAS.jpg>.

Os metais são instrumentos de sopro com uma coluna de ar posta em vibração pelos lábios do músico, comprimidos contra um bocal em forma de taça ou funil; entre esses instrumentos estão o trompete, a trompa, o trombone, o bombardino e a tuba. Na figura 15 a seguir vemos alguns exemplos desses instrumentos.



Figura 15: Instrumentos da família dos metais

Fonte: http://files.cemmh.webnode.com.br/system_preview_detail_200000126-6a56a6b50c/268371_333208006771219_1618381279_n.jpg.

Os instrumentos de percussão produzem seus sons ao serem agitados ou percutidos, dentre eles está a marimba, o xilofone, os tímpanos, o bongo, entre outros. Na figura 16 estão exemplos desses instrumentos.



Figura 16: Instrumentos de percussão

Fonte: <https://html2-f.scribdassets.com/4txwttisy811jkrn/images/4-fb2e8493ce.jpg>.

Além desses instrumentos existe uma classificação a parte, que é a dos instrumentos elétricos ou eletrônicos. Alguns desses instrumentos surgiram nas décadas de 60 e 70, como, por exemplo, a guitarra elétrica, o baixo elétrico, o órgão eletrônico, o piano elétrico, o teclado eletrônico e o sintetizador. Mas o primeiro instrumento musical eletrônico de que se tem notícia é o Theremin, sobre o qual trataremos a seguir.

THEREMIN

O Theremin é o primeiro instrumento musical eletrônico do mundo e foi inventado em 1919 por um técnico russo chamado Leon Theremin, conforme figura 17. Esse instrumento é bem singular, pois tem seu som produzido sem que haja nenhum toque de seu músico, por isso requer grande habilidade para ser tocado. É composto por duas antenas, uma vertical e uma horizontal; a primeira produz a variação em sua frequência e a segunda em seu volume. A medida que o músico aproxima sua mão da antena vertical, aumenta-se a tonalidade do som, enquanto que ao aproximar a mão da antena horizontal, diminui-se o volume.

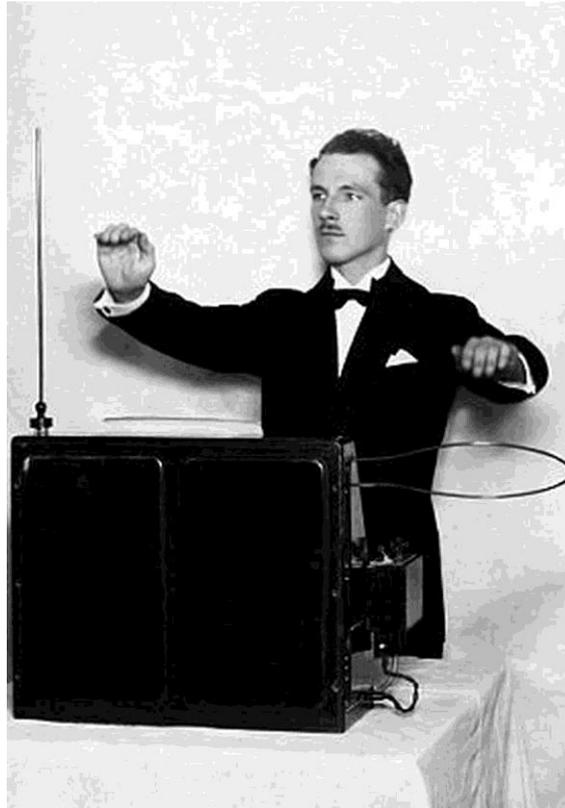


Figura 17: Leon Theremin com seu invento, o Theremin.

Fonte: <https://efemeridesdoefemello.files.wordpress.com/2013/11/3nov13.jpg>.

No início de 1920, Leon Theremin foi aos Estados Unidos para promover sua invenção. Lá ele monta um estúdio e treina vários músicos que o ajudam a tornar o Theremin conhecido do público através de suas apresentações. A ideia original do inventor era que o instrumento fosse inserido em suas apresentações para tocar apenas músicas clássicas, podendo até substituir orquestras inteiras, mas o Theremin acabou sendo utilizado em outros gêneros musicais e nunca chegou a substituir uma orquestra.

Durante os anos 60 e 70, algumas bandas como Bonzo Doo Dah Dog Band e Led Zeppelin (link <https://www.youtube.com/watch?v=KPhXm-UPfEU>) trouxeram o Theremin ao público por um pequeno período de tempo. Depois dessas aparições, o Theremin ficou no esquecimento, voltando à tona nos anos 90. Ele também teve sua participação em filmes, durante as décadas de 1950 e 1960, em clássicos como *O dia em que a Terra parou* e em *A ameaça que veio do Espaço*.

Em 1993, Steven M. Martin produziu um documentário que mostra detalhes sobre o instrumento e seu inventor, *Theremin - An Odyssey Electronic* traz ainda entrevistas com lendas da indústria da música, inclusive com o próprio Leon Theremin.

Podemos visualizar nas figura 18 e 19 o primeiro Theremin aberto para demonstração e um instrumento atual com seu tamanho bem reduzido.



Figura 18: Primeiro Theremin aberto para demonstração.

Fonte: http://www.novacon.com.br/audioTheremin_arquivos/image006.jpg.



Figura 19: Theremin atual

Fonte: https://www.mdig.com.br/imagens/invencoes/Theremin_02.jpg.

Para finalizar essa introdução, destacamos que na cidade de São Paulo, de 2014 a 2016, foram realizadas várias apresentações com o Theremin, como pode se verificar em pesquisa realizada no site da *Folha de São Paulo*, de acordo com as referências abaixo:

1. **Folha Blogs - 120 bpm - Sobrinha-neta de León Theremin se apresenta em São Paulo - 31/07/2016.** A compositora russa Lydia Kavina, sobrinha-neta de León Theremin, o criador do inusitado instrumento eletrônico controlado sem contato físico (o teremim), se apresentará em ... link <http://120bpm.blogfolha.uol.com.br/?p=1697>.
2. **Folha Blogs - 120 bpm - Festa Néonloop mistura Theremin com violão flamenco - 30/06/2016.** Desirée Marante combina loops de violino e guitarra no projeto Harmônicos

do Universo. (Foto: Natália Tonda) Em que balada você vai ouvir sons de um Theremin (instrumento ... <http://120bpm.blogfolha.uol.com.br/?p=1580>.

3. **Guia Folha - Shows - Fim de semana reúne shows de Zeca Baleiro, Wanderléa e Vânia Bastos - 14/02/2015.** Chrysler Com o seu Theremin (instrumento eletrônico que responde ao movimento das mãos sem o toque), a multi-instrumentista austríaca naturalizada americana alcança agudos ... <http://guia.folha.uol.com.br/sh...-de-2011-no-fim-de-semana.shtml>.
4. **Guia Folha - Shows - Instrumento russo teremim é estrela de apresentação em bar na rua Augusta - 22/07/2014.** Simples e, ao mesmo tempo, complexo. Assim é o teremim, o antigo instrumento russo que brilha na apresentação Theremin Experience, que será realizada nesta quinta (24), na ... <http://guia.folha.uol.com.br/sh...cao-em-bar-na-rua-augusta.shtml>.

2.2 ONDAS SONORAS

2.2.1 Como são produzidas?

As ondas sonoras são ondas mecânicas que necessitam de um meio material para se propagar. A propagação delas ocorre devido à vibração das moléculas do meio em que se encontram, podendo este meio ser sólido, líquido ou gasoso. No caso do ar, suas moléculas vibram durante a passagem das ondas sonoras, as quais provocam regiões de rarefação e compressão no gás, conforme a figura 20.

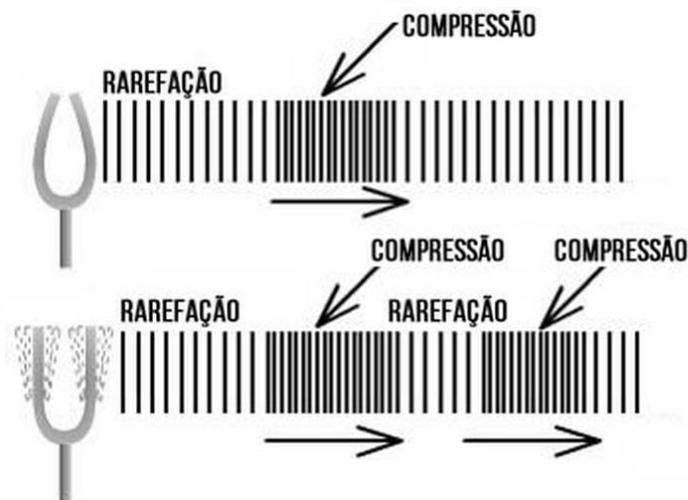


Figura 20: Esquema da rarefação e compressão do ar produzido pelo som de um diapasão, numa frequência audível ao ouvido humano, de 20 a 20.000 Hz.

Fonte: https://i.em.com.br/K-7bFrbmnDBpRV1PjgqrYt3nFL8=/820x0/smart/imgsapp.em.com.br/app/noticia_127983242361/2015/11/11/706844/20151112150813392077a.jpg.

2.2.2 QUALIDADES FISIOLÓGICAS DE UMA ONDA SONORA

O ser humano pode identificar algumas características dos sons, denominadas qualidades fisiológicas, que são: altura, intensidade e timbre. Antes de definirmos essas qualidades, vamos entender o que é sensação sonora.

2.2.2a SENSAÇÃO SONORA

O aparelho auditivo e o cérebro são os responsáveis pelo recebimento e interpretação das ondas sonoras. O processo de captação e decodificação das ondas sonoras é denominado capacidade auditiva ou sensação sonora. O nosso cérebro recebe as informações das ondas e as transforma em impulsos elétricos, reconhecendo assim o tipo de som que é recebido. A figura 21 abaixo mostra uma imagem com os detalhes do nosso aparelho auditivo.

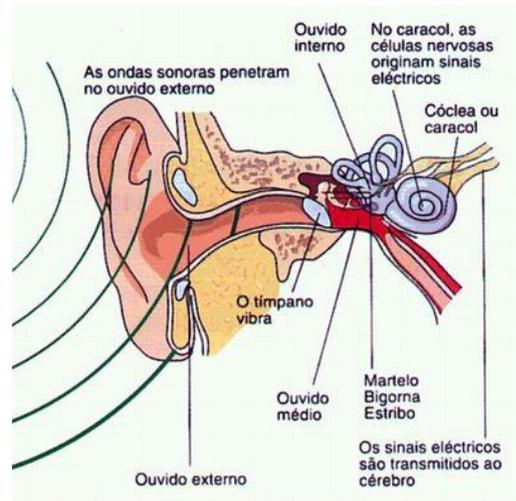


Figura 21: Ouvido externo e interno humano.

Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/galerias/imagem/000000021/000006713.jpg>

Como mostrado na figura 21, nosso ouvido é dividido em três partes, o ouvido externo, o médio e o interno. O ouvido externo é composto pela orelha, o canal auditivo e o tímpano. Quando as ondas de som chegam na orelha, passam pelo canal auditivo que amplifica o som, fazendo vibrar o tímpano. Depois no ouvido médio o tímpano transforma as vibrações sonoras em vibrações mecânicas que são comunicadas aos três ossículos (o martelo, a bigorna e o estribo), que vibram para frente e para trás amplificando também o som. No estribo há o encontro com a cóclea através da janela oval, onde esse empurra o líquido coclear, num movimento de vai e vem, movimentando as células ciliares, gerando sinais elétricos que são transmitidos através do nervo coclear ao cérebro.

2.2.2b ALTURA E INTENSIDADE

Altura - Quando diferenciamos um som grave de um som agudo, estamos classificando-o devido a sua altura, que depende da frequência na qual é produzido. Normalmente, em nosso cotidiano chamamos os sons mais graves de sons grossos e os mais agudos de sons finos. Nos seres humanos, as vozes masculinas geralmente são consideradas graves, sons mais grossos com mais baixa frequência que as femininas, consideradas agudas de frequências mais altas.

Intensidade – Quando diferenciamos um som fraco de um som forte, estamos classificando-o devido a sua intensidade, que está relacionada à energia que é transportada pela onda. Quando aumentamos ou diminuimos o volume de um aparelho de som ou de uma TV, estamos variando a intensidade do som transmitido.

2.2.3 INFRASSOM E ULTRASSOM e INTERVALOS AUDÍVEIS EM ANIMAIS

O som que conseguimos ouvir dentro de determinadas frequências podem ser caracterizados como infrassons, sons audíveis pelos seres humanos e ultrassons, conforme figura 22 abaixo:

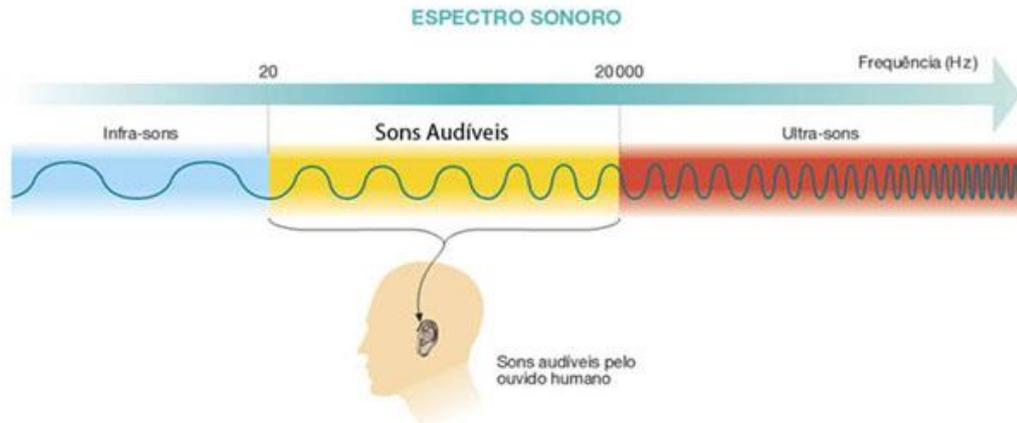


Figura 22: Espectro sonoro

Fonte: http://www.aulas-fisica-quimica.com/imagens/8f_07_01.jpg.

Diferentes seres vivos podem capturar diferentes tipos de sons. A faixa de frequência de ondas sonoras, intervalo de frequência em que o som é capturado, difere para cada ser vivo. A seguir, na figura 23, é apresentada uma tabela com os intervalos de sons capturados e produzidos para alguns animais.

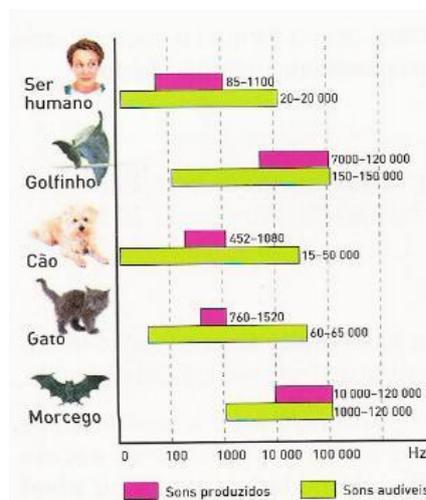


Figura 23: Sons produzidos e audíveis para o ser humano e alguns animais, com as frequências em Hz.

Fonte: http://www.prof2000.pt/users/mrsd/8ano/images/espectro_sonoro_3.JPG.

2.2.4 SONS MUSICAIS

2.2.4a NOTAS MUSICAIS, ESCALA, OITAVA

A altura do som musical corresponde à frequência emitida e pode ser variada de infinitas formas. Para representar esses sons são necessárias notas musicais, Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si e seus acidentes, como os sustenidos e bemóis. Quando executada uma sequência ordenada de notas musicais temos então uma escala, por exemplo: Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, Si, Dó. Quando se ouve falar

em uma oitava acima ou uma oitava abaixo, qual o significado? Se tocarmos uma nota Dó de um instrumento e depois tocarmos a próxima nota dó mais aguda, de frequência maior, como na figura 24, estaremos tocando a oitava nota acima, por isso o nome de oitava. Para notas graves também é válido usar o termo oitava, mas neste caso estaremos tocando a nota da oitava abaixo.

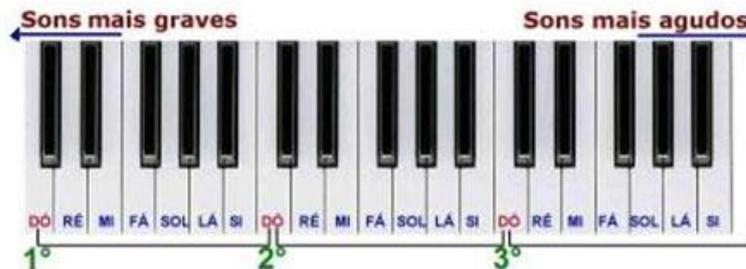


Figura 24: Notas musicais em um teclado.

Fonte: http://www.cursodeteclado.mus.br/conteudo/imagens/img_teclado_01.jpg

Experiência 8: Levar instrumentos para sala de aula e demonstrar como são tocadas as notas musicais com seus acidentes. Tocar uma nota e sua oitava, em cada instrumento.

2.1.4b TIMBRE E RESSONÂNCIA

A característica ou qualidade da onda que diferencia sons de mesma frequência produzidos por diferentes fontes é chamada de timbre. O timbre possibilita reconhecermos qual instrumento está sendo tocado, sem olharmos para o mesmo, ou ainda percebermos de quem é uma certa voz, enquanto estamos de olhos fechados. Podemos observar diferentes formatos de ondas para diferentes timbres como demonstrado na figura 25 a seguir:

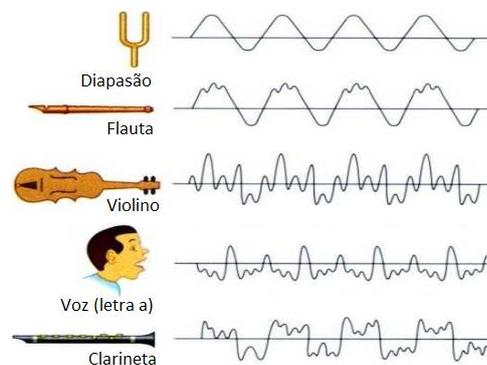


Figura 25: Diferentes formatos de ondas em cada timbre.

Fonte: http://1.bp.blogspot.com/-r4xpoM3rr_Y/Vlt6HGB2MAI/AAAAAAAAAJc/acj8u0ld2Xg/s1600/ondas%2Btimbres.png

Experiência 9: Executar sons de mesma frequência em dois ou mais instrumentos musicais, enquanto os alunos permanecem de olhos fechados, solicitando que reconheçam o instrumento através de seu timbre.

Quando transferimos energia de uma fonte externa, que vibra com frequência angular ω , para um corpo oscilante, vibrando numa frequência natural ω_0 , ocorrerá o fenômeno de *ressonância* quando as duas frequências forem iguais, isto é, $\omega = \omega_0$. Quando essa condição for satisfeita, o corpo oscilante vibrará com uma amplitude máxima, e, portanto, com máxima energia. Podemos observar

a ressonância no movimento de uma criança em um balanço. Para aumentar a amplitude de seu movimento, ela pode ou receber um empurrão de uma outra pessoa, na mesma frequência de vibração do balanço, ou ainda movimentar seu corpo para frente e para trás com essa mesma frequência, aumentando cada vez mais sua amplitude de oscilação. Em um instrumento como o violão, podemos observar esse fenômeno em sua caixa de ressonância, que amplifica o som produzido.

Em 1985, a aproximadamente 400 km da cidade do México, ocorreu um grande terremoto (8.1 na escala Richter). Ao chegarem na cidade, conforme figura 26, as ondas sísmicas não estavam suficientemente fortes para causar qualquer dano; porém, devido à cidade ter sido construída sobre um antigo lago, onde o solo era macio e úmido, a amplitude de oscilação aumentou fazendo com que o solo e apenas alguns edifícios com mesma frequência de ressonância (a frequência de oscilação das ondas sísmicas) comesçassem a vibrar, entrando em colapso. Edifícios menores e maiores não foram afetados por possuírem frequências diferentes das que causaram o terremoto.



Figura 26: Prédio desabando na cidade do México, devido à ressonância.

Fonte: <https://ia800406.us.archive.org/1/items/FundamentalsOfPhysicsExtended10thEditionHallidayResnick/Fundamentals%20of%20Physics%20Extended%2010th%20edition%20Halliday%20&%20Resnick.pdf>

Experiência 10: Com um violão afinado, coloca-se um pedaço de papel dobrado em volta da segunda corda. Com o dedo pressionado na quinta casa da primeira corda, após esta corda ser tocada, percebemos que o papel dobrado em volta da segunda corda vibra por entrar em ressonância com o som emitido pela primeira corda, conforme mostra o vídeo do link https://www.youtube.com/watch?v=s4G1D_nOfbk.

2.2.5 THEREMIN: CONSTRUÇÃO E FUNCIONAMENTO USANDO O ARDUINO

2.2.5a O QUE É O ARDUINO?

A plataforma Arduino, mostrada na figura 27, é uma ferramenta “open source” (código fonte aberto) e tem se tornado cada vez mais presente em projetos de automatização diversos e em diferentes modalidades de ensino. Essa plataforma também tem sido utilizada até por pessoas sem vínculo algum com a área da educação. Por se tratar de um código fonte aberto, de programação fácil e de simples

manuseio, o Arduino pode ser aplicado em muitas áreas, dentre elas a do Ensino de Física.

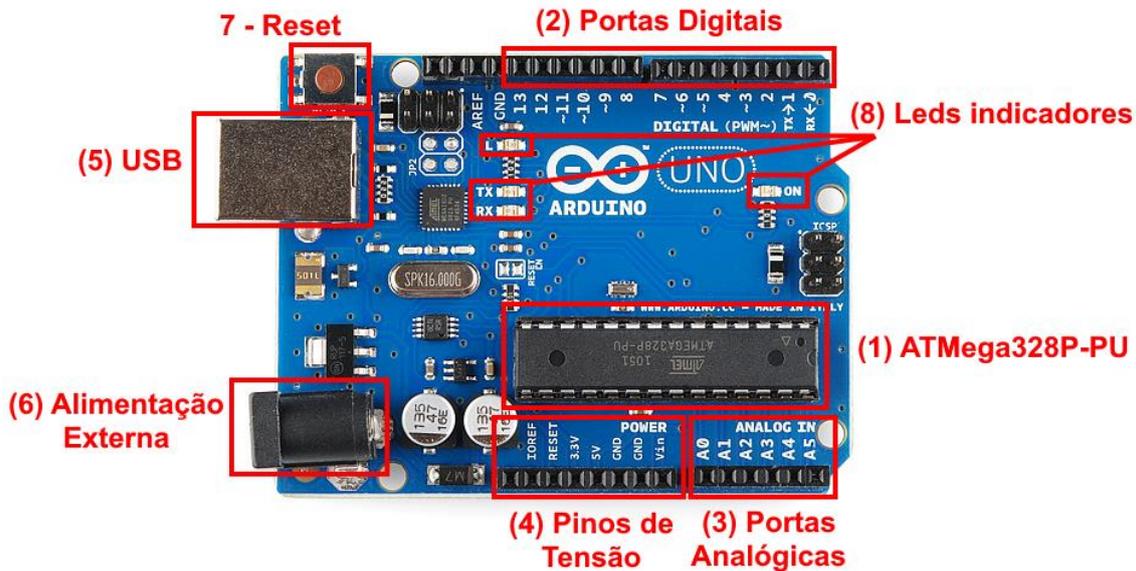


Figura 27: Arduino Uno com suas partes.

Fonte: http://arduinobasico.com.br/wp-content/uploads/2017/03/Arduino_Uno_R3_Detalhes.png

Na figura 27 acima, as partes destacadas através de retângulos vermelhos são as seguintes:

- 1- **ATMega 328P-PU** – É o micro controlador do Arduino e funciona como o “cérebro” do hardware. É um chip com 32K de memória e frequência de 16 MHz.
- 2- **Portas digitais** – Essas portas recebem sinais específicos, que podem ser de 0 ou 1, ou seja, sem tensão ou com tensão de 5V na saída. Essas portas estão ligadas no micro controlador ATMega 328P-PU.
- 3- **Portas analógicas** – Diferentemente das portas digitais, as portas analógicas recebem sinais de 0 até 5V, transformando essa leitura em valores de 0 a 1024, que podem ser “entendidos” pelo programa.
- 4- **Pinos de Tensão** – São pinos de alimentação, que fornecem tensões de 5V ou 3,3V. Essas tensões podem alimentar uma placa do tipo “protoboard”, como a mostrada na figura 30 mais adiante. Essa placa poderá ser conectada, por exemplo, a sensores, circuitos e módulos.
- 5- **Conector USB** – É por meio desse conector que fazemos a ligação entre o Arduino e o computador, transferindo comandos para o micro controlador ATMega328 e fazendo também a alimentação do hardware com tensão de 5V.
- 6- **Conector para alimentação externa** – Outra opção de alimentação para a placa é um plugue P4, que suporta entrada de 5V a 12V (de corrente contínua). O uso desse plugue não impede que se use também a conexão USB, pois a placa reconhece automaticamente a tensão de entrada.
- 7- **Botão de reset** – Serve para reiniciar o que foi salvo na memória do micro controlador. Quando esse botão é apertado, nenhum dado já salvo será deletado, pois apenas se volta ao início da execução.
- 8- **Leds indicadores** – São Leds que facilitam o uso da placa, pois acendem, piscam e apagam, conforme são executados os comandos.

Existem vários modelos de Arduino no mercado. Para se realizar uma comparação entre eles, segue a figura 28, a qual traz todas características de cada um deles.

	Arduino Uno	Arduino Mega2560	Arduino Leonardo	Arduino Due	Arduino ADK	Arduino Nano	Arduino Pro Mini	Arduino Esplora
								
Microcontrolador	ATmega328	ATmega2560	ATmega32u4	AT91SAM3X8E	ATmega2560	ATmega168 (versão 2.x) ou ATmega328 (versão 3.x)	ATmega168	ATmega32u4
Portas digitais	14	54	20	54	54	14	14	-
Portas PWM	6	15	7	12	15	6	6	-
Portas analógicas	6	16	12	12	16	8	8	-
Memória	32 K (0,5 K usado pelo bootloader)	256 K (8 K usados pelo bootloader)	32 K (4 K usados pelo bootloader)	512 K disponível para aplicações	256 K (8 K usados pelo bootloader)	16 K (ATmega168) ou 32K (ATmega328), 2 K usados pelo bootloader	16 K (2k usados pelo bootloader)	32 K (4 K usados pelo bootloader)
Clock	16 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	84 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	8 Mhz (modelo 3.3v) ou 16 Mhz (modelo 5v)	16 Mhz
Conexão	USB	USB	Micro USB	Micro USB	USB	USB Mini-B	Serial / Módulo USB externo	Micro USB
Conector para alimentação externa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não
Tensão de operação	5v	5v	5v	3.3v	5v	5v	3.3v ou 5v, dependendo do modelo	5v
Corrente máxima portas E/S	40 mA	40 mA	40 mA	130 mA	40 mA	40 mA	40 mA	-
Alimentação	7 - 12 Vdc	7 - 12 Vdc	3.35 - 12 V (modelo 3.3v), ou 5 - 12 V (modelo 5v)	5v				

Figura 28: Tabela comparativa de diferentes modelos de Arduinos.

Fonte: <https://www.filipeflop.com/wp-content/uploads/2014/02/Tabela-comparativa.png>

No Ensino de Física, através da criação de rotinas de programação simples, é possível, com o Arduino, realizar a aquisição de dados de algumas grandezas, tais como: temperatura, tempo, tensão, corrente elétrica, comprimento, intensidade luminosa e sonora. Nas aplicações em sala de aula, optamos pelo Arduino UNO da figura 27, já mostrada anteriormente, pois este tem um custo menor por ser o mais comum. Existem inúmeras aplicações da placa Arduino ao Ensino de Física, dentre elas podemos citar os seguintes exemplos: o estudo de circuitos elétricos, com resistores conectados em uma protoboard, figura 30, a qual é acoplada a uma placa Arduino conforme (NETO, 2013); a utilização de acelerômetros, acoplados à placa Arduino, para o ensino de Física em tempo real (ROCHA E MARRANGHELLO, 2014); aquisição de dados automáticos através de placa Arduino (RODRIGUES E CUNHA, 2014); desenvolvimento de aparatos para medição de propriedades magnéticas (LUCIANO, LUCIANO E FERREIRA, 2014) com sensores de Efeito Hall ligados à placa Arduino; estudo da condução térmica através de sensores de temperatura acoplados a uma placa Arduino (ROSA, GIACOMELLI E TRENTIN, 2014).

Para quem quer se aprofundar no estudo sobre Arduino, existe a página <https://www.arduino.cc/>, que possui fóruns, comunidades, como comprar produtos, e um link para quem quer aplicar a placa na área da educação, com dicas e outras páginas de interesse.

2.2.5b CONSTRUINDO UM THEREMIN SIMPLES COM ARDUINO

Para construção de um modelo simplificado do Theremin, serão utilizados: um Arduino UNO R3, que será programado; uma placa protoboard, figura 30, na qual será montado o circuito; um

fotoresistor LDR para controle da luminosidade; um resistor de 10k; um autofalante ou buzzer de 4 ohms, que produzirá o som, e jumpers para ligações da placa, como mostrados na figura 29.

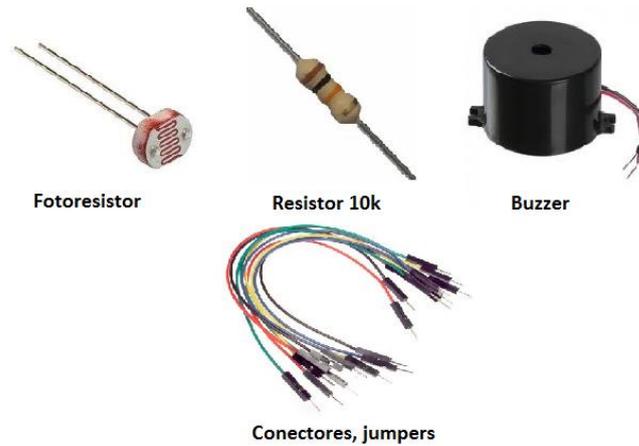


Figura 29: Componentes do circuito para ligação da placa.

Fonte: Própria autoria

Para as ligações na placa protoboard, devem ser levadas em consideração as conexões da mesma, conforme imagem na figura 30, abaixo. As partes laterais da placa protoboard são utilizadas para fazer conexões com a placa Arduino, através das entradas (positiva e negativa) dos pinos de tensão. As partes centrais da placa protoboard são utilizadas para fazer conexões com módulos, sensores e circuitos, os quais serão conectados com a placa Arduino.

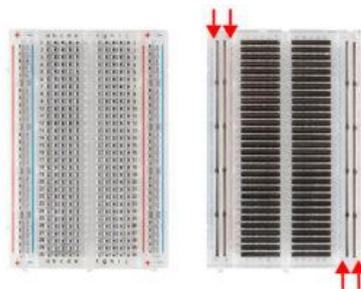


Figura 30: Placa protoboard fechada e aberta para entendimento do percurso da corrente elétrica.

Fonte: <https://pandoralab.com.br/wp-content/uploads/2016/08/open-breadboard-300x201.jpg>.

As ligações para montagem do circuito são realizadas conforme a figura 31, a seguir. Uma das extremidades do fotoresistor LDR e uma das extremidades do resistor serão ligadas diretamente à porta analógica A0 do Arduino, através de um jumper de cor verde. A outra extremidade do LDR é ligada ao GND do Arduino, através de um jumper preto, conectado na placa protoboard. O outro pino do resistor é ligado ao pino 5V do Arduino através de um jumper vermelho, também conectado à placa protoboard. O pino positivo do buzzer (autofalante) é ligado diretamente à porta digital 11 do Arduino, através de um jumper azul, e ligado à porta GND do Arduino, através de um jumper preto, conectado na placa protoboard.

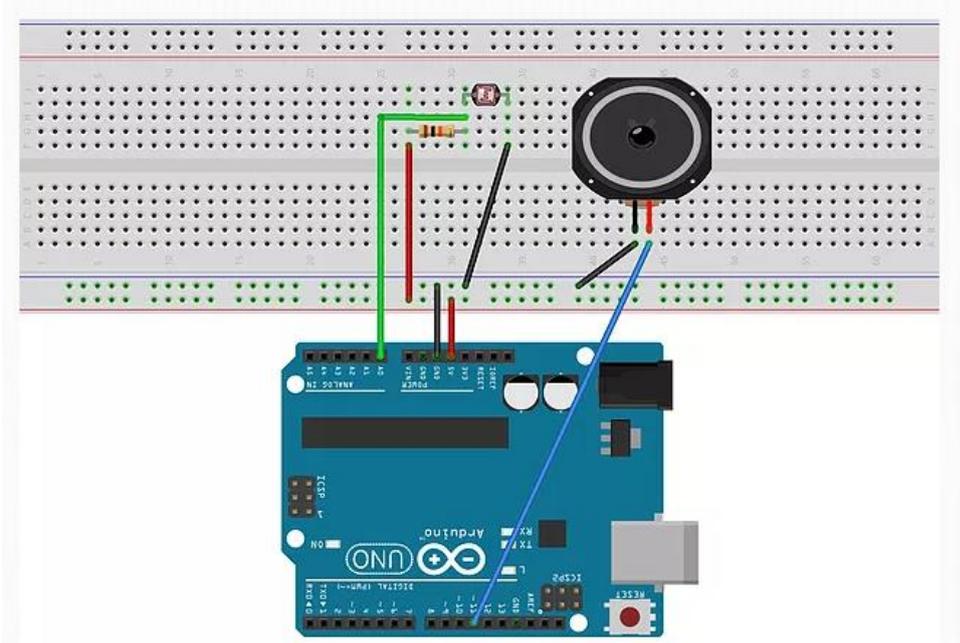


Figura 31: Circuito de montagem do Theremin com Arduino.

Fonte: https://static.wixstatic.com/media/3b894b_39229ee6e26442b58e20ea5eeca61f38~mv2_d_1755_1257_s_2.jpg/v1/fill/w_630,h_451,al_c,q_80,usm_0.66_1.00_0.01/3b894b_39229ee6e26442b58e20ea5eeca61f38~mv2_d_1755_1257_s_2.webp

Ao conectar o Arduino no computador, através da porta USB, é necessário instalar o software adequado para inserir o código da programação. Para adquirir esse software é necessário entrar no site do link <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.

Após instalação do software, basta inserir nele o código fonte a seguir:

```
const int ldrPin = A0; // Pino onde será ligado um dos terminais do LDR
const int speaker = 11; // Pino onde será ligado o auto falante
int sensorValue = 0; // Valor lido pelo pino onde está LDR
int LDR = 0; // Valor que mapeado para o auto falante
int sensorMin = 42; // Valor mínimo detectado pelo LDR (olhar na porta serial e alterar para a sua leitura)
int sensorMax = 950; // Valor máximo detectado pelo LDR (olhar na porta serial e alterar para a sua leitura)
int freqMin = 200; // Frequência mínima (em Hz) a ser tocada pelo auto falante
int freqMax = 1200; // Frequência máxima (em Hz) a ser tocada pelo auto falante
void setup() {
  // Inicializa a comunicação serial
  Serial.begin(9600);
}
void loop() {
  // Lê o avalor analógico do LDR
  sensorValue= analogRead(ldrPin);
  // mapeia os valores do LDR para as frequências desejadas
  LDR = map(sensorValue, sensorMin, sensorMax, freqMin, freqMax);
  tone(speaker, LDR); // A Função tone é responsável por fazer o auto falante tocar a frequência desejada - tone(pino,
  frequência);
  // print the results to the serial monitor:
  Serial.print("sensor = ");
  Serial.println(sensorValue);
  delay(2); // espera 2 milisegundos
}
```

2.2.5c FAZENDO FUNCIONAR O THEREMIN

Experiência 11: O procedimento para demonstrar o funcionamento do Theremin construído com o Arduino está descrito a seguir. Inicialmente, cada aluno deverá colocar uma das mãos acima do sensor LDR, aproximando-a bem, e depois afastá-la vagarosamente. Em seguida, será perguntado aos alunos qual grandeza física está variando, quando eles aproximam e afastam a mão do sensor LDR. Após, pode-se perguntar aos alunos qual a relação entre a aproximação da mão e os sons graves e agudos assim produzidos. Também, os alunos podem ser inquiridos sobre o que seria o timbre do Theremin e se o mesmo é parecido ao de algum outro instrumento.

Experiência 12: Mostrar aos alunos o vídeo em que Leon Theremin toca o primeiro instrumento construído por ele, conforme o link <https://youtu.be/w5qf9O6c20o>

CAPÍTULO 3 – ASPECTOS CULTURAIS RELACIONADOS COM A FÍSICA DA MÚSICA

3.1 INTRODUÇÃO

No texto da presente introdução foram traduzidos, reescritos e adaptados textos das seguintes fontes: site <https://www.britannica.com/art/musical-instrument> da Enciclopédia Britânica, site <http://historiadamusicaantiga.blogspot.com.br/p/musica-na-grecia.html> e o livro de Roy Bennett, Uma breve história da música.

Os instrumentos musicais são componentes universais da cultura humana. A arqueologia revelou tubos e assobios no período do Paleolítico e tambores de argila e trombetas de casca no período Neolítico, conforme figura 32. As antigas culturas da cidade da Mesopotâmia, do Mediterrâneo, da Índia, do Leste Asiático e das Américas possuíam diferentes tipos de instrumentos musicais, indicando um longo desenvolvimento. Quanto à origem dos instrumentos musicais, no entanto, não se sabe ao certo. Alguns estudiosos especularam que os primeiros instrumentos foram derivados de objetos utilitários como potes de cozinha (tambores) e arcos de caça (arcos musicais); outros argumentaram que instrumentos de música poderiam ter precedido potes e arcos; enquanto nas culturas em todo o mundo a origem da música tem sido frequentemente atribuída ao culto aos deuses, especialmente em áreas onde a música é considerada um componente essencial do ritual necessário para a sobrevivência espiritual.



Figura 32: Flauta feita em osso de aproximadamente 32000 anos atrás, encontrada em Dordogne, França.

Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/23/a6/a3/23a6a3721e67343447db9c1e2e123423.jpg>.

O som produzido por um instrumento pode-se diferenciar por muitos fatores, como o material do qual o instrumento é feito, seu tamanho, forma e a maneira como ele é tocado. Por exemplo, um instrumento de cordas pode ser beliscado, percutido ou friccionado, cada método produzindo um som característico. Um instrumento de madeira atingido por uma baqueta soa diferente de um instrumento de metal, mesmo que os dois instrumentos sejam idênticos. Por outro lado, uma flauta de metal não produz um som tão diferente de uma feita de madeira, pois neste caso as vibrações estão na coluna de ar no instrumento. O timbre próprio dos instrumentos de sopro depende de outros fatores, como o comprimento e a forma do tubo. O comprimento do tubo não só determina o tom, mas também afeta o timbre: o flautim, sendo metade do tamanho da flauta transversal, tem um som estridente.

O primeiro passo na construção de qualquer instrumento é a seleção e preparação do material. A madeira utilizada para instrumentos de sopro ou de cordas, precisa ser temperada. Os metais, que são utilizados para cordas, sinos, címbalos, gongos, trombetas, passam por processos secretos em sua fabricação. Na construção e no ajuste dos instrumentos é necessária habilidade e em muitos o trabalho é de um artesão: na preparação do metal de uma flauta, na estrutura interna e externa do corpo de um violino ou de um violão. Tudo isso envolve mão-de-obra de especialistas em madeira e metal e, em muitos casos, um conhecimento da matemática do som.

A habilidade de um luthier (profissional que fabrica instrumentos), figura 33, similar à de um marceneiro e de um ourives, é desenvolvida por uma longa prática e os princípios que determinam o tom e a entonação foram descobertos por tentativa e erro. O crescimento de pessoas interessadas em música na Europa do século XVI estimulou a produção de instrumentos para serem utilizados não apenas para cerimônias, mas também para ocasiões sociais e como hobby. Então os fabricantes começaram a registrar seus instrumentos com seus nomes ou sobrenomes, pois muitos deles estabeleceram negócios familiares que duraram várias gerações. Por exemplo, o nome Stradivarius até hoje representa o melhor violino já construído entre os luthiers.



Figura 33: Luthier construindo um violão.

Fonte: <http://www.mundomax.com.br/blog/wp-content/uploads/2012/06/luthier-instrumento.jpg>.

A seguir, será fornecido um breve histórico sobre a música através de períodos como a antiguidade clássica até 476 d.C., idade média de 476 a 1450, renascentista de 1450 a 1600, barroco de 1600 a 1750, classicismo de 1750 a 1810, romantismo do século XIX de 1810 a 1910 e música do

século XX que compreende de 1900 em diante. Essa divisão em datas não corresponde com precisão ao início e ao fim dos períodos, pois os estilos acabam sobrepondo-se uns aos outros sem deixar clareza em suas interfaces.

ANTIGUIDADE CLÁSSICA

Se procurarmos a etimologia da palavra música, vamos encontrar que ela tem sua origem do grego com o termo musiké téchne, que significa a arte das musas. Quando se trata da música ocidental, é preciso olhar para as práticas dos romanos e gregos, pois os músicos da Idade Média não conheciam nenhum exemplo anterior a eles. A igreja cristã primitiva condenava algumas práticas sociais que estavam associadas à música ou até alguns rituais pagãos que, de acordo com seu julgamento, deveriam ser eliminados. Mesmo com essa luta da igreja, sobraram vestígios em mosaicos e esculturas que demonstravam a importância da música na vida militar, no teatro, nos rituais e na religião.

A mitologia na Grécia antiga atribuía à música uma origem divina, com seus deuses e semideuses, tais como Apolo e Orfeu. Para os gregos, a música tinha propriedades de cura, purificava o corpo e o espírito, podendo inclusive realizar milagres na natureza. Na igreja primitiva e na cultura grega, a música tinha algumas semelhanças: era monofônica, improvisada e associada à palavra ou à dança. O fundador do pensamento grego no domínio da música foi Pitágoras, que viveu de 570 a.C. a 495 a.C. Ele, através de um monocórdio, instrumento de apenas uma corda, definiu uma escala musical. Esse filósofo também associou a harmonia da música a relações numéricas perfeitas e ao cosmos. Alguns nomes importantes da filosofia e da ciência da Grécia antiga, influenciados pela escola Pitagórica, afirmavam que a música estava ligada à astronomia. De acordo com Platão (428 a.C. - 347 a.C.), o grande sábio de Atenas, existia a “música das esferas”. Claudio Ptolomeu (sec. II d. C), um dos mais importantes astrônomos da antiguidade, pensava que as leis matemáticas estavam na base tanto dos intervalos musicais como do sistema de corpos celestes. Para ele havia uma correspondência entre as notas musicais e as órbitas dos planetas, figura 34.

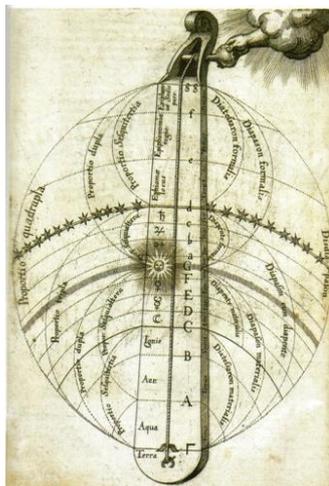


Figura 34: “A música das esferas”, utriusque cosmi.

Fonte: <http://www.amigodaalma.com.br/wp-content/uploads/Utriusque-Cosmi-Robert-Fludd.0.3.jpg>.

Para os gregos antigos os instrumentos musicais eram divididos em três classificações: os Cordofones (instrumentos de cordas percutidas), os Aerofones (instrumentos de sopro), os Membranofones e Idiofones (instrumentos de percussão).

Dentre os Cordofones estava a Kithara, instrumento de cinco a sete cordas tocada por um plectro, que tinha a mesma função das palhetas atuais, porém era feito de madeira dura em formato

de folha, coração ou martelo. A caixa de ressonância desse instrumento era retangular, grande, toda em madeira, sustentando dois braços em ângulos para ajuste e adaptação ao corpo, conforme a figura 35 a seguir.



Figura 35: Kithara, instrumento de cordas tocado pelos gregos antigos.

Fonte: [https://t00.deviantart.net/1nRkJUru7XVPZ4Se-MFz2qYA42U=/fit-in/700x350/filters:fixed_height\(100,100\):origin\(\)/pre00/8518/th/pre/i/2016/255/9/c/kithara_or_lyr_e_vittorio_carvelli_by_vittoriocarvelli-dahdv60.png](https://t00.deviantart.net/1nRkJUru7XVPZ4Se-MFz2qYA42U=/fit-in/700x350/filters:fixed_height(100,100):origin()/pre00/8518/th/pre/i/2016/255/9/c/kithara_or_lyr_e_vittorio_carvelli_by_vittoriocarvelli-dahdv60.png)

Outra classificação é dos aerofones. Dentre eles está o aulos, figura 36, que é considerado um dos principais instrumentos da Grécia antiga. Parecido com uma flauta, é constituído por dois tubos de madeira, caniço ou osso, em formato cônico ou cilíndrico; seu som é produzido pela vibração de palhetas, após a passagem do ar no meio do tubo. O som produzido pela vibração é amplificado no interior dos tubos.



Figura 36: Aulos, instrumento tocado na Grécia antiga.

Fonte: <http://s2.thingpic.com/images/vU/WPzrcszZDWca4iw2Wrrd9trJ.jpeg>.

A última classificação dos instrumentos é a dos membrafones e idiofones. Dentre esses está o tympanon, figura 37, tambor de forma cilíndrica com diâmetro entre 30 a 50 cm. Com uma pele esticada em uma de suas aberturas, o som era produzido através dos dedos, que percutiam a pele. Era utilizado em danças e ritos, conforme figura 38. Não era um instrumento musical sério, segundo Platão e Aristóteles.



Figura 37: Tympanon, espécie de tambor tocado na Grécia antiga.

Fonte: <https://allendemusica.files.wordpress.com/2011/02/tympanon1.jpg>.



Figura 38: Mosaico de Pompéia, músicos tocando instrumentos como o tympanon e o aulos.

Fonte: <https://i.pinimg.com/564x/12/69/38/126938bf74f82da6432c0bf3286dea8d--roman-dress-roman-mosaics.jpg>.

IDADE MÉDIA

As músicas mais antigas das quais se tem relato eram monofônicas, com uma única melodia. Um canto que tinha essas características, permeando a antiguidade e idade média era o Cantochão, conforme vemos na linha do tempo da figura 39. Cantado em coros, de modo alternado ou no estilo de responsório, geralmente era usado em igrejas e abadias.

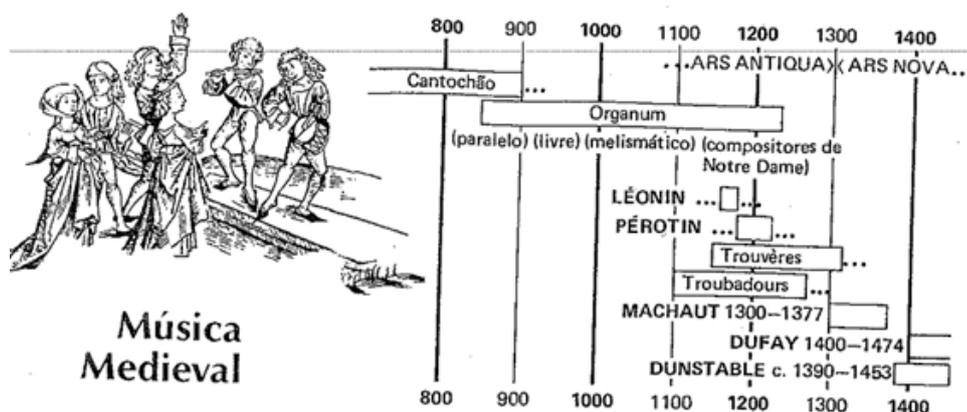


Figura 39: Linha do tempo com estilos e compositores do período Medieval

Fonte: site https://kupdf.com/download/bennett-roy-uma-breve-historia-da-musicapdf_596c0495dc0d60b41ea88e7d_pdf. com arquivo pdf do livro “Uma breve história da música” de Roy Bennett, já citado.

As primeiras músicas polifônicas, com duas ou mais linhas melódicas, datam do século IX. Nessa época os compositores buscavam maior beleza e refinamento em suas músicas, por isso introduziam mais linhas de vozes em suas composições. Composições que apresentam essa característica são chamadas de *Organum*. Algum tempo depois no século XII, Paris se destacava como centro musical desde a criação da catedral de Notre Dame, figura 40, em 1163, onde um grupo de compositores pertencentes à chamada “Escola de Notre Dame” elaboravam suas composições no estilo *organum*. Dois nomes dessa época são conhecidos, Léonin, primeiro mestre do coro da catedral e Pérotin, seu sucessor que trabalhou de 1180 até cerca de 1225.



Figura 40: Catedral de Notre Dame, em Paris.

Fonte: http://cleofas.com.br/wp-content/uploads/2012/12/2007050800_blog.uncovering.org_notre_dame_paris_446031519_9ae7f37455_b-1-tm.jpg.

As danças e canções medievais eram em sua maioria monofônicas. Entre os séculos XII e XIII surgiram os compositores chamados de *troubadours* (trovadores), aristocráticos poetas músicos do Sul da França e os *trouvères* que eram do Norte. Seus nomes estão ligados ao verbo descobrir, ou seja, descobriam ou inventavam poemas e melodias.

Dentre as danças mais populares medievais estavam os *estampie* (provavelmente “dança sapateada”) e o *saltarello* (“dança saltitante”). Para acompanhar essas danças eram usados alguns instrumentos como os apresentados na figura 41.

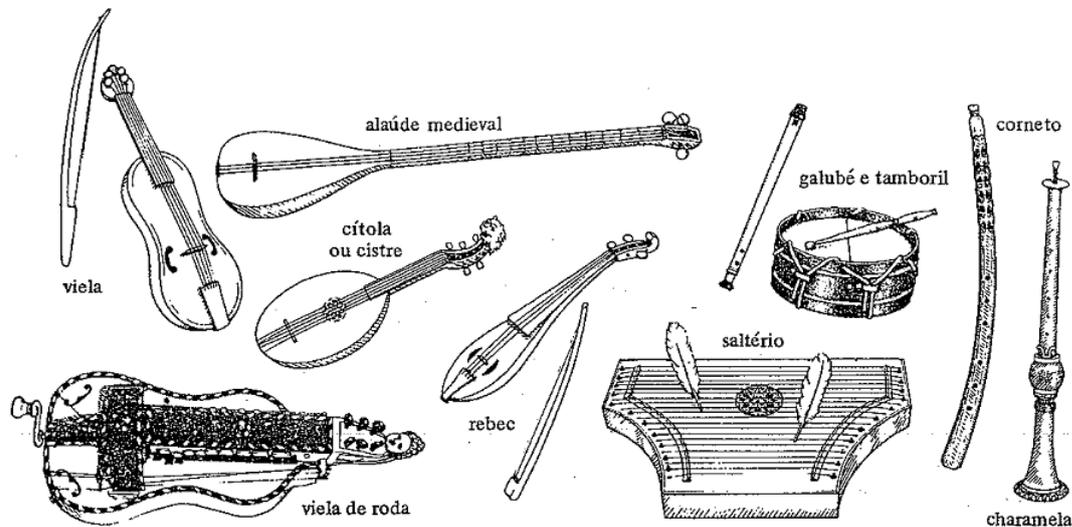


Figura 41: Instrumentos utilizados no período Medieval.

Fonte: <https://reader001.docslide.net/reader001/html5/20170731/55721280497959fc0b9083cc/bg1.png>

RENASCENTISTA

Período em que se tem destaque grandes descobertas e explorações geográficas, a Renascença se caracteriza por um enorme interesse pelo saber e pela cultura, particularmente a relacionada com as ideias dos antigos gregos e romanos. Nessa época, exploradores como Colombo, Vasco da Gama e Cabral faziam suas viagens de descobrimento e, em paralelo, se construíam grandes avanços na ciência e na astronomia. Nesse período, o homem buscava conhecer os mistérios que faziam parte de suas emoções e de seu espírito, aprimorando a percepção de seu próprio ser e do mundo em que fazia parte. Ele começou a deduzir as coisas por conta própria. Essas características influenciaram pintores, arquitetos, escritores, músicos e cientistas; e, naturalmente, marcaram profundamente suas criações, como a famosa pintura “Os Embaixadores” do pintor renascentista alemão Hans Holbein (1497-1543), conforme vemos na figura 42.



Figura 42: “Os Embaixadores”, pintura de Hans Holbein (1497-1543), pintor alemão renascentista, que traz vários códigos em sua obra.

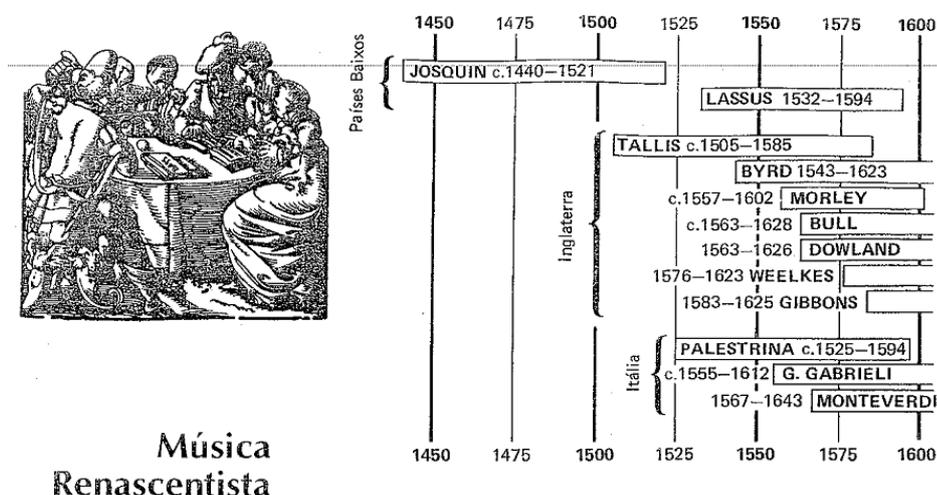
Fonte:http://www.ensinarhistoriajoelza.com.br/wp-content/uploads/2017/01/Embaixadores_grande-1024x1024.jpg.

Nessa época os compositores passaram a se interessar muito mais pela música profana, utilizando os instrumentos não mais com a finalidade de acompanhar vozes. Apesar dessa afirmação, as músicas de destaque nessa época foram escritas exclusivamente para a igreja, num estilo chamado de “polifonia coral”. Essas músicas eram cantadas no que chamamos de *a cappella*, corais cantados sem o acompanhamento de instrumentos.

As principais músicas sacras da época continuaram sendo a missa e o moteto, explorando muito mais o “baixo”, sons mais graves. Em 1550 o cantochão deixou de servir de base melódica para dar lugar a canções populares.

Algo curioso na música da Renascença é o fato de os compositores, que assumiram a frente deste pensamento, serem quase todos dos Países Baixos (Holanda), embora a Itália e a Inglaterra estivessem destinadas a ser, nos anos futuros, os centros musicais mais importantes da Europa.

Josquin des Prez (1440-1521), primeiro nome destacado na linha do tempo da figura 43, era um músico conhecido como “Príncipe dos Compositores” pelo modo como ressaltava o sentido das palavras no canto. Uma de suas composições é o moteto *Absalon fili mi*, que constitui um arranjo rico, de tons sombrios.



Música Renascentista

Figura 43: Linha do tempo com estilos e compositores do período Renascentista.

Fonte: site https://kupdf.com/download/bennett-roy-uma-breve-historia-da-musicapdf_596c0495dc0d60b41ea88e7d_pdf com arquivo pdf do livro “Uma breve história da música” de Roy Bennett, já citado.

Encontramos também, ao ouvir *Agnus Dei*, da *Missa Papae Marcelli* (Missa em memória ao papa Marcelo) de Palestrina, figura 44, uma polifonia coral que atinge o máximo de sua beleza e expressividade, durante a segunda metade do século XVI. Outros também nesse estilo eram Byrd (Inglaterra) e Victoria (Espanha).



Figura 44: Palestrina, compositor Renascentista.

Fonte: <http://www.hagaselamusica.com/img/galeria/img-708.jpg>.

No século XVI, na Alemanha, com a Igreja Protestante, a qual Martinho Lutero liderava, procurando encontrar caminhos que levassem as pessoas a um contato mais direto com Deus, acabou-se desenvolvendo a tradição de compor hinos para serem cantados em alemão por toda congregação, em lugar dos corais cantados em latim. Dessa época um dos hinos mais conhecidos na Alemanha é o “*Nosso Deus ainda é uma cidadela segura*” (Castelo Forte), provavelmente de autoria do próprio Lutero e ainda hoje é cantado nas igrejas protestantes.

Enquanto a música sacra renascentista era tocada nas igrejas, fora delas houve uma expansão das canções populares, em seus mais variados estilos, expressando todo tipo de emoção e estados de espírito. Dentre elas estavam a frótola e o madrigal italiano, o Lied alemão, o villancico espanhol e a canção francesa.

Os compositores venezianos gostavam muito de empregar instrumentos ao lado de vozes na música sacra e, com isso, podiam incluir em suas obras vários instrumentos, cada qual ligado ao seu próprio coro. Houve uma época em que os instrumentos eram menos importantes que as vozes, usados apenas nas danças ou acompanhando cantos, porém apenas duplicando a voz. Mas durante o século XVI, alguns compositores começaram a escrever músicas para instrumentos, figura 45, agora para serem apreciadas ao serem simplesmente tocadas.

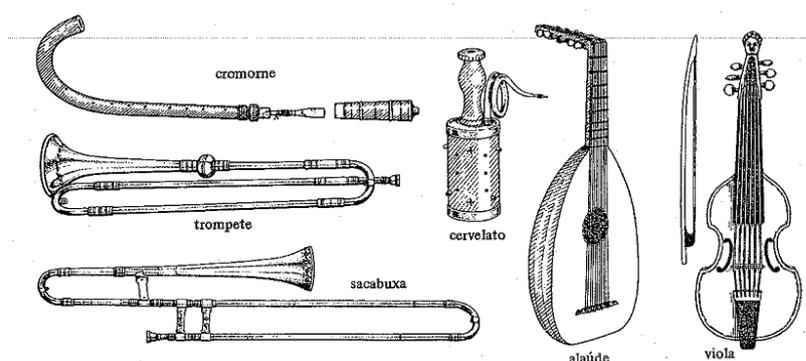


Figura 45: Instrumentos utilizados no período Renascentista.

Fonte: site https://kupdf.com/download/bennett-roy-uma-breve-historia-da-musicapdf_596c0495dc0d60b41ea88e7d_pdf com arquivo pdf do livro “Uma breve história da música” de Roy Bennett, já citado.

Em muitos lares elisabetanos, além de flautas, alaúdes e violas, havia também um instrumento de teclas, cujas cordas eram percutidas por diminutas cunhas de metal (tangentes), ou um virginal, o mais popular dos instrumentos de teclado, forma mais simplificada do cravo, como vemos na figura 46.



Figura 46: Virginal possivelmente de Elizabeth I – seu brasão está à esquerda do teclado.

Fonte: <http://2.bp.blogspot.com/-H-kGvpfqHP4/Tzk9EdQSH8I/AAAAAAAAA-Q/52IJh1Z4uOs/s1600/3717-large.jpg>.

BARROCO

Caracterizado pela grande dramaticidade, o uso expressivo dos contrastes entre tons claros e escuros, e os ornamentos com grande riqueza de detalhes, o estilo Barroco era utilizado na arquitetura e na pintura do século XVII, sendo posteriormente utilizado pelos músicos. Esse período é marcado no seu início pelo aparecimento da ópera e do oratório e em seu término pela morte do grande músico alemão J.S. Bach, figura 47. Entre as belas músicas desse compositor podemos destacar a Tocata e Fuga em Ré Menor, BWV 565, O Cravo Bem Temperado, a Arte da Fuga, Preludio e Fuga em Dó Maior, Concerto para dois violinos, Oratório de Natal e de Páscoa.



Figura 47: Johann Sebastian Bach, compositor do período barroco tardio.

Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6a/Johann_Sebastian_Bach.jpg.

Nessa época os compositores começaram a utilizar dos acidentes, bemóis e sustenidos, em suas músicas, algo pouco explorado no período anterior. No século XVII também surgiram novas formas e configurações, como a ópera, o oratório, a fuga, a suíte, a sonata e o concerto.

Os violinos começaram a substituir a família das violas, e a orquestra foi assim tomando forma, com as cordas sendo as principais na sua formação. Após essas modificações surgiriam dois gigantes do barroco tardio: Bach e Haendel, conforme vemos na linha do tempo da figura 48.

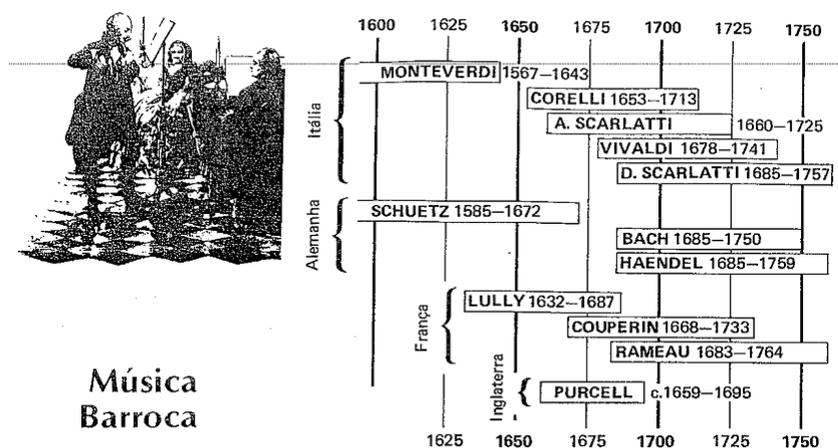


Figura 48: Linha do tempo com estilos e compositores do período Barroco.

Fonte: site https://kupdf.com/download/bennett-roy-uma-breve-historia-da-musicapdf_596c0495dc0d60b41ea88e7d_pdf com arquivo pdf do livro “Uma breve história da música” de Roy Bennett, já citado.

Um grupo de escritores e músicos que deram a si próprios o nome de Camerata, reorganizaram a forma de tocar as músicas, simplificando-as, inserindo uma chamada monodia, que era uma linha vocal, sustentada por uma linha de baixo instrumental, sobre a qual os acordes eram construídos. Essa linha de baixo deveria ser tocada por um instrumento grave de cordas, como o cello, por exemplo.

Em 1597, o surgimento da primeira ópera veio com a aplicação das músicas a todo um drama musical. *Dafne*, se baseava em uma antiga lenda grega, porém sua música se perdera, sobrando apenas fragmentos de Jacopo Peri. A primeira a nos chegar na íntegra foi Eurídice, composta por Peri e Caccini. Com Claudio Monteverdi, a ópera ganhou vida, em o Orfeo, composto em 1607, considerada a primeira grande ópera. Sua orquestra era composta por 40 instrumentos.

Os oratórios parecidos com as óperas, com suas apresentações em cenários e fantasias se diferenciavam pelo fato de eles se basearem em histórias sacras, geralmente tiradas da Bíblia. É no período Barroco que a música instrumental passa a ter a mesma importância que a vocal. A fuga é uma peça escrita para quatro vozes (soprano, alto, tenor e baixo), não importando se vocal ou instrumental. A cantata é para solistas e coros acompanhados por orquestras e contínuo (na época do Barroco feita pelo cravo), lembrando um oratório em miniatura.

A sonata (do latim *sonare*, que significa soar) era para ser tocada, enquanto que a cantata era pra ser cantada. Várias sonatas barrocas foram compostas para dois violinos e contínuo. Os compositores se referiam a elas como trisonatas pelo fato de serem escritas em três linhas, sendo duas dos violinos e uma do baixo cifrado.

A orquestra começou a tomar forma nesse período. O nome orquestra, inicialmente, começou a ser usado para designar um conjunto, formado ao acaso com quaisquer instrumentos disponíveis. Porém, conforme o tempo se passava, vieram artesãos que aperfeiçoaram os instrumentos de cordas, tornando-os uma unidade independente, constituindo a base de uma orquestra. Além das cordas, a orquestra passou a ser composta por outros instrumentos distribuídos individualmente ou em dupla como as flautas, oboés, fagotes, às vezes trompas e eventualmente trompetes e tímpanos.

Uma característica marcante das orquestras barrocas é a presença do órgão, figura 49, ou cravo contínuo, figura 50, preenchendo a harmonia, mantendo a unidade da orquestra.



Figura 49: Órgão com 3500 tubos do período Barroco.

Fonte: <https://static1.squarespace.com/static/50b2ffe6e4b054abacd906bb/t/52ff76f9e4b008058a460ab5/1430768620468/europe2013-184.jpg>



Figura 50: Cravo, instrumento musical utilizado no período Barroco.

Fonte: http://src.odiario.com/imagem/2015/12/07/g_0035527d-0002.jpg.

CLASSICISMO

A palavra clássico tem sua origem no latim *classicus*, que significa um cidadão da mais alta classe. Para nós está associado a algo que consideramos de alta classe, de primeira ordem, de extremo valor. Na música o termo é empregado em dois sentidos diferentes. Geralmente as pessoas usam “música clássica” considerando toda música dividida em duas grandes categorias: “clássica” e “popular”. Para o musicólogo “Clássico” com “C” maiúsculo tem sentido muito especial e preciso. Esse termo é usado para designar a música composta entre 1750 e 1810, curto período em que se destacam Haydn e Mozart, bem como composições iniciais de Beethoven.

Com relação às datas, a passagem do Barroco para o Clássico não é algo muito claro. A trio-sonata barroca vai gradualmente sendo substituída pela sonata clássica, e a abertura italiana, presente em

diversas óperas barrocas, começa a transformar-se na sinfonia clássica. A data final do período é marcada para muitos como a morte de Beethoven, 1827.

A primeira fase desse período é conhecida como estilo galante, estilo amável, cortês, que visava principalmente agradar o ouvinte. Muita coisa nessa música peca pela falta de profundidade, mas naquilo que ela tem de melhor, como as composições de Carl Philip Emanuel e Johann Christian, filhos de Bach, conforme figura 51, e as primeiras obras de Haydn e Mozart, mostra-se refinada, bem elaborada e extremamente elegante.

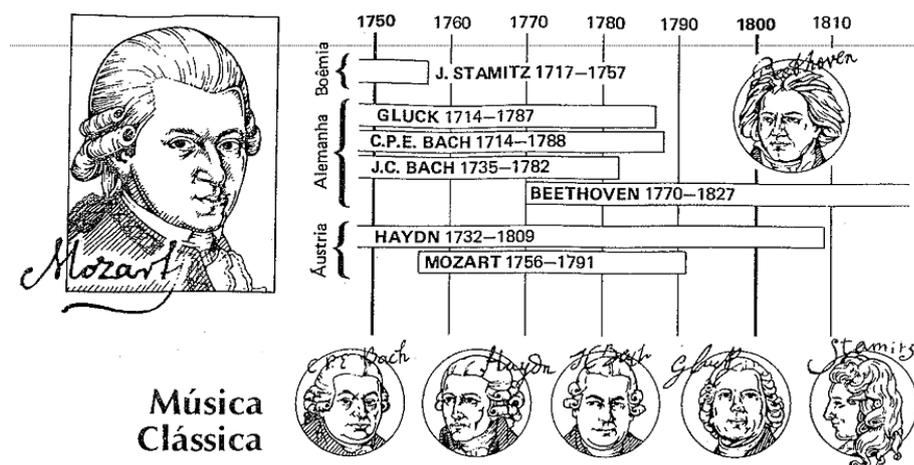


Figura 51: Linha do tempo com estilos e compositores do período Clássico.

Fonte: site https://kupdf.com/download/bennett-roy-uma-breve-historia-da-musicapdf_596c0495dc0d60b41ea88e7d_pdf com arquivo pdf do livro “Uma breve história da música” de Roy Bennett, já citado.

Nesse período a orquestra está agora em pleno desenvolvimento. Antes o uso do contínuo era característica, agora já cai em desuso, com a aplicação de instrumentos de sopro. As clarinetas passam a ter seu lugar certo já no final do século XVIII, quando as madeiras se tornaram uma seção independente dentro da orquestra.

No período Clássico, pela primeira vez em toda história da música, as obras para instrumentos passam a ter maior importância que as composições para canto. Muitas obras foram escritas especialmente para o piano, instrumento provavelmente inventado em 1698, na Itália, por Bartolomeo Cristofori, que em 1700 chamou-o de gravicembalo col piano e forte, isto é, “cravo com suave e forte”. A diferença entre o cravo e o piano é que no primeiro as cordas são tangidas e no segundo, batidas por martelos de maneira suave ou forte, dependendo da pressão aplicada nos dedos. Com essa característica o piano teria grande poder de expressão, permitindo uma série de possibilidades novas e fascinantes.

A sonata para os compositores clássicos era o nome dado a uma obra em diversos movimentos, para um ou dois instrumentos no máximo, por exemplo, um piano ou um violino, ou piano e violino. Se a obra fosse para três instrumentos receberia o nome de trio; se fosse para quatro de quarteto; para cinco de quinteto, e assim por diante. Outro tipo importante de composição para orquestra era a sinfonia e o concerto. A sinfonia era na realidade uma sonata para orquestra. O concerto teria sua origem no período Barroco e é uma composição escrita para um ou mais solistas com acompanhamento de uma orquestra ou piano.

Mozart (1756-1791), figura 52, é bastante conhecido pelos seus concertos e também por suas três grandes óperas, *As Bodas de Fígaro*, *Don Giovanni* e *A Flauta Mágica*. São obras que revelam a fina

percepção que Mozart tinha da natureza humana, o que o habilitava a dar vida e calor aos seus personagens.

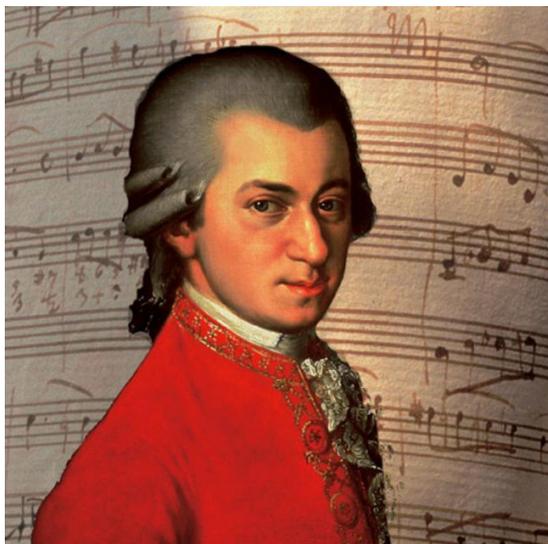


Figura 52: Wolfgang Amadeus Mozart, compositor do período Clássico.

Fonte: <http://mediad.publicbroadcasting.net/p/wrti/files/styles/medium/public/201405/WAMozart.jpg>.

Bethoven, figura 53, é uma colossal figura na história da música. Tal como Monteverdi, dois séculos antes, também atravessou duas eras. É descrito como o último dos compositores clássicos e, ao mesmo tempo, o primeiro dos românticos. Ao contrário de outros que lhe precederam, não escrevia para agradar ou servir patrocinadores ricos. Compunha para agradar a si mesmo.

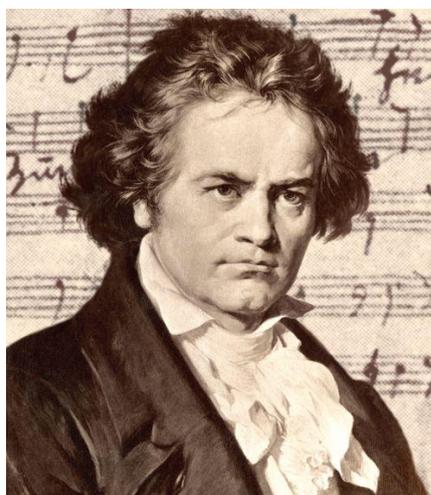


Figura 53: Ludwig Van Beethoven, compositor do período clássico.

Fonte: https://d37va2rovhwkkr.cloudfront.net/preview_images/news/167_0.jpg.

ROMANTISMO NO SÉCULO XIX

O Romantismo foi primeiramente empregado para descrever o despontar das novas ideias que passaram a prevalecer na pintura e na literatura, no final do século XVIII. Após algum tempo, os

músicos utilizaram o termo para descrever as mudanças no estilo musical ocorridas logo depois da virada do século.

Enquanto compositores clássicos tinham como meta o equilíbrio entre a estrutura formal e a expressividade, os românticos vieram desequilibrar a balança. Através da música os românticos, conforme linha do tempo da figura 55, buscavam maior liberdade de forma numa expressão mais intensa e vigorosa de suas emoções, revelando seus pensamentos e sentimentos, inclusive suas dores. Muitos compositores românticos eram grandes leitores, ligados também às artes plásticas, relacionando-se estreitamente com escritores e pintores. Nesse período alguns quadros serviam como fonte de inspiração para alguns compositores, ou até poemas ou romances lidos por esses. Na Finlândia, Sibelius se inspirava no Kalevala, figura 54, poema épico baseado na mitologia, para compor a *Suíte Lemminkäinen*.



Figura 54: Quadro de Axel Gallen-Kallela: mãe de Lemminkäinen , 1897, inspirou Sibelius em sua composição.

Fonte: http://www.medievalhistories.com/wp-content/uploads/large_Gallen_Kallela_Lemminkainens_Mother-1024x807.jpg.

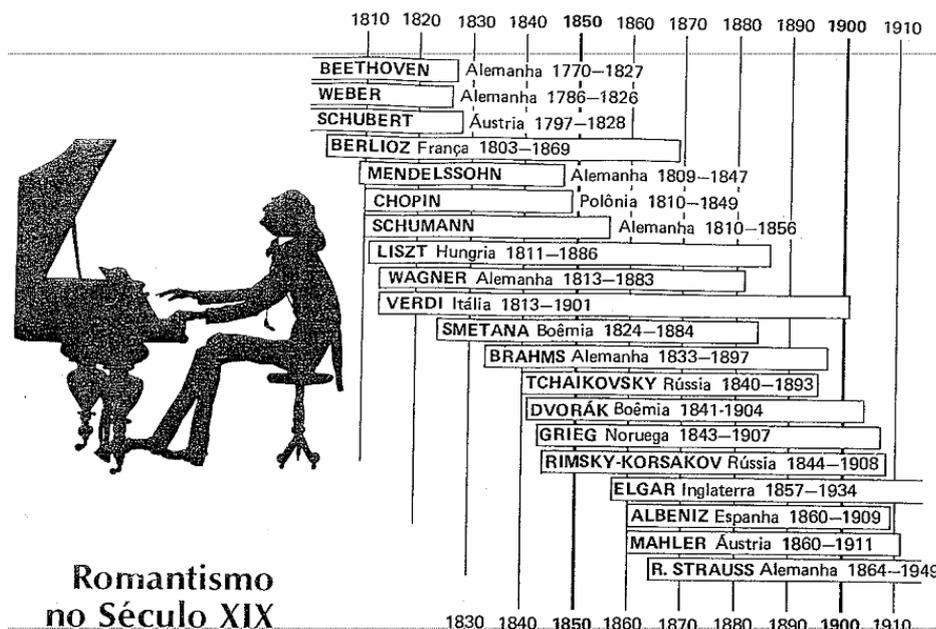


Figura 55: Linha do tempo com estilos e compositores do Romantismo no século XIX.

Fonte: site https://kupdf.com/download/bennett-roy-uma-breve-historia-da-musicapdf_596c0495dc0d60b41ea88e7d_pdf com arquivo pdf do livro “Uma breve história da música” de Roy Bennett, já citado.

Nesse período as melodias ternas ou apaixonadas tornam-se mais líricas, semelhantes a canções. As harmonias se tornam mais ricas e profundas no plano emocional com maior emprego de dissonâncias, introduzindo notas cromáticas estranhas as tonalidades. A orquestra cresceu enormemente, não só em tamanho, como também em abrangência. A seção dos metais, logo completada com a adição da tuba, ganhou flexibilidade e alcance aos instrumentos. Os compositores agora escreviam, algumas vezes, para instrumentos de madeira em grupos de três ou mesmo de quatro, adicionando o flautim, o clarone, o corne inglês e o contrafagote.

Durante o romantismo, houve um rico florescimento da canção, especialmente do Lied alemão, para voz solo e piano. O primeiro grande compositor de *Lieder* foi Schubert, que durante seu curto tempo de vida, compôs mais de 600 canções, abordando todas as possíveis emoções e estados da alma. Dentre os *Lieders* escritos por Schubert está o fortemente dramático *Erkönig*, que escreveu aos 18 anos e o *An die Musik* (Em louvor da Música), entre outros. Outros compositores importantes desse estilo foram Schumann, Brahms, Hugo Wolf e Richard Strauss.

Devido aos laços ligando a música às outras artes e à literatura, muitos compositores tiveram grande interesse pela música programática, música que “conta uma história”, descritiva, evocando imagens na mente do ouvinte. Muitas peças para piano desse período são programáticas, mas foram nas orquestras que os compositores exprimiram essas ideias com maior precisão.

Outra forma de compor era a chamada música incidental ou de cena que era feita com o objetivo de ser ouvida em certos momentos de representação de alguma peça, ou seja, para criar uma atmosfera no começo de um ato ou de uma cena. Também usada durante a troca de cenários e até como fundo sonoro no decorrer do espetáculo. Um compositor de destaque nesse estilo musical é Tchaikovsky, figura 56, com o balé “O Lago dos Cisnes”, figura 57.



Figura 56:Piotr Ilitch Tchaikovsky, compositor romântico russo.

Fonte:<http://cdn-images.audioaddict.com/3/0/3/1/7/7/303177293f1308b00e152c8993902cdd.png>.



Figura 57: O Lago dos Cisnes de Tchaikovsky

Fonte: <https://marimontenegro.files.wordpress.com/2007/09/o-lago-dos-cisnes-apresentado-pelo-london-city-ballet-1988.jpg>.

Wagner, figura 58, grande compositor desse período, com suas óperas mais conhecidas: *O Navio Fantasma*, *Tristão e Isolda*, figura 59, *Os Mestre Cantores de Nuremberg*, preferia chamar suas obras de dramas musicais, pois queria assim promover a perfeita fusão de todas as artes cênicas – o canto, a representação, os costumes e o cenário, a iluminação e os efeitos de cena. É a orquestra, contudo, que mais contribui para o resultado final.



Figura 58: Richard Wagner, compositor do romantismo.

Fonte: <https://images.sul21.com.br/file/sul21site/2013/05/20130518portrait-of-richard-wagne-008.jpg>.



Figura 59: Quadro Tristão e Isolda do pintor inglês Herbert James Draper.

Fonte: <http://www.revistadigital.com.br/wp-content/uploads/2014/01/Imagem11.jpg>

Mais ou menos até metade do século XIX, toda música fora praticamente dominada pelas influências germânicas. Foi quando compositores de outros países, particularmente Glinka na Rússia, Smetana da Boêmia e Grieg da Noruega, começaram a sentir necessidade de se libertar dessas influências e descobrir um estilo musical que lhes fosse próprio. Isso deu origem a uma forma do romantismo chamada nacionalismo.

MÚSICA DO SÉCULO XX

Também descrita como “anti-romântica”, a música no século XX, conforme linha do tempo da figura 60, constitui uma longa história de tentativas e experiências que levaram a uma série de novas e fascinantes tendências, técnicas e, em certos casos, também à criação de novos sons. À medida que aparece uma nova tendência, um novo rótulo surge imediatamente para defini-la, daí resultando um emaranhado de nomes terminados em “ismos” e “dades”. Todos esses rótulos possuem algo em comum, eles representam uma reação consciente contra o estilo romântico do século XIX.

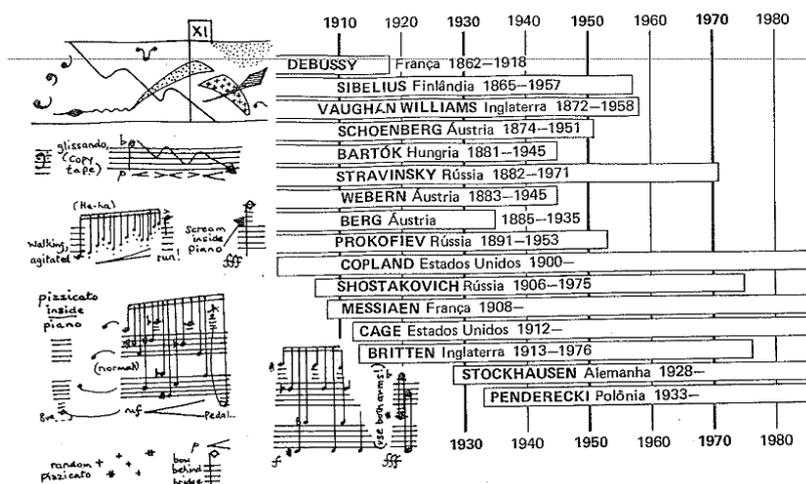


Figura 60: Linha do tempo com compositores da música do século XX.

Fonte: site https://kupdf.com/download/bennett-roy-uma-breve-historia-da-musicapdf_596c0495dc0d60b41ea88e7d_pdf com arquivo pdf do livro “Uma breve história da música” de Roy Bennett, já citado.

Alguns compositores têm continuado a compor segundo aquilo que é basicamente identificado como o apaixonado estilo romântico, embora injetando em suas obras certo grau de vitalidade rítmica e dissonância que as define, sem dúvida alguma, como pertencentes a este século. Exemplos são o compositor inglês William Walton e o norte-americano Samuel Barber.

Pierre Boulez, compositor e regente francês já sugeriu que a música moderna começa com *L'Après-Midi d'un Faune*, de Debussy. Essa foi a primeira obra importante do compositor, terminada em 1894, naquilo que chamou de estilo impressionista, termo tomado do estilo de pintura de um grupo de artistas franceses, figura 61. Em vez de fazerem suas pinturas parecerem “reais”, esses artistas procuravam dar meramente uma impressão, como a que os olhos percebem de relance: a impressão de vagos e nebulosos contornos, e o jogo de luzes oscilantes e movimentos fugidios



Figura 61: “As Casas do Parlamento”, do pintor impressionista Claude Monet.

Fonte: [http://img.wikioo.org/Art.nsf/O/8XXRD5/\\$File/Claude-Monet-The-Thames-below-Westminster.JPG](http://img.wikioo.org/Art.nsf/O/8XXRD5/$File/Claude-Monet-The-Thames-below-Westminster.JPG)

A música do século XX tem grande influência do Jazz norte –americano e seus componentes como, grande vitalidade nos ritmos, por vezes fortemente sincopado; melodias sincopadas sobre ritmo constante; blues note; maior interesse pelos sons de percussão. Alguns compositores como Ravel, Milhaud, Gershwin, Kurt Weill, Stravinsky, Walton e Copland, enfatizaram deliberadamente muitos desses elementos jazzísticos em alguns de seus trabalhos.

Certos compositores do século XX, introduziram a técnica chamada de politonalidade, no qual produzem dois ou mais tons ao mesmo tempo. Dentre esses compositores está Stravinsky nos balés Petrushka e A Sagração da Primavera, conforme figura 62.



Figura 62:A Sagração da Primavera de Stravinsky

Fonte: <http://corpoemdanca.com/wp-content/uploads/2012/08/sagracao1.jpg>

Outro termo tomado da pintura do século XX é o expressionismo, que floresceu em Viena no princípio deste século. Nesse estilo de pintura os pintores jogavam sobre a tela suas experiências e estados de espírito mais íntimos, figura 63: o mundo tenebroso de seus terrores mais secretos e as fantásticas visões do subconsciente, muitas vezes sugerindo a desagregação mental.



Figura 63: “O Grito” de Edvard Munch, pintor expressionista.

Fonte: <http://www.sabercultural.com/template/obrasCelebres/fotos/O-Grito-Edvard-Munch-Foto01.jpg>

Na música, o expressionismo começou como um exagero, até mesmo uma distorção, do romantismo tardio, em que os compositores passaram a despejar na música toda a carga de suas emoções mais intensas e profundas. Dentre esses estavam Arnold Schoenberg (que também era pintor) e seus alunos: Alban Berg e Anton Webern. Os três trabalharam juntos na capital austríaca, tornaram-se conhecidos como “A Segunda Escola de Viena”.

Como forte reação do romantismo tardio surge o Neoclassicismo, onde a expressão de emoções intensas era deliberadamente evitada. Alguns compositores buscaram inspiração no período clássico propriamente dito: o caso da música de Haydn e Mozart. Outros voltaram ainda mais no tempo, até o barroco, tendo como modelos Bach e Haendel, Purcell ou Monteverdi. Obras características do estilo neoclássico são o balé Pulcinella (baseado em melodias de compositores barrocos, sobretudo Pergolesi), o Concerto para Piano e Instrumentos de Sopro e a Sinfonia dos Salmos, de Stravinsky, figura 64; os quatro Concertos, Op. 36, para piano, cello, violino e viola.



Figura 64: Igor Stravinsky, compositor do século XX.

Fonte: <https://static-secure.guim.co.uk/sys-images/Observer/Pix/pictures/2015/9/5/1441445484326/Igor-Stravinsky-009.jpg>.

Alguns compositores dessa época, à procura de novos materiais para incorporar à música, viram no Oriente uma bela fonte de inspiração. Por exemplo, Olivier Messiaen, compositor francês, utilizava em suas músicas ritmos hindus e padrões métricos da poesia clássica grega. Outro material a exercer grande fascínio sobre Messiaen é o canto dos pássaros, tanto os de sua terra como os dos lugares mais exóticos do mundo. Vários compositores também preparavam seus instrumentos incluindo parafusos, pedaços de borracha, correntes em seus pianos. Isso afetava tanto o timbre como a afinação das notas, produzindo sonoridades variadas, a sugerir sinos, gongos e tambores orientais.

A música eletrônica originou-se na Alemanha, na década de 1950, e inclui todos os sons registrados por microfones e também aqueles produzidos por geradores eletrônicos de sons. O componente básico da produção sonora é o oscilador. Os sons podem ser eletronicamente modificados de várias maneiras, incluindo-se o ajustamento de volume, a filtragem (supressão de frequências indesejadas), a adição de vibratos (“ondeamento”), reverberações (o “retardamento” do som de modo que ele desapareça lentamente), ecos (o som é repetido enquanto vai desaparecendo). Um dos mais importantes compositores da música eletrônica é Karlheinz Stockausen, figura 65, autor de obras como *Kontakte*, para sons eletrônicos, piano e percussão; *Telemusik*; *Mikrophonie I*, para gongo, dois microfones, dois filtros e dois potenciômetros.

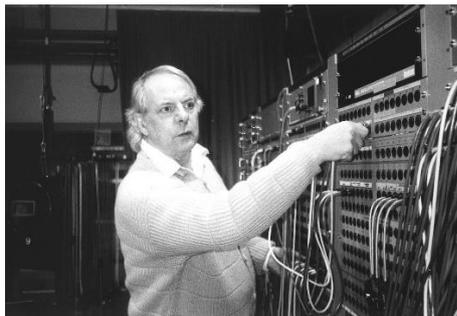


Figura 65: Karlheinz Stockhausen, compositor de música eletrônica do século XX

Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/46/Stockhausen_1994_WDR.jpg/1200px-Stockhausen_1994_WDR.jpg.

3.2 O QUE É REVERBERAÇÃO?

Quando estamos, por exemplo, num auditório ou numa sala, e uma fonte produz um som, ouvimos não apenas o som direto da fonte, mas também sons produzidos pela reflexão nas paredes, no teto e no chão. Esse efeito de reflexão do som é conhecido por *reverberação*. O tempo de reverberação está relacionado com o volume do ambiente e a capacidade de absorção do som pelas paredes, chão e teto do mesmo.

Com a necessidade de locais com boa acústica para apresentações de orquestras e grupos sinfônicos, surgiram na Alemanha, aproximadamente no século XVIII, algumas igrejas que eram utilizadas para concertos de Sebastian Bach. No Brasil existem várias salas específicas para concerto. A seguir vamos sucintamente descrever três dessas salas. A Sala de concertos Capela Santa Maria em Curitiba no Paraná, figura 66, construída pela Congregação Marista em 1939, é mantida pela prefeitura da cidade e é destinada à música erudita. Já se apresentaram nessa sala grandes nomes e importantes grupos de música erudita e antiga do Brasil e do exterior. Conta com 278 lugares e sua sala de ensaio possui vidros especiais para melhorar a qualidade acústica.

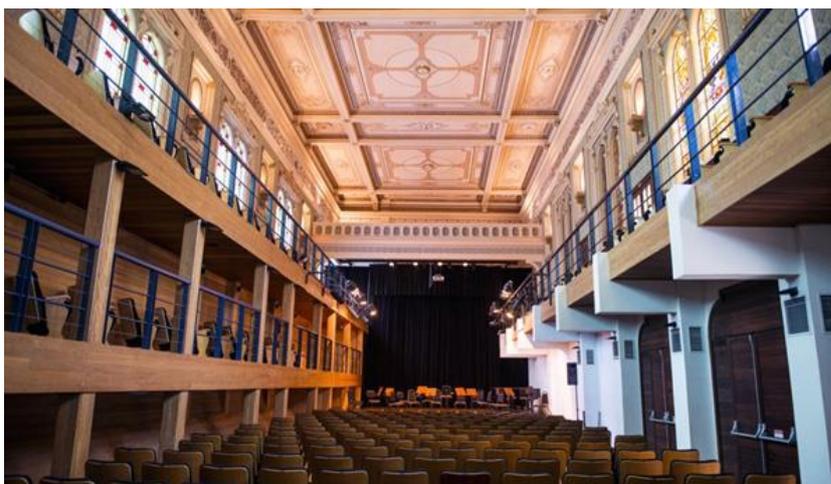


Figura 66: Capela Santa Maria Espaço Cultural em Curitiba – PR.

Fonte: <https://1.bp.blogspot.com/-jCdit0Paoew/VucNxf5Jn6I/AAAAAAAAAetc/L7jLIhoCThUyFRXDh9Ot4lQUzAOePO30Q/s1600/capela-santa-maria.jpg>.

Outra sala que podemos destacar é a Sala Minas Gerais em Belo Horizonte, figura 67. O seu ambiente fantástico, com 1477 lugares, teve seu projeto coordenado e realizado por uma equipe profissional de referência mundial em acústica. Ela tem característica baseadas em salas como a Sala São Paulo, Philharmonie em Berlin, Musikverein em Viena, entre outras.



Figura 67: Sala Minas Gerais em Belo Horizonte.

Fonte: http://vejabh.abril.com.br/images/vejabh/2015/03/10/1624/r4DIB/2415_musica01.jpeg?1426015482.

Para finalizar, podemos citar a Sala São Paulo em São Paulo capital. Figura 68, considerada por sua qualidade acústica como uma das dez melhores do mundo. Foi a primeira sala construída no Brasil para apresentação de grandes concertos. Ela está numa área onde se localizava o pátio de uma estação de trem, aproveitando as enormes colunas da estação, que se destacam por sua beleza. Possui um teto móvel que pode ser ajustado conforme a acústica de cada concerto. Essa sala comporta até 1484 espectadores.



Figura 68: Sala São Paulo em São Paulo Capital.

Fonte: <http://checkinsaopaulo.com/wp-content/uploads/2017/05/Capa.jpg>.

Mesmo que projetos de arquitetura acústica sejam feitos há quase 2000 anos, foi somente no início do século XX, com o físico norte-americano Wallace Sabine (1868-1919), que se determinou uma maneira prática de adequação acústica de uma sala a usos específicos, levando-se em consideração o tempo de reverberação. Sabine descobriu a maneira científica para determinar e prever esse efeito.

Segundo José Augusto Nepomuceno, responsável pelo projeto acústico tanto da Sala São Paulo como da Sala Minas Gerais, caracterizamos o tempo de reverberação como a demora verificada entre a emissão de um determinado som até esse som tornar-se inaudível. Para ele uma sala reverberante é chamada de 'viva' e, ao contrário, uma sala com baixo tempo de reverberação é chamada de 'morta' ou 'seca'. Em teatros para palavra falada é exigido tempo de reverberação curto, garantindo a inteligibilidade do que é dito.

Experiência 13: Levar os alunos em uma sala de teatro ou auditório, onde serão gravados os sons dos estouros de bexigas em diferentes locais da sala. Após a gravação desses sons, cada arquivo será executado no computador, utilizando-se o software Audacity, disponível em <https://sourceforge.net/projects/audacity/?lang=pt> (acesso em 08/11/2017). Quando se executarem os arquivos, será obtido o tempo de reverberação, que é quando o som decai aos 60 dB, após cessado o som da fonte sonora. Um site que mostra detalhes da utilização do Audacity para aquisição dos valores de reverberação é <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=42736>.

Na sequência segue imagens da página com pequenos detalhes da configuração e visualização do Audacity.

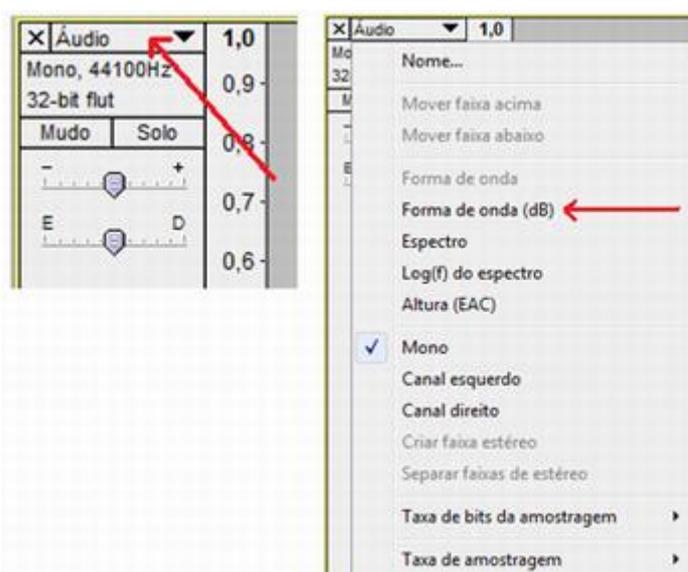


Figura 69:- Mudando a forma de visualização da forma de onda no Audacity.

Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=42736>

- O arquivo de áudio do grupo deve ficar assim.

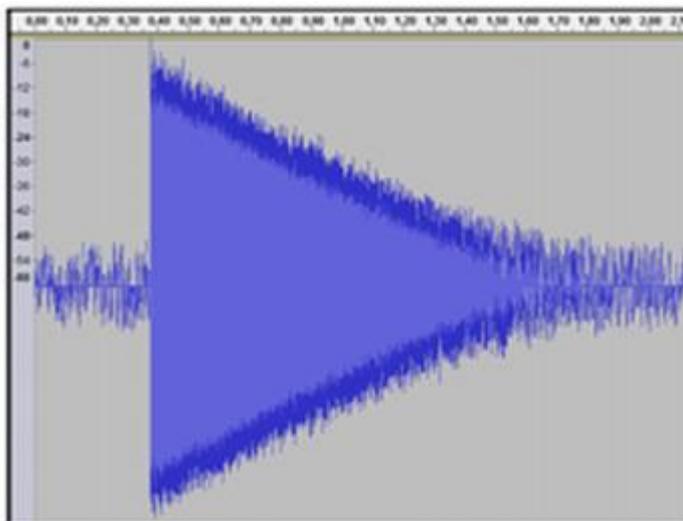


Figura 70: Visualização correta da forma de onda no Audacity para medida do tempo de reverberação.

Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=42736>

- Selecione o trecho do som **direto** até a sua intensidade ter caído 60 dB. Meça esse tempo usando a barra de seleção. Siga o exemplo abaixo:

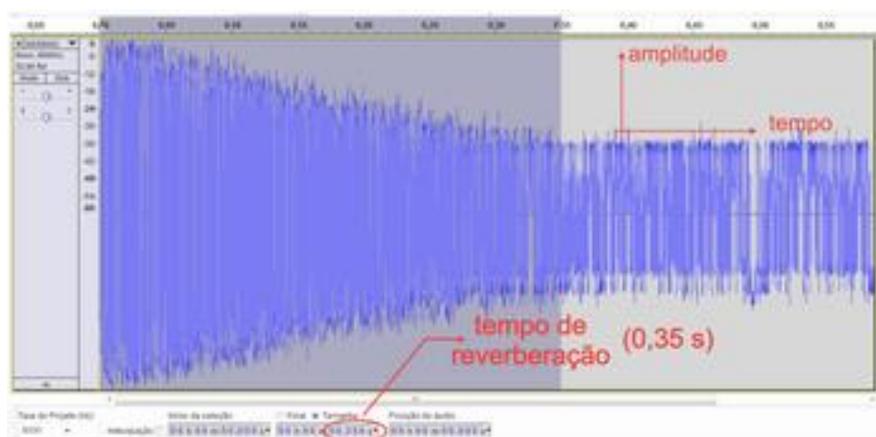


Figura 71: Exemplo de como utilizar o software para medida do tempo de reverberação.

Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=42736>

3.3 APRESENTAÇÃO DE SHOWS DE MÚSICA COM O USO DO THEREMIN

A partir dos anos 1960, o Theremin teve uma maior aparição devido à sua inserção em músicas dos estilos rock e pop. A Bonzo Dog Band tinha um Theremin instalado numa perna de manequim que, nos shows, ajudava na execução da música “Noises For The Leg”. Captain Beefheart em “Safe as Milk” e a banda Pere Ubu também ajudaram a disseminar o instrumento, bem como Pink Floyd na sombria “Echoes” e até mesmo Uriah Heep, em “Sweet Loraine”. Jimmy Page, do Led Zeppelin, no solo de guitarra de “Whole Lotta Love”, insere “apitos” do instrumento. Nos anos 1980, o Theremin passou despercebido, voltando em música dos Pixies. Blur, Man or Astro-Man, Marilyn Manson, Nine Inch Nails, Neutral Milk Hotel, Olivia Tremor Control, Mercury Ver, Phish, Portishead, Dinosaur Jr., Supergrass, Flaming Lips, Fishbone, os portugueses Delfins, o Fantômas, de Mike Patton, Eels, Coal Chamber, Chris Cornell solo, o zureta Cornelius, O Rappa, Marcelo Lobato e Pato Fu.

Em 26 de julho de 2016, a CAIXA Cultural Curitiba, em Curitiba no estado do Paraná, recebeu a russa Lydia Kavina, mostrada na figura 69, sobrinha-neta de Leon Theremin. Atualmente ela mora na Inglaterra, porém, na Rússia, aos nove anos iniciou seus estudos no Theremin com seu tio-avô. Estudou piano e se formou em teoria e em composição musical pelo Conservatório de Moscou. Já atuou como solista na Orquestras Sinfônica de Londres, Orquestra de Concertos da BBC, Orquestra da Rádio Holandesa, Orquestra Filarmônica Dusseldorf e a Filarmônica da Rússia. Lydia participou de concertos sobre as músicas dos filmes de Alfred Hitchcock e Tim Burton. Sua primeira apresentação no Brasil foi em 1997, no Festival de Música Eletrônica de Brasília onde tocou a primeira “Suíte Aerophonica” para Theremin e orquestra, de Joseph Shillinger, sob regência de Jorge Antunes. Segue link <https://www.youtube.com/watch?v=P-p5glK90gl>.



Figura 69: Lydia Kavina, sobrinha-neta de Leon Theremin, tocando seu instrumento.

Fonte: http://www.bemparana.com.br/pista1/wp-content/uploads/2016/07/Lidia_onred.jpg.

Experiência 14: Mostrar aos alunos o vídeo de um músico tocando no Theremin a música Over The Rainbow <https://www.youtube.com/watch?v=K6KbEnGnymk>. Essa música é uma das canções mais famosas do final da década de 1930, composta por Harold Arlen com letra de E. Y. Harburg. Ela foi interpretada no filme “O mágico de Oz”, de 1939, por July Garland, figura 70, que na época era uma adolescente.



Figura 70: Cena do filme “O mágico de Oz”, de 1939, onde July Garland interpreta a canção

Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/56/Judy_Garland_Over_the_Rainbow_2.jpg

Experiência 15: Mostrar aos alunos a música The Ecstasy of Gold - Theremin & voice <https://www.youtube.com/watch?v=ajM4vYCZMzk>. Neste vídeo uma cantora canta acompanhada pelo Theremin

Experiência 16: Mostrar aos alunos a instrumentista Dorit Chrysler, figura 71, em Saint-Saens' Aquarium at Electric Eclectics, 2008 <https://www.youtube.com/watch?v=AS9LJK8i1VE>



Figura 71: Dorit Chrysler em Saint-Saens' Aquarium at Electric Eclectics, 2008

Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/AS9LJK8i1VE/hqdefault.jpg>

REFERÊNCIAS

<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/516/423> acesso em 01/10/2017

SILVA, Fabio W.O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2007, vol.29, n.1, pp.149-159. ISSN 1806-1117. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172007000100021>. acesso em 13/10/2017

<http://historiadafisicauc.blogspot.com.br/2011/06/galileo-e-o-pendulo.html>. acesso em 05/10/2017

<http://www.infoescola.com/quimica/modelo-atomico-de-broglie/>. acesso em 05/10/2017

<https://pt.scribd.com/doc/60163762/INSTRUMENTOS-Classificacao-dos-instrumentos-musicais>. acesso em 16/10/2017

<https://www.infoescola.com/musica/notas-musicais/> acesso em 17/10/2017

<http://www.descomplicandoamusicacomuitas.com/oitavas/> acesso em 17/10/2017

<https://www.musiconerd.com/single-post/2016/06/07/Aprenda-a-fazer-um-Theremin-com-Arduino-em-sensor-de-luz-LDR> acesso em 18/10/2017

<http://www.Thereminworld.com/> acesso em 24/10/2017

<http://www.afh.bio.br/sentidos/sentidos4.asp> acesso em 31/10/2017

<http://arduinobasico.com.br/arduino/parte-1-o-que-e-o-arduino.html> acesso em 31/10/2017

GROUT, et al. História da música Ocidental. Lisboa: Gradiva, 2001.

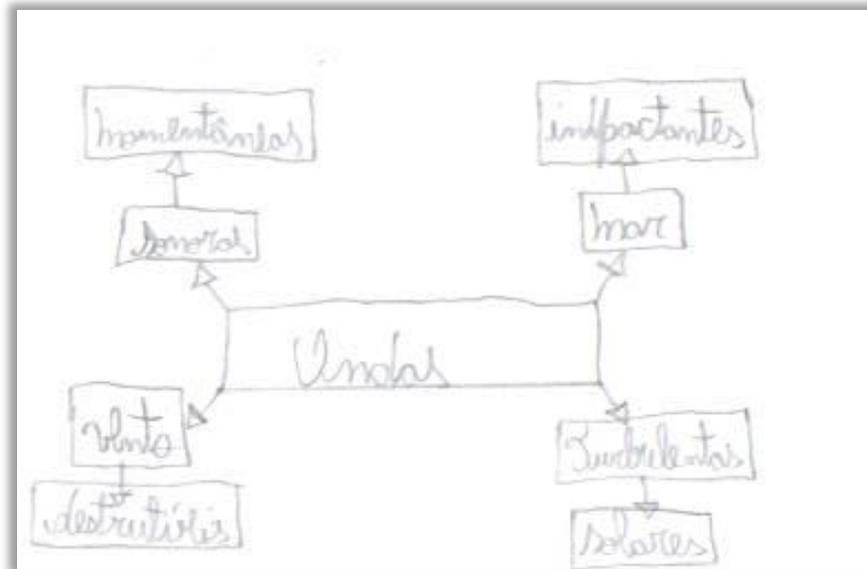
Software livre, gratuito e de código fonte aberto Audacity; projeto inicial de Dominic Mazzoni e ROGER D. (Download disponível em: <http://audacity.sourceforge.net> em 15/10/2017 as 10h00min)

<http://www.bemparana.com.br/pista1/sobrinha-neta-do-inventor-do-theremin-se-apresenta-em-curitiba/> acesso em 10/11/2017

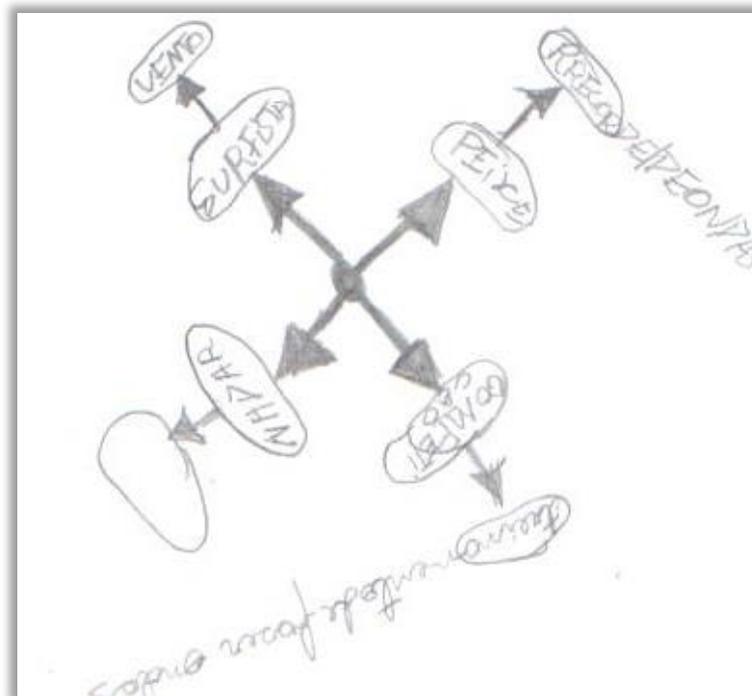
APENDICE B - MAPAS MENTAIS

Mapas conceituais realizados antes das aulas do capítulo sobre ondas em 21/11/2017

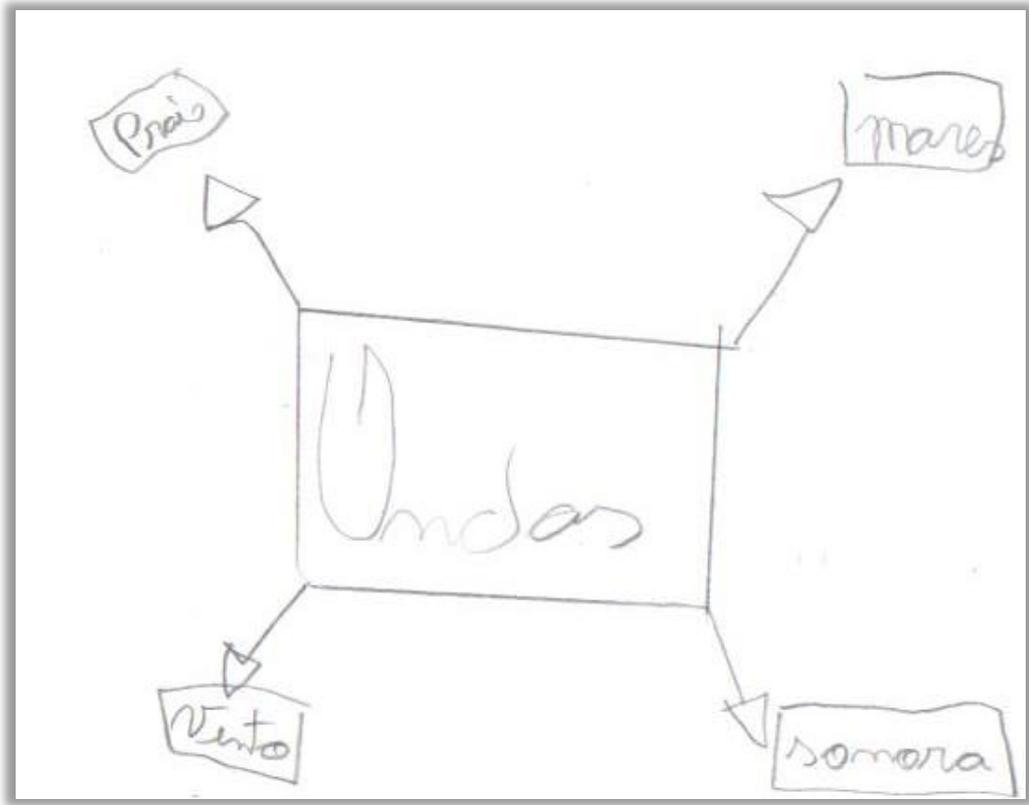
Aluno A



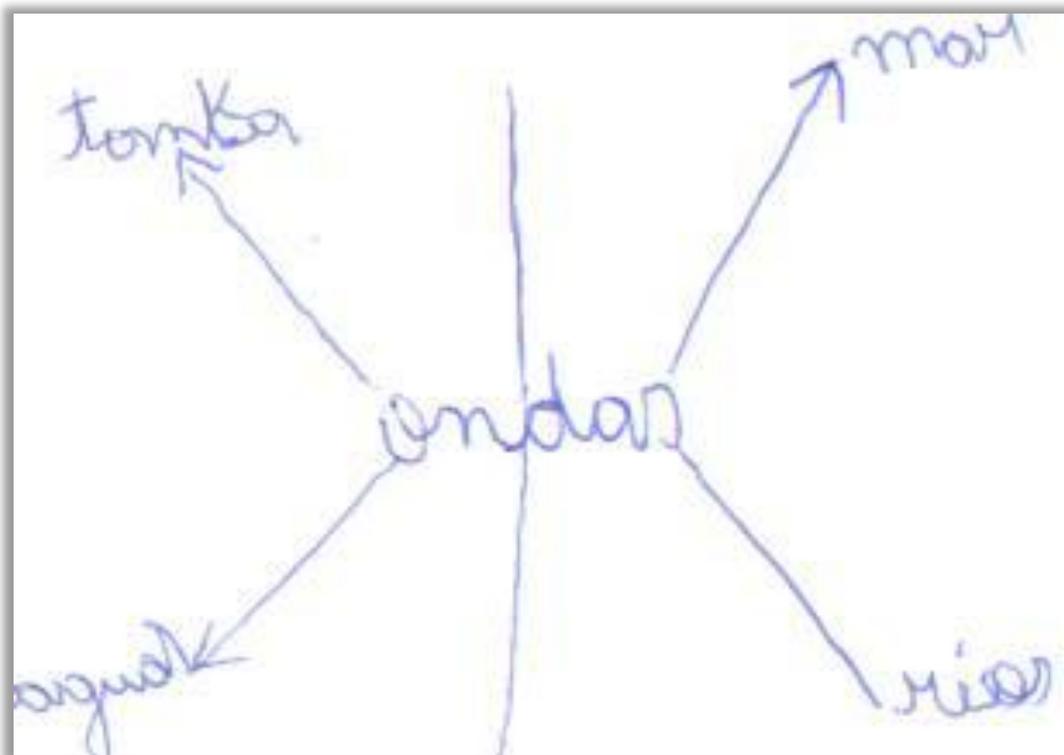
Aluno B



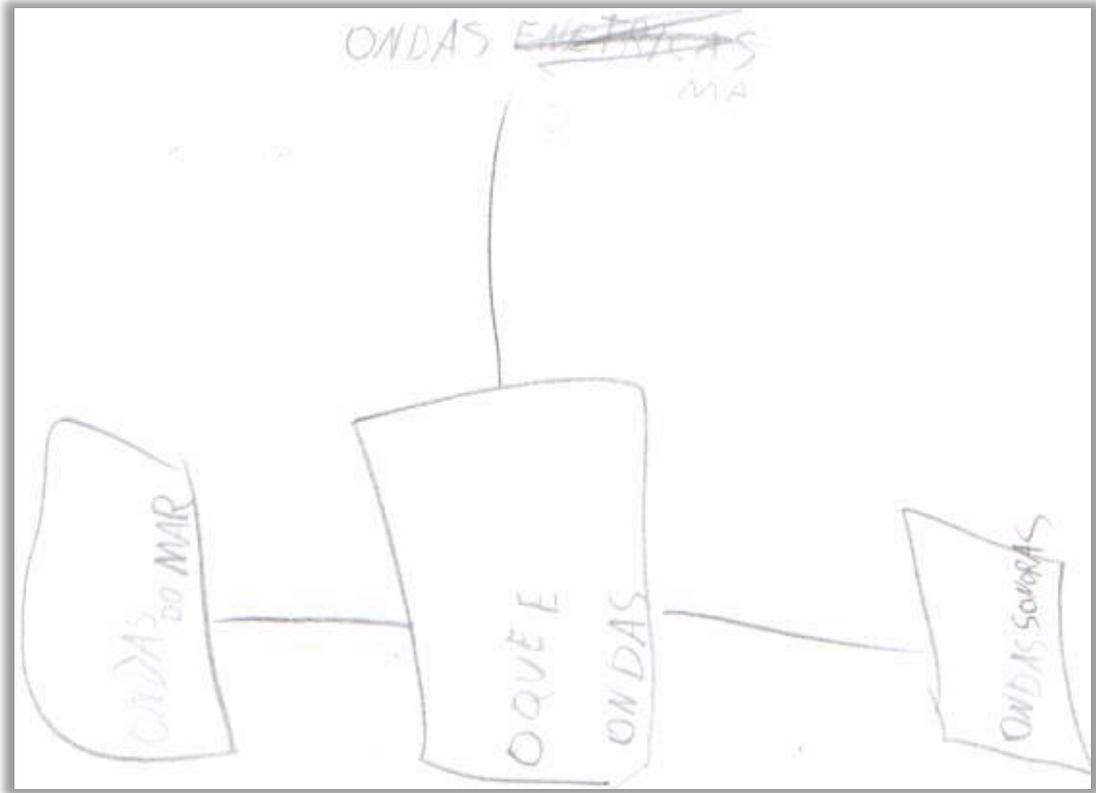
Aluno E



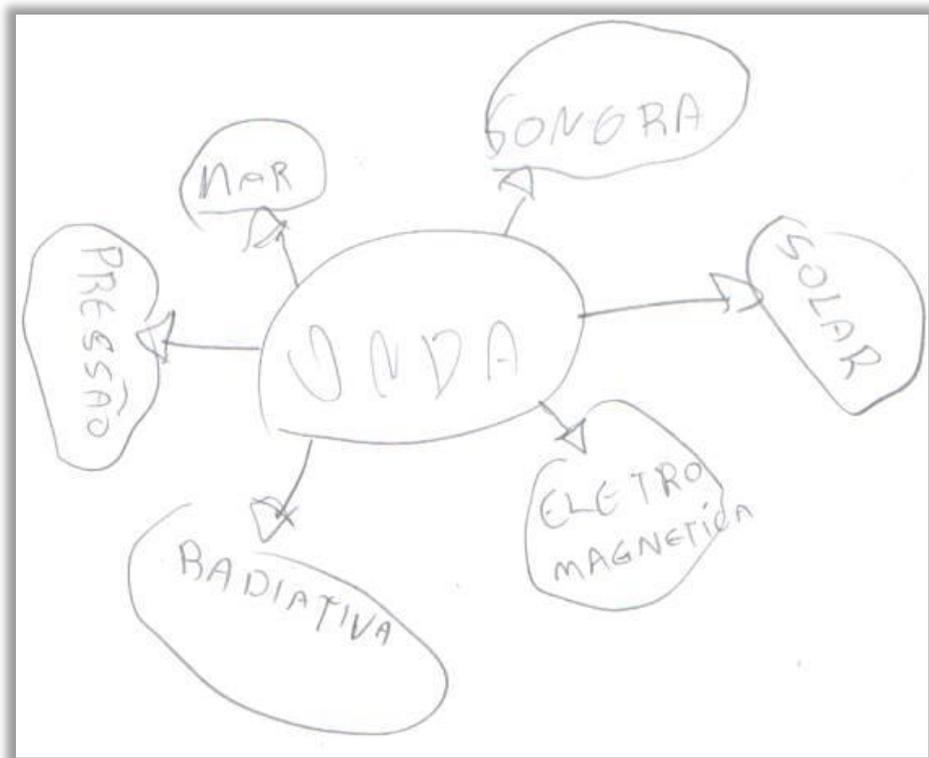
Aluno F



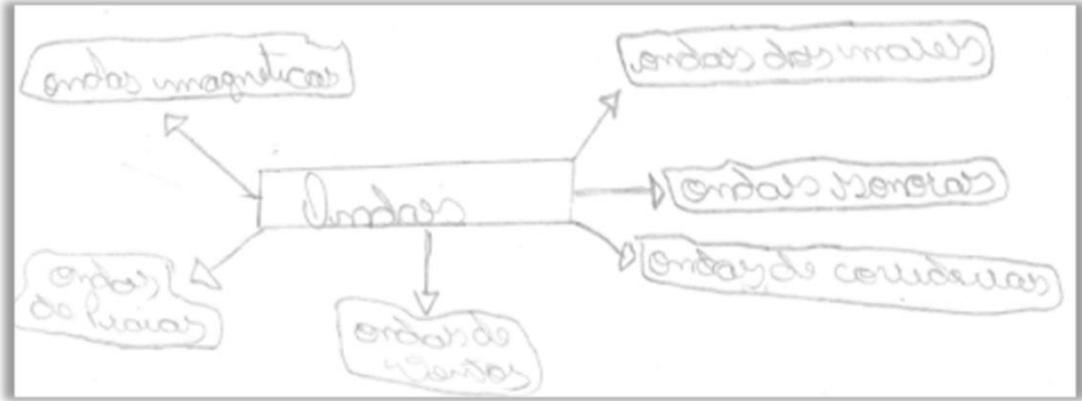
Aluno G



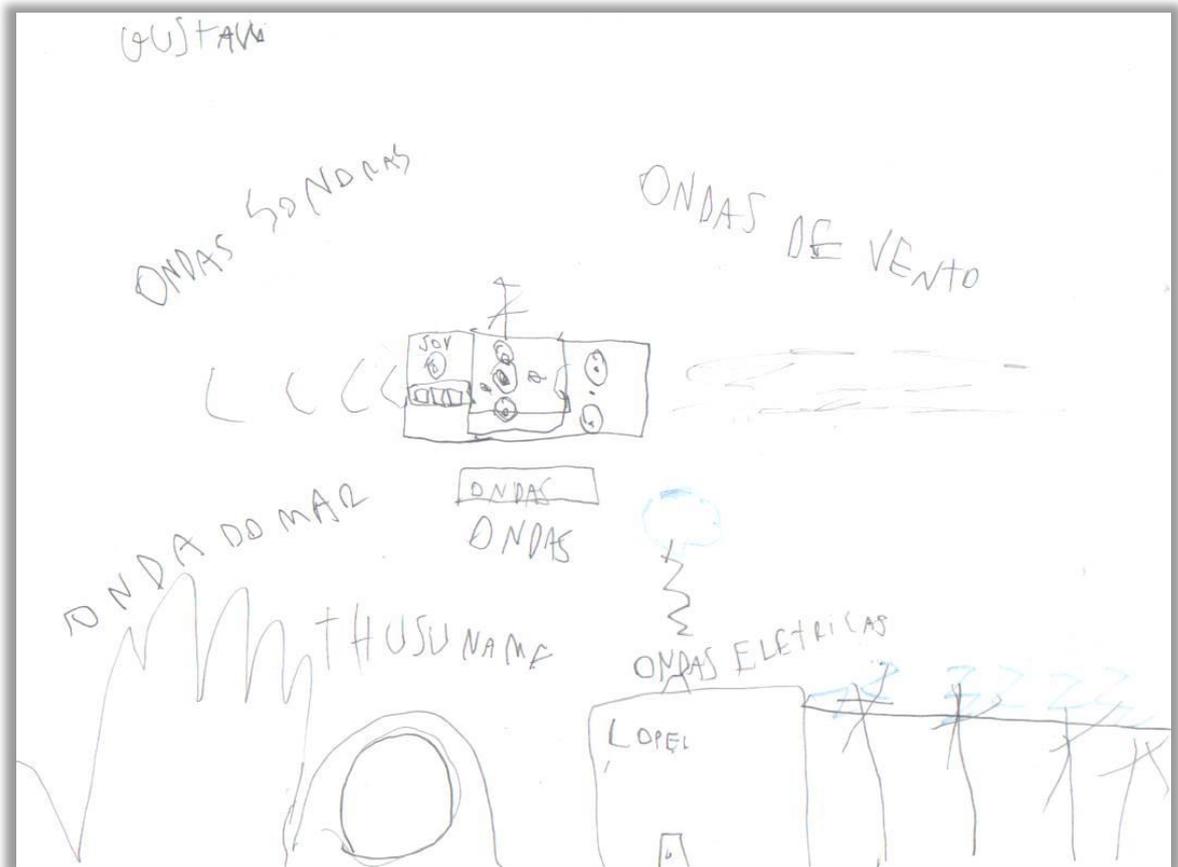
Aluno H



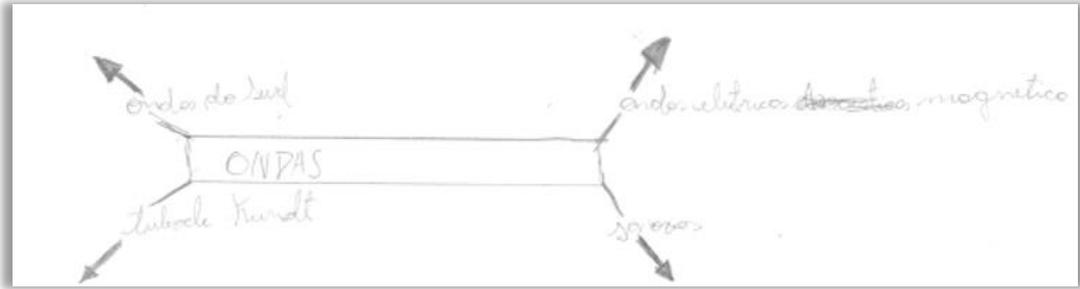
Aluno I



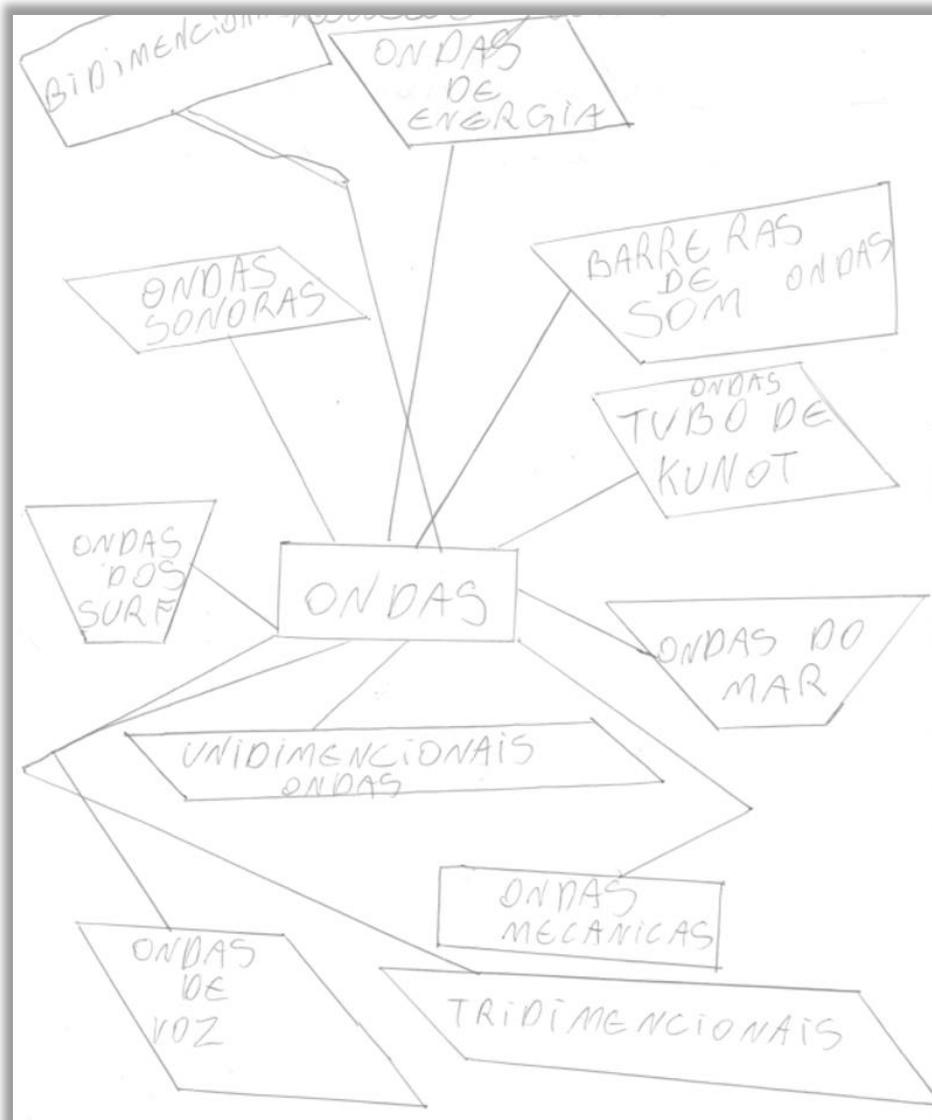
Aluno J



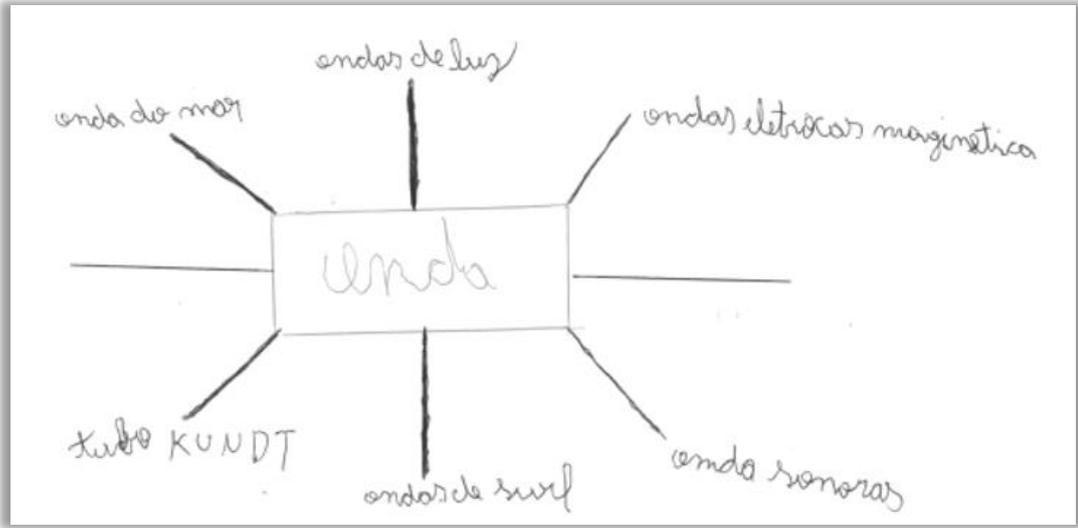
Aluno B



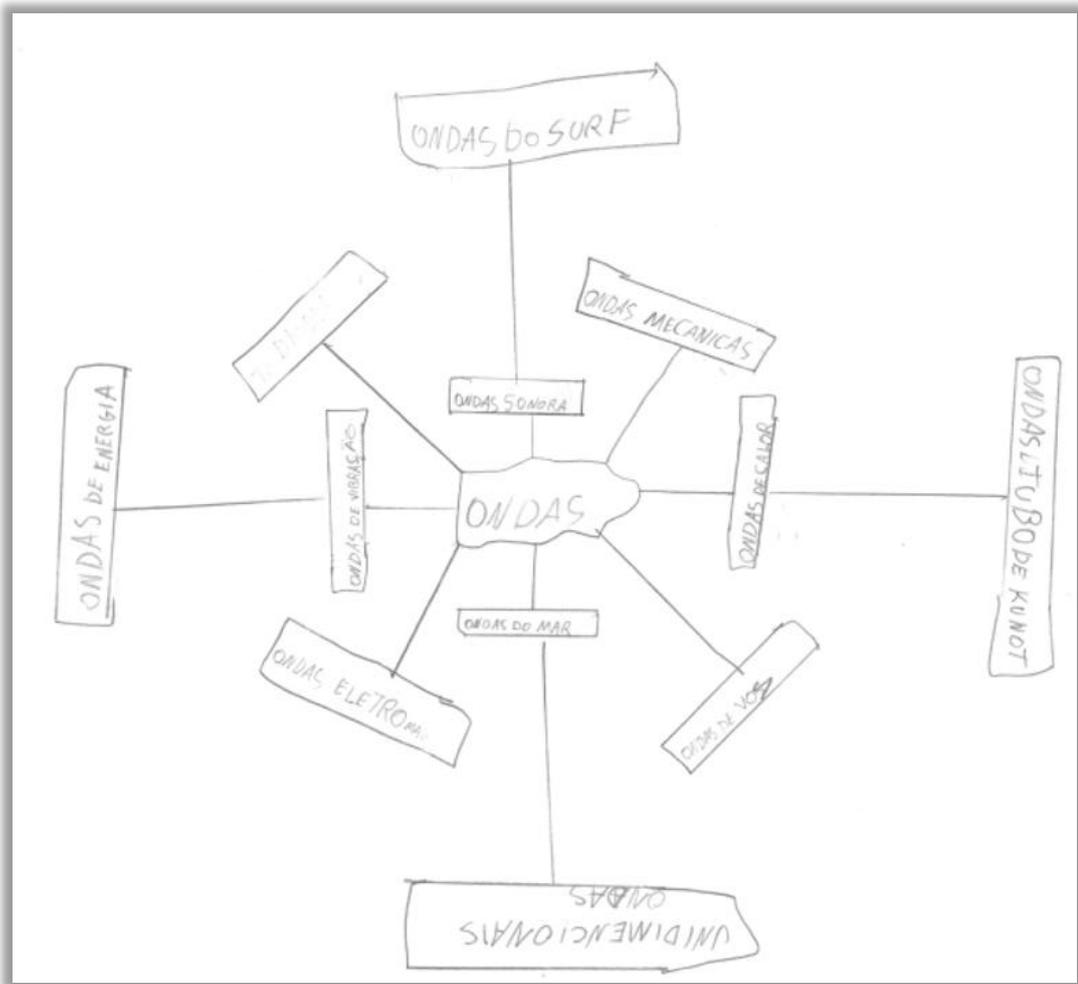
Aluno C



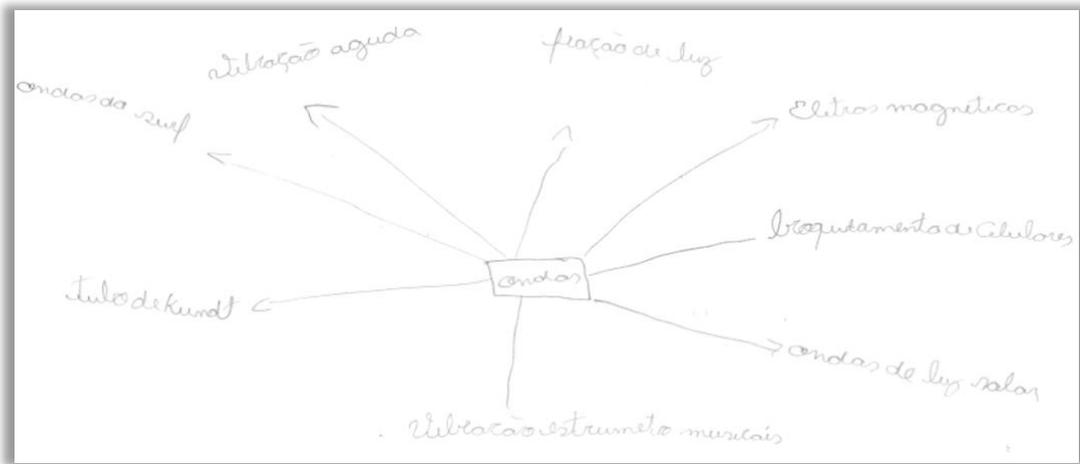
Aluno F



Auno G

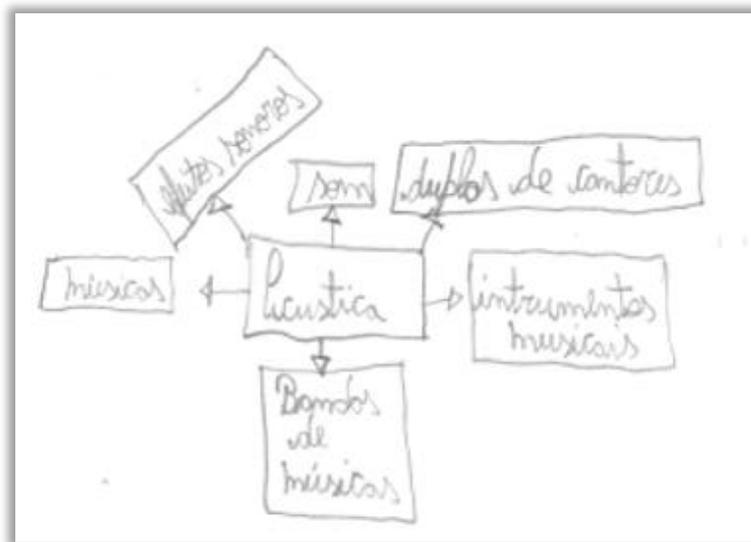


Aluno L



Mapas conceituais realizados antes das aulas do capítulo sobre Acústica em 22/11/2017

Aluno A



Aluno B

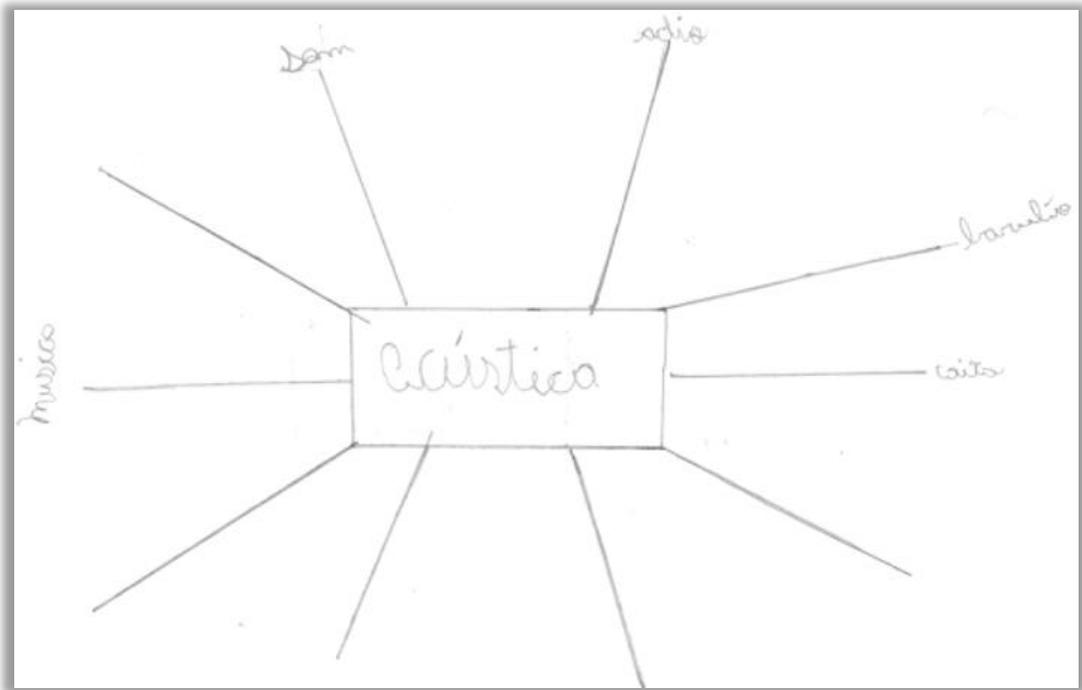


Aluno C



Acústico.

Aluno D

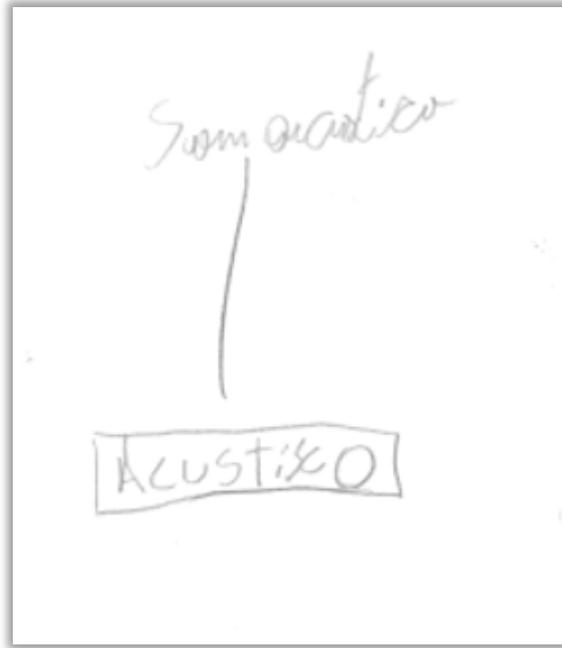


Aluno E



Acústica

Aluno F



Aluno G



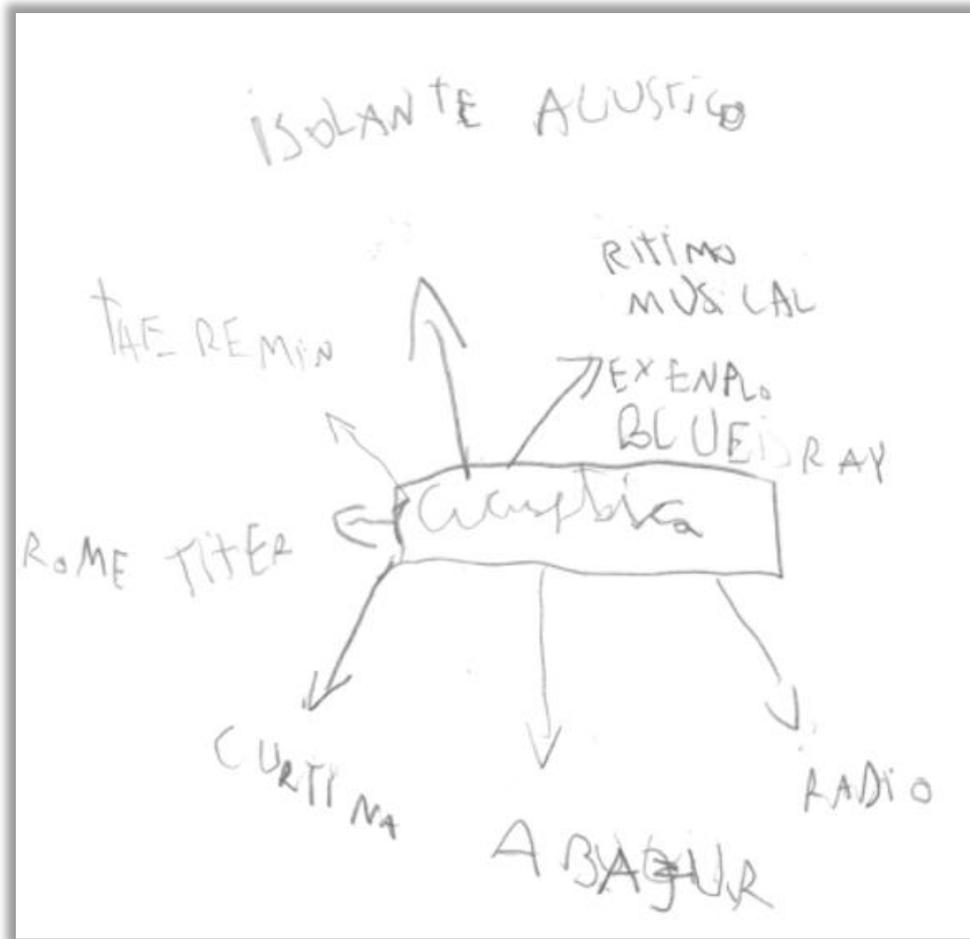
Aluno H



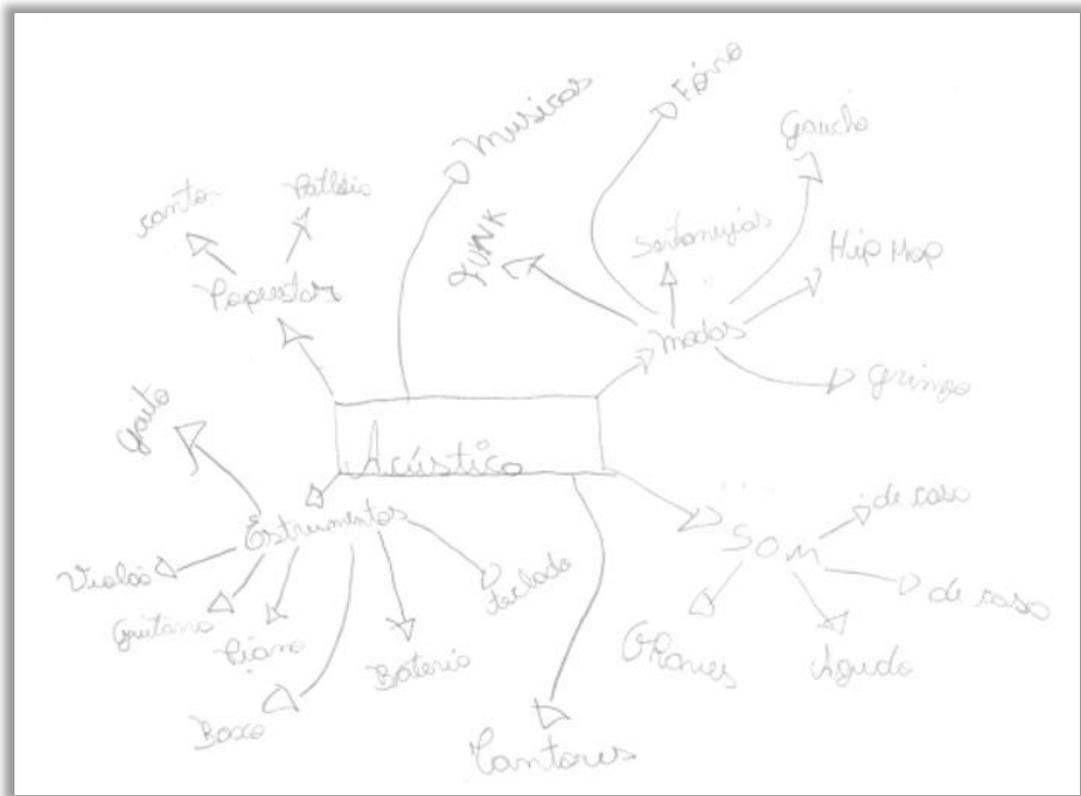
Aluno I



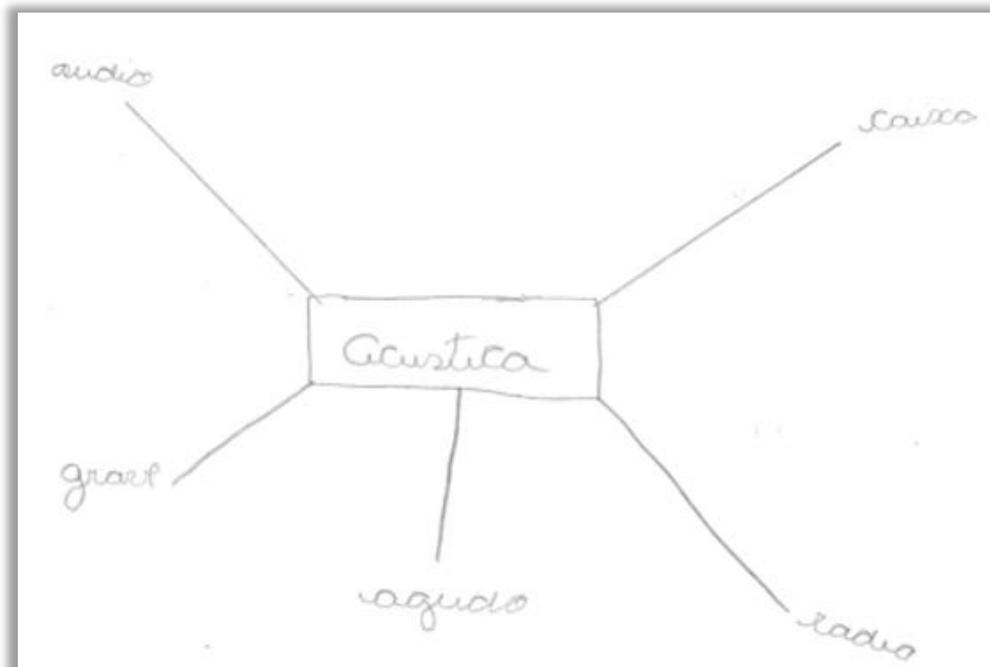
Aluno J



Aluno K

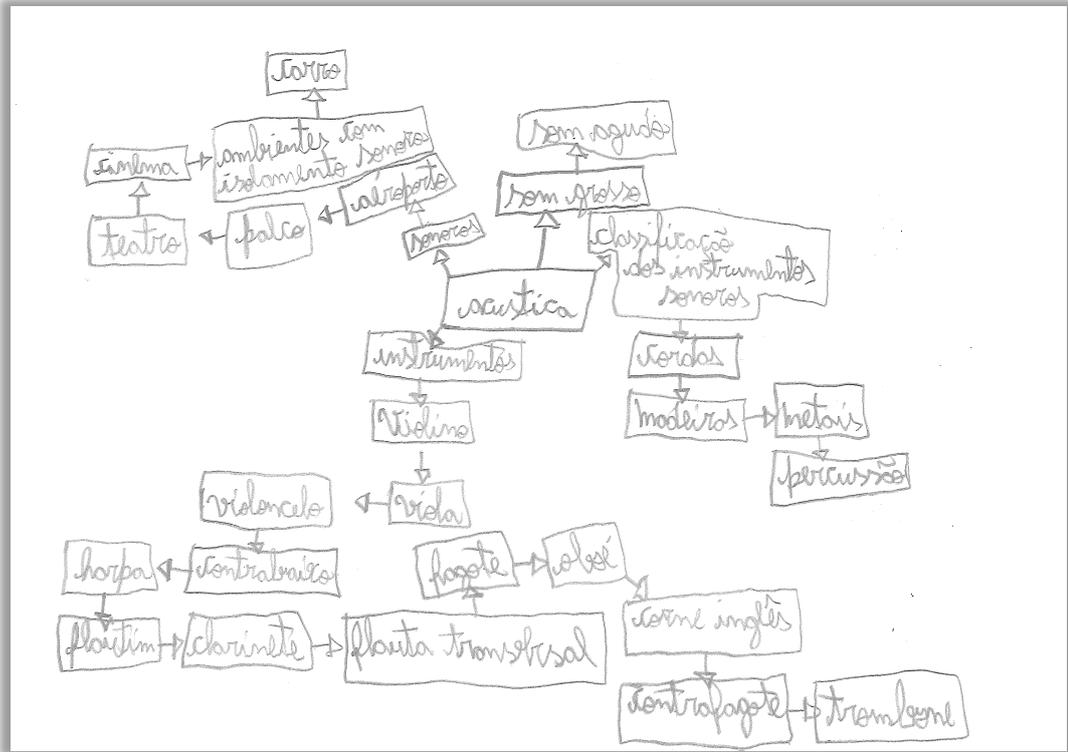


Aluno L



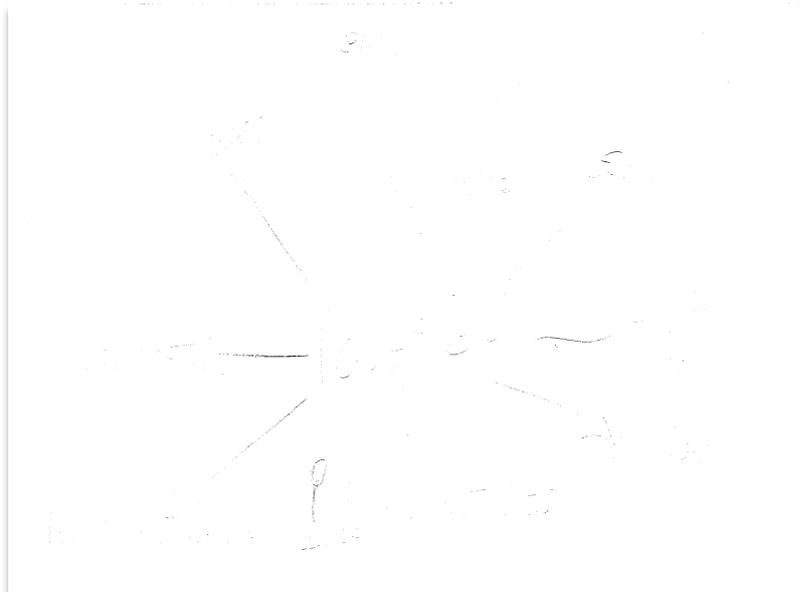
Mapas conceituais realizados depois das aulas do capítulo sobre Acústica em 22/11/2017

Aluno A

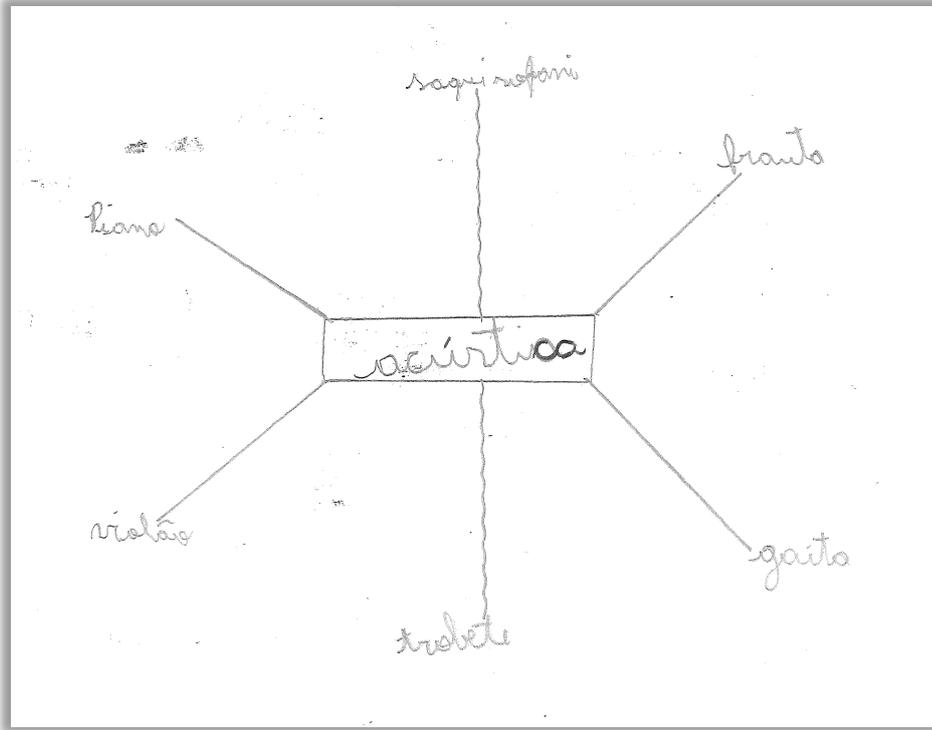


Aluno B e C - Não realizaram

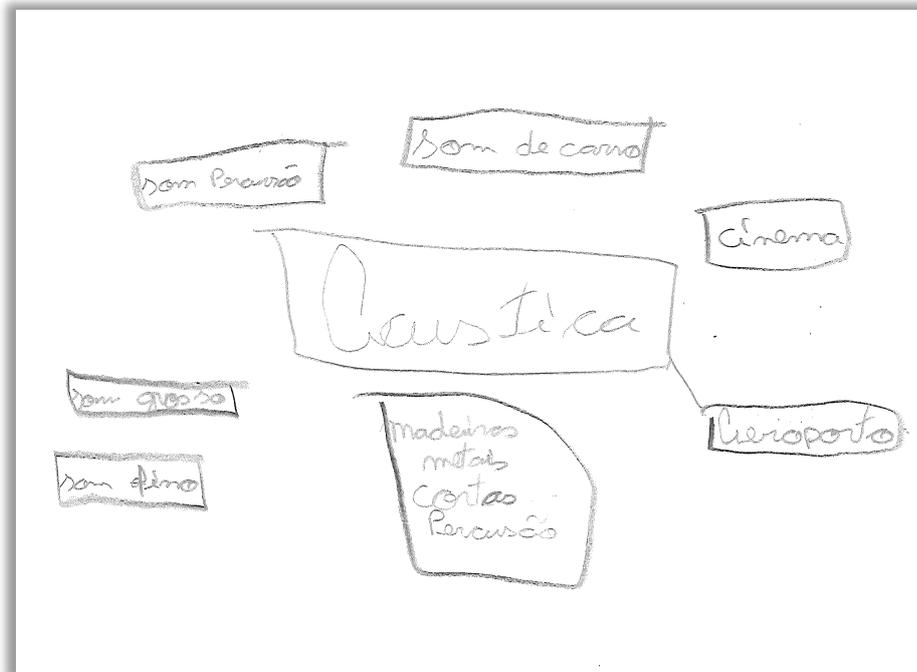
Aluno D



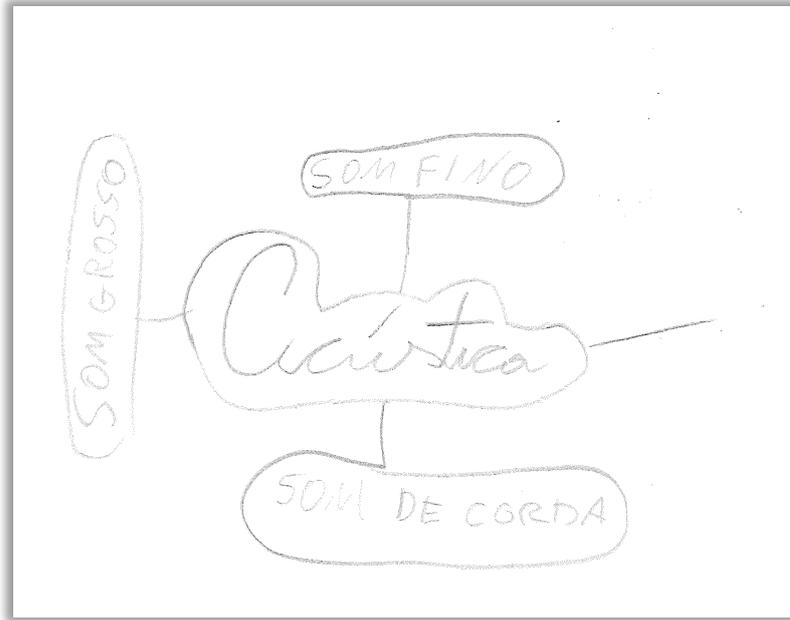
Aluno E



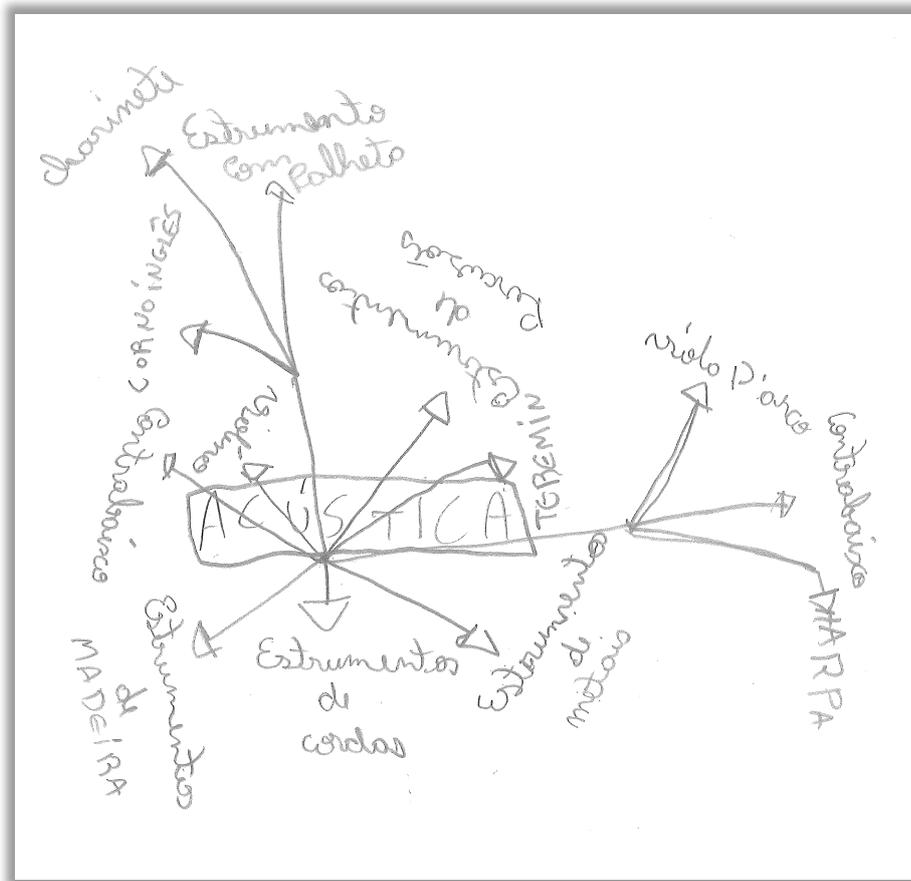
Aluno F



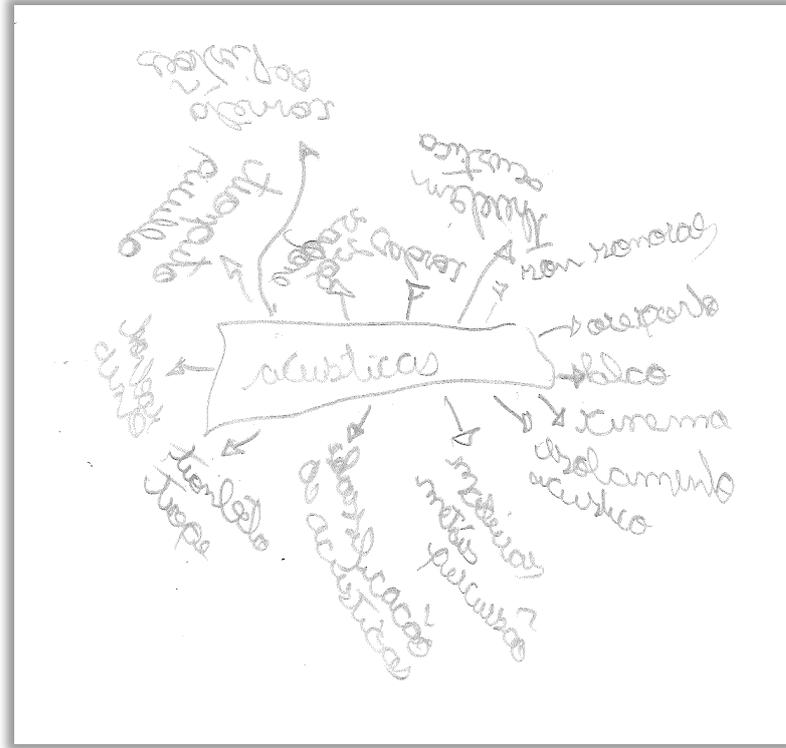
Aluno G



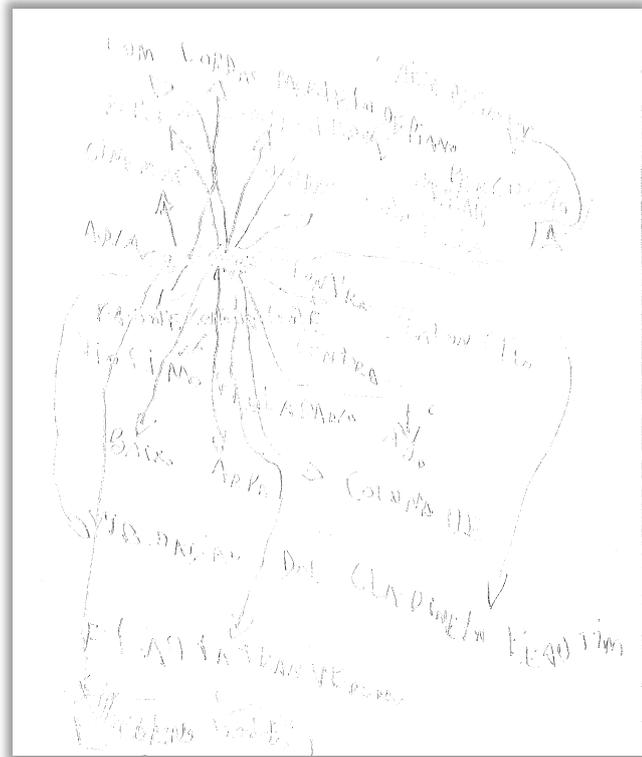
Aluno H



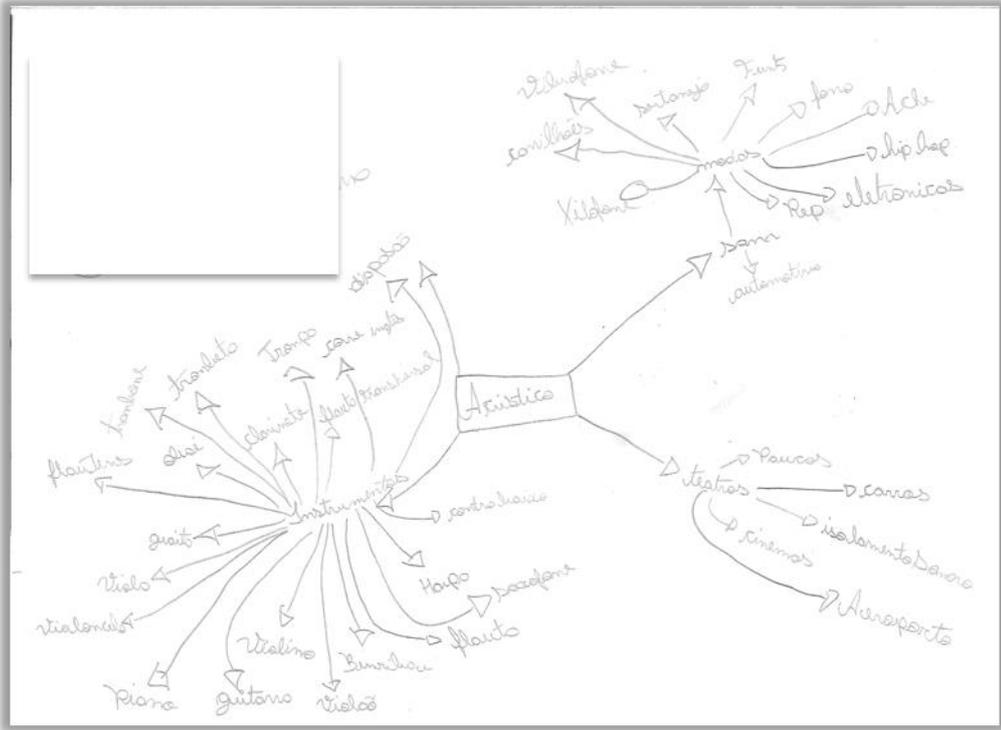
Aluno I



Aluno J



Aluno K

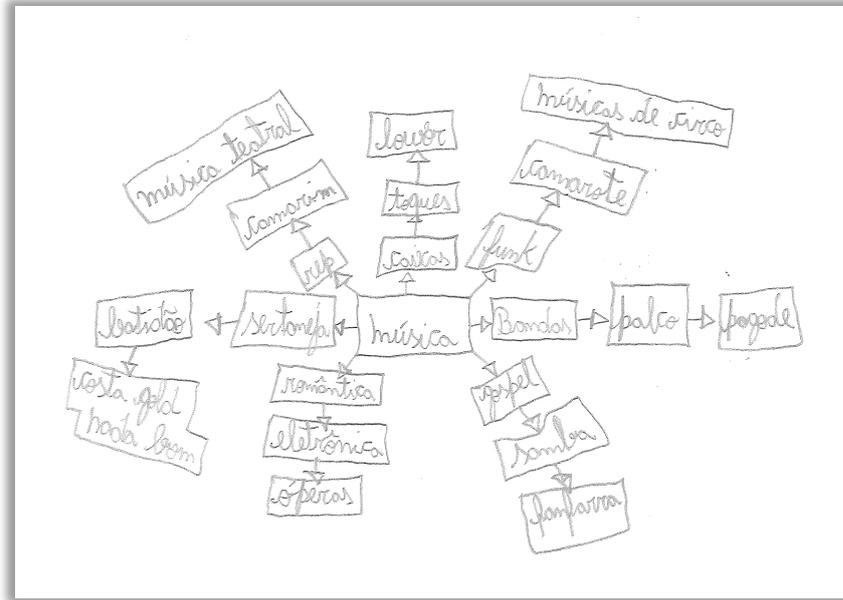


Aluno L



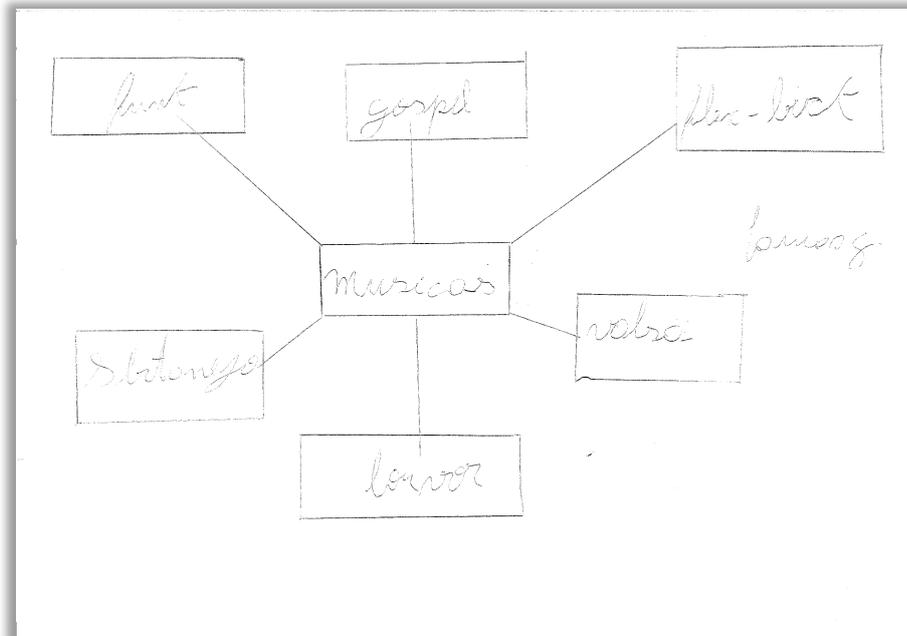
Mapas mentais realizados antes das aulas do capítulo Música em 23/11/2017

Aluno A

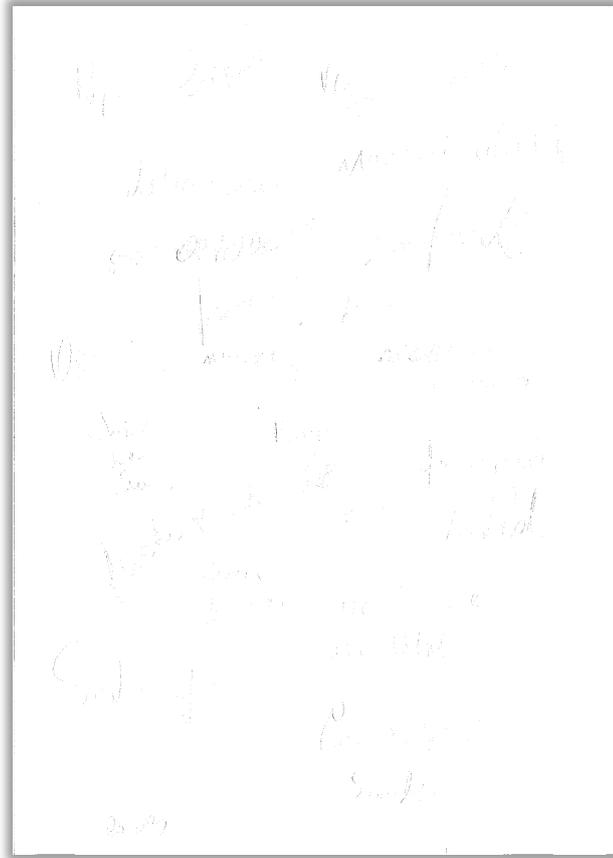


Aluno B - Não realizou

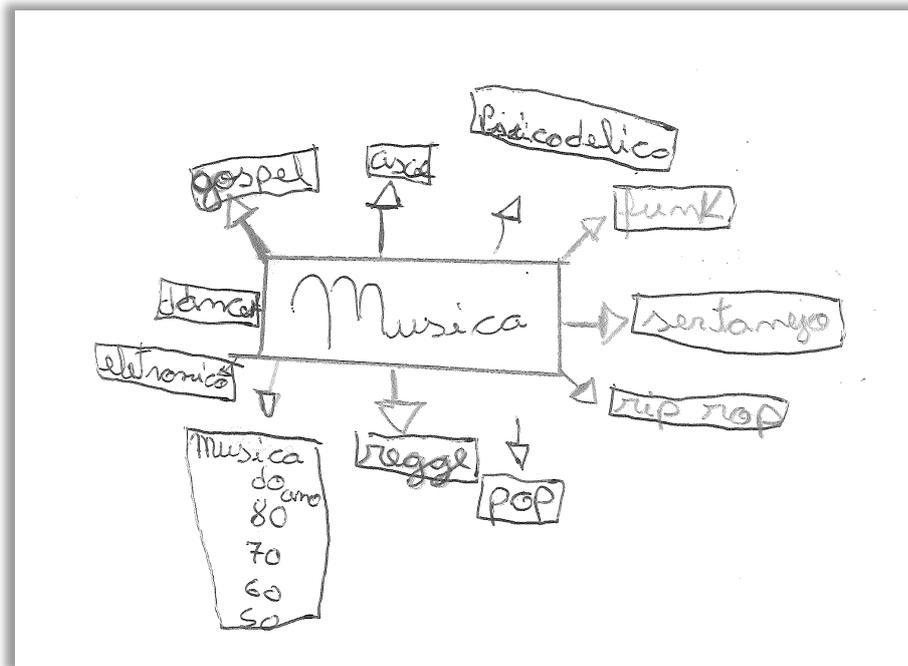
Aluno C



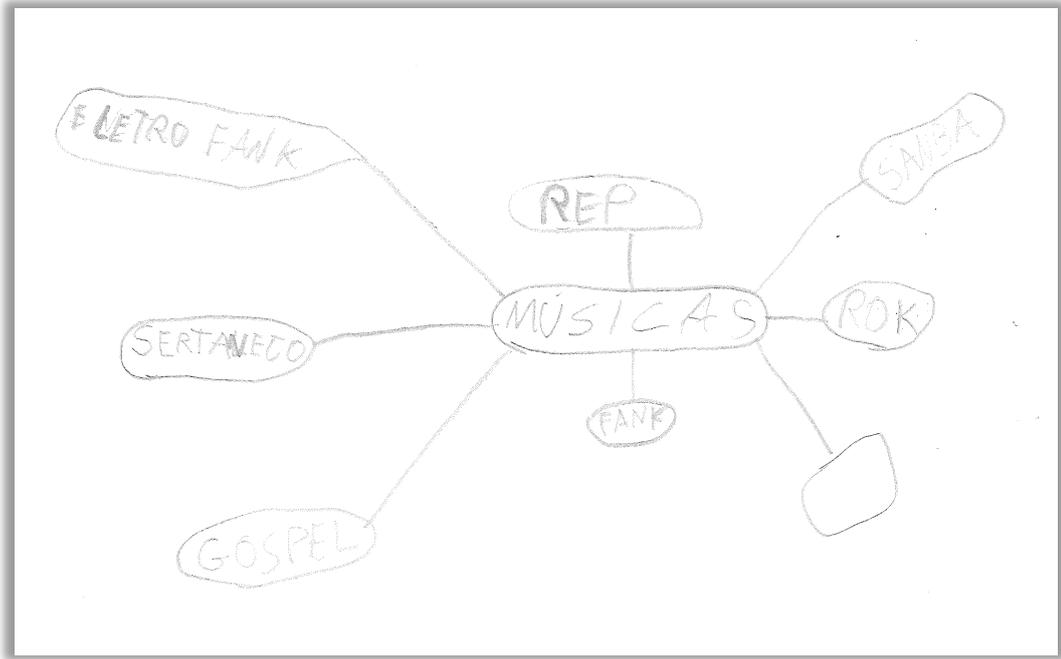
Aluno D



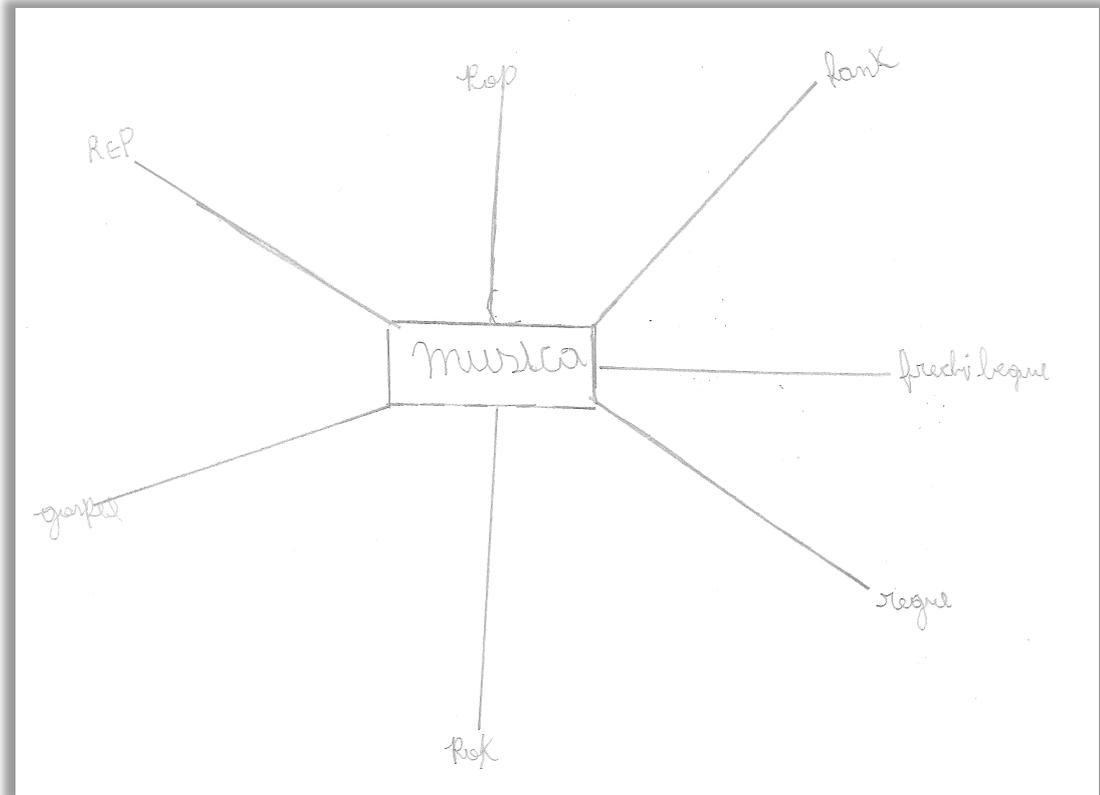
Aluno E



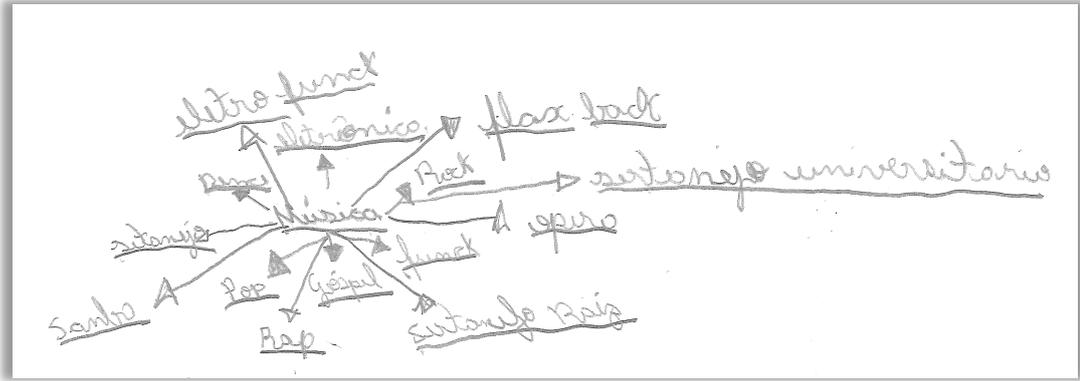
Aluno F



Aluno G



Aluno H



Aluno I



Aluno J - Não realizou

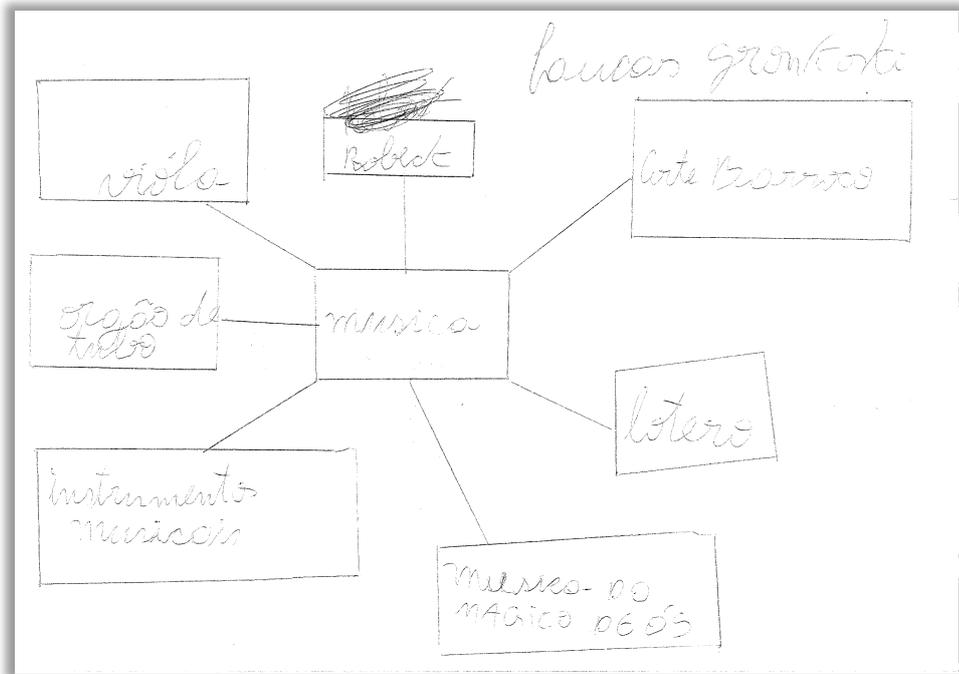
Mapas mentais realizados depois das aulas do capítulo Música em 23/11/2017

Aluno A



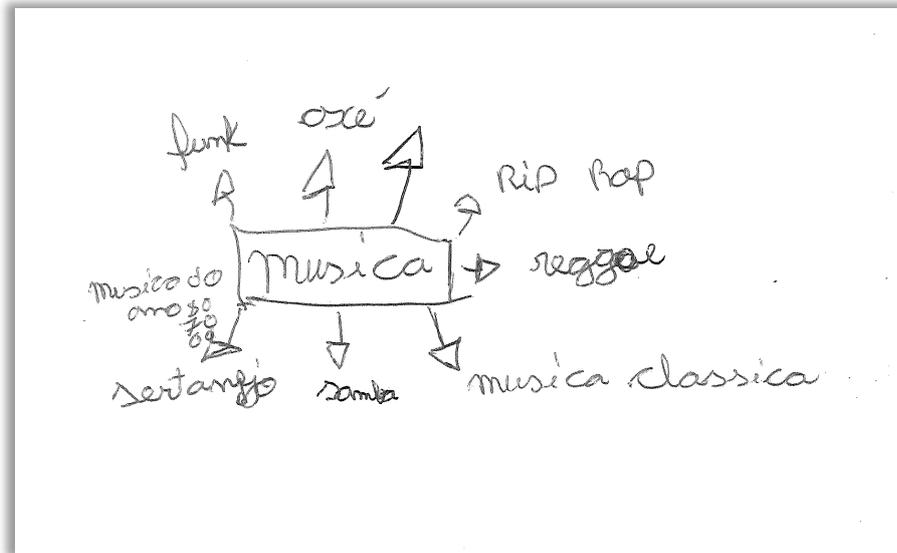
Aluno B - Não realizou

Aluno C

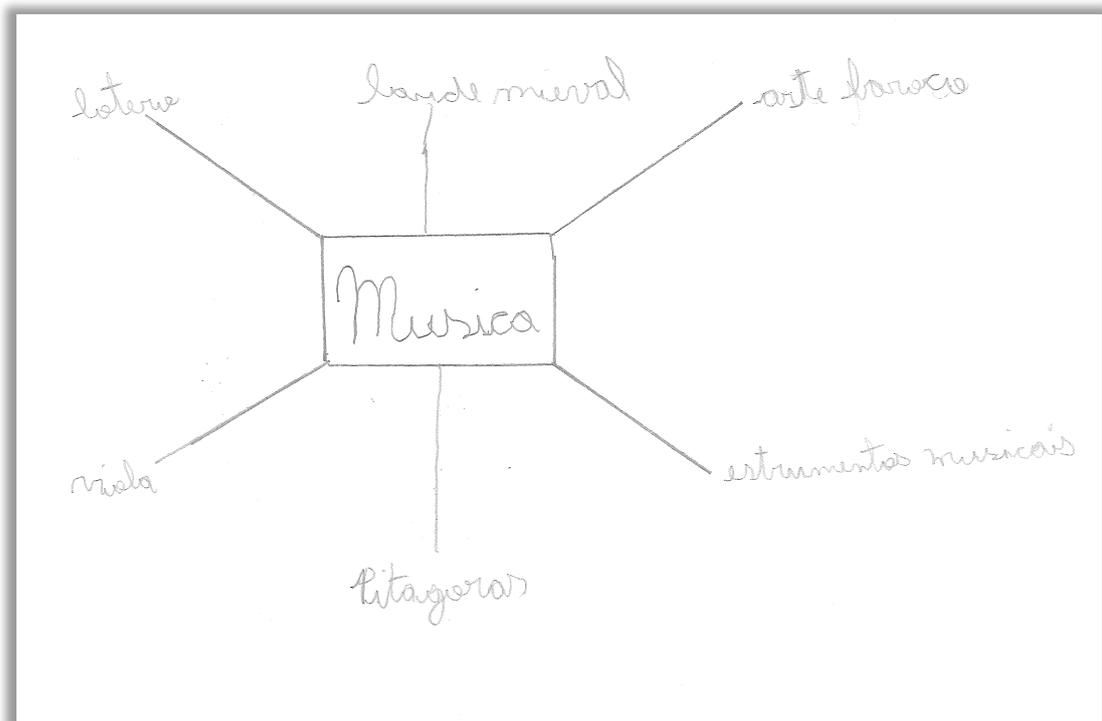


Aluno D - Não realizou

Aluno E



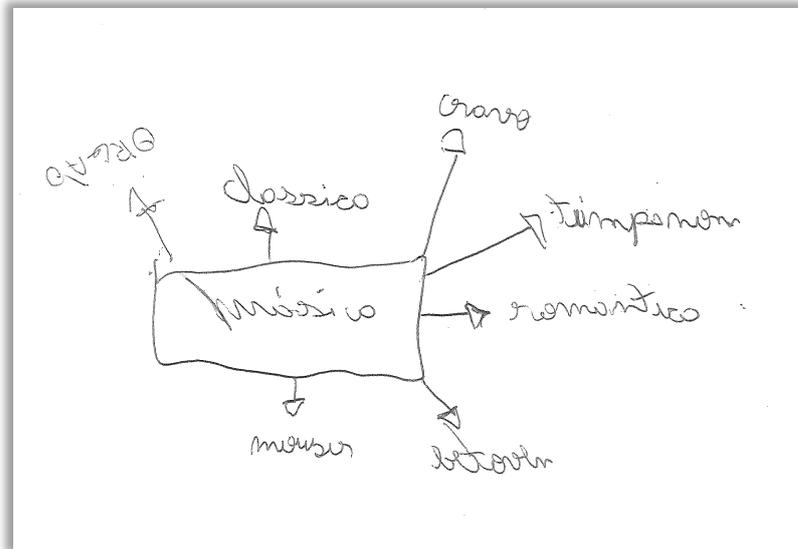
Aluno F



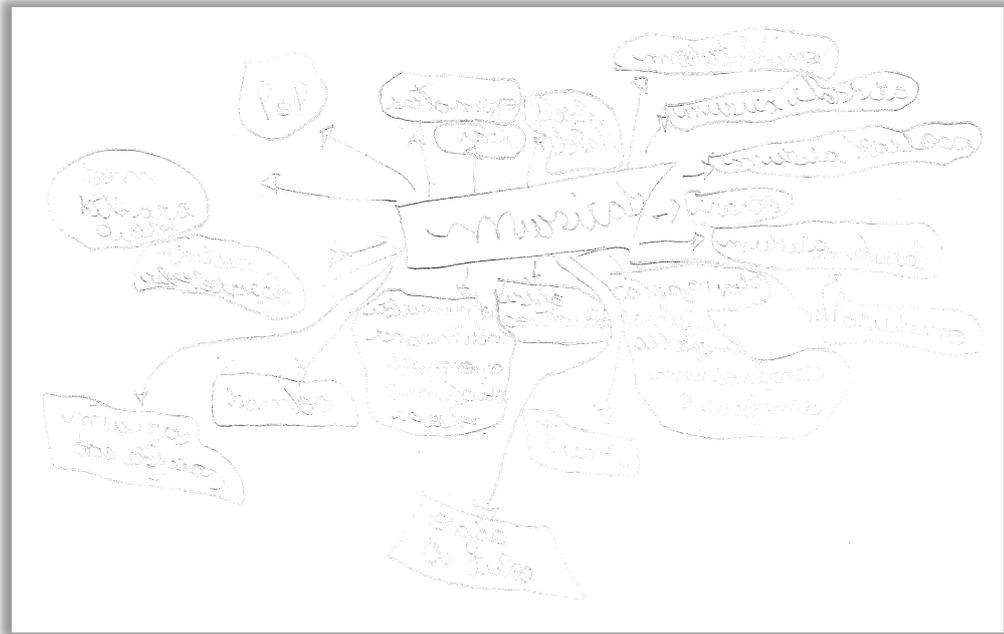
Aluno G



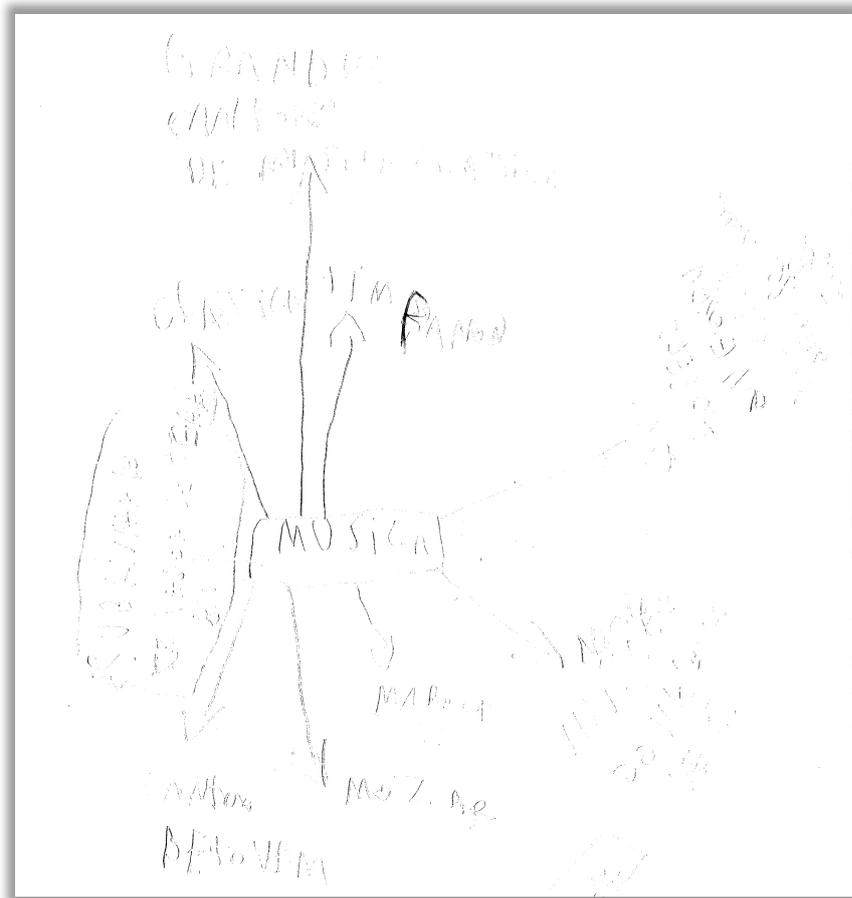
Aluno H



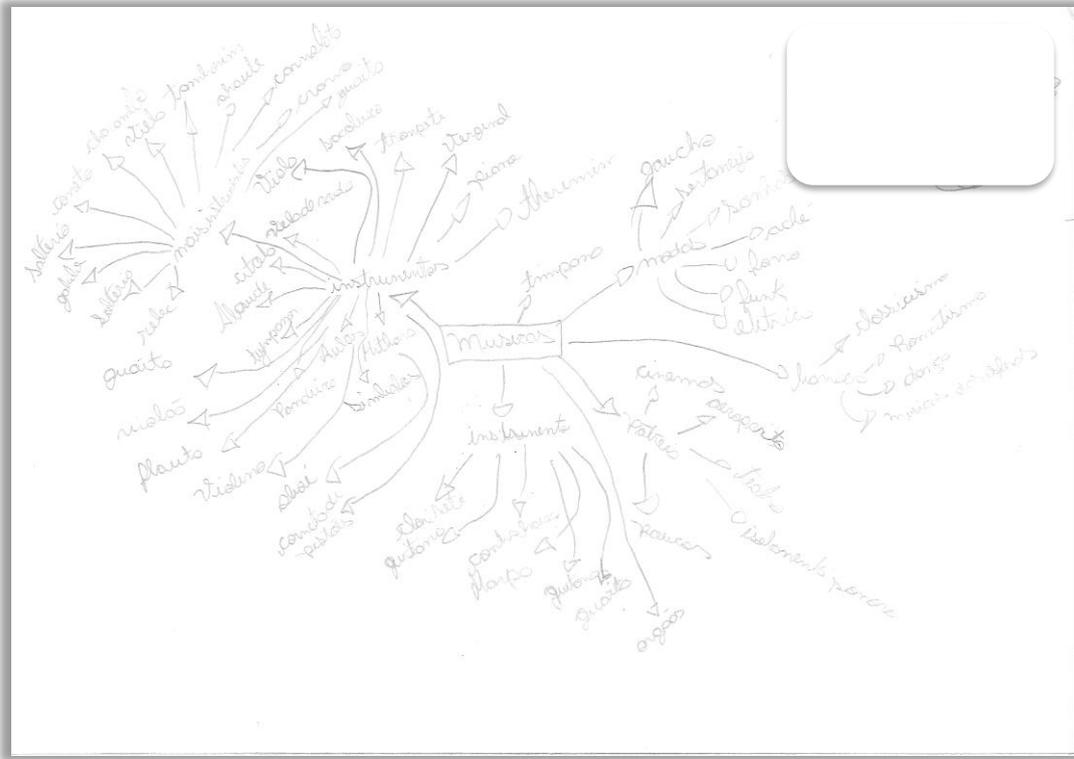
Aluno I



Aluno J



Aluno K



Aluno L

