

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física  
Polo **ufscar** Sorocaba



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO  
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O  
ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS E  
ELETROMAGNÉTICAS**

**JEAN ALVES SILVEIRA**

**ORIENTADORA: PROFA. DRA. FERNANDA KEILA MARINHO DA SILVA**

**COORIENTADOR: PROF. DR. TERSIO GUILHERME DE SOUZA CRUZ**

Sorocaba - SP  
Março de 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

**CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO  
POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA O  
ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS E  
ELETROMAGNÉTICAS**

**JEAN ALVES SILVEIRA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física no Ensino Médio.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Sorocaba - SP  
Março de 2019

**JEAN ALVES SILVEIRA**

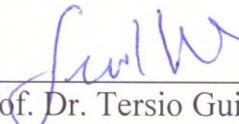
**CONSTRUÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS E  
ELETROMAGNÉTICAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física (PROFIS-So) da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.  
Área de concentração: Física no Ensino Médio  
Sorocaba, 01 de março de 2019.

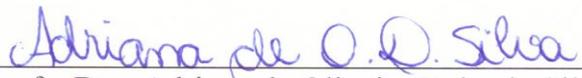
Orientadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva  
UFSCar – Sorocaba

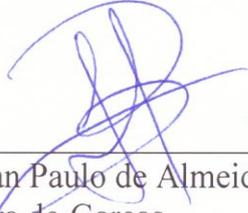
Examinador:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz  
UFSCar – Sorocaba

Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva  
UFSCar – Sorocaba

Examinador:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Arian Paulo de Almeida Moraes (Participação à distância)  
UFMT – Barra do Garças

Sorocaba - SP  
Março de 2019

Silveira, Jean Alves

Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de ondas mecânicas e eletromagnéticas / Jean Alves Silveira. -- 2019.

156 f. : 30 cm.

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

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva; Prof. Dr. Tersio Guilherme de Souza Cruz

Banca examinadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva, Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva, Prof. Dr. Arian Paulo de Almeida Moraes

Bibliografia

1. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 2. Ondas Mecânicas. 3. Ondas Eletromagnéticas. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecária Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979

**DEDICATÓRIA**

*Para Andrea e Pedro*

# AGRADECIMENTO

Ao nosso Pai Celestial, por todas as bênçãos que derramou sobre mim e minha família, durante esse período de estudo e aos meus pais que ao longo desses anos me apoiaram.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fomento ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) durante todo o período de formação e o apoio financeiro por meio de concessão de bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) -Código de Financiamento 001.

Aos professores do programa do Mestrado Nacional Profissional Ensino de Física do Campus Sorocaba, que me ajudaram a compreender melhor o processo de ensino-aprendizagem, me tornando um profissional mais consciente.

A direção da Escola Estadual Prof. Paulo Chaves, por abraçar a aplicação do projeto na escola e aos pais e alunos que participaram do projeto.

A orientação concedida pela Professora Fernanda Keila Marinho da Silva e pelo Professor Tersio Guilherme de Souza Cruz, que foram verdadeiros orientadores em cada fase desse projeto, pelos diálogos e correções que possibilitaram que este trabalho se tornasse tão rico e refinado.

Agradeço também a banca da qualificação e a banca da defesa pela revisão do trabalho que enriqueceu o trabalho.

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos.

David P. Ausubel

# RESUMO

SILVEIRA, Jean A. Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2019.

Neste trabalho propõe-se a produção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, para trabalhar conceitos relacionados a ondas junto a estudantes do ensino médio. Realizou-se uma apresentação geral das principais ideias de Ausubel, apontando como a teoria pode ser aplicada em uma sequência didática. Também foram feitas demonstrações de como os termos físicos de equações de ondas mecânicas são similares às equações de ondas eletromagnéticas. A sequência didática apresenta diversas ferramentas didáticas tais como a construção de experimentos, trabalhos com textos e avaliações. O registro das aplicações dessas atividades, bem como a análise das impressões da aplicação são relatados em capítulo próprio. Por fim, é proposta a criação de material direcionado aos professores do ensino médio para facilitar a abordagem deste tema nas aulas, tomando por referência teórica a aprendizagem significativa de David Ausubel.

**Palavras-chave:** Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Ondas Mecânicas. Ondas Eletromagnéticas.

# ABSTRACT

SILVEIRA, Jean A. Construction of a Potentially Meaningful Teaching Unit for the teaching of Mechanical and Electromagnetic Waves. 2019. Dissertation (Master's Degree in Physics Teaching) – Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2019.

In this work it is proposed the production of a Potentially Significant Teaching Unit to work concepts related to waves with high school students. A general presentation of the main ideas of Ausubel was made, pointing out how the theory can be applied in a didactic sequence. Demonstrations have also been made on how the physical terms of mechanical wave equations are similar to the electromagnetic wave equations. The didactic sequence presents several didactic tools such as the construction of experiments, works with texts and evaluations. The registration of the applications of these activities, as well as the analysis of the impressions of the application are reported in its own chapter. Finally, it is proposed the creation of material directed to high school teachers to facilitate the approach of this theme in classes, taking as a theoretical reference the meaningful learning of David Ausubel.

**Keywords:** Potentially Meaningful Teaching Units. Mechanical Waves. Electromagnetic Waves.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Onda transversal em uma corda .....	20
Figura 3.2: Onda longitudinal em uma mola .....	21
Figura 3.3: Definição de comprimento de onda .....	22
Figura 3.4: Definição do período $T$ de uma onda .....	23
Figura 3.5: Perfil de uma onda progressiva se propagando para a direita com velocidade $v$ ..	24
Figura 3.6: Campo elétrico e magnético, numa onda eletromagnética, na direção $x$ .....	28
Figura 3.7: Espectro eletromagnético .....	32
Figura A. 1: Experimento didático do tubo de Kundt .....	86
Figura A. 2: Montagem do experimento didático de Oesterd .....	88
Figura A. 3: Eletroímã caseiro com uma moeda para demonstração .....	90
Figura A. 4: Esquema técnico do rádio de galena .....	93
Figura A. 5: Esquema ilustrativo mostrando o rádio de galena construído.....	94
Figura A. 6: Esquema ilustrativo mostrando o circuito elétrico do rádio com os conceitos físico que ocorrem com cada elemento do circuito.....	95

# LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Equações de Maxwell na forma integral e diferencial.....	28
Tabela 5.2 – Respostas 2º ano 1 do experimento cordas e molas .....	49
Tabela 5.3 – Respostas 2º ano 2 do experimento cordas e molas .....	50

# LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1: Gráfico de barras com a distribuição de satisfação dos alunos do 2º ano 1 .....	53
Gráfico 5.2: Gráfico de barras com a distribuição de satisfação dos alunos do 2º ano 2 .....	55
Gráfico 5.3: Gráfico de barras com a distribuição de menções dos alunos do 2º ano 1 .....	56
Gráfico 5.4: Gráfico de barras com a distribuição de menções dos alunos do 2º ano 2 .....	58

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**APEOESP** – *Associação dos Professores do Ensino Oficial do Estado de São Paulo*

**AS** – *Aprendizagem Significativa*

**ATPC** – *Atividade Pedagógica Coletiva*

**ATPL** – *Aula de Trabalho Pedagógico Livre*

**CAAE** – *Certificado de Apresentação para Apreciação Ética*

**CNE** – *Conselho Nacional de Educação*

**MNPEF** – *Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física*

**PROFIS-So** – *Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba.*

**TAS** – *Teoria de Aprendizagem Significativa*

**UEPS** – *Unidade de Ensino de Potencialmente Significativa*

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 MOTIVAÇÕES DO TRABALHO .....	1
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	5
<b>CAPÍTULO 2 - Referencial teórico: A aprendizagem significativa de David Ausubel.....</b>	<b>6</b>
2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL.....	6
2.2 O QUE É APREDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM TERMOS CONCEITUAIS?.....	8
2.3 UEPS COMO REFERÊNCIA PARA A CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....	12
2.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO.....	16
<b>CAPÍTULO 3 - Ondas.....</b>	<b>19</b>
3.1 CONCEPÇÕES INICIAIS DE ONDAS .....	19
<b>3.1.1 Tipos de Ondas .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.2 Direção de propagação.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.3 Direção de vibração .....</b>	<b>20</b>
3.2 ANÁLISE DE ONDAS UNIDIMENSIONAIS .....	21
<b>3.2.1 Parâmetros básicos de uma onda .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2.2 Função de Onda harmônica .....</b>	<b>24</b>
<b>3.2.3 Equação de onda (clássica) .....</b>	<b>25</b>
3.3 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO VÁCUO.....	27
<b>CAPÍTULO 4 - Desenvolvimento das atividades .....</b>	<b>33</b>
4.1 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES .....	33
<b>CAPÍTULO 5 - Análise dos resultados .....</b>	<b>45</b>
5.1 CONHECIMENTOS PRÉVIOS .....	45
5.2 EXPERIMENTO INVESTIGATIVO ESTRUTURADO DE ONDAS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS .....	47
5.3 AVALIAÇÃO SOMATIVA, ATIVIDADE COLABORATIVA E MAPAS CONCEITUAIS .....	51
5.4 AUTOAVALIAÇÃO DA UEPS FEITA PELOS ALUNOS .....	52

<b>CAPÍTULO 6 - Considerações Finais.....</b>	<b>63</b>
<b>Referências .....</b>	<b>65</b>
<b>Apêndice A.....</b>	<b>69</b>
<b>Apêndice B .....</b>	<b>72</b>
<b>Apêndice C.....</b>	<b>75</b>
<b>Apêndice D.....</b>	<b>85</b>
<b>Apêndice E .....</b>	<b>87</b>
<b>Apêndice F .....</b>	<b>92</b>
<b>Apêndice G.....</b>	<b>97</b>
<b>Apêndice H.....</b>	<b>100</b>
<b>Anexo A .....</b>	<b>173</b>

# Capítulo 1

## INTRODUÇÃO

---

### 1.1 MOTIVAÇÕES DO TRABALHO

Após 4 anos de atuação no ensino da rede pública estadual na cidade de Limeira, tenho observado a distância entre o conteúdo de ondas mecânicas com o de ondas eletromagnéticas pelo currículo oficial do Estado de São Paulo, que são apresentados aos alunos em bimestres diferentes. Além disso, é também perceptível que os alunos não conseguem fazer uma associação entre o conteúdo de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas. Para os alunos, aparentemente, é como se o conteúdo de ondas eletromagnéticas fosse algo completamente novo e sem nenhuma ligação com o de ondas mecânicas. Essa percepção torna a aprendizagem algo difícil e quase sempre resulta numa aprendizagem mecânica<sup>1</sup>.

Outro problema considerado é o do tempo. Especificamente, o tempo de preparação de aulas e das demais atividades pedagógicas inerentes à profissão de professor, cuja jornada é alta. Muitos estados e municípios não seguem a Lei Federal 11.738/2008, que, em relação à jornada de trabalho no seu artigo 2º § 4º estabelece que um 1/3 da carga horário deve ser fora da sala de aula, para que o professor prepare aulas, corrija provas, trabalhos ou se aperfeiçoe profissionalmente<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> A aprendizagem mecânica é oposta à aprendizagem significativa. A aprendizagem mecânica é aquela em que o aluno apenas decora informações, sem fazer críticas ao que ele está “aprendendo”. O aluno é tratado como um depósito da informação. Quando a aprendizagem é mecânica com o passar do tempo o que é aprendido também é perdido e assim o aluno não retém a nova informação.

<sup>2</sup> O Estado de São Paulo informa que cumpre a lei federal 11.738/2008 desde de 2011, porém, a APEOESP (Associação dos Professores do Ensino Oficial Do Estado De São Paulo), questionou essa informação por meio de uma ação na justiça contestando como é feito esse cálculo. Essa ação foi julgada, e parcialmente ganha pela APEOESP em primeira instância e posteriormente perdida em segunda instância. Em poucas palavras, a APEOESP questionava que o termo “horas” deve ser entendido como “horas-aulas” e assim o professor ganharia um tempo a mais para realização de atividades pedagógicas. Atualmente, um professor com carga integral de 40

Também se reconhece a realidade de grande parte das escolas públicas de periferia, que enfrentam diversos tipos de problemas, tais como: violência escolar, evasão escolar, poucos alunos participando das aulas. Todas essas adversidades desmotivam o professor e, hora ou outra o professor torna-se a causa ou a solução dos mais variados problemas.

Essas e outras mazelas não citadas resultam na desmotivação profissional. Logo, o que seria mais rico para o professor, analisar sua didática e realizar autoavaliação de sua prática pedagógica, é praticamente posto de lado. Felizmente há exceções, alguns professores superam as dificuldades e realizam trabalhos exemplares.

Reconhecendo a impossibilidade de sanar todos esses problemas ou apontar uma luz maior sobre possíveis soluções, nessa dissertação abordaremos estratégias para o processo de ensino-aprendizagem com foco na teoria de aprendizagem de David Ausubel. Para esse autor é fundamental um ensino centrado nos alunos, o que favorecerá a participação mais ativa dos alunos nas aulas e, conseqüentemente, que o processo de aprendizagem seja mais agradável.

A opção pela teoria de David Ausubel se dá porque ela divide a responsabilidade da aprendizagem entre professor e aluno. A partir da leitura das ideias de Ausubel, surge a possibilidade de produzir uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), de forma que, obedecendo diretrizes estabelecidas, o professor terá uma disposição para ensinar e assim usar de diversas ferramentas para que o aluno aprenda. Na outra via, cabe ao aluno entender que a aprendizagem por recepção não é uma aprendizagem passiva, e sim algo ativo (AUSUBEL, 2003), cabendo ao aluno participar das atividades, pois a dinâmica das aulas muda a partir do momento que ela passa a ser dialogada entre os alunos e professor.

Portanto, segundo Ausubel (2003), para iniciar a aprendizagem dos alunos, deve-se primeiramente partir do conhecimento prévio que o aluno possui e construir com ele o conhecimento a ser aprendido. Os demais termos e ideias em uma construção da UEPS partem do princípio de que o conhecimento é uma construção.

---

horas, permanece 32 horas-aulas de 50 minutos com aluno, 3 horas-aulas de aula de Atividade Pedagógica Coletiva (ATPC) que é realizado na escola sob a orientação do professor coordenador e 13 horas-aulas de Aula de Trabalho Pedagógico Livre (ATPL), em que o professor pode realizar em qualquer local. Quando somado esses valores de horas aulas e fazendo a conversão para horas de 60 minutos, vemos que realmente tem 40 horas. Porém, o parecer CNE/CEB n. 18/2012, estabelece que o tempo deve ser contado de acordo com a duração definida pelo sistema educacional, ou seja, se as aulas serão de 60 minutos, 50 minutos ou 45 minutos. E assim neste mesmo parecer o Conselho Nacional de Educação (CNE), estabelece que para uma jornada de 40h, seja 26,66 horas com alunos e 13,33 horas com atividades extraclasse (essa fração de décimos deve ser computado de acordo com a duração de cada sistema). Apesar do parecer, a justiça compreendeu que o estado já cumpre a lei, pois, a soma de tempo computa 40h. Na lei 11.738/2008 também é estabelecido que o professor ganhe um piso salarial e o Estado de São Paulo cumpre precariamente essa lei. O professor do estado passou os anos de 2015 a 2017 sem qualquer reajuste, o que levou o estado de São Paulo a deixar de pagar o piso salarial da categoria, e em 2018 o estado fez então um reajuste apenas suficiente para voltar a cumprir a lei. Logo, a questão salarial quase que obriga o professor a buscar uma maior jornada de trabalho para ter um salário adequado.

Os alunos do Segundo Ano do Ensino Médio estudam o conteúdo de ondas mecânicas, na maioria das vezes, no final do terceiro bimestre, enquanto que o conteúdo de ondas eletromagnéticas é visto, geralmente, no final do quarto bimestre. Um professor de Física da educação básica, ao ver a disposição dos conteúdos de ondas mecânicas e eletromagnéticas no currículo do Estado de São Paulo pondera se é realmente interessante essa organização. Afinal, o questionamento seria, se, de fato, há a necessidade de separação entre os conteúdos relacionados a ondas mecânicas e eletromagnéticas. Seriam tais conteúdos dicotômicos, ao ponto de criar uma distinção entre eles?

Existem trabalhos que tratam do tema de ondas mecânicas, como o de Santos (2015) ou Marim (2014), voltados para o Ensino Médio. Para o tema do espectro eletromagnético no Ensino Médio há o trabalho de Zubler (2016), ou de campos eletromagnéticos inseridos no contexto do Ensino Superior, como o de Pantoja (2015). Santos (2015), em sua dissertação, cria uma UEPS para o ensino de ondas mecânicas para o Ensino Médio. Marim (2014), também trabalha com ensino de ondulatória, porém de maneira investigativa; ele não demonstra definições prontas para os alunos, mas a partir de atividades desenvolvidas, começa a sair do conceito não formal e ir para uma linguagem mais técnica sobre ondas mecânicas. Agora, para trabalhos que envolvem ondas eletromagnéticas, temos a tese de Pantoja (2015), em que apresenta uma UEPS para o ensino de campo eletromagnético (campo elétrico, campo magnético e indução eletromagnética), e naturalmente, em sua tese ele aborda as ondas eletromagnéticas. O trabalho de dissertação de Zubler (2016) oferece um enfoque no espectro eletromagnético e aborda aspectos das ondas eletromagnéticas.

Com esses exemplos, parece-nos que não se tem explorado a ligação dos conceitos de ondas mecânicas junto a ondas eletromagnéticas, de tal maneira que o aluno seja capaz de associar que os mesmos conceitos físicos estão presentes nos dois tipos de onda, já que os conteúdos são apresentados de maneira separada. Dessa forma, conceitos como comprimento de onda, amplitude, frequência, interferência, entre outras, são vistos isoladamente, geralmente na forma de ondas mecânicas no fim do segundo ano. Semelhantemente, o espectro eletromagnético, que aborda temas como as ondas de rádio, espectro visível da luz, raio x e raio gama, são vistos conjuntamente no terceiro ano do ensino médio. No caso do currículo oficial do Estado de São Paulo, esse tema é desenvolvido no fim do segundo ano, sem aprofundamento de como os conceitos se relacionam, restando ao professor fazer breves comentários antes de continuar o conteúdo e esperar que o aluno compreenda. Além disso, dificilmente o aluno consegue fazer uma ligação entre os conteúdos devido ao amplo espaço de tempo e isso o impede de perceber a relação. E é claro que com o ensino tradicional não há garantias

metodológicas de que com essa abordagem haverá aprendizagem, no máximo, uma memorização. O que vemos, então, são professores e alunos com queixas a essa abordagem tradicional.

Acreditamos que, para uma aprendizagem das ondas eletromagnéticas, é necessário que ocorra uma construção de conceitos mais abstratos por parte dos alunos, já que não são ondas visíveis, como as mecânicas, essas, geralmente mais simples de compreender pelas suas vivências cotidianas (ondas mecânicas podem ser visualizadas em cordas, água ou som, e são assim facilmente perceptíveis, por outro lado, ondas eletromagnéticas são formadas por campos elétricos e magnéticos que não são visíveis e são apenas perceptíveis de maneira indireta). Neste sentido, ao partir de um conteúdo de ondas mecânicas para eletromagnéticas, ou seja, de um mais concreto para um mais abstrato, vemos a possibilidade de criar-se sequências didáticas que buscam organizar os conteúdos de uma maneira lógica, colaborando com a prática dos professores e a aprendizagem dos alunos.

Neste trabalho, a construção de um rádio de galena foi uma alternativa que buscou unificar a parte conceitual física e a Aprendizagem Significativa (AS). Esse rádio pode ser montado com materiais de baixo custo e possui um resultado nada comum que é funcionar sem eletricidade. O propósito era que os alunos pudessem visualizar a construção do rádio e explorar conceitos ondulatórios. Interessante acrescentar que, após realizar uma busca com o termo “rádio de galena” nos principais<sup>3</sup> periódicos brasileiros A1 e A2 da área de ensino de ciências, não se encontrou nenhum artigo que abordasse ou citasse a produção de um rádio.

Para organizar essa unificação entre os conceitos físicos e a AS, temos as Sequências Didáticas (SD) que são alternativas simples e que permitem uma metodologia diferenciada. Um tipo de SD que pode ser usada são as UEPS, pois, numa UEPS, sua construção inicia naquilo que o aluno já sabe e, a cada aula, há uma progressão de conteúdo de modo que o conhecimento recém adquirido pelo aluno é assimilado ao que ele possui, objetivando o sentido de conteúdo; em outras palavras, as UEPS objetivam uma Aprendizagem Significativa (AS).

O desenvolvimento deste trabalho busca ir além da aprendizagem dos alunos participantes. A ideia também consiste em que o material desenvolvido na forma de uma UEPS seja algo que possa ser usado pelos mais diversos professores e principalmente por aqueles que

---

<sup>3</sup> Foram analisadas no quadriênio de 2013-2016 as seguintes revistas, entre os dias de 1 a 6 de março de 2018: A1 - Ciência & Educação, A1 - Revista Brasileira de Ensino de Física, A2 - Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, A2 - Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas, A2 - Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências, A2 - Caderno Brasileiro de Ensino de Física, A2 - Imagens da Educação, A2 - Investigações em Ensino de Ciências, A2 - Rencima, A2 - Revista Acta Scientiae, A2 - Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, A2 - Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.

lecionam em várias turmas e escolas e que se deparam com a escassez de tempo para refletir sobre os caminhos que possam facilitar a aprendizagem de seus alunos. Neste sentido, o produto educacional desenvolvido neste trabalho espera sanar essa lacuna e ser um apoio prático para o professor ao preparar suas aulas. E que assim crie um impacto positivo na sala de aula.

Outra expectativa é de que o professor perceba, de maneira prática, que teorias de aprendizagem podem ser transpostas para as salas de aula, e que teorias de aprendizagem subsidiam mudanças metodológicas para aperfeiçoamento do processo de ensino-aprendizagem e assim impacta positivamente sua aula. Portanto, espera-se que a dissertação seja um motivador para o professor criar sua própria sequência didática, independentemente do tema que ele venha a escolher. Espera-se também que ao ver o relato apresentado da construção de uma UEPS o professor perceba que não é algo complexo e, assim, sinta-se motivado a construir sua própria UEPS.

## 1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é construir uma UEPS, discutindo conceitos ondulatórios tanto de ondas mecânicas como eletromagnéticas, em duas turmas de segundo ano do Ensino Médio. Além disso, desenvolver atividades de aprendizagem que sejam potencialmente significativas para uma aprendizagem efetiva, segundo a teoria de aprendizagem de David Ausubel.

Como produto educacional espera-se que esta UEPS sirva como um material de apoio ao professor, para que possa subsidiar seu trabalho em sala de aula numa Sequência Didática contextualizada à sua realidade.

# Capítulo 2

## REFERENCIAL TEÓRICO: A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

---

---

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico escolhido nessa dissertação, a aprendizagem significativa desenvolvida por David Ausubel. Além disso, apresentam-se os principais conceitos relacionados a essa teoria. Sugerimos ao leitor que busque obras do professor David Ausubel e do professor Marco Antonio Moreira, para ter uma melhor compreensão da teoria. Esta teoria possui uma riqueza e densidade única, portanto, aqui apresentaremos algumas das principais ideias.

### 2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

David Ausubel foi um psicólogo estadunidense, que passou por várias residências médicas em psiquiatria. Após essa etapa de sua vida iniciou um doutorado em Psicologia do Desenvolvimento e lecionou durante muitos anos. Sua história de sucesso chega ao auge com a criação de uma nova teoria de aprendizagem cognitiva<sup>4</sup>. A teoria criada por ele ficou conhecida como Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS).

A escolha dessa teoria de aprendizagem neste trabalho deve-se basicamente, pela experiência em sala de aula do autor dessa dissertação, ao observar que o conhecimento é

---

<sup>4</sup> Para o leitor ter uma ideia da extensão e obras desenvolvidas por David P. Ausubel, é sugerido acessar o site <<http://www.davidausubel.org/>>, que contém as referências de todas as obras feitas por ele, nas mais diversas áreas tanto da psicologia e da educação.

construído junto com o aluno e que uma Sequência Didática é mais compreensível para que qualquer professor use as ideias apresentadas aqui. Sendo assim, a UEPS desempenha este papel organizando as ideias de maneira lógica partindo do conhecimento do aluno.

Ausubel elenca três motivos para tornar a TAS como um diferencial às demais teorias de aprendizagem (AUSUBEL, 2003). A primeira é que o conhecimento adquirido pelo aluno integra-se à sua cognição sendo armazenado por ele de tal maneira que se torna um conhecimento estável, em que influências arbitrárias, literais ou de memorização não abalam o conhecimento. O segundo motivo é que o aluno irá reter este conhecimento por mais tempo e reterá de uma maneira mais significativa. Por último, o processo de ensino-aprendizagem é mais agradável, pois partirá do que o aluno sabe e assim há uma interiorização, analisando as relações entre os conteúdos e o conhecimento do aluno, recordando assim por mais tempo, o conhecimento recém-adquirido.

Ausubel fez certos comentários sobre a metodologia da aprendizagem por descoberta (AUSUBEL, 2003), segundo ele, uma virtude dessa metodologia é que ela é um motivador único e, em determinadas situações, pode ser empregada para desenvolvimento da capacidade de resoluções de problemas. Apesar dessas virtudes, ele registrou algumas críticas na aprendizagem por descoberta. Por exemplo, o fator tempo para aplicação dessa metodologia, a falta de certeza que o aluno estará atribuindo conceitos corretos aos fenômenos observados por ele ou ainda, pode ser uma descoberta forçada, replicando técnicas aplicadas por cientistas e que não serão incorporadas pelo aluno.

Com base nessas críticas, Ausubel defende a aprendizagem por recepção. Poderíamos imaginar que esta é uma aprendizagem passiva, isto é, o aluno apenas observa e não interage, entretanto, Ausubel (2003) esclarece que a aprendizagem por recepção é ativa e que ela depende do aluno, do material e do professor.

Sobre os alunos, Ausubel (2003) declarou:

O estudante assume uma responsabilidade adequada pela própria aprendizagem:

1. Quando aceita a tarefa de aprender ativamente, procurando compreender o material de instrução que lhe ensinam.
2. Quando tenta, de forma genuína, integrá-lo nos conhecimentos que já possui.
3. Quando não evita o esforço ou a batalha por novas aprendizagens difíceis e não exige que o professor ‘lhe faça a papa toda’.
4. Quando decide fazer as perguntas necessárias sobre o que não compreende. (p. 36).

Sobre o material, ele declarou que deverá ser potencialmente significativo, englobando a “seleção, organização, interpretação e disposição sequencial” (AUSUBEL, 2003, p. 36) do conteúdo, e vai além, ao afirmar que o material deve possuir uma relação de forma não-

arbitrária e não-literal. Isto é, a relação não-arbitrária expressa que o material faça uma conexão com o conhecimento do aluno e a partir dessa relação crie elaborações e generalizações mais inclusivas. E ao tratar como uma relação não-literal, a concepção é de que o material apresentado possa ser construído com uma linguagem equivalente, ou seja, ao mudar a redação, o aluno é capaz de entender, pois apropriou-se do significado e não da memorização de uma frase, fórmula ou informação.

Ao professor caberá organizar sua prática pedagógica, para que mesmo lecionando por recepção, não caia na armadilha de privilegiar a aprendizagem mecânica em detrimento da Significativa. Ao repensar sua prática, o professor deve questionar suas avaliações, suas aulas e todo e qualquer aspecto inerente ao seu papel, para verificar se ele está avaliando a aprendizagem ou memorização de seus alunos.

Moreira (1999), então, enfatiza quatro pontos principais que o professor deverá ter atenção ao criar uma unidade de ensino:

1. Identificar conceitos e princípios unificadores e com poder de exploração de conteúdos integradores, progredindo do mais geral indo ao mais específico.
2. Identificar os principais subsunçores que possuem relevância para a aprendizagem do conteúdo a ser ensinado para que o aluno possa tê-los em sua estrutura cognitiva para aprender significativamente
3. Identificar o que o aluno já sabe e quais subsunçores estão presentes na estrutura cognitiva do aluno.
4. Utilizar materiais potencialmente significativos, para que o aluno aprenda e organize os novos conhecimentos em sua estrutura cognitiva.

## 2.2 O QUE É APREDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM TERMOS CONCEITUAIS?

A AS é uma teoria idealizada por David Ausubel (MOREIRA,1999, p.153) que afirma que a AS ocorre somente quando uma nova informação é ancorada pela estrutura cognitiva preexistente do aluno, e assim é formada uma hierarquia, onde conceitos mais específicos são ligados a conceitos mais abrangentes.

Existem diversos conceitos associados a TAS. Primeiramente, para Ausubel, o mais

importante para que se inicie a AS é identificar os conhecimentos prévios que o aluno possui.

Identificados estes conhecimentos, deve ser exposta uma proposição significativa do conteúdo. Esta proposição irá ligar-se de forma significativa à estrutura cognitiva do aluno. Este conhecimento que o aluno já possui em sua estrutura cognitiva é chamado subsunçor<sup>5</sup>. Essa ligação não é de forma alguma trivial, como uma memorização ou algo do gênero.

Como essa aprendizagem de um novo conteúdo não é arbitrária, a nova proposição fará parte da estrutura cognitiva do aluno. Portanto, o subsunçor tem papel fundamental para que o aluno adquira novas informações que se ligam às suas ideias preexistentes. Na TAS esse processo será chamado de ancoragem (AUSUBEL, 2003). Isso resulta no crescimento e na modificação do conceito subsunçor (MOREIRA, 1999).

Pode ocorrer que o aluno não possua o devido subsunçor para iniciar sua aprendizagem, para preencher essa lacuna o professor utiliza-se de organizadores prévios. Ao invés de iniciar as atividades com o conteúdo a ser aprendido, o professor apresenta algum material mais inclusivo ou geral. Este material pode ser uma aula, situação-problema, simulação, experimento, texto, entre outras ferramentas. Moreira (2010) afirma que apesar de ser funcional tal conceito, o melhor é facilitar ou promover a construção de subsunçores antes de seguir em diante. Ainda assim, Moreira (2010) defende o seu uso, para demonstrar ao aluno que os novos conteúdos estão relacionados aos conceitos que foram apresentados antes e que podem se apoiar em algum subsunçor presente na estrutura cognitiva do aluno.

Na TAS a aprendizagem pode ser subordinada, superordenada e combinatória. A aprendizagem subordinada é aquela em que ao aluno é apresentado a um novo conceito e este conceito se ancora ao subsunçor existente demonstrando uma subordinação ao novo conceito em relação à estrutura cognitiva do aluno. A aprendizagem superordenada é quando, ao longo de seu estudo, um aluno consiga desenvolver um novo subsunçor que incorpore todos outros já existentes na sua estrutura cognitiva, havendo assim uma mudança na hierarquia de sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2010). A aprendizagem combinatória não é subordinada e nem superordenada, portanto não estabelece uma relação hierárquica. Ela é uma aprendizagem mais ampla em que o significado é obtido sem interagir com um subsunçor específico, mas o novo conhecimento interage com o campo de conhecimentos na estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA, 2010). Portanto, a nova informação é potencialmente significativa por ser

---

<sup>5</sup> Subsunçor é um termo aportuguesado da palavra inglesa 'subsumer'. Para efeitos da tas, devemos entendê-la como subordinada ou subordinante. O subsunçor é o conhecimento que o aluno já possui e assim o conhecimento a ser aprendido apoia sobre o já existente. Para o leitor se aprofundar sobre o tema aconselhamos a leitura do capítulo 10 do livro teorias de aprendizagem (1999) de marco a. Moreira em especial as páginas 157-159 em que é tratado sobre a teoria de assimilação.

relacionada à estrutura cognitiva como um todo (MOREIRA, 1999, p. 159).

Essas definições nos levam para dois novos conceitos da TAS: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva ocorre na aprendizagem subordinada, que seria um processo de ancoragem de um novo subsunçor. Neste conceito de diferenciação progressiva, as ideias ou conceitos mais gerais do conteúdo devem ser apresentados primeiro e, progressivamente, as ideias ou conceitos mais específicos do conteúdo, ou seja, existe uma hierarquia a ser cumprida na apresentação do conteúdo, as ideias gerais são apresentadas primeiro e posteriormente as ideias mais específicas. A frequência desse processo leva à uma diferenciação progressiva (MOREIRA, 1999, p. 160).

Por sua vez, na reconciliação integrativa, as novas proposições ao serem estabelecidas na estrutura cognitiva do aluno acabam se reorganizando e adquirindo novos significados na estrutura pré-existente do aluno, estas novas organizações e novos significados, reconciliam e se integra a estrutura cognitiva gerando, deste modo, uma reconciliação integrativa (MOREIRA, 1999, p. 160). A reconciliação integrativa ocorre geralmente na aprendizagem superordenada e combinatória.

Sobre o material instrucional, Ausubel (2003) chama atenção para que o material seja *potencialmente* significativo.

Neste caso, a insistência no adjectivo qualificativo 'potencial' é mais do que uma mera consideração académica. Caso os materiais de aprendizagem (tarefa) se considerassem simplesmente já significativos, o processo de aprendizagem (apreensão e criação do significado dos mesmos e torná-los funcionalmente disponíveis) seria completamente supérfluo; o objectivo da aprendizagem estaria, obviamente, já concretizado, por definição, antes de sequer se tentar qualquer aprendizagem, independentemente do tipo de mecanismo de aprendizagem empregado ou da existência de conhecimentos anteriores relevantes na estrutura cognitiva. (p. 57).

O material possui uma potencialidade como facilitador da aprendizagem, esse destaque deve ser dado, pois, pode ocorrer também que o aluno aprenda o material, isto é, o aluno pode simplesmente memorizar o material que está sendo oferecido a ele. Ao contrário de sua real intenção, de que o material é um meio para que o aluno construa significados dos conteúdos a serem aprendidos, Ausubel (2003) definirá então como tarefa de aprendizagem significativa.

Como então avaliar se o aluno está conseguindo obter uma AS? Aqui então deve haver uma quebra de paradigma do método avaliativo do professor. Em geral o professor e a sociedade são acostumados a avaliar a aprendizagem apenas por testes objetivos, com certo ou errado, sim ou não, e isso acaba por promover a aprendizagem mecânica. Logo, o processo de AS é longo, contínuo e bastante demorado, exigindo que a avaliação seja diferente também. Algo que

valorize o erro e que seja progressivo, deve ser formativa e recursiva, isto é, deve buscar evidências de AS e oferecer oportunidades para os alunos refazerem as atividades, explicando os motivos de suas tomadas de decisões e externando.

Portanto, a AS indica que a aprendizagem é real e não mera reprodução mecânica desprovida de significado para o aluno, em que aluno apenas decora informações e as reproduz sem qualquer interação cognitiva. Sendo assim, a construção de uma UEPS deve apresentar caminhos e reflexões para que em nosso caso aborde conceitos de ondas mecânicas e eletromagnéticas de maneira significativa para o aluno.

Para determinar se para o aluno houve aprendizagem mecânica ou significativa, são necessários questões e problemas que sejam novos e não familiares (MOREIRA, 1999). Dentre essas questões e problemas, sugere-se como parte da UEPS dessa dissertação a aplicação de alguns experimentos, em especial a construção de uma rádio de galena, pois geralmente as aulas não são atrativas por serem essencialmente teóricas e expositivas (Monteiro, 2009). Nesse trabalho, apresentamos essa experiência, pois não serão apenas questões e problemas com uma redação diferente que queremos explorar para verificar se houve AS, apesar de não descartar esse método, sendo assim estamos expandindo essa possibilidade de apresentar algo novo ao aluno, na forma experimental.

Assim sendo, para externar os conhecimentos dos alunos de uma nova maneira Moreira sugere a construção de mapas conceituais. No olhar ausubeliano os subsunçores iniciais presentes nos alunos avançarão de modo que os conceitos prévios existentes sejam substituídos por novos e o subsunçor inicial se tornará um subsunçor modificado (MOREIRA, 1999). Os mapas conceituais desenvolvidos pelos alunos podem também demonstrar esse avanço na aprendizagem.

Mapas conceituais podem ser usados como um recurso de aprendizagem ou como um instrumento de avaliação de aprendizagem, qualitativa e formativa de aprendizagem (MOREIRA, 1997). É possível traçar um mapa conceitual com alunos questionando a forma com que os conceitos físicos estão relacionados. Para isso, as sugestões de Moreira (1997) são vitais no planejamento e execução da construção de mapas com os alunos, afinal o mapa não tem uma forma definida, mas precisa seguir uma certa hierarquia, para que os conceitos estejam organizados de modo que seja possível perceber ideias primárias e secundárias. Ainda nesse texto, Moreira sugere que no topo do mapa estejam as partes mais específicas e na parte inferior os conceitos menos abrangentes, ele sugere também que hajam setas ligando os conceitos e estabelecendo as ligações entre os mesmos.

Moreira (2007) reitera que, apesar de todas essas ações para que haja AS e para que os materiais utilizados sejam potencialmente significativos, o aluno ainda deve mostrar uma predisposição de aprendizagem. Satisfeita essa condição o aluno não deve apenas ter chegado à aprendizagem significativa, ele deverá entender que o conhecimento é uma ação do homem.

Indubitavelmente, como pode ser visto até este momento a AS não é algo trivial e apesar de todo o esforço de realizá-la, exige um estudo sério com bastante planejamento para a sua realização.

### 2.3 UEPS COMO REFERÊNCIA PARA A CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Na criação da UEPS, começamos planejando a descoberta de quais são os subsunçores presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Logo, é necessária a preparação de organizadores prévios para relacionar o que o aluno sabe e o que ele deve saber, sendo que os organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do tema, de fato, a ser discutido (MOREIRA, 1999).

A partir desse momento devemos pensar se a UEPS será, de fato, Potencialmente Significativa, pois, por mais que o material e a preparação sejam aparentemente significativos, o material pode induzir somente a uma aprendizagem mecânica, mesmo que ainda Ausubel não considere a aprendizagem mecânica como um fracasso<sup>6</sup> (MOREIRA, 1999).

Para solucionar esse eventual problema, temos que aplicar testes que delimitam se para o aluno houve aprendizagem mecânica ou significativa. Como sugere Ausubel, são necessários problemas que sejam novos e não familiares para que se possa distinguir entre aprendizagem mecânica e significativa (MOREIRA, 1999). Dentre essas questões e problemas, sugere-se como parte da UEPS a aplicação de experimentos como, por exemplo, a construção de um rádio de galena. Nesse trabalho apresentamos essa experiência e outras, pois não será apenas problemas com uma redação diferente que queremos explorar para verificar se houve AS, apesar de não descartar esse método, sendo assim estamos expandindo essa possibilidade de apresentar algo novo ao aluno.

---

<sup>6</sup> Aprendizagem mesmo sendo mecânica é uma aprendizagem. E assim dentro da TAS, caso o aluno não possua nenhum conhecimento sobre um determinado conhecimento inicialmente ele precisará aprender mecanicamente para que depois ele crie mecanismos de aprendizagem significativa.

Atividades metodologicamente preparadas com objetivo de melhorar o ensino-aprendizagem constituem as assim chamadas unidades didáticas. Conforme, Zabala (2015) explica, as intenções educacionais presentes nas unidades didáticas determinam quais conteúdos serão aprendidos e como serão desenvolvidas cada uma das atividades ao longo das aulas, articulando e ordenando, formando assim uma Sequência Didática (SD). Portanto a UEPS, é uma SD que visa AS.

Existem diversos tipos de SD. Porém, existem alguns fatores identificados por Zabala (2015) os quais são comuns a todos os tipos de sequência didática. A primeira é a complexidade. A complexidade apontada por ele é nas atividades desenvolvidas, e não nas fases da sequência.

Zabala levanta algumas perguntas sobre como melhor escolher uma sequência didática, sendo elas:

[...] contribui para melhorar a aprendizagem dos alunos? Podem se acrescentar ou eliminar algumas atividades? Quais? Mas, sobretudo, que razões podemos esgrimir para fundamentar as avaliações que fazemos ou as decisões que tomamos? Que avaliação podemos fazer desta sequência e que razões a justificam? (2015, p. 55).

A UEPS possui etapas bem definidas e sua articulação com os conteúdos se dá a partir do que o aluno conhece e avança em nível de complexidade. A confecção de atividades é relativamente simples e ainda encontramos na literatura relatos de aplicações indicando que houve mais participação dos alunos e aprendizado após a execução das mesmas (SCHITTLER, 2016).

Logo, em cada etapa devem ocorrer atividades diferenciadas, reforçando cada conteúdo. As atividades diferenciadas devem atrair a maior quantidade de alunos para a realização das atividades que serão potencialmente significativas.

Zabala (2015) enfatiza que a sequência didática deverá ter cuidado com a diversidade e o pensamento construtivista, afinal cada aluno é diferente e tem experiências de vida únicas.

Neste sentido, Zabala (2015) deixa implícito que o conhecimento a ser desenvolvido numa SD deve ter como objetivo desenvolver pelo aluno o conhecimento atitudinal. Entretanto, vemos que segundo Moreira (2011) numa UEPS, o objetivo primário é de produzir conhecimento declarativo e/ou procedimental. O conhecimento atitudinal na UEPS não é desenvolvido como foco. Portanto, vemos uma particularidade da UEPS.

Esta particularidade é interessante, pois Ausubel (2003) fez algumas críticas para determinadas faces do construtivismo e neste sentido, observamos como essas críticas influenciam a UEPS. Numa UEPS exige-se que o aluno se disponha a aprender.

Ausubel (2003, p. 35), reforça que “das funções essenciais da educação deveria ser o estímulo para o desenvolvimento de motivações e de interesses”, e espera-se que a UEPS se torne um motivador para que os alunos mudem suas atitudes devido às atividades diferenciadas que são oferecidas em cada fase, conforme Schittler (2016) demonstrou em seu trabalho, em que os alunos relataram que gostaram das atividades propostas e que os motivaram.

Sobre os tipos de conhecimento, Pinto (1998) explica que o conhecimento declarativo é aquele com informações verdadeiras como: dados, fatos, datas, definições, fórmulas entre outros. Pode ser declarado verbalmente, escrito ou mental. A UEPS pode produzir, o conhecimento declarativo, desde que a nova informação seja ancorada na estrutura preexistente do aluno.

Ainda segundo Pinto (1998) o conhecimento procedimental é aquele que o aluno possui a competência para agir, ou seja é capaz de interpretar gráficos, ler, escrever, contar, dirigir ou analisar resultados, em suma, é a habilidade cognitiva de executar ações, como Moreira (2011) também define. A UEPS, em sua fase final, também deve prever a produção deste tipo de conhecimento.

O conhecimento atitudinal para Zabala (2015) é aquele afetivo, direcionado à mudança de atitudes e valores, voltado para que o aluno aprenda a aprender, aprenda que pode aprender e que mude a imagem que ele tem de si mesmo. Como já foi dito antes aqui, apesar do conhecimento atitudinal não ser um dos objetivos primários de uma UEPS, Schittler (2016), demonstrou bons resultados nesse sentido, ao concluir que os alunos estavam mais dispostos a estudar e realizar as atividades propostas e, se levamos em consideração as falas de Ausubel sobre o material potencial significativo e a própria disposição dos alunos em uma aprendizagem ativa, vemos que o conhecimento atitudinal é um fator preponderante do aluno para que ele almeje o conhecimento (AUSUBEL, 2003).

Uma observação a ser feita é que numa UEPS sua maior influência é o cognitivismo ausubeliano, porém existem outras influências: o sócio-interacionismo de Vygotsky, Novak, Gowin entre outros registrados por Moreira (1997). Isso explica também como a UEPS pode ser tão diversificada com suas ferramentas para fazer com que haja AS.

Segundo Moreira (2011, p. 5) a UEPS será válida se os alunos apresentarem “captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações problema”.

Feita estas considerações, a sequência adotada na construção da UEPS são as diretrizes dadas por Moreira (2011). Sendo elas:

1. definir o tópico específico a ser abordado;
2. criar/propor situação(ções) em que o aluno possa externar seu conhecimento prévio;
3. propor situações-problema. Em nível introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático;
4. apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva;
5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais e estruturantes, com uma maior complexidade e o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual;
6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; estas situações devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores;
7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas<sup>7</sup> por professores experientes na matéria de ensino;

---

<sup>7</sup> O sentido dado aqui ao termo “validar”, é de que pelo menos as questões foram elaboradas, aplicadas e reelaboradas. Portanto, passaram por especialistas da área, por professores do mesmo nível para a qual as questões foram planejadas, aplicadas em sala de aula e por fim reelaborado após todas essas etapas buscado aperfeiçoamento. Sugerimos a leitura do artigo de Guimarães e Giordan (2013) para compreender melhor sobre a validação e em especial de uma SD.

8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; a ênfase deve ser em evidências, não em comportamentos finais.

## 2.4 O PAPEL DA EXPERIMENTAÇÃO

Existem muitas questões e dúvidas quanto à realização de atividades experimentais na sala de aula, tais como: o aluno realmente aprende ao realizar um experimento? O que ele está aprendendo? Qual é o objetivo da experimentação em sala de aula? Parece haver a ingenuidade de que aulas experimentais são boas por trazerem objetos diferentes para aula e tornar a aula mais atrativa apesar de não possuir um objetivo de aprendizagem claro; e, ainda o investimento em equipamentos de laboratórios oferecerá qual tipo de retorno para aprendizagem dos alunos (BORGES, 2002).

Essas críticas surgem do pressuposto que um pesquisador ao realizar um experimento busca testar uma teoria após meses e anos de estudo sobre aquele tema e assim gostaria de verificar se suas ideias estão corretas. E o aluno com equipamentos cedidos pelo professor irá reproduzir ou testar uma ideia que não é dele? Ainda Borges (2002) nos lembra que por vezes aulas experimentais acabam focando apenas na extração e análise de dados na busca pela “resposta certa” e assim o mais importante não é discutido. Que no caso seria a mudança de modelos preconcebidos dos alunos substituído por modelos corretos que de fato explicam os fenômenos naturais, em um debate construtivo sobre como o experimento muda algum aspecto de nosso conhecimento.

Porém, há que defenda o uso da experimentação como recurso de aprendizagem. Algumas dessas justificativas é que segundo Oliveira (2012) as aulas experimentais motivam os alunos proporcionando uma maior participação na aula, eles aprendem a trabalhar em grupo tendo um melhor desenvolvimento interpessoal, estimulam a criatividade, aumentam a capacidade de observação e registro de dados, interpretação de informações, construção de modelos corretos sobre fenômenos da natureza e muito mais.

Geralmente, as experiências aplicadas em sala de aula são classificadas em três tipos:

atividades de demonstração, atividade de verificação e atividades de investigação (OLIVEIRA, 2012). A atividade de demonstração é aquela em que apenas o professor manipula os experimentos e informa para os alunos o que eles têm de observar. A atividade de verificação é basicamente verificar se determinada lei funciona ou não. E por último, as atividades de investigativas em que o aluno possui um papel mais de protagonista, além de manipular equipamentos, o aluno investiga os fenômenos, manipulando em todas as fases desde da elaboração da proposta experimental, montagens dos equipamentos, coleta de dados e as interpretações dos resultados.

Apesar de haver discussões sobre como seria melhor abordagem de aulas experimentais, cabe ao professor reconhecer as qualidades e limitações das diversas estratégias para alcançar seus objetivos de aprendizagem. Levando em consideração a realidade de seus alunos e de sua escola com suas limitações e potencialidades. Buscamos neste trabalho realizar experimentos demonstrativos, de verificação e investigativos.

Um experimento demonstrativo é melhor para introduzir alguma lei, como também é útil quando há uma insuficiência de tempo ou materiais para que cada aluno realize as atividades propostas. A aula de verificação é ideal para o professor supervisionar, avaliar e com o uso do roteiro pode vir a facilitar que o aluno siga as instruções e não seja tão dependente do professor, além ainda de manusear os equipamentos. A experimentação investigativa, deixa o aluno com alto grau de liberdade, com resolução de problemas propostos, passando por todas as etapas de uma investigação científica, de propor caminhos, hipóteses e soluções (OLIVEIRA, 2012).

No entanto, se o professor não souber fazer a mediação dos objetivos de aprendizagem propostos, qualquer tipo de atividade experimental, poderá ser frustrante. E o contrário também é válido, isto é, se o professor tiver em mente seus objetivos, entenderá que as atividades experimentais independentemente da abordagem são ferramentas para alcançar a aprendizagem.

Em geral, predomina a ideia que os experimentos devem ser apresentados de forma investigativa, pois, segundo Oliveira (2010), nas atividades investigativas há uma maior participação dos alunos, desde a identificação do problema até a sua solução. Ainda segundo Oliveira (2010), em atividades experimentais investigativas não é necessário que o aluno possua todos os conteúdos trabalhados em aulas anteriores. Sendo assim, os conteúdos que não foram trabalhados e que são necessários para a explicação dos fenômenos envolvidos nos experimentos podem ser discutidos ao longo da realização das atividades, porém, o professor deve observar que ao primeiro questionamento feito pelos alunos, ele não forneça imediatamente as explicações, pois a intenção da atividade investigativa é que os alunos sejam

instigados a pensar, refletir, questionar e argumentar sobre os fenômenos (OLIVEIRA, 2010).

Deve ser ressaltado aqui que experimentos demonstrativos podem ser também investigativos (ARAUJO, 2003). Sobre o presente trabalho, devido à escassez de tempo não foi possível construir com alunos cada experimento. Portanto, uma sugestão é que outros professores que assim desejarem, construam juntos com seus alunos cada atividade experimental proposta aqui.

O que deve ser chamado a atenção é para o fato que o experimento demonstrativo não precisa ser um experimento tradicional em que há pouca participação do aluno e esteja totalmente centrado no professor (OLIVEIRA, 2010). De fato, Araújo (2003), detalha que existem atividades de demonstração abertas em que o aluno participa ativamente manipulando os equipamentos, questionando e elaborando hipóteses. Portanto, cabe ao professor atribuir uma estratégia que torne o aluno mais participativo das atividades.

O roteiro elaborado para a realização das atividades experimentais deste trabalho buscou dentro das limitações seguir as sugestões listadas por Oliveira (2010), perguntando aos alunos o que eles esperam que aconteçam, registrando todas as fases dos experimentos por meio do roteiro disponibilizado com perguntas para cada fase do roteiro, revisando os conceitos do modelo científico e com perguntas abertas para que pudessem pensar sobre os desenvolvimentos das atividades experimentais, mas nada de forma complexa para que uma eventual lacuna de algum conhecimento do aluno fosse um dificultador e, assim, acabar por desmotivar o aluno por não conseguir responder as perguntas.

# Capítulo 3

## ONDAS

---

### 3.1 CONCEPÇÕES INICIAIS DE ONDAS

Intuitivamente, possuímos noções básicas do que seria uma onda. Porém não é algo trivial definir o que seria uma onda, apesar de termos vários exemplos em nosso cotidiano. Griffiths (2011, p. 253), define a onda como um “distúrbio contínuo que se propaga com uma forma fixa e em velocidade constante”. Moysés (2002, p. 98) seguindo nessa linha de definição, refere-se à onda “quando a transmissão do sinal entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos ao outro”.

#### 3.1.1 Tipos de Ondas

As ondas podem ser de três de tipos, dependendo de sua natureza:

1. **Ondas mecânicas:** são ondas que precisam de meio material elástico para se propagar. As ondas mecânicas obedecem às leis de Newton. O meio material pode ser o ar, água, rocha, corda, etc. Exemplos comuns de nosso cotidiano são: ondas do mar, ondas sonoras, ondas sísmicas, entre outras.
2. **Ondas eletromagnéticas:** são formadas por interações entre campo elétrico e magnético. São ondas que não precisam de meio material para se propagar (podem se propagar no vácuo). Exemplos comuns de nosso cotidiano são: ondas de rádio e TV, raios X e a luz solar.

- 3. Ondas de matéria:** é um tipo de onda menos conhecida, sendo tratada pela mecânica quântica. Se trata de ondas de partículas elementares (elétrons, por exemplo), associadas à dualidade entre matéria e onda proposta por de Broglie. Neste trabalho, as ondas de matéria não serão abordadas.

### 3.1.2 Direção de propagação

Com relação à direção de propagação, as ondas podem ser:

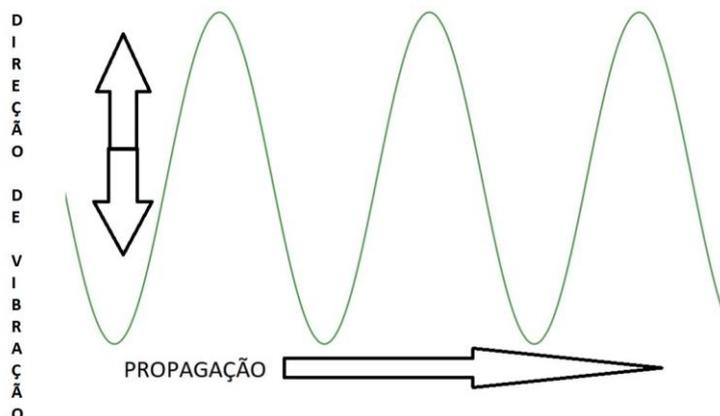
- 1. Unidimensional:** A onda propaga-se apenas em uma única direção. É o caso das ondas formadas em uma corda.
- 2. Bidimensional:** A onda propaga-se em duas direções. É o caso de ondas formadas após uma pedra cair em um lago.
- 3. Tridimensional:** A onda propaga-se em três direções. É o caso das ondas sonoras.

### 3.1.3 Direção de vibração

As ondas possuem dois tipos de direção de vibração. Usaremos para exemplificar o caso de uma corda e de uma mola. Portanto:

- 1. Transversal:** A direção de propagação é perpendicular ao deslocamento dos elementos da corda. Conforme, figura 3.1.

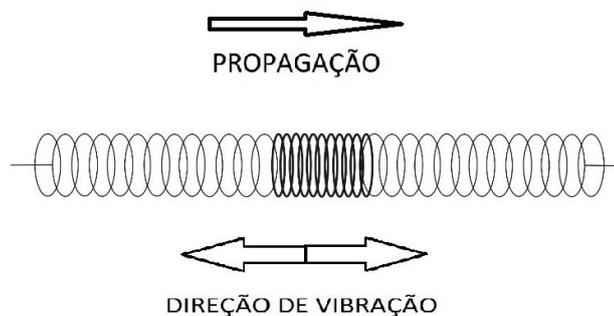
**Figura 3.1:** Onda transversal em uma corda



**Fonte:** Próprio autor.

2. **Longitudinal:** A direção de vibração da mola é paralela a direção de propagação da mola. Conforme, figura 3.2.

**Figura 3.2:** Onda longitudinal em uma mola



**Adaptado de:** Borges e Nicolau, 2017. Os fundamentos da física<sup>8</sup>.

## 3.2 ANÁLISE DE ONDAS UNIDIMENSIONAIS

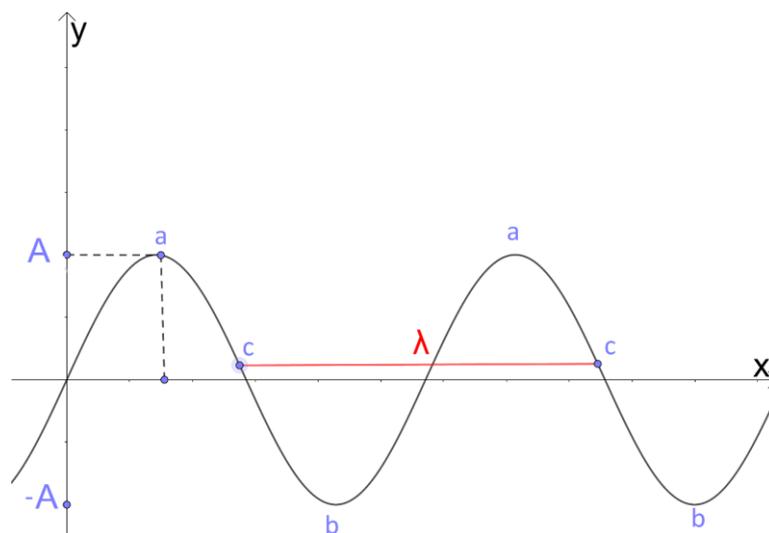
### 3.2.1 Parâmetros básicos de uma onda

Alguns parâmetros de onda, precisam ser definidos. Usaremos as ondas unidimensionais para esta descrição.

Na figura 3.3 temos a uma onda unidimensional que apresenta a definição de comprimento de onda com os eixos espaciais.

---

<sup>8</sup> Disponível em: <[https://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2017/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas\\_14.html](https://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2017/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_14.html)>. Acesso em 28 de maio de 2018.

**Figura 3.3:** Definição de comprimento de onda

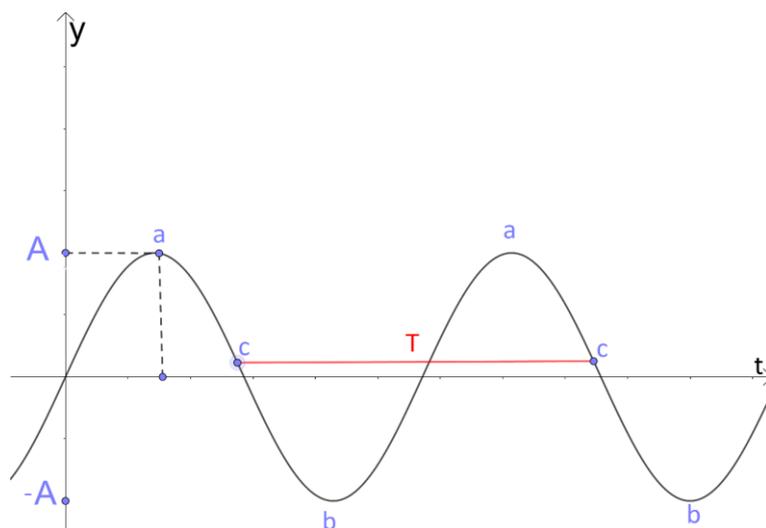
**Fonte:** Próprio autor.

Os pontos “a” representam as cristas da onda, os pontos “b” representam os vales. A amplitude  $A$  da onda é o maior valor que a onda pode alcançar no eixo  $y$ , quando centrada no zero. O comprimento de onda (representado pela letra “ $\lambda$ ”) é a distância entre dois pontos consecutivos equivalentes quaisquer (duas cristas ou dois vales consecutivos, por exemplo). Entre o ponto “a” e “b”, existe uma diferença que corresponde exatamente à metade do comprimento de onda ( $\frac{\lambda}{2}$ ). Surge também uma nova grandeza conhecida como número de onda  $k$ , definido pela equação 3.1:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

O parâmetro  $k$  trata-se de uma grandeza física que no SI tem sua unidade de medida representado por radiando por metro ou  $\text{m}^{-1}$ .

Ao analisar uma onda levando em consideração sua variação no decorrer do tempo, surge o período  $T$ , conforme, a figura 3.4.

**Figura 3.4:** Definição do período  $T$  de uma onda

**Fonte:** Próprio autor.

Conforme a figura 3.4 o período  $T$  é definido como sendo o intervalo de tempo que separa dois pontos consecutivos quaisquer em que a onda possui a mesma configuração temporal. Em outras palavras, o tempo necessário para que um determinado ponto do meio realize uma vibração completa (ciclo completo).

A frequência  $f$  da onda corresponde ao número de vezes que um determinado ponto do meio executa um ciclo completo por unidade de tempo. É, portanto, o inverso do período:

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

Além disso, a frequência angular da onda é dada por  $\omega$ :

$$\omega = 2\pi f \quad (\text{Eq. 3.3})$$

A velocidade da onda é dada por:

$$v = \lambda f \quad (\text{Eq. 3.4})$$

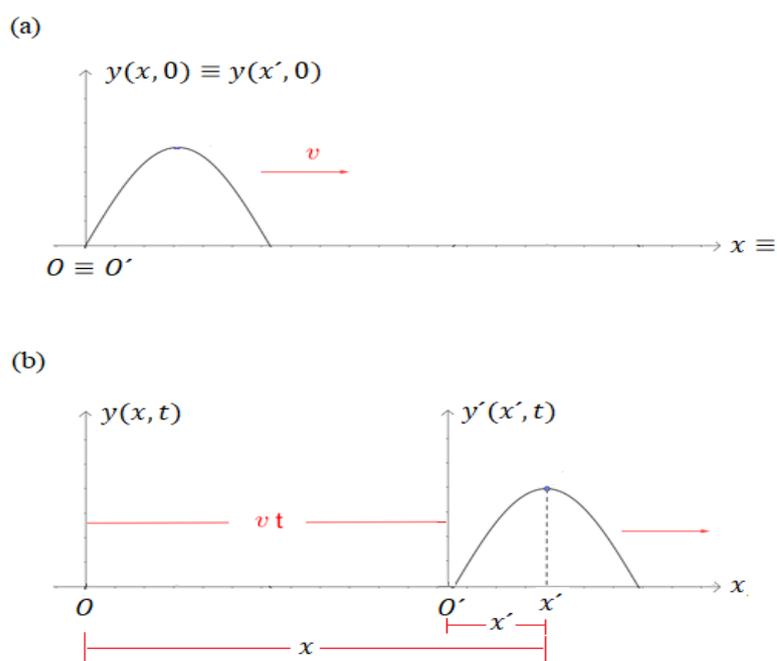
Embora os mecanismos de propagação sejam diferentes para o caso das ondas eletromagnéticas, estas também podem ser caracterizadas pelos mesmos parâmetros. No caso destas, são os campos elétrico e magnético que oscilam no espaço e no tempo.

### 3.2.2 Função de Onda harmônica

Estabelecidos os parâmetros básicos de uma onda, temos que representar matematicamente uma função que represente uma onda. A função como vimos nas figuras 3.3 e 3.4, mostra uma dependência de espacial e temporal, sendo progressiva.

Na figura 3.5 está representado o perfil de uma onda progressiva que se propaga para a direita com velocidade  $v$  em relação ao referencial  $Oxy$ , sem que haja mudança em sua forma. Em (a) a situação do perfil é indicada para o instante  $t = 0$ ,  $y(x, 0)$ , enquanto que (b) dá o perfil para o instante  $t$ , descrito pela função  $y(x, t)$ . O movimento também é analisado através de outro referencial inercial,  $O'x'y'$ , que se move para a direita com a mesma velocidade  $v$  (horizontal) em relação ao primeiro e que coincide com este para  $t = 0$ .

**Figura 3.5:** Perfil de uma onda progressiva se propagando para a direita com velocidade  $v$



**Fonte:** Próprio autor.

Pela figura pode-se observar que a relação entre os dois referenciais é dada por

$$x' = x - vt, \quad y = y'$$

Como o perfil da onda não se move em relação a este novo referencial  $O'x'y'$ , então sua forma é função somente de  $x'$ :

$$y'(x', t) = y'(x', 0) = f(x')$$

Portanto, considerando que a onda não muda de forma à medida que se propaga, pode-se escrever a função do perfil no referencial  $Oxy$  como

$$y(x, t) = y'(x', 0) = f(x') = f(x - vt) \quad (\text{Eq. 3.5})$$

Onde foi utilizada a definição de que  $x' = x - vt$  e  $y = y'$ .

O perfil da onda representada na figura 3.5 é de uma onda harmônica simples, possuindo um perfil senoidal. Logo, uma função que satisfaz essas características, usando os parâmetros definidos até aqui, mais uma constante de fase  $\delta$  é a equação 3.6.

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

Esta equação serve para o cálculo correspondente do deslocamento de todos os elementos da onda em um momento e a variação com o tempo do deslocamento de um elemento em função do tempo. O elemento  $A$  representa a amplitude da onda e é sempre positivo. A fase da onda é seu argumento  $kx - \omega t + \delta$ .

### 3.2.3 Equação de onda (clássica)

Uma equação diferencial que admite soluções como a da equação 3.6 é conhecida como equação de onda. Para encontrar a equação da onda, devemos primeiramente encontrar a velocidade e a aceleração do deslocamento vertical de um ponto  $x$ , partindo da equação 3.5, temos:

$$v_y = \frac{\partial f(x, t)}{\partial t} \quad (\text{Eq. 3.7})$$

e

$$a_y = \frac{\partial^2 f(x, t)}{\partial t^2} \quad (\text{Eq. 3.8})$$

Da equação 3.5, podemos fazer uma pequena alteração para facilitar nossos cálculos, chamando  $u = x - vt$ .

$$f(x, t) = f(x', t) = f(u) = f(x - vt) \quad (\text{Eq. 3.5})$$

Ao aplicar a regra da cadeia, teremos:

$$v_y = \frac{\partial f(u)}{\partial t} = \frac{df}{du} \frac{\partial u}{\partial t} = -v \frac{df}{du} \quad (\text{Eq. 3.9})$$

O termo  $-v$  surge de  $\partial u/\partial t$ , já que  $u = x - vt$ .

Substituindo a equação 3.5 na equação 3.8, teremos:

$$a_y = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial f(x, t)}{\partial t} \right) = \frac{\partial}{\partial t} \left( -v \frac{df}{du} \right) = -v \frac{d}{du} \left( \frac{\partial f}{\partial t} \right)$$

Fazendo a substituição da equação 3.9, na expressão acima, teremos:

$$a_y = -v \frac{d}{du} \left( -v \frac{df}{du} \right) = v^2 \frac{d^2 f}{du^2} \quad (\text{Eq. 3.10})$$

Igualando a equação 3.10 com a equação 3.8, temos:

$$\frac{\partial^2 f(x, t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{d^2 f}{du^2} \quad (\text{Eq. 3.11})$$

Para o cálculo da derivada de primeira ordem, em relação a  $x$ , obtemos:

$$\frac{\partial f(x, t)}{\partial x} = \frac{df}{du} \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{df}{du}$$

Como  $u = x - vt$ , termo  $\partial u/\partial x = 1$ .

Para a derivada segunda, teremos

$$\frac{\partial^2 f(x, t)}{\partial x^2} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{df}{du} \right) = \frac{d}{du} \left( \frac{df}{du} \right) \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{d^2 f}{du^2} \quad (\text{Eq. 3.12})$$

Substituindo a equação 3.11, na equação 3.12, temos:

$$\frac{\partial^2 f(x, t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 f(x, t)}{\partial x^2}$$

ou

$$\frac{\partial^2 f(x, t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f(x, t)}{\partial t^2} \quad (\text{Eq. 3.13})$$

A equação 3.13 é conhecida como equação de onda clássica. Até aqui desenvolvemos a equação de forma na unidimensional, mas no caso de uma onda tridimensional, a equação da onda é bastante similar e por isso podemos fazer uma generalização. O que devemos considerar é que a equação da onda deverá englobar as três coordenadas espaciais e uma coordenada temporal, é necessário inserir um operador do cálculo vetorial, o laplaciano ( $\nabla^2$ ). Como a função possui três variáveis espaciais  $\vec{r} = (x, y, z)$ . Portanto, a equação 3.13 será:

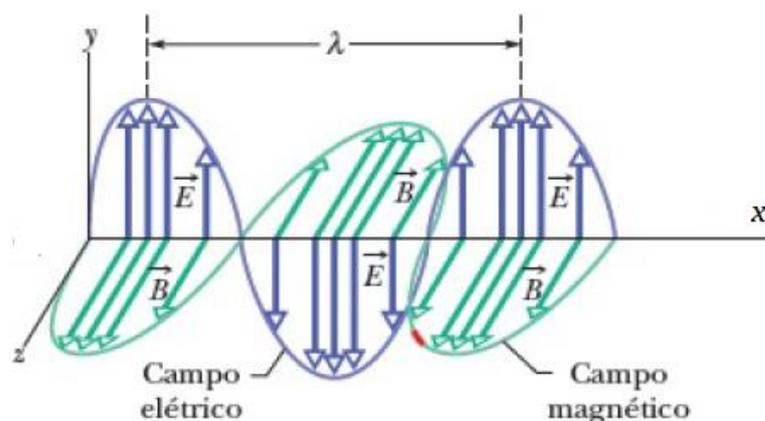
$$\nabla^2 f(\vec{r}, t) = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f(\vec{r}, t)}{\partial t^2} \quad (\text{Eq. 3.14})$$

Na próxima sessão iremos trabalhar com ondas eletromagnéticas no vácuo. Veremos que ao analisar o campo elétrico e magnético, as equações de onda tanto para o campo elétrico e magnético deduzidas possuem a mesma forma da equação 3.14, trocando campos  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  por  $f(\vec{r}, t)$ .

### 3.3 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NO VÁCUO

Com os experimentos de Oesterd e posteriormente Faraday, foram estabelecidas as relações existentes entre o campo magnético e o campo elétrico através da indução eletromagnética. Foi observado que a variação do campo elétrico induz um campo magnético e que a variação de um campo magnético induz um campo elétrico. Em termos ondulatórios podemos pensar, que se o campo magnético oscila, o campo elétrico também oscila. Um campo acaba por assim dizer alimentando o outro e assim gerando o que chamamos de ondas eletromagnéticas, conforme, vemos na figura 3.6.

**Figura 3.6:** Campo elétrico e magnético, numa onda eletromagnética, na direção  $x$



**Fonte:** Halliday, 2014. Fundamentos de Física, Vol. 4. p. 4.

Existem quatro informações importantes que podemos tirar da figura 3.6, são elas:

1. Os campos variam sinusoidalmente como ondas transversais;
2. O campo elétrico é ortogonal ao campo magnético;
3. Os campos  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  são ortogonais à direção de propagação da onda;
4. O produto vetorial  $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$  aponta na direção de propagação da onda.

A maneira de relacionar todas essas definições e explicar outras descobertas é através das equações de Maxwell. Iremos apresentar na tabela 3.1 as quatro equações de Maxwell tanto na maneira integral como na diferencial. São elas:

**Tabela 3.1** – Equações de Maxwell na forma integral e diferencial

Nome	Forma Integral	Forma Diferencial
Lei de Gauss para a eletricidade	(I) $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q_{env}}{\epsilon_0}$	(V) $\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
Lei de Gauss para o magnetismo	(II) $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0$	(VI) $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
Lei de Faraday	(III) $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$	(VII) $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
Lei de Ampère-Maxwell	(IV) $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i_{env}$	(VIII) $\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} + \mu_0 \mathbf{J}$

**Fonte:** Halliday, 2007. Fundamentos de Física, Vol. 3. p. 332.

A equação I relaciona o fluxo elétrico às cargas elétricas envolvidas pela superfície. A equação II estabelece que o fluxo magnético através de qualquer superfície fechada é sempre nulo, o que decreta a inexistência de monopólos magnéticos. A equação III relaciona o campo elétrico induzido à variação do fluxo magnético. A equação IV relaciona o campo magnético induzido à variação do fluxo elétrico e à corrente elétrica.

A partir das equações de VII e VIII é possível verificar que estas equações satisfazem a equação clássica de onda na forma tridimensional (Eq. 3.14). Para tanto é necessário realizar algumas transformações. Iremos considerar que estamos trabalhando em uma região em que não há cargas ou correntes.

Uma identidade<sup>9</sup> comum do cálculo vetorial enuncia que ao aplicar o rotacional sobre outro rotacional em um campo vetorial teremos

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A} \quad (\text{Eq. 3.15})$$

Tendo isso em mente agora é possível desenvolver a equação. Portanto, tomando o rotacional da equação VII de Maxwell e aplicando logo em seguida a identidade da equação 3.11, obtemos:

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla \times \left( -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \quad \text{VII. a}$$

$$\nabla(\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E} = \nabla \times \left( -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \quad \text{VII. b}$$

Lembrando que  $\nabla \cdot \mathbf{E} = 0$  (equação I), teremos:

$$-\nabla^2 \mathbf{E} = \nabla \times \left( -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \quad \text{VII. c}$$

No próximo passo

$$-\nabla^2 \mathbf{E} = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \mathbf{B}) \quad \text{VII. d}$$

Lembrando da equação VIII de Maxwell, e fazendo a sua substituição na equação VII.d, teremos

---

<sup>9</sup> A identidade vetorial do rotacional pode ser consultada pelo leitor no livro Teoria do Eletromagnetismo de Kleber D. Machado vol 1, no capítulo 1 com referência a equação 1.58c.

$$-\nabla^2 \mathbf{E} = -\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \quad \text{VII.e}$$

Com a manipulação da equação VII.e, temos a equação de onda tridimensional para o campo elétrico:

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \quad \text{Eq. 3.16}$$

As transformações que aqui fizemos servem também para o campo magnético, como veremos a seguir. Partindo da equação VIII de Maxwell e aplicando o rotacional, teremos:

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{B}) = \nabla \times \left( \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \quad \text{VIII.a}$$

Lembrando da identidade do cálculo vetorial na equação 3.15

$$\nabla(\nabla \cdot \mathbf{B}) - \nabla^2 \mathbf{B} = \nabla \times \left( \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \quad \text{VIII.b}$$

Sabendo que  $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$  (equação VI), teremos:

$$-\nabla^2 \mathbf{B} = \nabla \times \left( \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \quad \text{VIII.c}$$

logo

$$-\nabla^2 \mathbf{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \mathbf{E}) \quad \text{VIII.d}$$

Considerando, a equação VII de Maxwell, e fazendo a substituição na equação VIII.d, teremos:

$$-\nabla^2 \mathbf{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \left( -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) \quad \text{VIII.e}$$

Logo, podemos manipular VIII.e, o que nos levará a equação de onda tridimensional para o campo magnético:

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \quad \text{Eq. 3.17}$$

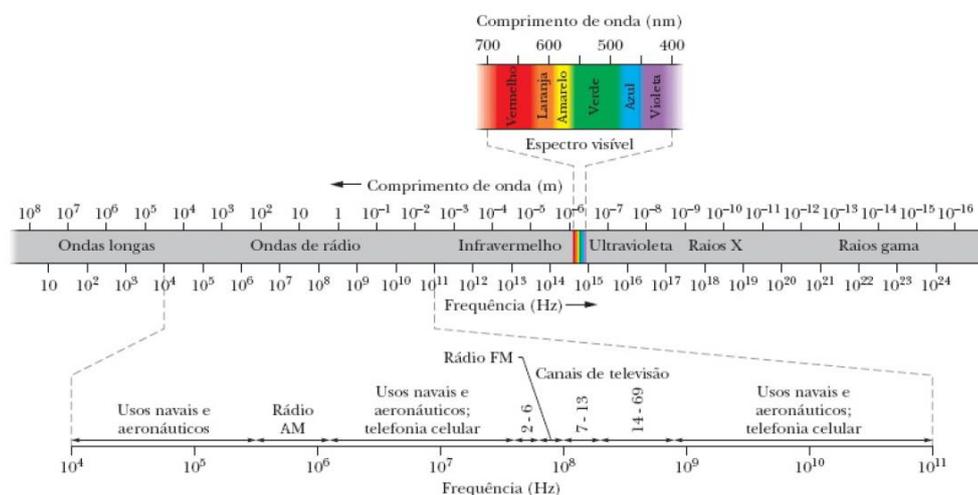
As equações 3.14, 3.16 e 3.17 tratam de fenômenos ondulatórios de naturezas de propagação diferentes, e estas mesmas equações possuem a mesma descrição matemática. Logo, não é necessária uma dicotomia entre ondas mecânicas e eletromagnéticas, pois até mesmo em suas descrições matemáticas observamos que são as mesmas equações.

Sendo assim, ao analisar as equações de onda tridimensional para o campo elétrico (Eq. 3.16) e magnético (Eq. 3.17) é inevitável não perceber a importância do significado das constantes ( $\mu_0 \varepsilon_0$ ) que aparecem ao lado das derivadas parciais de segunda ordem. Se levarmos em consideração que na equação 3.14 ao lado da derivada parcial de segunda ordem, temos também uma constante  $v$ .

Por comparação identificamos que  $v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ , que demonstra que ondas eletromagnéticas podem viajar nessa velocidade. Posteriormente, ficou claro que esse valor era a velocidade da luz e assim sabemos que as ondas eletromagnéticas propagam no vácuo nessa velocidade.

Não obstante, algo que também foi analisado com os alunos na aplicação da UEPS de uma maneira mais simples foi o espectro eletromagnético (Fig. 3.7). No espectro eletromagnético temos dois parâmetros (comprimento de onda e frequência) que como vimos na equação 3.4, demonstram que o comprimento de onda e a frequência são inversamente proporcionais.

Figura 3.7: Espectro eletromagnético



Fonte: Halliday, 2014. Fundamentos de Física, Vol.4. p. 2.

Não existem limites definidos para o espectro eletromagnético, tanto inferior como superior. Sobre o espectro eletromagnético podemos ainda dizer que ele é contínuo e sem espaços vagos. Alguns dos intervalos são bem conhecidos, como raios X ou ondas de rádio. E tomando como exemplo o raio X e ondas de rádios possui ordem de grandeza tão diferente e mesmo assim, ainda é uma onda eletromagnética.

Caso o leitor queira se aprofundar sobre o tema, poderá estudar sobre o vetor Poynting. Sabemos que ao realizar um produto vetorial entre dois vetores linearmente independentes geram um terceiro vetor perpendicular aos dois primeiros vetores, logo, poderíamos nos questionar o que resultará do produto vetorial entre  $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ , ao analisar a lei de conservação da energia para os campos eletromagnéticos surge o vetor Poynting ( $\mathbf{S}$ ), que aponta na direção de propagação da onda eletromagnética. O significado físico do vetor Poynting é o de relacionar a energia transportada pela onda<sup>10</sup>. Assim como nas ondas eletromagnéticas, nas ondas mecânicas é possível também calcular a energia que é transportada pela onda<sup>11</sup>.

Deste modo, esperamos que ao final deste capítulo fique claro que a equação da onda tridimensional mecânica, possui análogos equivalentes para com equação de onda tridimensional do campo elétrico e magnético, e que, portanto, as descrições matemáticas das ondas mecânicas podem ser aplicados de igual modo para as ondas eletromagnéticas.

<sup>10</sup> Para uma análise com mais detalhes qualitativos e quantitativos do Vetor Poynting, sugerimos ao leitor a leitura do capítulo 8, do livro Eletrodinâmica de David Griffiths, 3ª edição.

<sup>11</sup> Sugerimos ao leitor como uma leitura inicial o capítulo 5, do livro Física Básica de H. Moysés Nussenzveig, vol. 2, 4ª edição, para uma análise com mais detalhes sobre o transporte de energia de uma onda mecânica.

# Capítulo 4

## DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES

---

### 4.1 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

A UEPS foi aplicada no segundo semestre de 2017, no terceiro e quarto bimestre. O projeto foi aprovado pelo Conselho de Ética em Pesquisa da UFSCar, sobre o número de Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) 68940817.7.0000.5504. As devidas autorizações da escola participante, pais e alunos foram colhidas e arquivadas por este pesquisador.

O estudo foi realizado com alunos do segundo ano do Ensino Médio de duas turmas diferentes de uma escola da rede estadual da cidade de Limeira. A primeira turma era formada por 29 alunos e a segunda formada por 25 alunos. A duração do projeto deveria ser o período do terceiro bimestre escolar do ano 2017, porém com feriados que ocorriam na quinta-feira, sexta-feira e reuniões pedagógicas o projeto estendeu-se para o quarto bimestre daquele ano. O horário escolar era constituído de duas aulas de física por semana em cada turma e ocorriam às quartas-feiras, quintas-feiras e sextas-feiras. No total houve aproximadamente 26 aulas com objetivo de executar as fases da UEPS, esse valor é aproximado tendo em vista que cada turma teve o seu próprio tempo de execução para cada atividade. Sendo que, nas primeiras aulas de agosto o projeto foi apresentado aos pais e alunos e foram obtidas as autorizações de participação do projeto.

A escolha dessas turmas deve-se ao fato de que o pesquisador já conhecer a grande maioria desses alunos e assim já possuía uma afinidade com eles. Todos os alunos quiseram participar do projeto.

Foram desenvolvidas as seguintes atividades:

1. Levantamento de ideias sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas;
2. Experimentos investigativos estruturados de ondas transversais e longitudinais;
3. Aula sobre alguns conceitos de elementos da onda (crista, vale, comprimento de onda e amplitude), de frequência, período e velocidade;
4. Aula para aplicação dos conceitos a um estudo de caso de terremotos;
5. Avaliação individual com perguntas abertas e fechadas;
6. Atividade colaborativa de pesquisa;
7. Construção de mapas conceituais individuais pelos alunos;
8. O experimento do tubo de Kundt;
9. Aula sobre alguns conceitos de ondas eletromagnéticas: campos elétricos, magnéticos e espectro eletromagnético; e
10. Leitura dos textos “Espectro eletromagnético” e “AM e FM” com resolução de exercícios selecionados do caderno do aluno;
11. Apresentação expositiva-investigativa do experimento de Oesterd;
12. Experimento de verificação “eletroímã caseiro” realizado em duplas pelos alunos;
13. Apresentação expositiva-investigativa do experimento “rádio de galena”;
14. Avaliação de ondas mecânicas e eletromagnéticas; e
15. Avaliação das aulas.

Ao longo da implementação das atividades as aulas foram expositivas e dialogadas, pois para Ausubel (2003) a AS tem, na recepção, um dos principais aliados para a mudança da estrutura cognitiva. De modo que ao iniciar a aula deve-se rever o que foi aprendido na aula anterior e assim partir para um novo conteúdo com maior complexidade, observando que a diferenciação progressiva é algo real e que os subsunçores são modificados constantemente, por isso essa necessidade de rever com os alunos o que foi aprendido na anterior para, assim, progredir com o conteúdo (MOREIRA, 1999).

Reservamos este espaço nesta dissertação para explicar com mais detalhes os objetivos das aulas e a aplicação da UEPS.

### Atividade 1

#### Levantamento de ideias prévias sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas

O objetivo dessa aula foi de verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema de ondas mecânicas e eletromagnéticas. Neste sentido a aula foi expositiva-dialogada, com auxílio do Datashow para projeção de imagens e vídeos. A intenção da aula era responder duas perguntas básicas, após a apresentação das imagens:

- O que esses fenômenos e objetos possuem em comum?
- Qual a relação deles com a Física?

No primeiro momento foram apresentadas fotografias de objetos que se relacionavam às ondas eletromagnéticas, questionando o seu funcionamento. Em seguida, na apresentação como vídeo motivador foi passado um filme da queda da ponte Tacoma<sup>12</sup>, como tentativa de apresentar o conceito de ondas mecânicas, de maneira introdutória sem explorar o conceito de ressonância. Em seguida, também utilizamos imagens de objetos ou fenômenos que remetessem à ideia de ondas mecânicas. Isso foi complementado com um vídeo<sup>13</sup> da ponte Rio-Niterói que foi reformada para sanar um problema similar, em que a ponte oscilava também.

Foram feitas algumas perguntas sobre ondas eletromagnéticas retiradas do Caderno do Aluno de Ciências do 9º Ano Vol. 2 da Situação de aprendizagem 8 - A identidade das ondas eletromagnéticas. A professora de Ciências do Ensino Fundamental previamente informou que os alunos haviam estudado o tema, enquanto estavam no 9º Ano. Portanto, neste momento de levantamento de ideias, queríamos saber o nível de conhecimento dos alunos, se os conhecimentos prévios eram mais concretos ou abstratos. As questões retiradas foram:

- Por que você acha que existem tantos tipos diferentes de antena (TV, Rádio e etc.)? Explique.
- Qual o significado dos números que aparecem no visor do rádio? E qual o significado das siglas AM e FM?
- Você já ouviu algum locutor de rádio dizer “tantos quilohertz” (kHz) ou “tantos mega-hertz” (MHz)? O que essas palavras significam?
- O que acontece quando sintonizamos uma estação de rádio?

Observou-se que no 2º Ano 1 os alunos foram menos participativos do que o 2º Ano 2. Uma possível explicação passa pela mudança da metodologia didática, que passou parte do desenvolvimento das aulas para os próprios alunos. Isso ocorreu porque, apesar da aula ser

---

<sup>12</sup> Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?V=mfqk6ac4res>>. Acesso em: 14 de agosto de 2017.

<sup>13</sup> Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?V=mosazjjkqcc>>. Acesso em: 14 de agosto de 2017.

expositiva, ela foi de fato dialogada buscando saber o que os alunos sabiam sobre o tema, mesmo que fosse pouco e assim discutido cada ideia levantada. E ao fazer que cada ideia fosse levada em consideração, a dinâmica da aula mudou. O 2º Ano 2 foi mais participativo em todos os momentos, tentando responder cada questionamento. Em ambas as turmas, eles foram capazes de identificar o conteúdo de ondas eletromagnéticas, mas tiveram dificuldades para visualizar as ondas mecânicas, exceto as ondas sonoras. Apesar de conhecer alguns termos, a cada questionamento ficou claro que apenas conheciam as palavras sem saber seus significados. Entre essas palavras que eles conheciam temos a frequência, mas não sabiam definir, tampouco significado de Hertz e seus múltiplos. Portanto, tinham um conhecimento intuitivo sobre ondas. Além disso, não identificaram a diferença entre uma onda mecânica e uma onda eletromagnética.

### Atividade 2

#### Experimentos investigativos: construção de conceitos iniciais

Por meio de um roteiro experimental (Apêndice “A”), o objetivo dessa atividade consistiu em construir conceitos específicos sobre ondas que visassem a diferenciação progressiva, com atividades em pequenos grupos e uma discussão em grande grupo. Sendo que, quando necessário, se realizasse explicação oral e acompanhamento em cada grupo, registrando os dados colhidos sem fazer distinção entre conhecimentos não-aceitos e aceitos. Decidimos iniciar as atividades pelo estudo de ondas mecânicas, por serem mais concretos os fenômenos.

O roteiro trabalhado explora desde a formação de uma onda, até efeitos de reflexão da onda. Com procedimentos simples, de pedir ao aluno que produzisse um pulso e, em seguida, vários pulsos, formando assim uma onda. O roteiro foi estruturado para que em cada passo houvesse uma complexidade maior e compelsse primordialmente à observação sem considerar o que é cientificamente aceito ou não. E para isso, a cada procedimento executado pelo aluno, no roteiro, era exigido que ele respondesse alguma pergunta para que fosse direcionado em sua observação. Os conteúdos trabalhados foram: amplitude, frequência, comprimento de onda, velocidade e ressonância de ondas mecânicas

Os alunos ficaram animados em realizar as atividades. Observou-se que, mesmo com o roteiro em mãos, houve uma forte dependência dos alunos para com o professor. Muitos alunos realizaram os procedimentos e registraram suas observações, porém questionaram bastante se as observações registradas por eles estavam certas, mesmo sendo informados de que não havia “certo” ou “errado”. No momento da atividade ficou claro que muitos grupos não distinguiram

que havia uma mudança entre o procedimento 2 e o 3, portanto era necessário explicar que o roteiro fazia uma pequena alteração que iria impactar em suas respostas. Outra ocorrência foi que, ao término das atividades, o interesse de alguns grupos diminuiu e, assim, não quiseram realizar novas medidas e, por este motivo, nem todos dos grupos participaram dos procedimentos finais.

### Atividade 3

#### Conceitos fundamentais de elementos da onda

O objetivo dessa atividade foi estabelecer alguns conceitos de elementos da onda, dentre eles: crista, vale, comprimento de onda, amplitude, de frequência, período e velocidade. A aula foi expositiva-dialogada com ajuda do Datashow, para mostrar as figuras e como esses elementos se relacionavam, os slides estão no produto em seu capítulo 3.

A partir desta atividade teve início efetivo a abordagem dos conteúdos a serem aprendidos. Para isso, os mesmos slides da primeira aula de levantamento de ideias prévias foram utilizados para que se acrescentassem as definições e equações dos conceitos das ondas.

Ao ministrar a aula e inserir as definições mais formais, ficou claro uma aversão em ambas as salas. Essa aversão traduziu em feições de tristeza e apatia dos alunos com o conteúdo a ser ensinando criando uma barreira. Mesmo ao final da apresentação a utilização do simulador “Onda em Corda” oferecido pela iniciativa *Phet*<sup>14</sup> da Universidade do Colorado Boulder. Assim sendo, os alunos ao verem efeitos e aplicações de ondas e realizando alguns experimentos, estavam bem participativos, mas ao partir para conteúdo mais formal, foi percebido uma barreira pela diminuição de sua participação.

### Atividade 4

#### Aplicando conceitos das ondas em um estudo de terremotos

O objetivo dessa atividade foi contextualizar grandezas físicas de ondas para caso prático de terremotos e motivar a aprendizagem dos conteúdos.

Para superar a barreira percebida na aula anterior, definimos que contextualizar o conteúdo ajudaria nessa fase. Sendo assim, para alcançar o objetivo de contextualizar o conteúdo de ondas relacionou-se esta aula com algo que acontecia no momento. Isso foi

---

<sup>14</sup> Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_br/simulation/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_br/simulation/wave-on-a-string)>. Acesso em: 28 de agosto de 2017.

possível utilizando-se do caso do terremoto ocorrido no México, em 19 de setembro de 2017. A leitura das ondas no sismógrafo foi utilizada para fazer essa ligação do conteúdo com algo real, noticiado naquela semana. Portanto, esses elementos foram utilizados na confecção da apresentação no Datashow, com trechos do artigo de Santos (2012) e a solução do problema proposto por ele de como localizar o epicentro de um terremoto. Utilizamos também dados e mapas fornecidos pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos para explicar a formação de terremotos, sua magnitude e impacto para pessoas, os slides estão no produto educacional no capítulo 4.

Observou-se uma considerável mudança positiva de atitude dos alunos, pois os mesmos deram mais atenção e participaram muito mais das aulas, com bastante questionamentos. A aula iniciou-se com revisão dos pontos principais da aula anterior, e seguiu para apresentar as imagens do serviço geológico americano. Ao visualizar o mapa oferecido pelo serviço e as linhas das placas tectônicas, todos os tipos de perguntas afloraram. Perguntas de por que no Brasil não tem terremotos, perguntas sobre outros terremotos, formação de Tsunamis, o que seriam as linhas vermelhas no mapa, formato dos continentes e histórias de filmes. O problema proposto por Santos (2012) em seu artigo era medir o epicentro de um terremoto ocorrido em 2011 na fronteira entre Brasil e Peru. O método adotado de resolução do problema é uma simples manipulação da equação da velocidade média, manipulação essa que foi realizada pelo professor na lousa. No entanto, percebeu-se uma certa dificuldade matemática para que alunos acompanhassem a resolução da equação. Apesar dessa dificuldade, a resolução foi rápida e ao fazer, os alunos ficaram satisfeitos com a matemática empregada ali para identificar o epicentro do terremoto, ainda mais quando compararam o resultado obtido pela aproximação matemática em relação ao que realmente ocorreu.

### Atividade 5

#### Momento avaliativo I

A partir da quinta atividade, buscamos descobrir a compreensão de conceitos adquiridos e capacidade de transferências de conceitos adquiridos.

Nesse ponto a UEPS pede que a avaliação seja processual e que toda a evidência de aprendizagem deve ser considerada. Neste sentido as participações dos alunos com questionamentos das aulas e participação nas atividades devem ser consideradas. Como a ênfase das aulas constitui-se conceitualmente, a avaliação buscou ir nesse sentido e conta com questões abertas (discursivas) e fechadas (alternativas). Apesar de haver grandes discussões e fortes

críticas sobre questões elaboradas para vestibulares ou ENEM (SILVEIRA, 2014), na elaboração das questões foram utilizadas também questões de outras dissertações (MORINI, 2009) e de vestibulares. O motivo desta escolha foi pelas questões de grandes vestibulares, Enem e de dissertações é por já serem validadas. A avaliação está no apêndice “B”.

Em geral, com uma avaliação formal acaba gerando uma tensão nos alunos, mesmo eles sendo informados de que todas as demais atividades em sala seriam consideradas para a composição de um conceito final e, que esse conceito, iria para o boletim escolar. Mesmo sendo explicado aos alunos que o erro é normal, e que a avaliação serve para avaliar a aprendizagem e não a resposta certa ou errada de determinada pergunta. Portanto, o aluno ao externar sua explicação, justificando suas respostas, o que iríamos encontrar seriam evidências de como ocorre a sua aprendizagem (MOREIRA, 2010). Contudo, os alunos continuaram receosos da avaliação.

### Atividade 6

#### Atividade colaborativa de pesquisa

Nessa atividade, buscou-se utilizar o princípio da recursividade com a atividade avaliativa.

Com base no resultado da avaliação individual propusemos uma atividade colaborativa em que os alunos, em duplas, poderiam usar o livro didático. A atuação do professor não foi a de dar as respostas, mas de reformular as questões numa tentativa de melhor explicar o comando das questões fazendo mais perguntas para que os estudantes refletissem se os primeiros pensamentos condiziam com a teoria. O princípio de recursividade (MOREIRA, 2011) envolve utilizar atividades realizadas anteriormente como recursos de aprendizagem em que os erros subsidiam oportunidades de aprendizagem, como foram utilizados aqui.

Foi perceptível que, ao ser dada a mesma atividade e alguns outros recursos os alunos rapidamente se dispuseram a realizar a tarefa, observou-se um esforço maior de entender as perguntas e de como relacionar com os conceitos os físicos para a resolução dos problemas.

### Atividade 7

#### Mapas conceituais

Nessa aula, solicitou-se a construção de mapas conceituais pelos alunos objetivando uma explanação geral dos conceitos apreendidos pelos mesmos.

A aula se pautou sobre o que eram mapas conceituais, os slides utilizados estão no produto em seu capítulo 7. Foi possível apresentar exemplos de mapas e os aspectos sequenciais de como montar seu próprio mapa. Para essa aula, foram seguidas as instruções de Moreira (1997).

No fim da apresentação os onze aspectos sequenciais ficaram expostos no Datashow e assim os alunos podiam verificar constantemente os passos para construção de um mapa conceitual e assim sanar as eventuais dúvidas. Foi oferecido também livros didáticos aos alunos para deixar o mapa mais elaborado.

Em ambas as turmas houve resistência à atividade. Os estudantes pensaram que seria algo difícil, porém, quando iniciaram e entenderam a proposta, tudo ficou mais fácil. Manter o “passo-a-passo” fornecido por Moreira (1997) exposto no Datashow foi fundamental para o bom andamento da atividade na construção do mapa conceitual. A grande maioria sentiu dificuldade em rotular a linha que ligava um conceito a outro. A obediência a uma hierarquia também foi um problema. Como foi explicado que não existe mapa “certo” ou “errado”, alguns alunos “jogaram” palavras aparentemente sem sentido e na orientação do professor esses erros foram corrigidos. Outro problema que alguns alunos enfrentaram referiu-se em rotular os conceitos com quadrados, círculos ou sublinhar. Não havia distinção entre os conceitos e os rótulos das linhas de ligação. Apesar desses problemas identificados, em ambas as salas os mapas conceituais foram feitos com qualidade, pois os alunos empenharam em seguir as orientações e os mapas conceituais que mais destacaram estão no apêndice C.

### Atividade 8

#### O experimento do tubo de Kundt

Esta aula surgiu como reforço final para sanar dúvidas em relação aos conceitos de ondas mecânicas e teve como objetivo central demonstrar o experimento do tubo de Kundt. Além disso, buscou-se questionar os alunos sobre o que estão vendo e quais as explicações para a observação realizada no experimento. Foram lançadas algumas perguntas oralmente: Por onde a onda mecânica propaga? O isopor se desloca ao longo de todo o tubo? Por que o isopor vibra? Se a onda não transporta matéria o que a onda está transportando?

Os alunos participaram e revisaram as ideias principais das ondas mecânicas para sanar as dúvidas e reforçar os conceitos que já haviam visto. É interessante deixar claro que foi detectado que o meio por onde a onda se propaga ainda deixa dúvidas, além da diferenciação

de que a onda transporta energia e não matéria, apesar de os alunos terem visto o isopor vibrando. No apêndice D é possível ver a montagem do experimento e os materiais utilizados.

### Atividade 9

#### Conceitos de ondas eletromagnéticas: campos elétricos, magnéticos e espectro eletromagnético

Com o objetivo de introduzir conceitos de ondas eletromagnéticas, apresentou-se novos slides para fazer a transição do conteúdo de ondas mecânicas para o conteúdo de ondas eletromagnéticas, os slides estão no produto educacional em seu capítulo 9. Portanto, no primeiro momento a ideia foi rever a existência de dois tipos de ondas, em seguida, explicar o que é uma onda eletromagnética e, por fim, apresentar exemplos do cotidiano de ondas eletromagnéticas. Para fazer a transição entre os dois tipos de ondas foi reforçado o que era uma onda mecânica a partir do vídeo<sup>15</sup> sobre o experimento de Kundt. Como não era objetivo da aula abordar eletricidade ou magnetismo, optamos por uma breve análise de um *gif* para ilustrar a alternância entre o campo elétrico e magnético no decorrer do tempo. Apresentamos também o espectro eletromagnético para explicar a relação entre o comprimento de onda e a frequência, bem como também as escalas do comprimento de onda.

Ao explicar novamente sobre o tubo de Kundt, tornou-se possível sanar dúvidas que ainda persistiram na apresentação. Algo interessante que ocorreu é que alguns alunos, ao analisarem os exemplos na figura do espectro eletromagnético, tiveram atenção voltada acerca de que a luz também é uma onda eletromagnética. Algo que chamou atenção também foram as escalas de comprimento de onda; de como os comprimentos de ondas podiam variar de grandes distâncias até um tamanho tão diminuto quanto o tamanho de um átomo.

### Atividade 10

#### Leitura dos textos “Espectro eletromagnético” e “AM e FM” com resolução de exercícios selecionados do caderno do aluno

---

<sup>15</sup> Disponível em <[https://www.youtube.com/watch?V=quib\\_zd9m0k](https://www.youtube.com/watch?V=quib_zd9m0k)>, acesso em: 16 de outubro de 2017.

A leitura prevista nessa atividade teve por objetivo retomar aspectos mais complexos de ondas eletromagnéticas. Nesse caso, o texto foi usado, como mediador do processo de aprendizagem. A proposta envolveu a leitura de dois textos do caderno do aluno, do volume 2 e com um fechamento com as questões fornecidas do caderno aluno. A leitura serviu ao propósito de que eles pudessem familiarizar-se com os termos e também para aumentar a complexidade do seu conhecimento sobre o tema estudado. Os textos e as perguntas podem ser encontrados no Anexo A.

Os alunos apresentaram uma resistência à leitura e, conseqüentemente, o trabalho de interpretação dos textos foi dificultado. Isso tornou o trabalho docente constante e individualizado, tentando mostrar para o aluno os elementos importantes dos textos. Foi identificado que alunos que já possuem um hábito de leitura e escrita, possuem uma autonomia muito maior e conseguem realizar as atividades com independência.

### Atividade 11

#### Apresentação dos experimentos: de Oesterd, um eletroímã caseiro e do rádio de galena

Por meio de um roteiro experimental do apêndice “E” o objetivo foi construir conceitos de onda eletromagnética, a partir de uma sequência de experimentos, no apêndice E, temos o roteiro de execução, montagem e perguntas do experimento de Oesterd e eletroímã caseiro. No apêndice “E”, não apresenta execução e montagem do rádio de galena. No entanto, no apêndice “F”, é encontrado informações de montagem e materiais utilizados do rádio de galena. O experimento de Oesterd seria para demonstrar que corrente elétrica gera um campo magnético percebido pela bússola e o eletroímã caseiro reforça esse entendimento. O experimento do rádio de galena foi proposto para que os alunos percebessem que as ondas eletromagnéticas geram uma corrente induzida no circuito, fato verificado quando os alunos ouviram uma transmissão de uma rádio sintonizada.

A atividade 11 foi mais longa e durou três aulas, que foram divididas da seguinte maneira: primeiramente foi realizada uma leitura da parte I em grande grupo com os alunos de um pequeno trecho do artigo de Chaib (2007). Os alunos revezaram na leitura dos parágrafos sobre o experimento de Oesterd. A ideia consistia em introduzir um contexto histórico do experimento e a ideia básica do experimento de Oesterd. Portanto, a cada leitura de um parágrafo, era dada uma explicação para que fosse certificado que os alunos estavam entendendo a leitura do texto. No texto de Chaib entregue aos alunos há um grifo feito por nós, destacando o que era o experimento de Oesterd. Portanto, após a leitura em grande grupo foi

lido novamente a parte grifada para a reprodução do experimento. Após a realização do experimento de Oesterd, foi questionado aos alunos se, de fato, em nosso experimento escolar, éramos capazes de concluir como Oesterd, que cargas elétricas em movimento produzem um campo magnético. O que foi prontamente verificado por eles.

No segundo momento, para o experimento do eletroímã as instruções foram seguidas por meio do roteiro, após a entrega de cada um dos materiais, para as duplas de alunos. As instruções utilizadas estão contidas no apêndice “E”, com a parte II. Mesmo que o roteiro tenha sido disponibilizado para os alunos com os procedimentos, e, devido à simplicidade do procedimento, a leitura foi feita em grande grupo para certificar que cada um dos alunos compreendesse o que era pedido e houvesse a correta construção do “eletroímã” e assim com instrução oral os procedimentos foram replicados pelos alunos. Sem nenhuma dificuldade, os alunos realizaram as atividades e realizaram os testes propostos no roteiro.

No terceiro momento, o experimento do rádio de galena foi apresentado de uma maneira demonstrativa-investigativa<sup>16</sup>. Os alunos foram conduzidos para uma área verde da escola, onde estava disposta a antena e o aterramento, que previamente foram organizados para receber o rádio de galena. Foi explicado cada componente do circuito do rádio de galena e sua função. Cada aluno teve oportunidade de ouvir a rádio sintonizada. Depois do experimento foram feitas perguntas do roteiro. As questões do roteiro que os alunos não compreenderam corretamente foram explicadas mais de uma vez, para que com entendimento correto das perguntas se pudesse responder as questões no roteiro.

Os estudantes estavam bem sérios, mas, no segundo momento, a partir da aula 2, a participação foi geral e todos gostaram da atividade e da realização dos testes. Não houve problemas nas instruções orais recebidas pelos alunos.

Sobre o experimento do rádio de galena, todos os alunos ficaram impressionados com o experimento, já que ninguém imaginava que era possível fazer com que um rádio funcionasse “sem eletricidade”. Uma recomendação a ser feita ao professor que venha a construir o seu rádio de galena, é o de fazer um bom aterramento, para que tenha um bom som, testando também o experimento por diversas vezes e horários diferentes. Por exemplo: a realização do experimento se deu na parte da manhã de um dia ensolarado. Enquanto, que o experimento foi testado diversas vezes a noite e num período chuvoso. À noite o áudio era límpido, porém, no

---

<sup>16</sup> Apesar de ser simples a confecção do rádio de galena, os alunos não realizaram a montagem. Devido problemas com o tempo, as aulas que foram suprimidas. Como houve reuniões pedagógicas, reuniões de pais, conselhos e feriados, fomos obrigados a suprimir a confecção do experimento pelos alunos. A opção para contornar essas adversidades foi apresentar o experimento de uma maneira demonstrativa-investigativa.

dia da realização do experimento com os alunos as vozes ouvidas era um som de fundo; percebiam-se as pessoas falando, mas sem distinguir suas palavras.

### Atividade 12

#### Avaliação de ondas mecânicas e eletromagnéticas e avaliação das aulas

Ao término da UEPS foi feita uma avaliação que está no apêndice “G”. A avaliação somativa com questões objetivas de ondas mecânicas e eletromagnéticas para verificar se, na visão do aluno, a UEPS é facilitadora de aprendizagem. Numa segunda parte da avaliação foi feita uma autoavaliação da UEPS com perguntas aos alunos de como eles avaliavam o projeto desenvolvido. Conforme será demonstrado no próximo capítulo, as atividades desenvolvidas na UEPS foram bem avaliadas pelos alunos.

# Capítulo 5

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

---

---

### 5.1 CONHECIMENTOS PRÉVIOS

A primeira atividade que aqui nomeamos como “levantamentos de ideias”, visava descobrir quais eram os conhecimentos prévios dos alunos. Não foi aplicada avaliação formal, mas por meio de uma aula dialogada e com uso do Datashow nas duas turmas foram apresentadas imagens, vídeos e perguntas para que os alunos externassem seus conhecimentos. Como o áudio das aulas foram gravados, pudemos assim transcrever as respostas dos alunos.

Quando apresentados ao primeiro slide em que aparece imagens de micro-ondas, rádio, tomógrafo e etc., e eles são questionados sobre o que estes objetos têm em comum, os alunos do 2º ano 1 respondem: radiação, eletrônicos, sinais, frequência. Para os alunos do 2º ano 2, as respostas foram: tecnologia, energia e ondas eletromagnéticas.

Como as respostas são dispersas foram feitos questionamentos mais específicos sobre o funcionamento de cada objeto. Um aluno do 2º ano 1, que é repetente, que anteriormente tinha respondido por “sinais”, elabora um pouco mais a resposta e diz que os objetos funcionam por ondas eletromagnéticas e que elas viajam através do ar. Os alunos do 2º ano 2, ao ser explicado o funcionamento de cada objeto, começaram a falar “ondas eletromagnéticas”. Uma possibilidade para que a resposta estivesse disponível em sua memória é que, na semana anterior, foi explicado aos alunos e pais que seria feita uma pesquisa sobre ensino-aprendizagem sobre o tema de ondas mecânicas e eletromagnéticas. Dito isso, foi questionado aos alunos o que seria “ondas eletromagnéticas”, ao qual eles responderam que sabiam o que era, porém, não sabiam explicar.

Quando foi apresentado o vídeo da queda da ponte de Tacoma, a primeira impressão que os alunos tiveram foi que o filme é falso, em ambas as turmas. Depois, de assegurada a autenticidade do vídeo, foi perguntado aos alunos quais foram as causas possíveis da queda, em ambas as turmas as respostas são: dilatação, ferros de má qualidade, estrutura, frequência, ondas sonoras e excesso de caminhões. Foi explicado aos alunos que foi uma série de erros de engenharia que ocasionou a queda. Uma aluna do 2º ano 1 faz uma associação interessante, segunda ela, carros que passam com som alto perto das casas fazem com que janelas e portas vibrem, e assim após essa associação eles percebem que no vídeo as árvores estão mexendo e, assim, uma outra aluna disse que são ondas sonoras produzidas pelo vento e assim acabei explicando rapidamente sobre a frequência natural. Para os alunos do 2º ano 2, pedi que deixassem de lado erros estruturais e focassem na razão pelo qual o vento acaba por influenciar. Um aluno supôs que que o concreto quebrou e que os ferros estão segurando, e, que assim o vento bateu na lateral da ponte e a fez balançar. Outra aluna disse que foi por causa da velocidade do vento e frequência, questionei o que seria frequência e novamente eles disseram que sabem o que é, mas não sabem explicar e assim acabei explicando rapidamente sobre frequência natural.

Quando a apresentação passa para imagens de ondas mecânicas, instantaneamente os alunos responderam “ondas sonoras”, em ambas as turmas. Quando perguntei sobre as imagens que não estão associadas com ondas sonoras, os alunos responderam como ondas “do mesmo jeito”, onda “frenética”. Portanto, apresentei o termo o correto de ondas mecânicas e aproveitei para perguntar se eles conseguiam diferenciar uma onda mecânica e uma onda eletromagnética, o que eles também não conseguiram diferenciar.

Quando foi apresentado o filme da ponte Rio-Niterói, foi oportunizado aos alunos reverem novamente sobre o conceito de ressonância e frequência natural, no entanto, as molas que no vídeo foram utilizadas para sanar o problema do balanço da ponte chamaram a atenção dos alunos.

Os alunos do 2º ano 1, ao serem questionados sobre por que existem diferentes tipos de antena, responderam que a finalidade seria para pegar os vários tipos de sinais. Sobre o que seria os números no visor de um rádio e o significado da sigla AM e FM, o mesmo aluno repetente não lembrou o significado das siglas, mas lembrou que um é mais direcionado para zonas rurais e outro para zonas urbanas, uma aluna lembrou o significado das siglas ao final da aula. Sobre os números do visor no primeiro momento uma aluna falou em intensidade e em seguida corrigiu para frequência. Sobre o que eles aprenderam na aula, eles falaram que aprenderam sobre o poder dos ventos, ondas mecânicas e eletromagnéticas e frequência natural,

Para os alunos do 2º ano 2, ao serem questionados sobre por que existem diferentes tipos de antena, uma aluna disse que é por causa da frequência e outra que é por causa do sinal. Questionei sobre os números no visor do rádio a resposta foi unânime e todos afirmaram que é a frequência. Quando perguntados sobre o significado da sigla AM e FM os alunos disseram que está relacionado a frequência. E ao serem questionados sobre o significado de quando o radialista diz “tantos mega-hertz ou quilohertz”, não houve resposta clara. Quando perguntados se se eles aprenderam alguma palavra nova, são citados mega-hertz, hertz, atenuadores e frequência. Finalizando a aula perguntei novamente como o rádio e tv recebem o sinal deles sem estarem ligados a nenhum cabo, eles disseram que o sinal viaja da torre até chegar nos aparelhos, outros alunos disseram que são satélites. Uma aluna disse que são através das ondas, refiz novamente a pergunta ela disse que as ondas saem de lá e chegam nos rádios.

Como podemos ver os alunos conhecem os termos físicos, porém, possuem dificuldades em conceituá-los e assim explicar também funcionamentos de objetos. Como o objetivo da aula era de ouvir os alunos para que eles externassem suas ideias, ficou claro que os alunos não possuem muito conhecimento sobre o tema. O que na verdade já era esperado, tendo em vista que o conteúdo de ondas é visto no 9º Ano, na disciplina de Ciências, eles iriam rever o conteúdo de ondas mecânicas e eletromagnéticas com maior profundidade, em Física no 2º Ano Médio.

## 5.2 EXPERIMENTO INVESTIGATIVO ESTRUTURADO DE ONDAS TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS

O roteiro foi analisado a partir de cada procedimento e respectivo questionamento, tendo como base a resposta “esperada”, que seria o conhecimento aceito, como “Correto” no meio científico, na primeira coluna. A Resposta “Parcialmente correto” indica que parte da resposta está correta, entretanto, possui erros conceituais, mas, que, com alguma orientação os alunos poderiam resolver o problema.

A coluna “Não conseguiu observar o fenômeno”, indica que as respostas não condizem com o aceito cientificamente, e que os alunos necessitam de uma orientação maior. A justificativa para não usar o termo “Incorreto” na terceira coluna, se dá pelo fato que o objetivo era o registro da observação dos alunos. Como não foram indicadas quais observações eram esperadas e como os alunos receberam a menor orientação possível para que eles mesmos realizassem as observações e tirassem suas conclusões, optou-se, então, por substituir o termo

“Incorreto”, por “Não conseguiu observar o fenômeno”. Por fim, a coluna “Não respondeu à questão”, indica questões que ficaram em branco e que por motivo desconhecido os alunos assim o deixaram.

Os grupos foram formados em acordo com as afinidades de cada um, mas foi pedido para que houvesse no máximo quatro integrantes. Assim, em ambas as turmas, foram criados sete grupos designados pelas letras A, B, C, D, E, F e G.

Para os procedimentos/questionamentos no item 4, temos ali uma questão que complementa o item 3, na forma de ser uma verificação de que os alunos estão, de fato, compreendo o que foi pedido, e pela análise da tabela verificamos que este artifício serviu ao seu propósito.

Os resultados das análises foram:

Tabela 5.2 – Respostas 2º ano 1 do experimento cordas e molas

<b>Respostas dos grupos</b>				
<b>Procedimentos/Questionamentos</b>	<b>Correto</b>	<b>Parcialmente correta</b>	<b>Não conseguiu observar o fenômeno</b>	<b>Não respondeu à questão</b>
<b>Parte 1</b>				
1- Agora dê vários pulsos consecutivos. O que acontece quando você dá pulsos constantemente?	A; B; C; D; E; F; G;			
2- Se a corda está bem esticada o pulso vai mais rápido ou devagar?	A; D; F;		B; C; E; G;	
3 - O que acontece quando você mexe rapidamente a sua mão? E quando você mexe a sua mão mais devagar?	B; C; D; E; F; G;	A;		
4 - Houve aumento da distância de uma onda a outra, quando você alterou a velocidade de sua mão? Explique.	B; C; D; E; F; G;	A;		
5 - Como você fez para saber quantas ondas tinha na corda? (Desenhe a onda produzida pelo seu grupo e indique o que você considerou para ser contado como onda).	B; D; E;	A; C; F; G;		
6 - O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique	A; C;	B; E; F; G;		
7 - É possível dá um pulso na mesma direção em que a corda está estendida? Justifique.	A; B; C; E;		D; F; G;	
<b>PARTE 2</b>				
8 - O que acontece quando você dá pulsos constantemente?	A; B; C; D; G;	E; F;		
9 - Se a mola está bem esticada o pulso vai mais rápido ou devagar?	A; B; C; D; E;	F;	G;	
10 - O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique.	B; D; F; G;	A; C; E;		
11 - Quando você dá apenas um pulso, o pulso que retorna percorre o mesmo caminho da ida? Explique.	A; B; C; D; E; G;		F;	
<b>PARTE 3</b>				
12 - O que acontece quando você dá pulsos constantemente?	A; B; C; E; G;	D;	F;	
13 - Quando você dá apenas um pulso, o pulso que retorna percorre o mesmo caminho da ida? Explique.	A; B; E;	C; D; G;	F;	
14 - É possível dá um pulso na mesma direção em que a mola está estendida?	A; B; D; E; F; G;	C;		
15 - O barbante se deslocou além da região central da mola? Explique.	A; B; D; E; F;	C; G;		
16 - Se a mola está bem esticada o pulso vai mais rápido ou devagar?	A; B; C; D; E; F;		G;	

Tabela 5.3 – Respostas 2º ano 2 do experimento cordas e molas

<b>Respostas dos grupos</b>				
<b>Procedimentos/Questionamentos</b>	<b>Correto</b>	<b>Parcialmente correta</b>	<b>Não conseguiu observar o fenômeno</b>	<b>Não respondeu à questão</b>
<b>Parte 1</b>				
1- Agora dê vários pulsos consecutivos. O que acontece quando você dá pulsos constantemente?	A; B; D; E; F;	C; G;		
2- Se a corda está bem esticada o pulso vai mais rápido ou devagar?	C; D; G;		A; B; E; F;	
3 - O que acontece quando você mexe rapidamente a sua mão? E quando você mexe a sua mão mais devagar?	C; D; E; G;	A; F;	B;	
4 - Houve aumento da distância de uma onda a outra, quando você alterou a velocidade de sua mão? Explique.	A; B; C; E; F; G;	D;		
5 - Como você fez para saber quantas ondas tinha na corda? (Desenhe a onda produzida pelo seu grupo e indique o que você considerou para ser contado como onda).	D; E;	A; B; C; G;		F;
6 - O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique	B; E; G;	A;	C; F;	D;
7 - É possível dá um pulso na mesma direção em que a corda está estendida? Justifique.	A; B; C; E; F; G;		D;	
<b>PARTE 2</b>				
8 - O que acontece quando você dá pulsos constantemente?	A; B; E; F;	C; G		D;
9 - Se a mola está bem esticada o pulso vai mais rápido ou devagar?	C; D; E; F; G;		A; B;	
10 - O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique.	A; B; E; G;	C; D; F;		
11 - Quando você dá apenas um pulso, o pulso que retorna percorre o mesmo caminho da ida? Explique.	A; B; C; D;	F;	E; G;	
<b>PARTE 3</b>				
12 - O que acontece quando você dá pulsos constantemente?	A; B; D; E; F;	G;		C;
13 - Quando você dá apenas um pulso, o pulso que retorna percorre o mesmo caminho da ida? Explique.	B; D; E; G		A; F;	C;
14 - É possível dá um pulso na mesma direção em que a mola está estendida?	A; B;		D; E; F; G;	C;
15 - O barbante se deslocou além da região central da mola? Explique.	A;		D; E; F; G;	C;
16 - Se a mola está bem esticada o pulso vai mais rápido ou devagar?	B; C; D; F;		E; G;	A;

Como observamos na primeira coluna, temos os mesmos procedimentos e perguntas do roteiro experimental do apêndice A. O roteiro procurou que em cada procedimento os alunos tivessem a oportunidade de observar algum fenômeno ondulatório e que fosse construído assim conceitos.

Na tabela 5.2, podemos perceber que a maioria dos grupos do 2º ano 1 conseguiram observar e registrar os fenômenos ondulatórios, e por vezes ou outra não conseguiram observar em sua totalidade os fenômenos esperados. Já na tabela 5.3 que contém, os dados do 2º ano 2, notamos que houve uma disparidade nas observações dos fenômenos, que é explicado pela mudança no procedimento 3 em que pedia que a mola fosse armada em aproximadamente 30 cm de barbante e este por sua vez fosse amarrado numa cadeira, houve grupos que legitimamente não observaram os fenômenos, mas houve outros que simplesmente copiaram as respostas dos itens anteriores, ou não quiseram participar das atividades deixando que um outro grupo realizasse os experimentos, além de faltar nos dias em que houve a atividade. O grupo C participou no primeiro dia, já no segundo dia os integrantes faltaram na aula e, assim, responderam alguns procedimentos e outros não.

Apesar destes problemas observados por nós, a atividade foi válida, pois o grau de dificuldade é crescente e com poucos materiais foi possível observar diversos fenômenos e, como veremos adiante, houve uma quantidade considerável de alunos que gostaram deste experimento.

### 5.3 AVALIAÇÃO SOMATIVA, ATIVIDADE COLABORATIVA E MAPAS CONCEITUAIS

O objetivo do trabalho é construir uma UEPS e, ao realizar uma avaliação, estamos focados no resultado final e não no processo de aprendizagem. Esses resultados finais acabam por vezes apenas avaliando a capacidade de memorização e de reprodução, ou seja, é comportamentalista, e em nosso caso estamos interessados na aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa não quer dizer aprendizagem “correta”, pois o aprendiz pode atribuir concepções alternativas para determinados fenômenos e essas concepções são significativas para o aluno.

Sendo assim, como estamos interessados no processo de aprendizagem e não em resultados de uma avaliação somativa. Logo, devem ser ofertadas atividades recursivas ao

aluno, para que, independentemente dos resultados finais, seja oportunizado ao aluno uma atividade para que ele aprenda eventualmente com os erros deles. Numa atividade colaborativa você tem mais um momento para que o aluno externar suas dúvidas e essas sejam sanadas pela colega, professor, texto ou outro material fornecido ao aluno.

Quando revimos o referencial teórico que influencia uma UEPS, vimos que as ideias de Vygotsky permeiam sua construção e aqui observamos um de seus aspectos em que vemos que o aprendizado do aluno ocorre na zona do erro e nessa zona ele avança em sua aprendizagem. Se aqui quantificarmos os resultados da avaliação iríamos novamente reforçar a metodologia tradicional.

O que nos basta saber é que quando é ofertada diversas atividades recursivas a taxa de acertos cresce, no entanto isso não é indicador final de aprendizagem significativa, mas de uma evolução do aluno em que ele reconhece o erro dele e consegue evoluir.

Um outro indicador de aprendizagem significativa são os mapas conceituais que constantemente são refeitos e ajudam e organizam os conceitos que os alunos possuem, além deles externarem no momento de sua construção dúvidas para colegas e professores.

#### 5.4 AUTOAVALIAÇÃO DA UEPS FEITA PELOS ALUNOS

Nossa análise sobre a autoavaliação da UEPS (ver Apêndice G) realizada pelos alunos baseou-se em análise de cada resposta às perguntas feitas na avaliação. Relatamos aqui as principais falas dos alunos, considerando na íntegra suas respostas inclusive com os erros de ortografia e gramática.

Para a pergunta: *Você acredita que aprendeu mais com conteúdo desse jeito com aulas no Datashow, experimentos, textos e etc? Explique.*

As respostas foram em ambas as turmas:

“Sim, prende mais atenção”;

“Sim pois quando praticamos reforçamos o que aprendermos”;

“Sim, porque sempre é uma aula dinamica e nunca cansativa”;

“Sim, pois foram aulas diferentes e fez com que eu entendece melhor”;

“Aprendi pois são aulas mais dialogos, são mais atraentes”.

“mais ou menos, prefiro quando era antes, aprendia mais com o professor explicando ao invés de nós tentar saber.”

A maioria das respostas foi positiva e confirma que a mudança de dinâmica das aulas torna a aula mais atrativa. Apenas os alunos que nunca demonstraram interesse em quase todas as disciplinas e que possuem histórico de conflitos escolar, não gostaram da mudança das aulas.

Com a mudança da metodologia das aulas em que o aluno deveria ser mais proativo, é possível inferir, que isso acabou por incomodar alguns. Em referência ao aluno que considerou as aulas “mais ou menos”, ao analisar as demais respostas dele, mesmo assim vemos que gostou das atividades. O incômodo, portanto, é devido a maior exigência de exercício de pensamento para que o aluno dependa menos do professor.

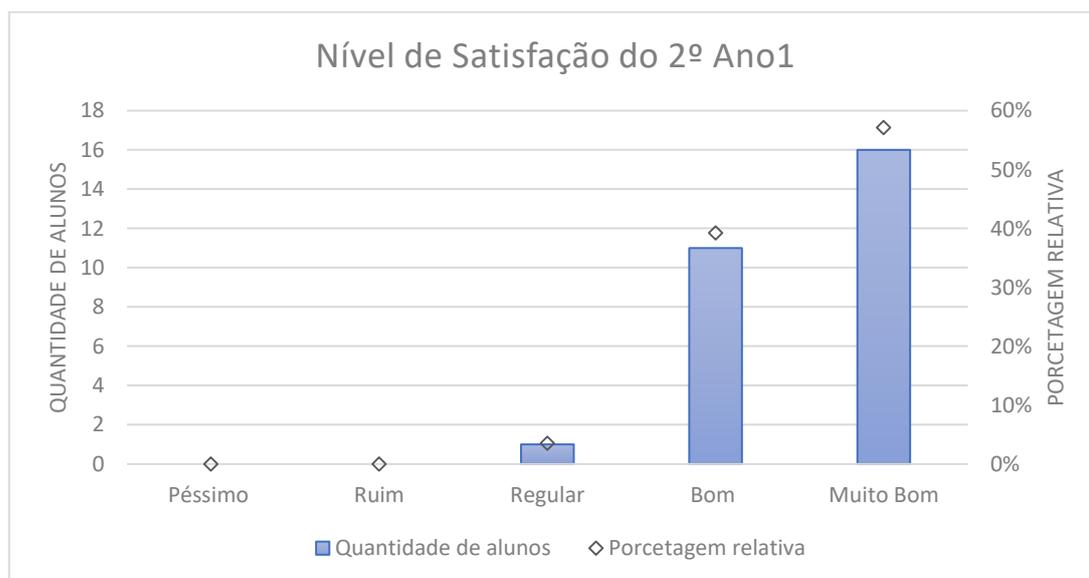
Para a pergunta: *Durante nossas aulas, tentamos explorar algumas formas de trabalho, como leitura de textos, aulas expositivas com datashow, experimentos, etc. Como você avalia essas aulas?*

- ( ) *Péssima*
- ( ) *Ruim*
- ( ) *Regular*
- ( ) *Boa*
- ( ) *Muito boa*

*Justifique:*

Para os alunos do 2º Ano 1, a distribuição das respostas ocorreu, como demonstrado no gráfico 5.1, da seguinte maneira:

**Gráfico 5.1:** Gráfico de barras com a distribuição de satisfação dos alunos do 2º ano 1



**Fonte:** Próprio autor.

Nenhum aluno achou as aulas péssimas ou ruins. Apenas um aluno achou as aulas regulares, ele ainda justificou:

“Por que, deu para aprende sobe alguns objetos tipos: o radio e a tv”.

Outros onze alunos consideraram as aulas boas. Entre as justificativas estão:

“Só não e muito boa pois são assuntos que são difíceis de entender”;

“Boa porque algumas coisas são de fácil compreensão e algumas não”;

“Foram muito boas, porém a sala não colaborou então algumas coisas não ficaram claras para mim”;

“As aulas foram boas e interessantes, classificaria muito boa, porém, a falta de educação dos alunos prejudica o entendimento”.

Outros dezesseis alunos classificaram as aulas como “muito boa”, as principais justificativas foram os experimentos, como podemos observar em algumas respostas:

“Pois é uma aula diferente, o aluno tem um contato melhor com o professor e o professor com o aluno, são aulas diferentes e acaba que sendo mais interessante. Porque o professor sai desse ‘mundo’ de só usar giz/lousa e cadernos”;

“Boa, pois fazendo as experiências aprende mais e fica mais clara a matéria.”;

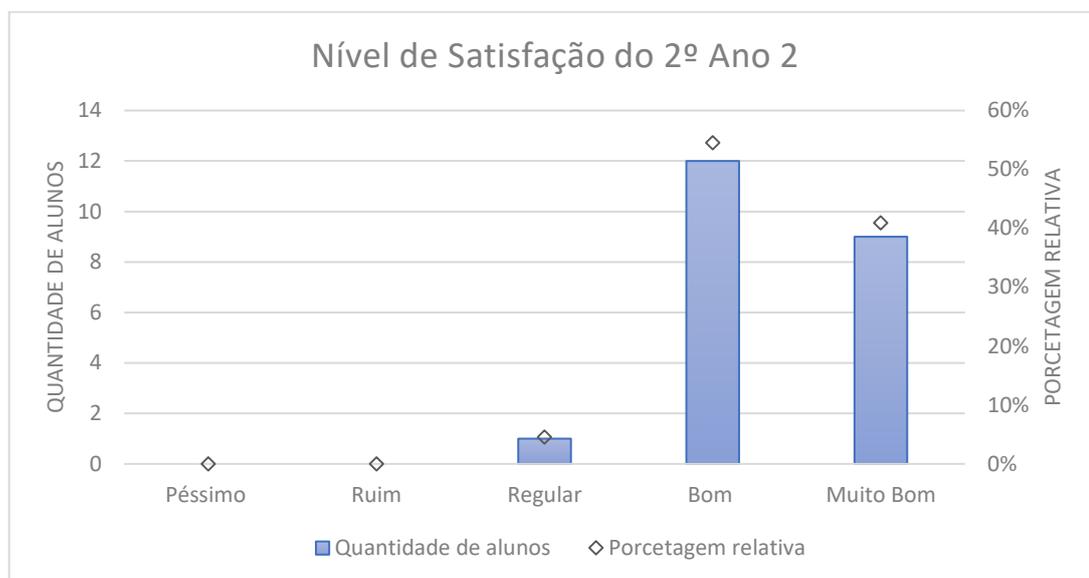
“São legais pois fogem do nosso cotidiano”;

“Boa, pois fazendo as experiências aprende mais e fica mais clara a matéria”;

“Pois foi uma aula diferente daquilo que somos acostumados ver e foi legal pois ‘todos’ se esforçaram para ter um pouco mais de conhecimento”;

“Por causa desses diferenciais nas aulas o projeto atingiu o objetivo de fazer com que os alunos se interessassem mais pela matéria, fugindo do que já estavam acostumados.”

Para os alunos do 2º ano 2, a distribuição das respostas, conforme vemos na gráfico 5.2, ocorreu da seguinte maneira:

**Gráfico 5.2:** Gráfico de barras com a distribuição de satisfação dos alunos do 2º ano 2

**Fonte:** Próprio autor.

Nenhum aluno achou as aulas péssimas ou ruins. Apenas um aluno achou as aulas regulares, ele não justificou o motivo de sua escolha.

Doze alunos indicaram que as aulas foram “boas”, com as principais justificativas:

“Boa! Porque é sempre bon inovar, fazer algo diferente, assim a aula fica mas lega, e não fica aquela coisa chata e repetitiva de sempre”;

“Boa, porque comecei a entender melhor com data show e experimentar que fizemos em aula”;

“As aulas praticas com os experimentos foram um diferencial importante que nos possibilitou um excelente aprendizado sobre os diferentes tipos de aula”;

“Porque, com aula diferente, Datashow, aula esportiva da pra entender mais”;

“Achei a aula boa porque o professor dava aula de um jeito diferente e que todo mundo entendia”.

Nove alunos indicaram que as aulas foram “muito boas”, com as seguintes justificativas:

“Sair da rotina e melhor, as pessoas prestam mais atenção, e melhora a aula”;

“Por que você aprende cada vez mais, você fazendo do que explicando”;

“Essas aulas nos atraí fazendo com que a cada aula, a cada experimento, nós fiquemos mais empolgados em fazer parte”;

“Sim, porque com Datashow, e experimentos não ganhamos somente aprendizado, mais experiência também. Pois não só lemos e conseguimos adquirir algum conhecimento, seja ele grande ou pequeno. Isso depende do desenvolvimento de cada um”;

“É mais fácil de entender e com os experimentos da mais vontade de aprender”.

A próxima pergunta na autoavaliação versava sobre os experimentos realizados em sala de aula. Portanto, era indagado:

*Dentre os seguintes experimentos:*

*[ ] Cordas e molas;*

*[ ] Tubo de Kundt;*

*[ ] Experimento de Oesterd;*

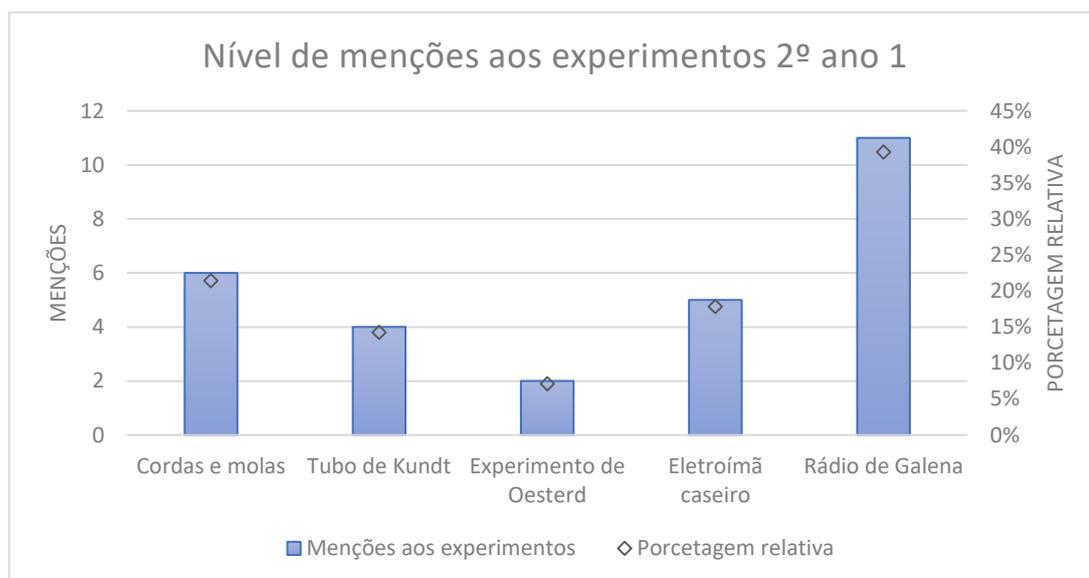
*[ ] Eletroímã caseiro;*

*[ ] Rádio de Galena.*

*Qual mais chamou sua atenção? Porque?*

As respostas foram bem diversificadas, conforme registrado no gráfico 5.3, como observamos:

**Gráfico 5.3:** Gráfico de barras com a distribuição de menções dos alunos do 2º ano 1



**Fonte:** Próprio autor.

Explicou-se para os alunos que eles poderiam assinalar mais de um experimento. Para os alunos do 2º ano 1, seis alunos indicaram que o experimento de cordas e molas foi o mais interessante. Uma justificativa, foi:

“Cordas e molas porque, os movimentos são diferentes um dos outros”.

Para o tubo de Kundt, quatro alunos gostaram da atividade e assim justificaram:

“Por causa do som”;

“É impressionante o barulho que faz e de como é feito o experimento”;

“Foi um dos que eu vivenciei e vi que realmente deu certo e também foi uma coisa nova, porque fazer os esopores flutuarem com apenas a onda sonora foi bem agradável”.

Apenas um aluno teve sua atenção voltada para o experimento de Oesterd, e assim ele justificou:

“Oesterd, pois conseguimos mover uma bussola utilizando a energia das pilhas”.

Quatro alunos gostaram de montar o eletroímã caseiro, alguns dos argumentos dado por eles, são:

“Os materiais usado, de coisas tão simples e praticas conseguimos fazer um eletroímã”;

“Eletroímã caseiro chamou mais a minha atenção pois foi uma coisa que eu não esperava que o prego ia fazer a função de um ímã com apenas pilhas e fio de cobre”.

O experimento do rádio de galena, foi o que mais chamou atenção segundo dez alunos. Para eles o experimento é interessante, pois:

“A forma como é possível escutar o rádio, sem uso de bateria ou energia elétrica”;

“Achei legal ver o sinal chegando no rádio mesmo ele não estando ligado na tomada”;

“O rádio de galena, porque não sabia que podemos fazer funcionar ele com a antena e com o fio de cobre”;

“Porque nunca imaginei que pudesse ouvir uma rádio através de ondas e algo que não tem contato algum com a eletricidade”;

“Por ser uma coisa bem antiga, eu não tinha visto antes, nem ouvido falar. E foi o mais difícil de aprender, fazer funcionar etc...”;

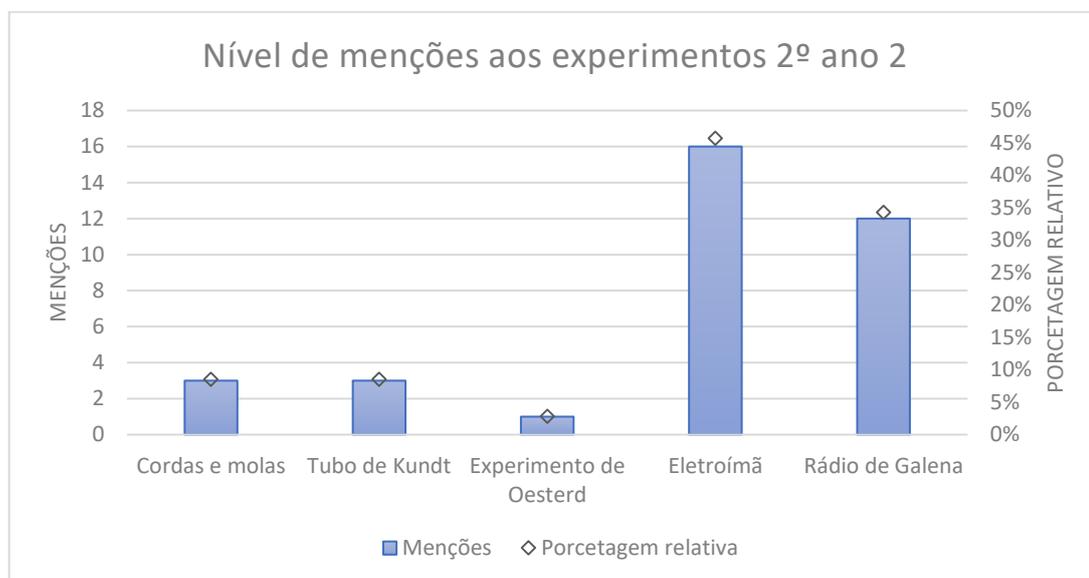
“Rádio de galena, por que achei interessante, ouvir aquela conversa, mesmo sendo baixa, através apenas de um fio de cobre ligado a antena e o terra”.

Apenas dois alunos marcaram mais de um experimento, e no caso os dois escolheram os mesmos experimentos, que foram: experimento de Oesterd, eletroímã caseiro e rádio de galena. As justificativas foram:

“São coisas ‘fáceis’ de se fazer é bastante interessante”;

“Os três foram mais legal, a maioria de nós ficamos impressionados com os experimentos, principalmente com o rádio funcionando sem energia.”

Para os alunos do 2º ano 2, as respostas também foram bem diversificadas. Explicou-se para os alunos que eles poderiam assinalar mais de um experimento. Logo, para eles a distribuição das respostas dispõe-se como indicado no gráfico 5.4. Temos:

**Gráfico 5.4:** Gráfico de barras com a distribuição de menções dos alunos do 2º ano 2

Fonte: Próprio autor.

Sobre o experimento de cordas e molas, três alunos gostaram. Um deles registrou:

“Cordas e molas, por que aprendi bastante sobre as ondas e os movimentos quando fazemos com a corda”.

Sobre o tubo de Kundt três alunos gostaram, e afirmaram:

“Foi algo visível, podendo ver a onda, posso entender melhor”;

“Tubo de Kundt, porque foi interessante ver o isopor se mexer daquele jeito com aquelas frequências”.

Apenas um aluno relatou gostar do experimento de Oesterd, para ele:

“Por que com a força da pilha consegue fazer o ponteiro girar”.

Para dezesseis alunos o experimento do eletroímã caseiro foi o mais interessante, algumas das justificativas foram:

“Porque nunca imaginei que dava para fazer um ímã com pilha, fio de cobre, prego...”;

“Por entender melhor como a energia pode ser usadas de diversas maneiras”;

“Por que esse experimento eu nunca pensei que iria dar super certo, até eu descreditei disso, que não iria funcionar”.

Outros doze alunos julgaram o experimento de rádio de galena mais interessante. A justificativa de alguns deles foram:

“Radio de galena porque achei muito interessante e criativo conseguir escutar o som através de um ferro colocado na terra com fio de cobre”;

“O rádio de galena foi bem interessante, eu nunca pensei que um rádio pudesse funcionar sem ser ligado na tomada”;

“Porque eu achei bem interessante como podemos escutar um radio sem precisar ta ligado na força e sem utilizar bateria, somente usando fio de cobre, etc.”

Outros quatros alunos marcaram mais que uma alternativa. Três desses alunos afirmaram que os experimentos mais interessantes foram o eletroímã caseiro e o rádio de galena. As justificativas foram:

“Pois nós mesmos montamos o imã e isso foi legal e o rádio porque mesmo se energia nós conseguimos receber o ‘sinal’”;

“Porque é diferente e eu não imaginava como era feito e gostei do passo-passo / gostei do radio pq não imaginava q/ se ouvia radio s/ tomada”;

“1- pude entender que não é preciso (tomadas) para produzir eletricidade. 2- Não é preciso de um rádio, ‘atraves’ de receber o sinal da torre, gerando eletricidade, produzindo o som-”.

O quarto aluno marcou cordas e molas e o eletroímã caseiro, e assim justificou, dizendo:

“Eu gostei mais da corda pois consegui aprender dessa forma”.

Para a pergunta: *Como você avalia o uso dos experimentos nas aulas de física? Porquê?* As respostas foram todas positivas, apenas um aluno falou que foi regular, dizendo:

“Esse ano e o ano passado não tivemos feira científica seria uma boa se tivessemos acho que melhora a interação com a classe”.

Sobre as respostas positivas, selecionamos oito respostas dos alunos do 2º ano 1, sendo elas:

“Boa, porque você aprende mais com os experimentos do que ficar respondendo exercícios na apostila”;

“É uma base de como o experimento pode dar certo com matérias que podem ser pego em casa, e os experimentos nos influencia a entender e aprender então pra mim os experimentos foi otimo quanto mais melhor pois todos participamos”;

“Achei muito boa, porque vi que o professor queria participar, e fazer algo diferente, com que todos aprende-se e acho que funcionou”;

“Teve um bom uso, porque deu para prender a atenção e a curiosidade dos alunos”;

“Bom, torna a aula mais fácil de entendida”;

“Legal, por que é uma forma de chamar a atenção dos alunos para uma matéria difícil”;

“Eu avalio de uma forma muito boa, pois as aulas foram muito interessante”;

“Regular por que muitas vezes não entendo rapidamente”.

Para a pergunta: *Como você avalia o uso dos experimentos nas aulas de física? Porquê?* As respostas foram todas positivas e para os alunos do 2º ano 2, selecionamos oito respostas, sendo elas:

“Os experimentos ajudam de alguma forma, adquirir conhecimento e experiência. Então avalio como bom, o uso dos experimentos. Inovações nas aulas despertam o interesse do aluno de aprender e ter curiosidade sobre o assunto”;

“Bom, pois não só teorizamos praticamos o que foi aprendido”;

“Muito bom, porque não sabia fazer num agora sei fazer mais ou menos”;

“Bom, nos possibilitou que víssemos ao vivo os diferentes tipos de ondas”;

“Eu avalio como essenciais, pois ao meu ver a física é isso, testar coisas, descobrir novas maneiras e inovar”;

“Legal; porque em alguns nós participamos”;

“Bom, não fica algo repetitivo é legal e diferente”;

“Através dos experimentos, consegue, tirar muitas das dúvidas (vendo como ocorre)”.

Para a pergunta: *O que você acha que poderia ter sido melhor em nossas aulas? Explique.*

Os alunos do 2º ano 1 reforçaram que as aulas foram boas, como resposta, temos:

“Nada. Gostei muito desse projeto, acho melhor o projeto do que o caderninho<sup>17</sup>”.

Surgiu um fator do qual inesperado, muitos alunos reclamaram da bagunça na sala de aula, de vinte oito avaliações, oito alunos sentiram incomodados, por exemplo:

“A sala deveria ter colaborado mais com o silêncio”;

“Talvez medidas mais rígidas com certos alunos para melhorar a compreensão”;

“A colaboração e o interesse do alunos”;

“As aulas foram todas muito interessante, mas o comportamento de alguns alunos poderiam ter sido melhor”.

Houve também outros relatos de fatores que poderia ter feito com que as aulas melhorasse, sendo o tempo uma delas:

“As ultimas atividade foi feita muito rápido, mas consegui entende, pois o que dificulta mais e que os outros alunos não colabora”;

“Para ter sido melhor nossas aulas precisaríamos de mais tempo pois é pouco tempo para desenvolver nas aulas”;

“Ter mais tempo de aula”.

---

<sup>17</sup> o termo “caderninho” é um linguajar, utilizado tanto por alunos e professores da rede pública do estado de são paulo, para designar o material apostilado que é distribuído nas escolas estaduais.

Outros fatores foram:

“Acho que deveria ter mais diálogo, entre os alunos e o professor”;

“Se tivéssemos mais recursos que pudesse nos proporcionar experiências maior e cada aluno poder criar o seu”;

“Esse ano e o ano passado não tivemos feira científica seria uma boa se tivessemos algo que melhoraria a interação com a classe”.

Os alunos do 2º ano 2 reforçaram que as aulas foram boas, como resposta, temos:

“Nada foi tudo muito bom”;

“Nada. Eu gostei da maneira que foi trabalhado, foi diferente e chamou a minha atenção. Não ficou focado em livros e textos”.

Outros quatro alunos reclamaram da bagunça em sala de aula, da seguinte maneira:

“A participação do alunos”;

“Acho que os alunos poderiam prestar mais atenção e colaborar”.

Outros fatores, que segundo os alunos poderiam melhorar as aulas, seria:

“Poderia ter sido mais interativa, nos envolvendo mais na matéria”;

“Ter explicado mais pois alguns não compreende a matéria toda”;

“Os conteúdos deveria ter passado coisas no caderno sobre o tema”;

“Poderia dar um trabalho, sobre alguma experiência”;

“Ter mais experimentos nas aulas sem essas coisas de caderno e caderninho”;

“Acho que ao invés de passarmos para um conteúdo novo, temos que nos certificar que aprendemos o conteúdo anterior. Acho que mais explicações seria necessária, para melhor desenvolvimento e bem estar de todos”.

Ao fazer uma síntese, de modo geral, em ambas as turmas é evidente que os alunos gostaram das atividades, mas indo mais além com os dados obtidos, alguns pontos nos chamaram a atenção, por exemplo, a visão dos experimentos dos alunos. Mesmo experimentos simples como levar uma corda e uma mola para a sala de aula em que os alunos manipulam algo tão simples e registram suas observações. Todos os experimentos por mais simples ou complexos que fossem mobilizaram os alunos para aprenderem ativamente.

A metodologia nos chama a atenção, pois, colabora para a participação e o envolvimento dos alunos, já que a aprendizagem é centrada no aluno, e assim a seleção de quais atividades serão utilizadas e o tempo gasto com elas, além da complexidade das atividades desenvolvidas, assim UEPS pode ser adaptada para qualquer realidade.

Por fim, o quanto nós, professores, devemos continuar refletindo sobre alterações metodológicas que devem ser implementadas na sala de aula para oportunizar momentos como

---

este em que os alunos podem ter situações aprendizagem com atividades customizadas a sua realidade.

# Capítulo 6

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

No primeiro momento deste trabalho quisemos chamar atenção para a forma como as políticas públicas educacionais interferem no processo de ensino-aprendizagem que ocorrem na sala de aula, na maneira em que o professor tem que dividir suas atenções para além do processo de ensino-aprendizagem, para pensar em carga horária ou em aspectos salariais. No entanto, sabemos que não podemos esperar todas as condições favoráveis nas políticas públicas para que haja uma melhora no processo de aprendizagem, neste sentido é fundamental aplicar metodologias que podem impactar positivamente o processo de ensino-aprendizagem, como o caso abordado por nós de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativo.

Com o capítulo de Física queríamos demonstrar que as equações de ondas mecânicas e eletromagnéticas, apesar de possuírem grandezas físicas de naturezas diferentes, têm equações idênticas e, assim, reforçar que não é necessário criar uma distância maior entre os conteúdos, afinal estamos falando de ondas.

Buscamos também registrar um relato de como foi a aplicação da UEPS em duas turmas, além de registrar impressões percebidas pelo professor em cada atividade desenvolvida em sala de aula.

Como resultado, vários aspectos que são inerentes às UEPS foram percebidos pelos alunos. A avaliação das aulas por parte deles foi capaz de demonstrar isso. Os alunos perceberam que as aulas foram dialogadas e que o professor queria ouvir deles o que sabiam. A diversidade dos experimentos foi bastante sentida, já que ao serem questionados sobre qual experimento gostaram mais, as respostas foram bem distribuídas. Relataram também que os experimentos facilitaram a visualização dos conceitos físicos. Houve também relatos de que, de modo geral, foi mais fácil aprender porque cada dia era uma coisa nova e assim as aulas não eram monótonas.

Os alunos também relataram algumas dificuldades como a balburdia no decorrer das explicações e atividades experimentais, e com relação ao tempo, pois os estudantes acreditaram que os conteúdos foram vistos rápidos demais. Sugerem que deveria ser “gasto” mais tempo nas explicações e realização das atividades.

Outra observação pertinente é que, com a diversificação dos instrumentos avaliativos, ficou claro que dependendo do instrumento avaliativo o aluno pode demonstrar um maior conhecimento ou ser motivado a realizar mais atividades. A diversificação das atividades, possibilitou que os alunos demonstrasse suas habilidades, pois, para alguns, a oralidade evidenciou melhor o conhecimento, e para outros a realização atividades de leitura e interpretação de texto ocorreu com maior facilidade, enquanto que para outros a construção de um mapa conceitual contribuiu para uma aprendizagem mais efetiva e, alguns tiveram melhor desempenho durante a realização de experimentos. Portanto, fica claro que o professor deve diversificar os métodos avaliativos para captar qualquer evidência de aprendizagem que o aluno possui, e que a avaliação tradicional não é capaz de externar, com os diversos tipos de conhecimento que o aluno adquiriu durante o processo de aprendizagem.

Ao analisar todo processo e o empenho de cada aluno é possível notar que a UEPS foi capaz de motivá-los a realizar as atividades, tendo em vista o envolvimento individual, mesmo para aqueles que normalmente não participam das atividades propostas. E ao dialogar sobre os conteúdos e analisando todas as atividades é possível observar que houve captação de significados em diversas situações diferentes. Porém, para avaliar se houve uma AS, faz-se necessário um tempo maior de pesquisa para verificar o que de fato foi retido pelo aluno. Todavia, preliminarmente, é possível dizer que a UEPS é válida tanto pela visão dos alunos, quanto pela visão deste pesquisador.

# REFERÊNCIAS

---

ALMENDROS, F. M. **Rádio de Galena**. Relatório final de curso. Unicamp, 2008. Disponível em: <[http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem2\\_2008/FelipeMAlmendros\\_DavidSoares\\_F609\\_RF2.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2008/FelipeMAlmendros_DavidSoares_F609_RF2.pdf)> . Acessado em: 24 julho de 2017.

ANDREOLLA, Clementina V.; RUZZA, Flavio. Plano de Aula: *Recepção de Ondas Eletromagnéticas com Rádio de Galena*. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=47644>> Acesso em: 09 de janeiro de 2018.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; DOS SANTOS ABIB, Maria Lúcia Vital. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, 2003.

AUSUBEL, David P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. 1 ed. Lisboa: Plátano, 2003.

BORGES, Arthur. **Como fazer um rádio de galena**. 2013. Disponível em: <[https://youtu.be/Ax5u\\_jCwCro](https://youtu.be/Ax5u_jCwCro)>. Acessado em: 24 de julho de 2017

BRAGA, Newton. C. Utilizando a energia gerada por pequenos motores. In **Projetos eletrônicos educacionais com energia alternativa**. 1 ed. São Paulo: Clube de Autores, 2013.

BRASIL. LEI Nº 11.738 DE 16 DE JULHO DE 2018. **Piso salarial profissional nacional para os profissionais do magistério público da educação básica**. Brasília, DF, jul 2018. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/lei/11738.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/11738.htm)> Acesso em: 17 de setembro de 2018.

BRASIL. PARECER CNE/CEB Nº 18/2012 DE 02 DE OUTUBRO DE 2012. **Reexame do Parecer CNE/CEB nº 9/2012, que trata da implantação da Lei nº 11.738/2008, que institui o piso salarial profissional nacional para os profissionais do magistério público da Educação Básica**. Brasília, DF, out 2012. Disponível em <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=11795-pceb018-12&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=11795-pceb018-12&Itemid=30192)> Acesso em: 17 de setembro de 2018.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 41-51, 2007

GRIFFITHS, David J. Leis de Conservação. In: **Eletrodinâmica**. 3 Ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

GRIFFITHS, David J. Ondas Eletromagnéticas. In: **Eletrodinâmica**. 3 Ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

GUIMARÃES, Yara AF; GIORDAN, Marcelo. Elementos para Validação de Sequências Didáticas. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências–IX ENPEC**, p. 01-08, 2013.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Ondas - I. In: **Fundamentos de Física**. Vol. 2. 10 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Equações de Maxwell; Magnetismo da Matéria. In: **Fundamentos de Física**. Vol. 3. 7 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Ondas Eletromagnéticas. In: **Fundamentos de Física**. Vol. 4. 9 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

HEWITT, Paul G. Propriedades da luz. In: **Física Conceitual**. 9 Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MACHADO, Kleber D. Ondas Eletromagnéticas, I: Propagação de Ondas. In: **Teoria do Eletromagnetismo**. Vol. 3. Ponta Grossa: UEPG, 2006.

MACHADO, Kleber D. Sistemas de Coordenadas, Vetores, Grandezas Escalares e Grandezas Vetoriais. In: **Teoria do Eletromagnetismo**. Vol. 1. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2000.

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga et al. Proposta de atividade para abordagem do conceito de entropia no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 367-378, 2009.

MOREIRA, Marco Antonio. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. *Diagramas Ve aprendizagem significativa*. Porto Alegre: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2007). Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/DIAGRAMASpor.pdf>> Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. *Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa*. Porto Alegre: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1997). Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>> Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. *O que é afinal aprendizagem significativa?* Cuiabá: Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso (2010). Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf>> Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidade de ensino potencialmente significativas-UEPS Porto Alegre: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2011). Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>> Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

MORINI, LIZANDRA B. M. *Atividades experimentais de Física à luz da epistemologia de Laudan: ondas mecânicas no ensino médio*. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. Ondas. In: **Curso de Física Básica**. Vol. 2. 4 Ed, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2002.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.

PANTOJA, GLAUCO C. F. *Unidades de ensino potencialmente significativas em teoria eletromagnética: influências na aprendizagem de alunos de graduação e uma proposta inicial de um campo conceitual para o conceito de campo eletromagnético*. 2015. 430 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2015.

PENA, Rodolfo F. Alves. "Escala Richter"; *Mundo Educação*. Disponível em <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/escala-richter.htm>>. Acesso em 12 de setembro de 2017.

PINTO, Amâncio C. Aprender a aprender o quê? Conteúdos e estratégias. **Psicologia, Educação e Cultura**, v. 2, n. 1, p. 37-53, 1998.

ROQUE, Antonio C. A equação de onda em uma dimensão. Aula 16, 2012. **Notas de Aula**. Disponível em: <<http://sisne.org/Disciplinas/Grad/Fisica2FisMed/aula16.pdf>>. Acesso em 27 de dezembro de 2018.

SANTOS, Antonio Carlos F.; AGUIAR, Carlos Eduardo. Ondas e terremotos. **Rio de Janeiro: Instituto de Física/Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2012.

SANTOS, GRAZIELY A. S. *Desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente significativa para o Ensino do Conceito de Ondas*. 2015. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

SCHITTLER, Daniela; MOREIRA, Marco Antonio. Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do Ensino Médio: Laser de Rubi um exemplo de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 3, 2016.

TORRE, Charles G., The Wave Equation in 3 Dimensions. In **Foundations of Wave Phenomena**. Vol. Único. 1 Ed. [S.I: s.n.], 2016. Disponível em: <[https://digitalcommons.usu.edu/foundation\\_wave/](https://digitalcommons.usu.edu/foundation_wave/)> Acesso em: 24 de setembro de 2018.

SEE/SP. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. A identidade das ondas eletromagnéticas. In: **Caderno do aluno**. (Ciências). Vol. 2. 9º Ano. São Paulo: IMESP, 2014.

SEE/SP. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. O Espectro Eletromagnético. In: **Caderno do aluno**. (Física). Vol. 2. 2º Ano. São Paulo: IMESP, 2014.

SILVEIRA, Fernando Lang da; STILCK, Jurgen F.; BARBOSA, Marcia Cristina Bernardes. Comunicações: Manifesto sobre a qualidade das questões de Física na Prova de Ciências da Natureza no Exame Nacional de Ensino Médio. **Caderno brasileiro de ensino de física. Florianópolis**. Vol. 31, n. 2 (ago. 2014), p. 473-479, 2014.

ZABALA, Antoni. As sequências didáticas e as sequências de conteúdo. In: **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Penso Editora, 1998.

ZUBLER, Valéria C. dos Santos. *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa: Um novo modo de abordar o tema – O Espectro Eletromagnético*. 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

# Apêndice A

## ROTEIRO EXPERIMENTAL DE ONDAS MECÂNICAS (CORDAS E MOLAS)

---

---

### Roteiro Experimental de Ondas Mecânicas<sup>18</sup>

#### Objetivo

Entender as características de uma onda: Pulso transversal, longitudinal; ondas transversais, longitudinais; ondas unidimensionais, bidimensionais e reflexão.

#### Contexto

Em Física, existe vários conceitos e grandezas relacionados à ondas. De modo conceitual, começaremos a analisar algumas destas relações.

#### Material Utilizado

3 metros de corda  
1 mola maluca (slinky)  
Barbante

#### Procedimentos

1. Amarre um pedaço de barbante no meio da corda, de modo que o barbante fique preso, mas não apertado ou muito frouxo ao ponto de se soltar.
  - 1.1 Amarre a corda diretamente em um dos pés de uma cadeira. Em seguida, estique a corda e dê apenas um pulso forte. Repita algumas vezes.
  - 1.2 Agora dê vários pulsos consecutivos. O que acontece quando você dá pulsos constantemente?

---

<sup>18</sup> Este experimento foi inspirado no seguinte vídeo: <<https://youtu.be/npaxs9cavba>>, acesso em: 21 de agosto de 2017. Caso o professor tenha dificuldades em visualizar a execução do experimento, sugerimos que assista o vídeo, para sanar eventuais dúvidas.

- 1.3 Se a corda está bem esticada, o pulso vai mais rápido ou devagar?
- 1.4 O que acontece quando você mexe rapidamente a sua mão? E quando você mexe a sua mão mais devagar?
- 1.5 Houve aumento da distância de uma onda a outra, quando você alterou a velocidade de sua mão? Explique.
- 1.6 Faça o maior e menor número de ondas e registre a respectiva quantidade de ondas produzidas.
- 1.7 Como você fez para saber quantas ondas tinha na corda? (Desenhe a onda produzida pelo seu grupo e indique o que você considerou para ser contado como onda).
- 1.8 O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique.
- 1.9 É possível dá um pulso na mesma direção em que a corda está estendida? Justifique.

**2 Pegue a mola e amarre um pedaço de barbante na região central da mola, de modo que ele fique preso, mas não apertado ou muito frouxo ao ponto de se soltar.**

- 2.1 Agora, amarre a mola diretamente em uma cadeira, estique a mola (tenha cuidado para não esticar demais!<sup>19</sup>) e em seguida dê apenas um pulso. Repita algumas vezes.
- 2.2 O que acontece quando você dá pulsos constantemente?
- 2.3 Se a mola está bem esticada, o pulso vai mais rápido ou devagar?
- 2.4 O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique.
- 2.5 Na situação descrita acima, o pulso que retorna percorre o mesmo caminho da ida? Explique.

**3 Agora, amarre aproximadamente 30 cm do barbante na extremidade da mola e a outra extremidade do barbante amarre no pé de uma cadeira. Em seguida, estique a mola, de modo que a mola e o barbante fiquem esticados. Logo após, dê apenas um pulso. Repita algumas vezes.**

---

<sup>19</sup> Professor é aconselhável que caso a mola utilizada pelos alunos for a “mola maluca”, esta seja utilizada apenas uma vez. Portanto, não deve ser utilizada novamente em outras turmas, pois, essa mola deforma facilmente e os fenômenos podem não ser observados.

- 3.1** O que acontece quando você dá pulsos constantemente?
- 3.2** Na situação descrita acima, o pulso que retorna percorre o mesmo caminho da ida? Explique.
- 3.3** É possível dá um pulso na mesma direção em que a mola está estendida?
- 3.4** O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique.
- 3.5** Se a mola está bem esticada o pulso vai mais rápido ou devagar?

# Apêndice B

## AVALIAÇÃO DISCURSIVA E SOMATIVA

---

**Nas questões que seguem, apresente os motivos que o levam a pensar que sua resposta está correta.**

**1-** Em inúmeros filmes de ficção científica, em cena de batalhas espaciais é possível ouvir estrondos quando uma nave atinge outra e também se vê a explosão das naves mesmo estando ambas no vácuo do espaço sideral. Seria possível ouvir a explosão das duas naves caso um observador estivesse próximo do local onde ocorreu tal acontecimento?

**2-** O som é um exemplo de uma onda longitudinal. Uma onda produzida numa corda esticada é um exemplo de uma onda transversal. O que difere ondas mecânicas longitudinais de ondas mecânicas transversais?

**3-** Uma onda sonora propaga-se no ar com frequência, comprimento de onda e velocidade. Quando esta onda atinge a

superfície de um lago, penetra no lago e continua a se propagar na água. Haverá alguma alteração (aumentará, diminuirá, ou não sofrerá alteração) na frequência, no comprimento de onda e na velocidade de propagação?

**Nas questões que seguem, escolha a alternativa que melhor responde a questão.**

**4 -** Olhando o movimento de uma folha que flutua na superfície de um lago calmo quando por ela passa uma onda, o que o observador verá?

- a) O movimento da folha apenas na direção vertical, em um movimento de sobe e desce.
- b) A folha acompanhar a onda.
- c) A folha se movimentar na direção vertical, em um movimento de sobe e desce, e concomitantemente na direção horizontal, em um movimento de vai e vem.
- d) O movimento da folha apenas na direção horizontal, em um movimento de vai e vem.

5 - Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

- a) terem fases opostas.
- b) serem ambas audíveis.
- c) terem intensidades inversas.
- d) serem de mesma amplitude.
- e) terem frequências próximas.

6 - Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia.

O fenômeno descrito é a

- a) polarização.
- b) difração.
- c) refração.
- d) interferência.
- e) ressonância.

7 - Em 2014, o Brasil sediou a Copa do Mundo de Futebol. Em virtude das possíveis manifestações das torcidas, os estádios de futebol foram construídos de modo a suportar as —vibrações produzidas. Se todos os

torcedores, ao mesmo tempo, começarem, por exemplo, a pular e a bater os pés no chão, as estruturas das arquibancadas podem desabar, provocando uma tragédia. O fenômeno físico que melhor descreve a situação trágica mencionada é:

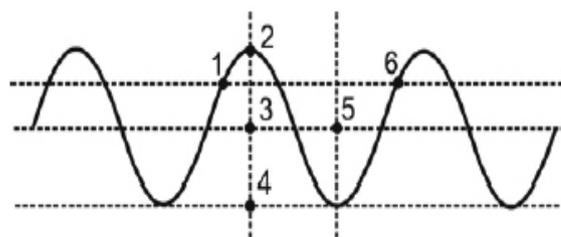
- a) reflexão.
- b) refração.
- c) ressonância.
- d) difração.
- e) convecção

8 - Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas.

Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

- a) A altura da onda sonora.
- b) A amplitude da onda sonora.
- c) A frequência da onda sonora.
- d) A velocidade da onda sonora.
- e) O timbre da onda sonora.

9 - A figura abaixo representa uma onda que se propaga em um meio com velocidade constante.



Nessa situação, assinale a alternativa **correta** que completa a lacuna da frase a seguir. *O comprimento da onda está contido entre os pontos \_\_\_\_\_.*

- a) 1 e 6
- b) 3 e 5
- c) 2 e 4
- d) 2 e 3

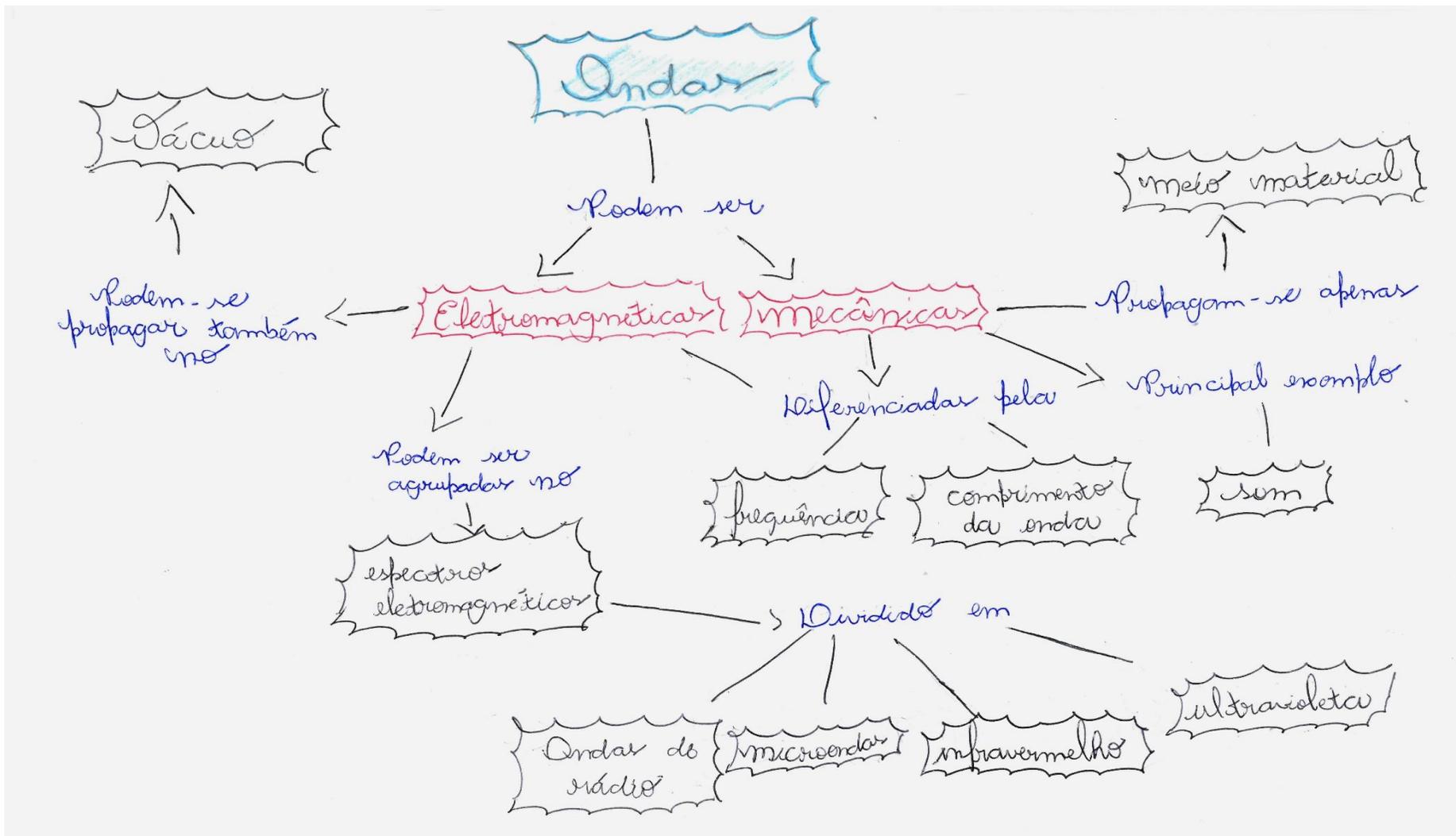
**10** - Marque **V** para verdadeiro ou **F** para falso nas questões abaixo:

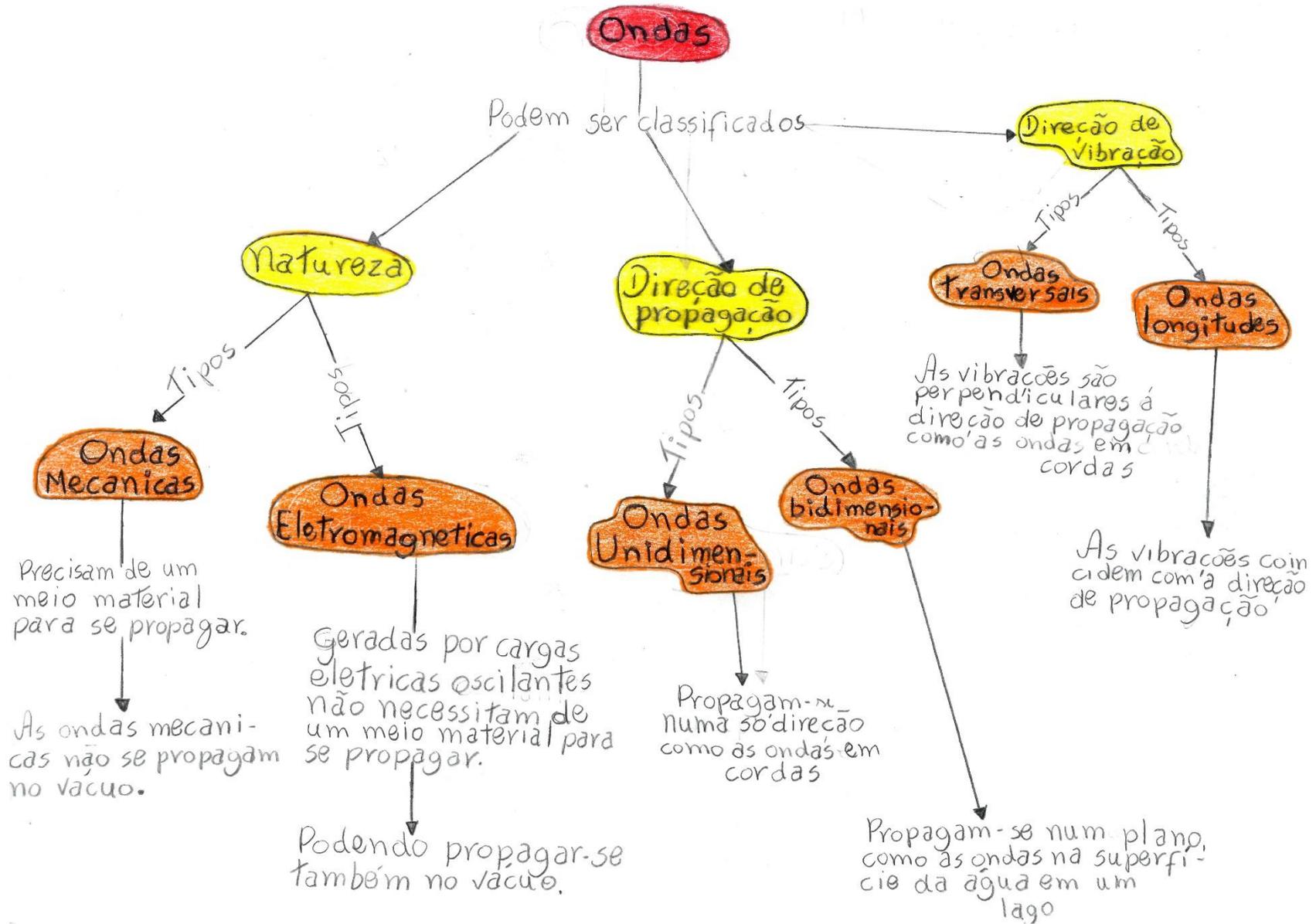
- ( ) Unidimensionais são ondas que se propagam em um único plano, como por exemplo, as que ocorrem na superfície de um lago.
- ( ) Ondas sonoras no ar atmosférico são exemplos de ondas tridimensionais.
- ( ) Ondas eletromagnéticas, como as de rádio, podem propagar-se no vácuo.
- ( ) Quando geradas em cordas de instrumentos sonoros, são consideradas mecânicas quanto à natureza e longitudinais quanto à direção de propagação

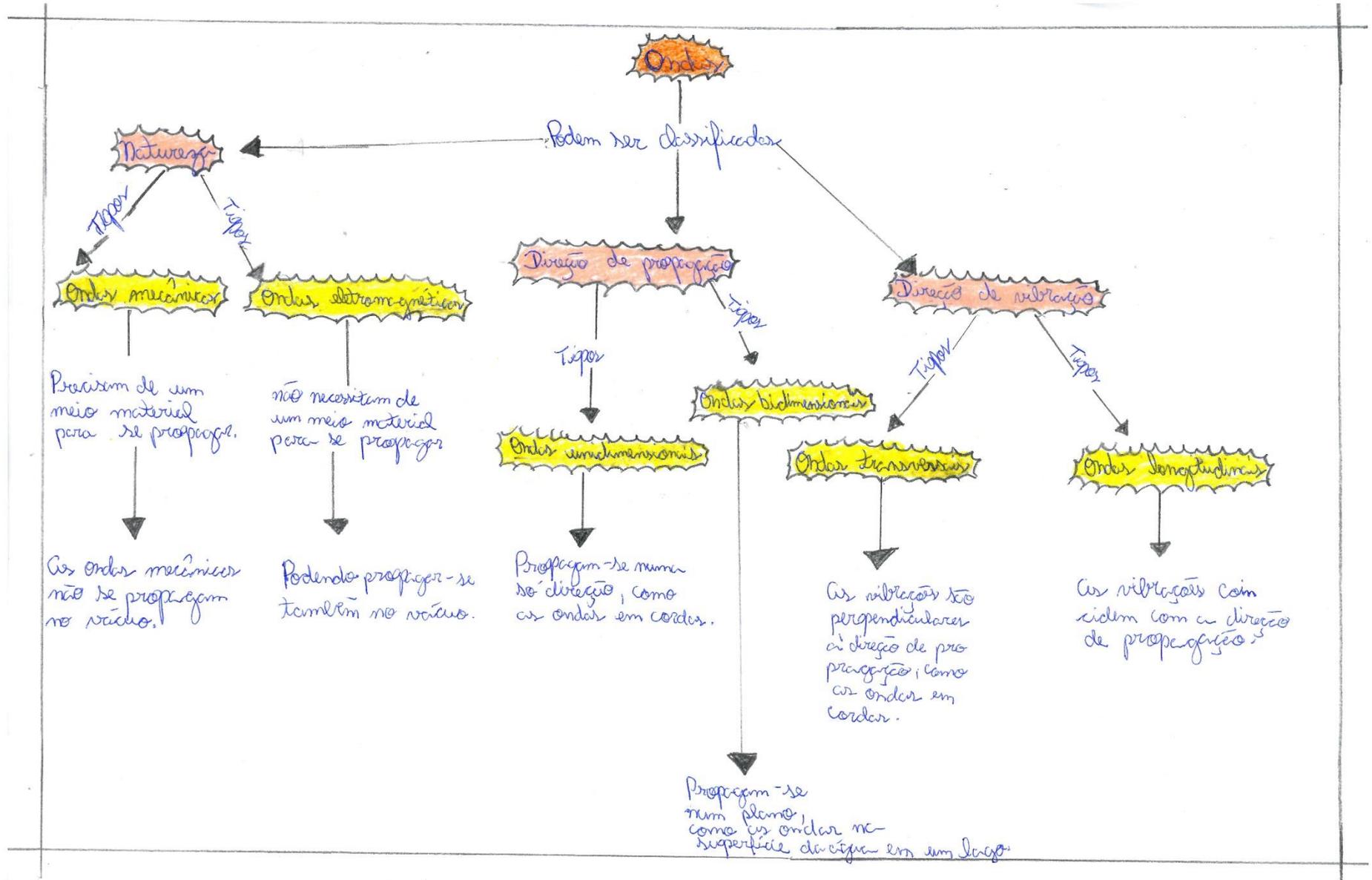
# Apêndice C

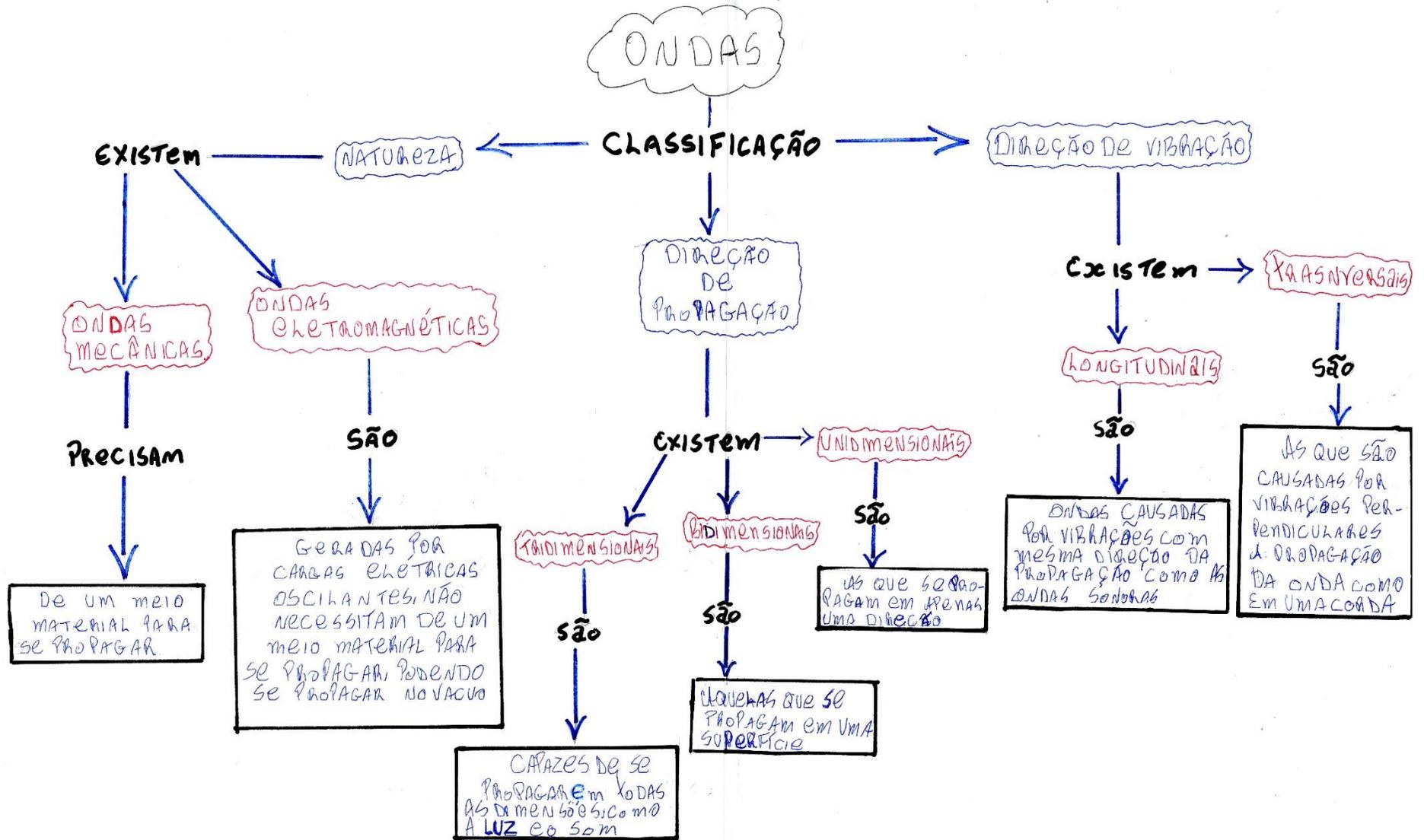
## PRINCIPAIS MAPAS CONCEITUAIS CRIADOS PELOS ALUNOS

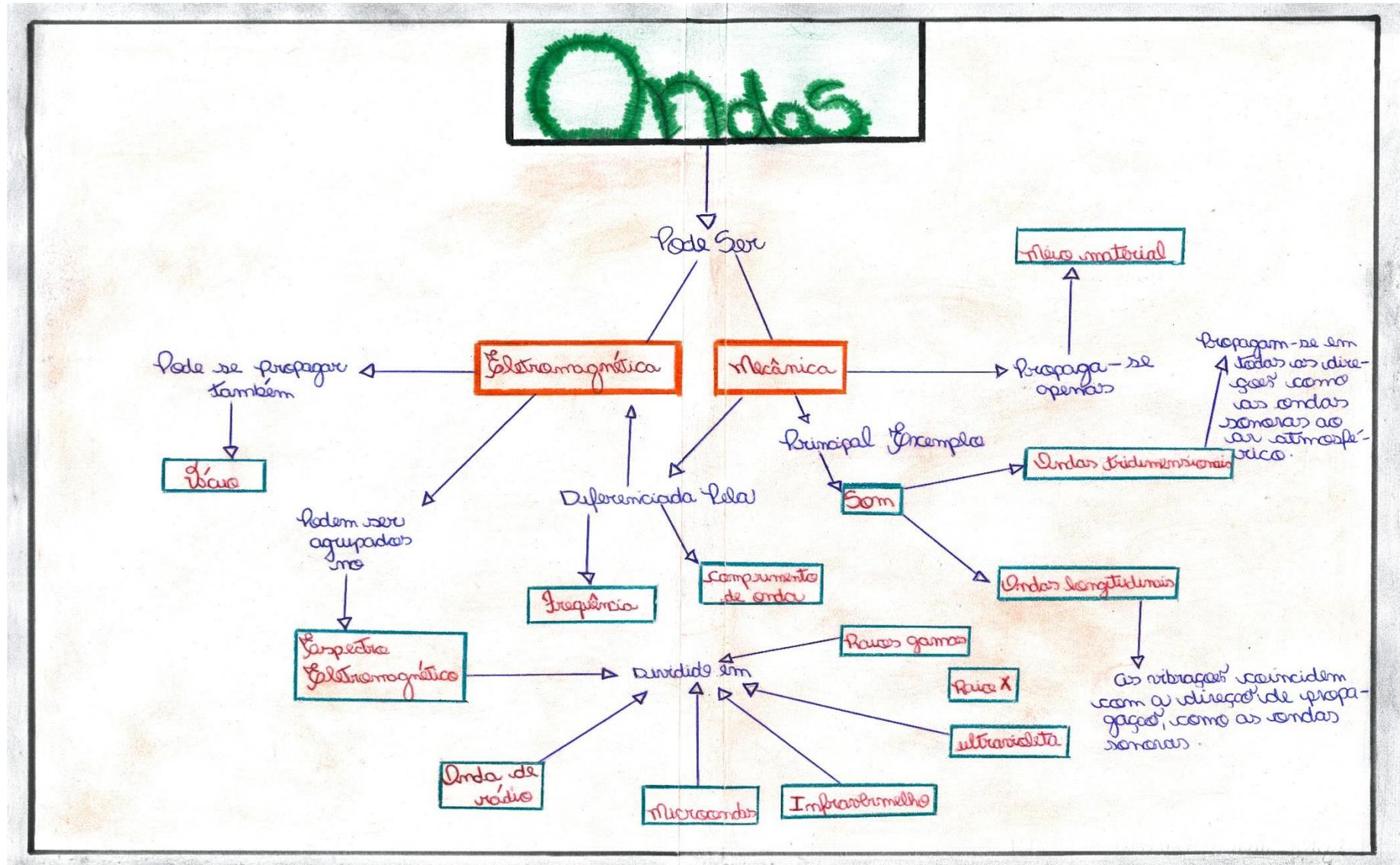
---

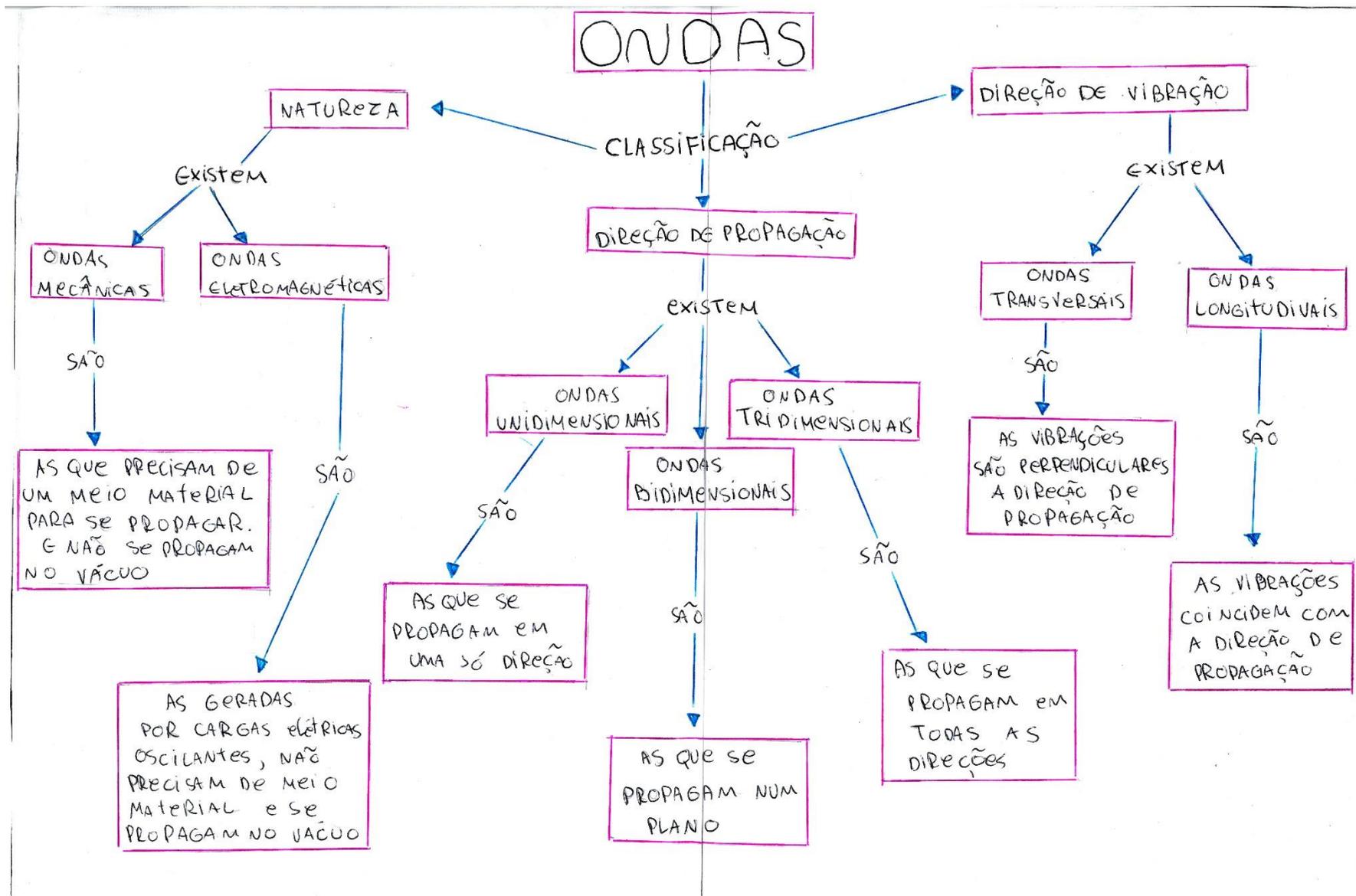


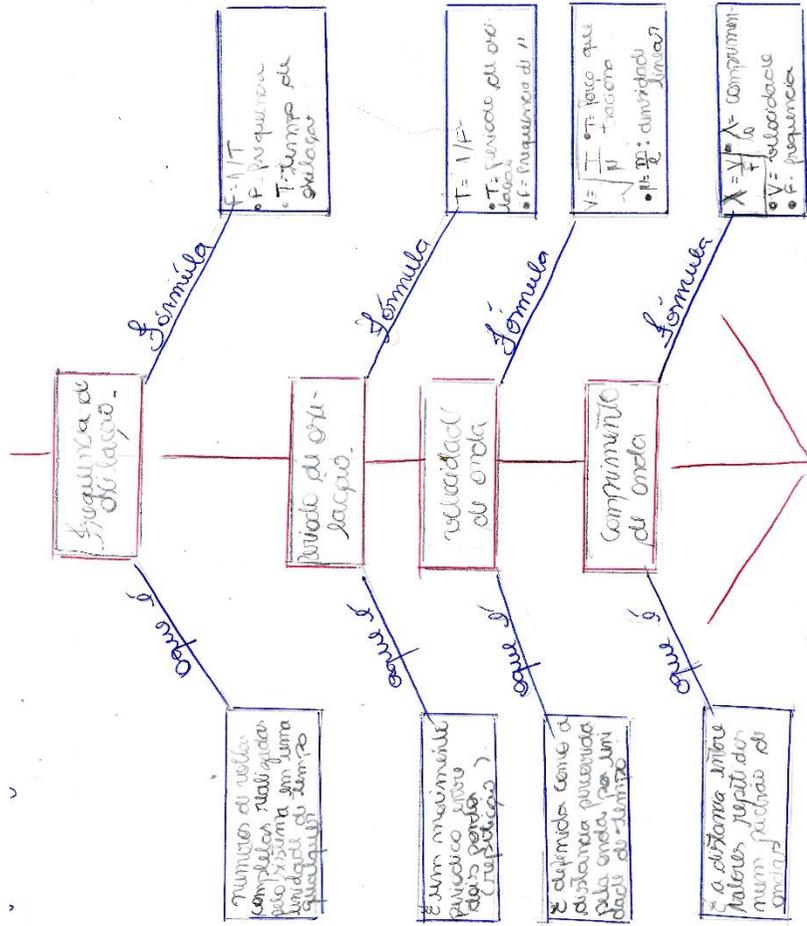




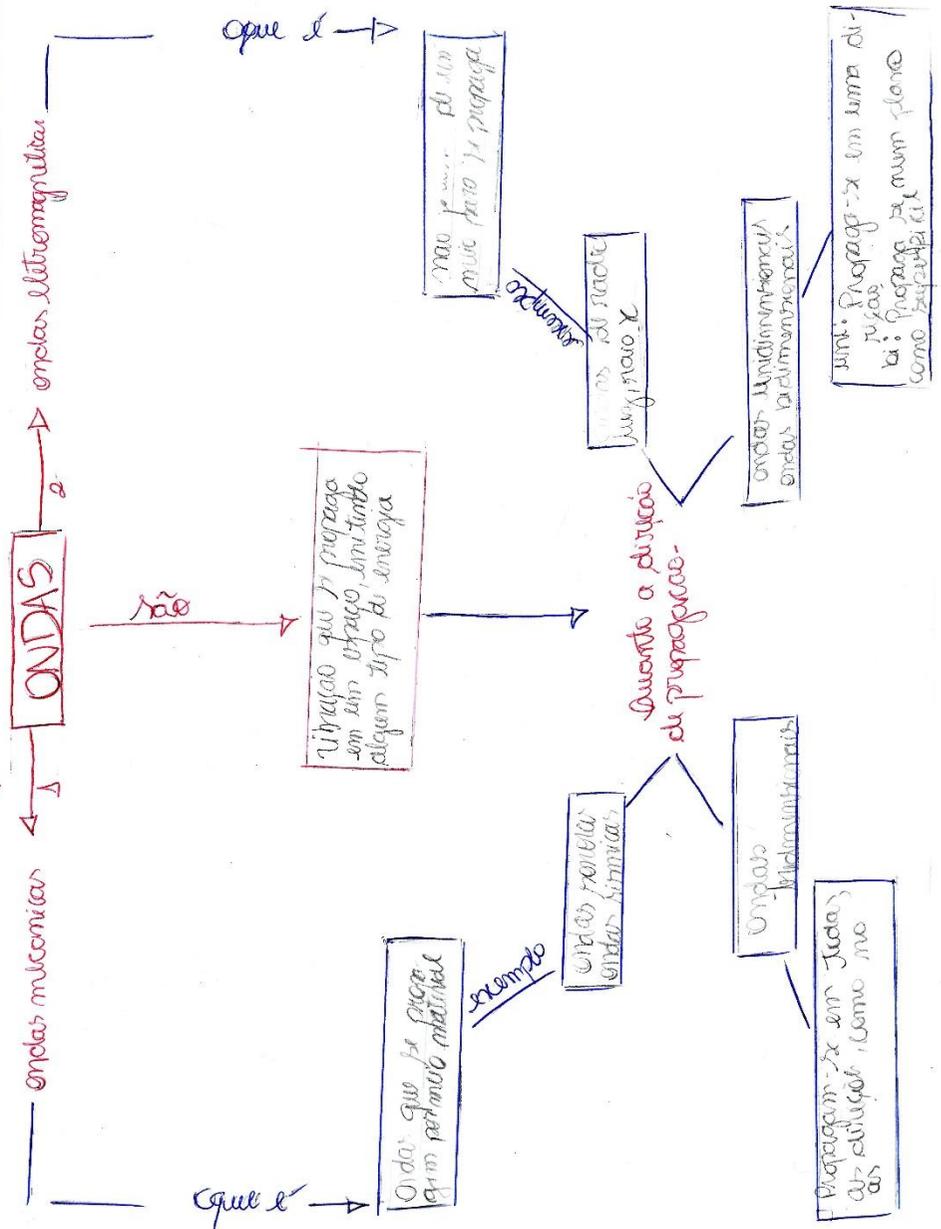


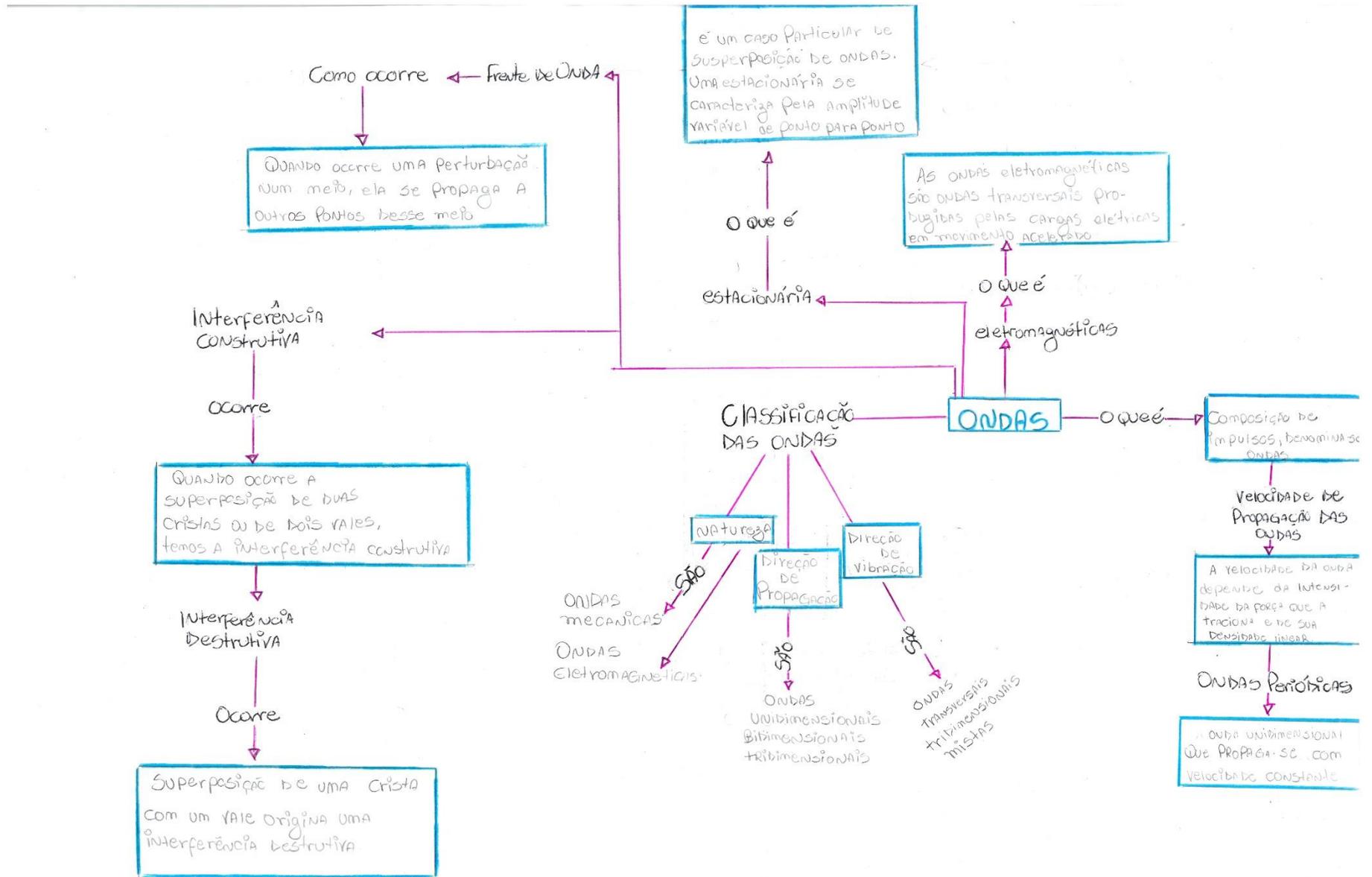


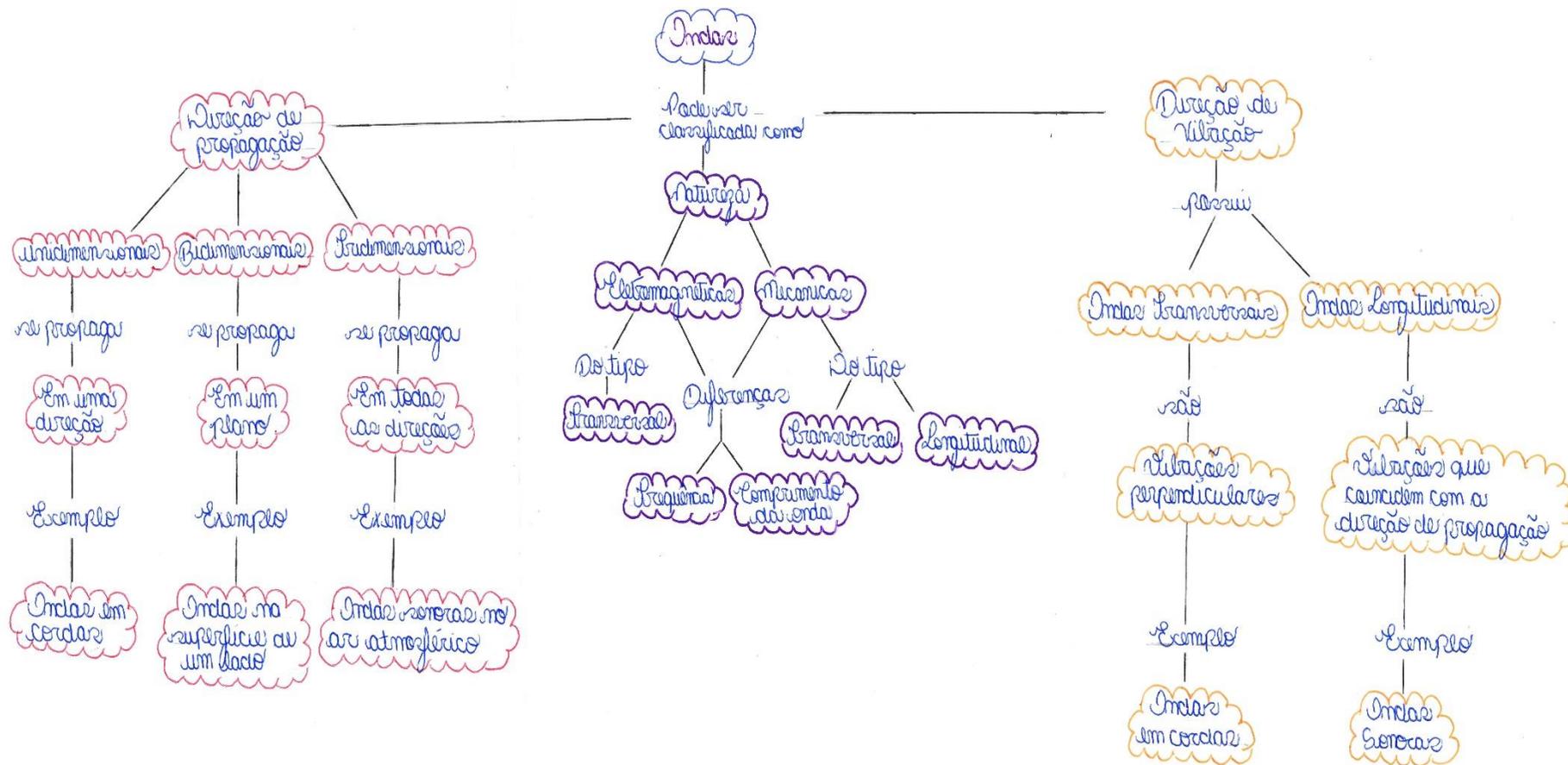




algumas características das ondas







# Apêndice D

## ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO DO TUBO DE KUNDT

---

---

### *O experimento de Kundt*

#### **Objetivo**

Verificar que onda não transporta matéria.

#### **Materiais**

Os materiais utilizados:

- 1 m de cano transparente e flexível com diâmetro interno de 3 cm;
- 1 m de barra de ferro rígida;
- 6 abraçadeiras de nylon (enforca gato);
- 1 luva hospitalar (bexiga);
- 1 liga elástica;
- 1 Caixa de Som;
- 1 Amplificador;
- isopor;
- ralador de legumes;
- Software *Audio SweepGen*<sup>20</sup>

#### **Montagem**

1. Aproxime o cano transparente e flexível na barra de ferro;
2. Com as 6 abraçadeiras prenda o cano na barra de ferro com espaçamento suficiente para que o cano fique fixo;
3. Na “boca” do cano coloque uma parte da luva (ou bexiga) de modo que se torne uma membrana;
4. Use o elástico para prender a luva na “boca” do cano;

---

<sup>20</sup> O software *Audio Sweepgen* possui licença livre e pode ser adquirido em: <http://www.satsignal.eu/software/audio.html>.

5. Com ralador de legumes, rale o isopor e coloque dentro tubo;
6. Conecte o notebook, amplificador e a caixa de som;
7. Aproxime o tubo com a membrana voltada para a caixa de som;
8. O tubo deve ficar centrado no autofalante com aproximadamente 2 cm de distância;
9. Ajuste o software *Audio SweepGen* para a frequência de 161 Hz.

**Figura A. 1:** Experimento didático do tubo de Kundt



Fonte: Próprio autor.

### Testes

Ao ligar o autofalante o que acontece com as partículas de isopor?

Em sua grande maioria as partículas vibram e permanecem na mesma região?

Ao vedar com a mão o outro lado do tubo sem a membrana, o que acontece com as partículas de isopor?

Por que as partículas de isopor somente vibram com a frequência determinada?

# Apêndice E

## ROTEIRO DE EXPERIMENTOS DE ELETROMAGNETISMO

---

---

### *Parte I – O experimento de Oersted<sup>21</sup>*

Oersted (1777-1851) estava entre os pesquisadores que acreditavam que os efeitos magnéticos são produzidos pelos mesmos poderes que os elétricos. Para tentar confirmar suas ideias, realizou experiências a fim de buscar uma relação entre uma agulha imantada e o “conflito elétrico.” Esse termo utilizado por Oersted vinha de sua concepção da natureza da corrente elétrica. Ele imaginava que existiam duas correntes em um fio metálico ligado a uma bateria, uma positiva e outra negativa, fluindo em sentidos opostos. Elas teriam que se encontrar e se separar várias vezes ao longo do fio. Segundo Oersted, a eletricidade se propaga “por um tipo de contínua decomposição, e recomposição, ou melhor, por uma ação que perturba o equilíbrio em cada momento, e o restabelece no instante seguinte. Pode-se exprimir essa sucessão de forças opostas que existe na transmissão da eletricidade, dizendo que a eletricidade sempre se propaga de modo ondulatório.

Tendo isso em vista, Oersted colocou um fio metálico paralelo a uma agulha magnética que estava orientada ao longo do meridiano magnético terrestre. Ao passar uma corrente elétrica constante no fio observou que a agulha era defletida de sua direção original. Tal descoberta foi descrita na Academia Real de Ciências da França em 4 de setembro de 1820 pelo então presidente Arago. Diante da descrença generalizada, este repetiu a experiência de Oersted perante a Academia em 11 de setembro.

É importante ter em mente as dificuldades da realização prática do experimento, bem como sua concepção. Na época, o tipo de materiais para a realização da experiência era muito

---

<sup>21</sup> Texto da parte I foi extraído de Chaib, J. P. M. C.; Assis, a. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. *Revista brasileira de ensino de física*, V. 29, n. 1, p. 41-51, 2007.

diferente do que temos hoje em dia. Oersted usa uma grande pilha como fonte de corrente elétrica. Não temos detalhes da força eletromotriz produzida pela pilha, mas em termos de comodidade e praticidade não se compara a uma pequena bateria moderna de 9 V.

### Objetivo

Verificar que corrente elétrica produz campo magnético.

### Materiais

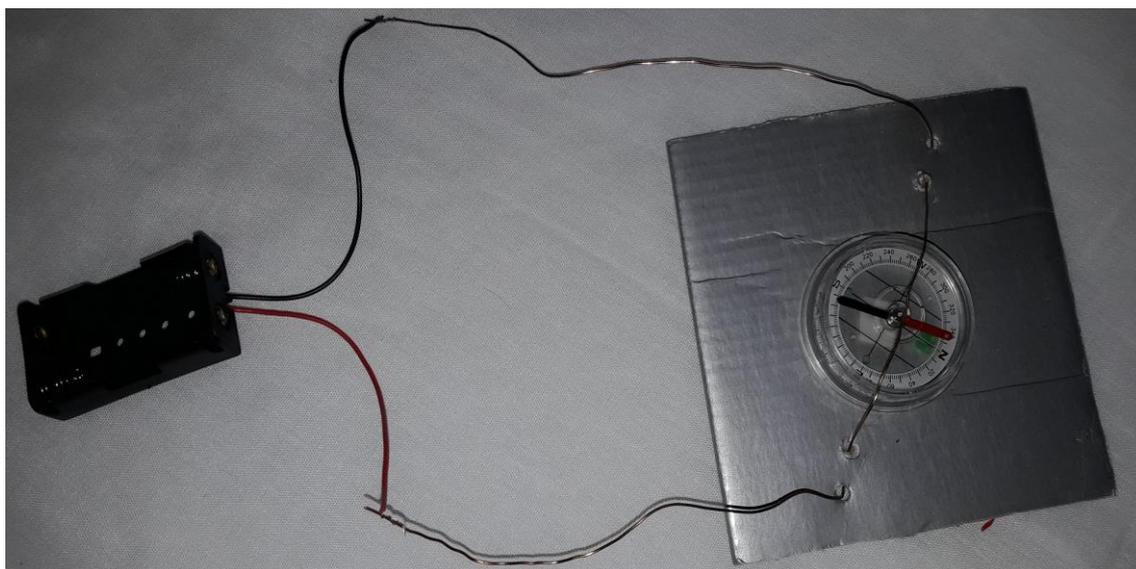
Os materiais utilizados:

- Uma pilha AA (1,5 V);
- Fio de cobre AWG 24;
- Suporte
- Bússola;
- Estilete.

### Montagem

1. Fixe o fio de cobre sobre o suporte, de modo que haja um espaço para que a bússola fique em baixo do fio (ver figura A.9).
2. Raspe as pontas do fio com estilete retirando o esmalte;
3. Conecte as pontas dos fios em cada polo das pilhas fechando o circuito.

**Figura A. 2:** Montagem do experimento didático de Oersted



**Fonte:** Próprio autor.

**Testes**

Ao conectar as pilhas, a bússola moveu em qual direção?

Ao inverter as posições dos fios a bússola moveu na mesma direção?

O que explica a mudança de direção do movimento da bússola?

**Parte II – Explorando a descoberta de Oersted: um eletroímã caseiro<sup>22</sup>****Objetivo**

Mostrar que é possível criar um ímã com o uso da eletricidade

**Materiais**

Os materiais utilizados:

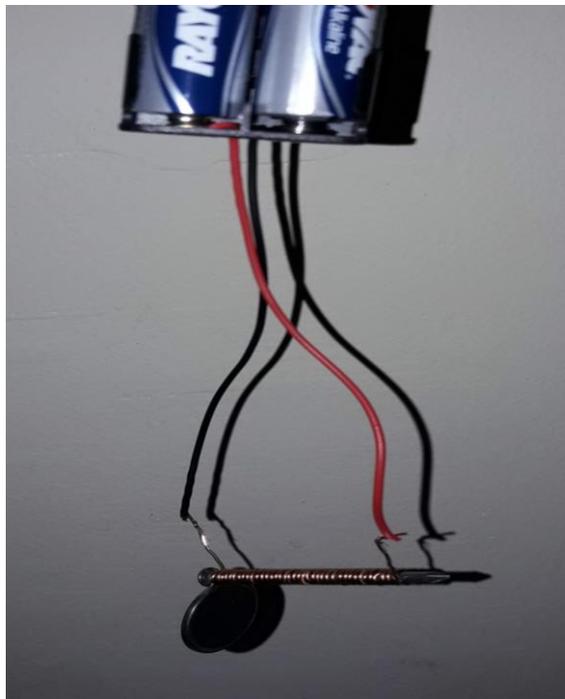
- Pregos de aço;
- Suporte para duas pilhas AA (1,5 V);
- Fio de cobre AWG 24;
- Estilete;
- Bússola;
- Moedas; e
- Clips; e
- Lápis.

**Montagem**

1. Enrole um fio condutor no prego;
2. Deixe duas pontas de fios em cada extremidade livre;
3. Raspe as pontas dos fios com estilete retirando o esmalte;
4. Conecte os fios do suporte das pilhas em cada ponta dos fios (Conforme figura 2);
5. Encaixe as duas pilhas.

---

<sup>22</sup> Adaptado de: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/7902/eletroim%c3%a3.pdf>>, acesso em: 20 de novembro de 2017.

**Figura A. 3:** Eletroímã caseiro com uma moeda para demonstração

Fonte: Próprio autor.

### Testes

Aproxime uma bússola do eletroímã. O que você observou?

Aproxime moedas ao eletroímã. O que você observou?

Aproxime um lápis ao eletroímã. O que você observou?

Aproxime clips ao eletroímã. O que você observou?

É seguro dizer que o prego nessa condição é um ímã? Como você chegou nessa conclusão?

Que processo explica esse fenômeno do prego se comportar como ímã?

### *Parte III – Um receptor de ondas eletromagnéticas: O rádio de Galena<sup>23</sup>*

Um dos primeiros semicondutores utilizados foi a galena que é o minério de chumbo mais abundante na natureza. "Galena" é a denominação vulgar do sulfeto de chumbo (PbS) que contém 86,6% de chumbo (Pb) e 13,4% de enxofre (S). O cristal de galena foi utilizado durante muito tempo devido à sua grande eficiência na detecção das ondas de rádio, sendo inclusive

<sup>23</sup> Texto retirado de <[http://www.cienciamao.usp.br/dados/rec/\\_laboratorioemcasaradio-.arquivo.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/rec/_laboratorioemcasaradio-.arquivo.pdf)>, acesso em 20 de novembro de 2017.

empregado na construção de receptores improvisados durante a segunda guerra mundial, em toda a Europa.

Mais recentemente, substituiu-se a galena por semicondutores de germânio ou silício. Entretanto, por força do hábito, qualquer receptor pequeno e simples, como que propomos adiante, continua sendo chamado "radio-galena", mesmo que semicondutor utilizado seja outro.

### **Perguntas sobre o rádio de galena**

Você imaginaria que um circuito elétrico poderia funcionar sem estar conectado a uma tomada ou bateria? Como é possível o rádio funcionar?

Quando alteramos o fio seletor da bobina qual propriedade física estamos alterando? Explique.

O que a antena está captando e como é possível sair som no alto-falante? Explique.

Por que os rádios precisam estar ligados numa tomada ou terem bateria para funcionarem?

# Apêndice F

## MATERIAIS E MÉTODOS PARA O EXPERIMENTO DO RÁDIO DE GALENA

---

---

### Rádio de Galena

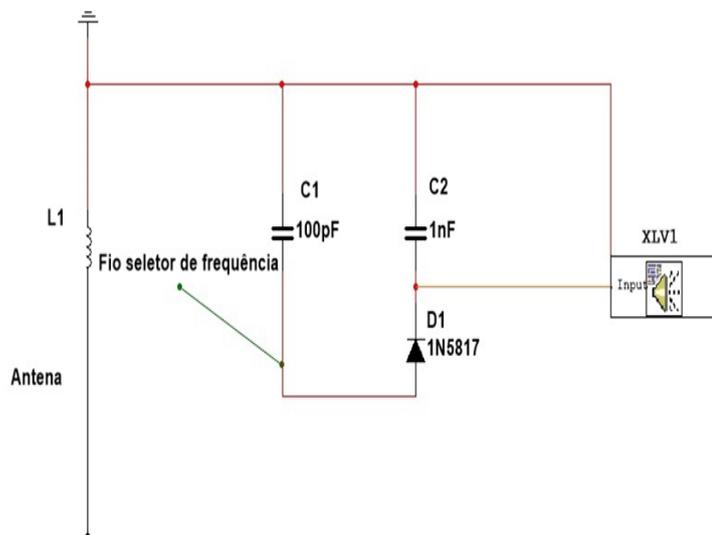
O rádio de Galena foi muito utilizado no Brasil em 1920, 1930 e durante a segunda grande guerra. Ele capta apenas modulação AM

A galena é sulfeto de chumbo natural e é um dos primeiros semicondutores conhecido. Neste experimento, não utilizamos a galena, mas um diodo que faz a sua função na construção do rádio receptor. Existem vários livros, vídeos e modelos ensinando a construção, sendo assim, foi escolhido o tutorial mais simples e o mais rústico possível, para que o aluno observasse que com poucos itens é possível a construção de um rádio receptor (ALMENDROS, 2008; BRAGA,2013).

Os componentes utilizados, foram:

- 1 capacitor cerâmico de 1nF;
- 1 diodo Schottky 1N5817;
- 1 capacitor cerâmico de 100pF;
- 1 autofalante de alta impedância ( $8\Omega$ );
- 30 metros de fio de cobsres esmaltado AWG 24;
- Um tubo PVC;
- Pregos; e
- Uma placa de madeira.

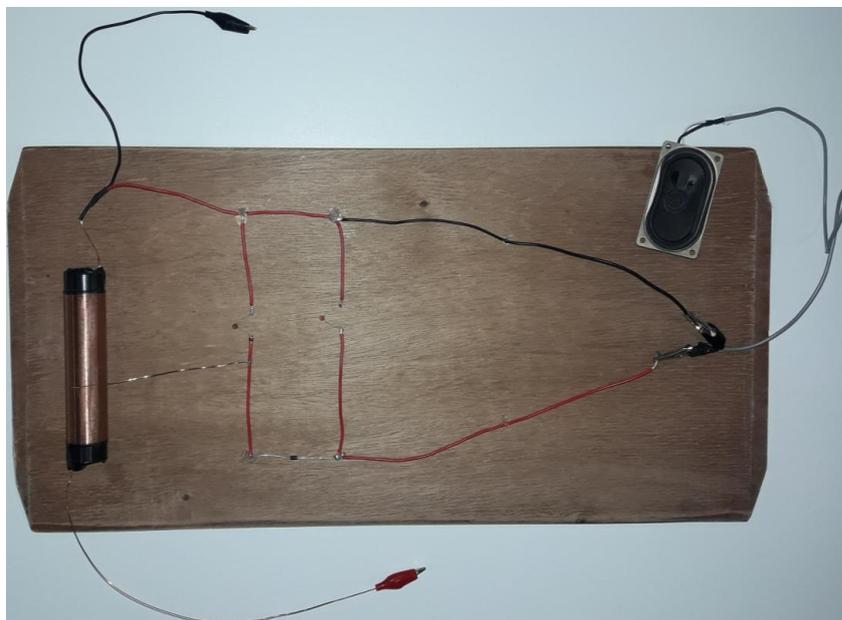
O circuito deverá ter o formato, conforme a figura 1.

**Figura A. 4:** Esquema técnico do rádio de galena

Fonte: Próprio Autor.

Esquema ilustrativo da figura 1, demonstra o kit experimental usado em sala de aula. Composto por uma antena de 30 metros de fio de cobres esmaltado AWG 24, (L1) indutor de 140 voltas, (C1) capacitor cerâmico de 100 pF, (C2) capacitor cerâmico de 1 nF, (D1) 1 diodo Schottky 1N5817, (XLV1) um autofalante de alta impedância ( $8\Omega$ ).

Em nossa montagem o rádio seguiu o esquema técnico da figura 1. Na figura 2 pode ser observado uma foto do rádio utilizado pelos alunos.

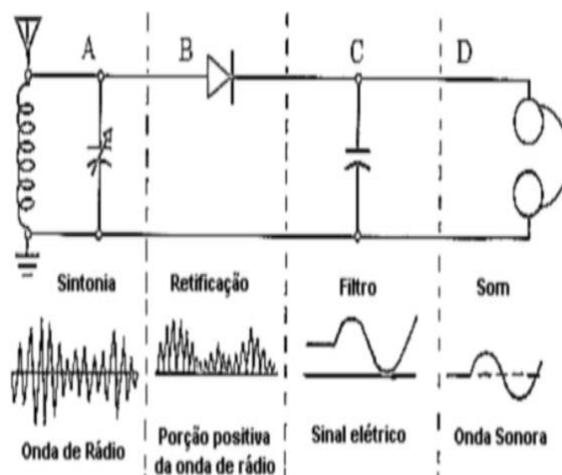
**Figura A. 5:** Esquema ilustrativo mostrando o rádio de galena construído

Fonte: Próprio Autor.

Nele foi possível sintonizar a rádio AM de frequência 1820 KHz, que corresponde a Rádio Educadora de Limeira - SP. A antena emissora está aproximadamente a um raio de distância de 2,36 Km da escola.

O funcionamento da rádio de galena, somente é possível, graças a um campo magnético variável que induz uma corrente elétrica na bobina, em nosso caso a torre emissora da rádio cria esse campo magnético e o indutor transforma em corrente elétrica. Os capacitores servem para sintonia e filtragem da onda e o diodo para retificação da onda, por fim, o alto falante que transforma em onda sonora o sinal da rádio AM. Esses detalhes são melhores explicados na figura 3.

**Figura A. 6:** Esquema ilustrativo mostrando o circuito elétrico do rádio com os conceitos físico que ocorrem com cada elemento do circuito



**Fonte:** extraída de Almendros (2008) p. 8.

A antena capta ondas eletromagnéticas que criam uma corrente elétrica alternada. Ao variar o cursor que está acoplado ao capacitor, sobre o número de voltas da bobina, é possível diminuir ou aumentar a indutância e conseqüentemente sua capacitância e assim é captado a frequência da rádio, neste ponto a bobina e o capacitor agem como um sintonizador.

A onda ao passar pelo diodo é retificada e torna-se contínua. Neste ponto devemos ressaltar que o sinal do rádio é composto de áudiofrequência e radiofrequência, e o segundo capacitor age, portanto como um filtro e deixa passar apenas o sinal da áudiofrequência, o sinal da radiofrequência é descartado indo para o terra do circuito e este sinal de áudiofrequência que vai para o alto-falante.

A bobina foi feita usando o mesmo fio esmaltado da antena, e após a montagem do circuito deve-se raspar o cobre esmaltado da parte superior da bobina e do fio seletor, porém apenas da parte superior, caso a outra parte da bobina seja raspada entre uma volta ou outra toda a bobina se perderá. É importante ressaltar que o cobre oxida facilmente, logo todo vez que for usar o circuito é interessante raspar os contatos do fio seletor e a bobina. Outra informação importante é que, para a melhor qualidade do som, é imperativo ter um bom aterramento.

## REFERÊNCIAS

ALMENDROS, F. M. **Rádio de Galena**. Relatório final de curso. Unicamp, 2008. Disponível em: <[http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem2\\_2008/FelipeMAlmendros\\_DavidSoares\\_F609\\_RF2.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2008/FelipeMAlmendros_DavidSoares_F609_RF2.pdf)> . Acessado em: 24 julho de 2017.

BORGES, Arthur. **Como fazer um rádio de galena**. 2013. Disponível em: <[https://youtu.be/Ax5u\\_jCwCro](https://youtu.be/Ax5u_jCwCro)>. Acessado em: 24 de julho de 2017

BRAGA, N. C. **Projetos eletrônicos educacionais com energia alternativa**. 1 ed. São Paulo: Clube de Autores, 2013.

# Apêndice G

## AVALIAÇÃO OBJETIVA DOS CONTEÚDOS DE ONDAS E DAS AULAS

---

---

### Questões<sup>24</sup>

1) Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia.

O fenômeno descrito é a

- a) Polarização
- b) Difração
- c) Ressonância
- d) Refração
- e) Interferência

2) O primeiro forno de micro-ondas foi patenteado no início da década de 1950 nos Estados Unidos pelo engenheiro eletrônico

Percy Spence. Fornos de micro-ondas mais práticos e eficientes foram desenvolvidos nos anos 1970 e a partir daí ganharam grande popularidade, sendo amplamente utilizados em residências e no comércio. Em geral, a frequência das ondas eletromagnéticas geradas em um forno de micro-ondas é de 2450 MHz. Em relação à Física de um forno de micro-ondas, considere as seguintes afirmativas:

I. Um forno de micro-ondas transmite calor para assar e esquentar alimentos sólidos e líquidos.

II. O comprimento de onda dessas ondas é de aproximadamente 12,2 cm.

III. As ondas eletromagnéticas geradas ficam confinadas no interior do aparelho, pois sofrem reflexões nas paredes metálicas do

---

<sup>24</sup> Os alunos não sabiam como seria a avaliação. Sendo assim, além de questões novas foram reutilizadas questões que eles já estavam familiarizados.

forno e na grade metálica que recobre o vidro da porta.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras

3) Quando o badalo bate num sino e o faz vibrar comprimindo e rarefazendo o ar nas suas proximidades, produz-se uma onda sonora. As ondas sonoras no ar são \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. A velocidade das ondas sonoras em outro meio é \_\_\_\_\_.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) eletromagnéticas - transversais – igual
- b) mecânicas - longitudinais – igual
- c) mecânicas - transversais – diferente
- d) eletromagnéticas - longitudinais – igual
- e) mecânicas - longitudinais – diferente

4) As ondas eletromagnéticas foram previstas por Maxwell e comprovadas experimentalmente por Hertz (final do século XIX). Essa descoberta revolucionou o mundo

moderno. Sobre as ondas eletromagnéticas são feitas as afirmações:

I. Ondas eletromagnéticas são ondas longitudinais que se propagam no vácuo com velocidade constante  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s.

II. Variações no campo magnético produzem campos elétricos variáveis que, por sua vez, produzem campos magnéticos também dependentes do tempo e assim por diante, permitindo que energia e informações sejam transmitidas a grandes distâncias.

III. São exemplos de ondas eletromagnéticas muito frequentes no cotidiano: ondas de rádio, micro-ondas e raios X.

Está correto o que se afirma em:

- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) I e III, apenas.
- e) II e III, apenas.

5) O som não se propaga no vácuo porque:

- a) é uma onda longitudinal;
- b) é uma onda mecânica;
- c) não é tridimensional;
- d) é uma onda eletromagnética;
- e) não é uma onda estacionária.

**Avaliação das Aulas**

6) Você acredita que aprendeu mais com conteúdo desse jeito com aulas no Datashow, experimentos, textos e etc? Explique.

7) Durante nossas aulas, tentamos explorar algumas formas de trabalho, como leitura de textos, aulas expositivas com Datashow, experimentos, etc. Como você avalia essas aulas?

- ( ) Péssima
- ( ) Ruim
- ( ) Regular
- ( ) Boa
- ( ) Muito boa

Justifique:

8) Dentre os seguintes experimentos:

- [ ] Cordas e molas;
- [ ] Tubo de Kundt;
- [ ] Experimento de Oesterd;
- [ ] Eletroímã caseiro;
- [ ] Radio de Galena.

Qual mais chamou sua atenção? Porque?

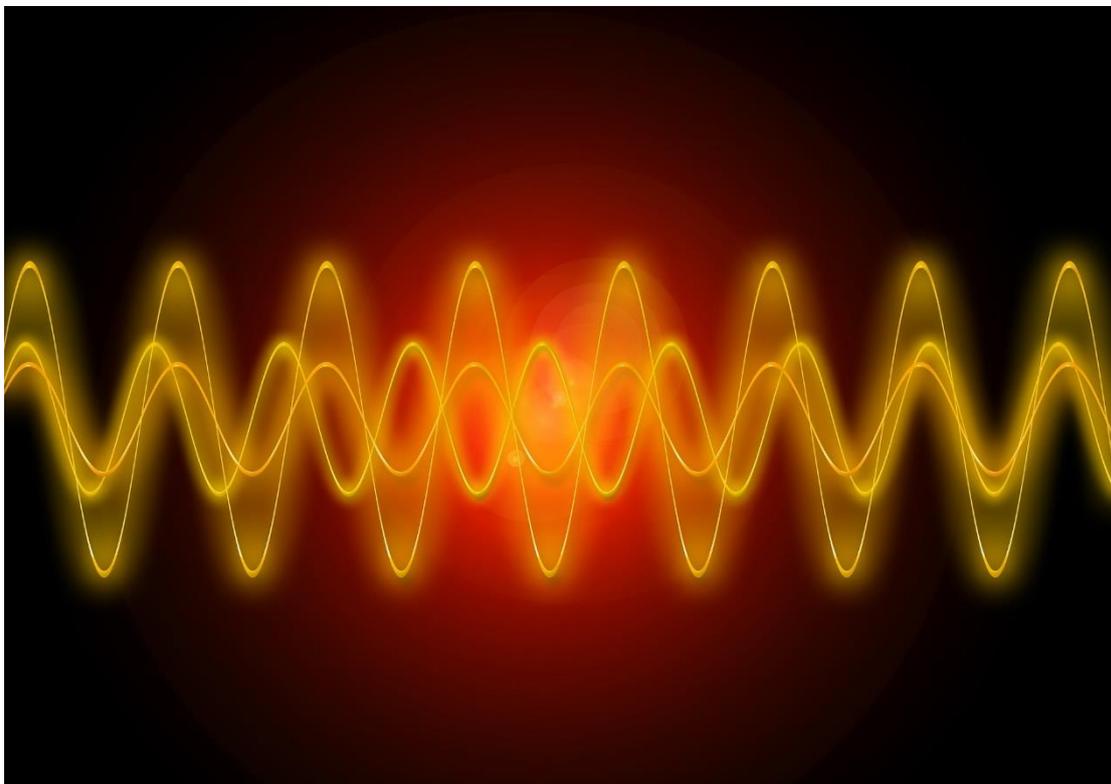
9) Como você avalia o uso dos experimentos nas aulas de física? Porquê?

10) O que você acha que poderia ter sido melhor em nossas aulas? Explique.

# **Apêndice H**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

---



# Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas

PROPOSTAS DE ATIVIDADES PARA UMA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Jean Alves Silveira

| Orientadora: Fernanda Keila da Silva | Coorientador: Tersio Guilherme de Souza Cruz

Silveira, Jean Alves

Ondas mecânicas e eletromagnéticas: propostas de atividades para uma aprendizagem significativa / Jean Alves Silveira. -- 2019.

66 f. : 30 cm.

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

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva

Banca examinadora: Profa. Dra. Fernanda Keila Marinho da Silva, Profa. Dra. Adriana de Oliveira Delgado Silva, Prof. Dr. Arian Paulo de Almeida Moraes

Bibliografia

1. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 2. Ondas Mecânicas.
3. Ondas Eletromagnéticas. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecária Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979

# ONDAS MECÂNICAS E ELETROMAGNÉTICAS

Propostas de atividades para uma  
aprendizagem significativa

Apoio  
CAPES

Jean Alves Silveira

Orientadora: Fernanda Keila Marinho da Silva

Coorientador: Tersio Guilherme de Souza Cruz

## – Agradecimentos

À direção da Escola Estadual Prof. Paulo Chaves por abraçar a aplicação do projeto na escola, e aos alunos que foram fundamentais para realização das atividades, demonstrando dedicação e apoio ao longo de todo o projeto.

À orientação concedida pela Professora Fernanda Keila Marinho da Silva e pelo Professor Tersio Guilherme de Souza Cruz, em cada fase deste projeto.

Este trabalho também contou com apoio financeiro por meio de concessão de bolsa de estudo da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) -Código de Financiamento 001.

## Sumário

<u>Agradecimentos</u> .....	4
<u>Apresentação</u> .....	6
<u>A Aprendizagem Significativa e o desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa</u> .....	7
<u>1- Levantamento de ideias sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas</u> .....	10
<u>2- Experimentos investigativos: construção de conceitos iniciais</u> .....	16
<u>3- Conceitos fundamentais de elementos da onda</u> .....	20
<u>4- Ondas: o caso dos terremotos</u> .....	27
<u>5- Avaliação somativa individual</u> .....	36
<u>6- Atividade colaborativa de pesquisa</u> .....	39
<u>7- Mapas Conceituais</u> .....	40
<u>8- Tubo de Kundt</u> .....	44
<u>9- Ondas eletromagnéticas: estabelecendo conceitos</u> .....	47
<u>10- Leitura dos textos “Espectro eletromagnético” e “AM e FM” com resolução de exercícios selecionados</u> .....	52
<u>11- Experimentos: de Oesterd, um eletroímã caseiro e o rádio de galena</u> .....	58
<u>12- Avaliação de ondas mecânicas, eletromagnéticas e avaliação das aulas</u> .....	70
<u>13- Atividade extra: Uma proposta para uma abordagem histórica do rádio</u> .....	74
<u>Considerações Finais</u> .....	77
<u>BIBLIOGRAFIA</u> .....	78

## – Apresentação

Professor, este material é um apoio às suas aulas. Buscamos aqui alinhar a teoria de Aprendizagem Significativa desenvolvida por David P. Ausubel, com grandes contribuições desenvolvidas pelo professor Marco Antonio Moreira. Este material foi testado em sala de aula, de uma escola da rede pública do Estado de São Paulo.

Neste material são abordados os conceitos de ondas mecânicas e eletromagnéticas, pois, apesar de ambos o mesmo assunto, existe em geral uma dicotomia quando estes conteúdos são trabalhados em sala de aula, já que em alguns sistemas de ensino são apresentados aos alunos em bimestres diferentes ou até mesmo, em anos diferentes. Além disso, é também perceptível que os alunos não conseguem fazer uma associação entre o conteúdo de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas. Para os alunos, aparentemente, é como se o conteúdo de ondas eletromagnéticas fosse algo completamente novo e sem nenhuma ligação com ondas mecânicas. Essa percepção torna a aprendizagem algo difícil, portanto, buscamos aqui diminuir essa distância.

Sendo assim, dentre as diversas teorias de aprendizagem, decidimos utilizar Aprendizagem Significativa de Ausubel, que pressupõe que o conteúdo novo aprendido pelo aluno irá se integrar ao conhecimento que ele já possui e, a partir deste momento, será possível construir novos conhecimentos.

Portanto, aqui você encontrará sugestões de como ministrar aulas dentro de uma sequência didática em que possui um potencial de ocorrer a Aprendizagem Significativa. Você verá ideias de experimentos, textos e avaliações que foram desenvolvidos para que o aluno alcance uma Aprendizagem Significativa.

Estas sugestões são modelos de aula em formatos de apresentação, experimentos e leitura de textos. Cada uma das apresentações está disponível para realizar download no endereço: [https://drive.google.com/open?id=1o7-W\\_k4h4nqybz5-vHlyTWWH-ZpDbISu](https://drive.google.com/open?id=1o7-W_k4h4nqybz5-vHlyTWWH-ZpDbISu), o título das apresentações segue a ordem deste livro.

Professor, o intuito é disponibilizar as apresentações abertas\* para que possam ser usadas ou modificadas de acordo com a tua necessidade. No entanto, caso queira apenas reproduzir as atividades, a leitura deste livro será útil, pois apresentamos aqui comentários sobre cada apresentação, além de roteiros experimentais e avaliações.

---

\* Todas as imagens utilizadas neste trabalho possuem licença livre para reutilização grátis, mesmo que seja para uso comercial e não é requerida atribuição, por possuírem licença *CC0 Creative Commons*. As imagens foram retiradas minuciosamente de banco de imagens livres ou com auxílio da ferramenta de imagens do Google em que é feita um filtro para optar por imagens livres de direitos autorais. No entanto, caso seja identificado algum erro, pedimos que entre em contato para serem feitas quaisquer correções.

## – A Aprendizagem Significativa e o desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

Caro professor, para que fique claro, este livro educacional buscou ao máximo seguir a teoria de aprendizagem de David Ausubel em uma aplicação conhecida como Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que é o desenvolvimento de trabalho de vários anos de dedicação do professor Marco A. Moreira. Não quero aqui escrever vários textos para explicar essas teorias e suas aplicações, porém, em poucas palavras, gostaria de responder de maneira simples duas perguntas: o que seria a Teoria Aprendizagem Significativa desenvolvida por Ausubel? E como essa teoria pode ser aplicada?

Para responder a primeira pergunta, temos que ter em mente que o aluno já possui seus conhecimentos de vida e que alguns possuem múltiplos tipos de conhecimento e, além disso, possuem diversos ritmos de aprendizagem. Para que a aprendizagem se torne algo integrado a estrutura cognitiva do aluno e seja retida ao longo dos anos, o conteúdo não deve ser imposto de maneira arbitrária ou literal, deve possuir algum sentido ou significado para o aluno. Para que o conteúdo a ser ensinado seja significativo para o aluno, este conteúdo deve ser construído com ele. Logo, devemos identificar o que o aluno conhece sobre aquele tema e ir construindo com ele os demais conteúdos.

Na Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel existem muitos termos e justificativas de como o conteúdo a ser apreendido interage na estrutura cognitiva do aluno. Entretanto, para entender melhor sugerimos a leitura da dissertação de mestrado: Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de Ondas Mecânicas e Eletromagnéticas. A dissertação está disponível em <http://www.mnpefsorocaba.ufscar.br/produtos/dissertacoes>.

Para a nossa próxima pergunta de como é a aplicação dessa teoria de aprendizagem, temos o trabalho desenvolvido pelo Professor Marco A. Moreira conhecido como Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Esta Unidade de Ensino é uma Sequência Didática que adota as teorias de Ausubel e de outros grandes nomes da aprendizagem significativa, além do próprio professor Moreira, temos também Vergnaud, Gowin, Vygotsky e demais teóricos que acabam enriquecendo a metodologia das atividades da unidade de ensino.

O termo “potencialmente significativa” implica que a unidade de ensino possui o potencial de ser significativa, já que as atividades são preparadas com esse

objetivo, porém, quem atribui o significado às atividades será o aluno. Se o aluno não tiver interesse ou as atividades forem de um nível superior ou inferior de complexidade ou que as aulas sejam ministradas de maneira tradicional, como se a unidade fosse um roteiro fechado, o material que é potencialmente significativo, na verdade irá reproduzir mais uma vez uma aula tradicional e o aluno poderá ter uma aprendizagem mecânica. Por isso essa importância do termo “potencial”, numa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.

Esta Unidade de Ensino Potencialmente Significativo buscou seguir os seguintes passos em sua criação (Moreira, 2011):

1. definir o tópico específico a ser abordado;
2. criar/propor situação(ões) em que o aluno possa externar seu conhecimento prévio;
3. propor situações-problema. Em nível introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático;
4. apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta ideias mais gerais e, em seguida, ideias mais específicas;
5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais e estruturantes, com uma maior complexidade e o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de um mapa conceitual;
6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de ideias mais gerais primeiro e em seguida ideias mais específicas retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; estas situações devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores;

7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino;

8. a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; a ênfase deve ser em evidências, não em comportamentos finais.

Professor, este material usou essas diretrizes acima, além de uma grande quantidade de referencial teórico para subsidiar este trabalho. Portanto, o professor deve encarar este livro como um roteiro que precisa ser constantemente adaptado para sua realidade, servindo deste modo como um incentivo e recomendações que esperamos ser úteis como atividades que foram testadas em sala de aula, para o tema de ondas mecânicas e eletromagnéticas.

## 1- Levantamento de ideias sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas

O objetivo dessa aula é de verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema de ondas mecânicas e eletromagnéticas. Neste sentido a aula pode ser expositiva-dialogada, com auxílio do Datashow para projeção de imagens e vídeos. A intenção da aula é responder duas perguntas básicas:

- O que esses fenômenos e objetos possuem em comum?
- Qual a relação deles com a física?

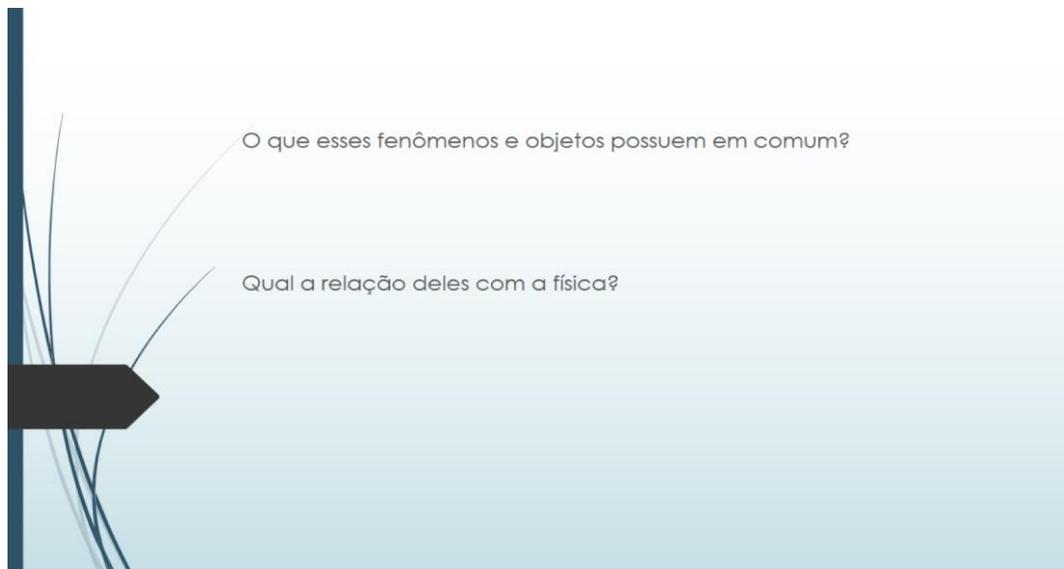
Na apresentação, trazemos:

### Slide 1



Explique aos alunos que você está interessado em suas ideias e que por isso não existe resposta 'certa' ou 'errada'.

Slide 2



Explique que você está apenas interessado no que eles conhecem sobre as figuras e que eles devem responder essas perguntas sobre as imagens que serão apresentadas.

## Slide 3



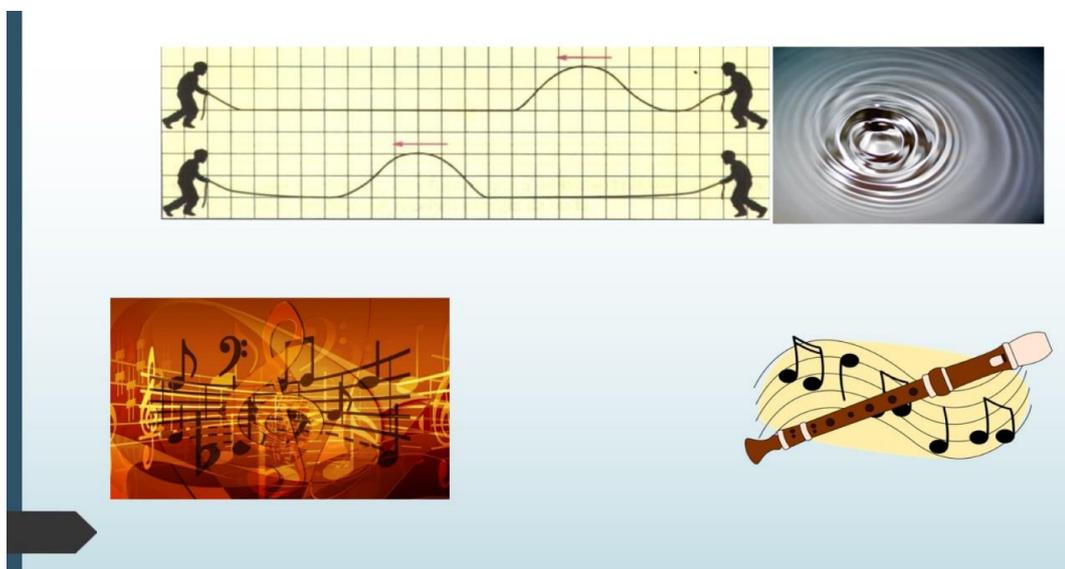
Apresente os objetos. Alguns alunos podem desconhecer suas finalidades. Relembre as perguntas do slide anterior, e tentem juntos concluir que o funcionamento desses objetos se dá pelas ondas eletromagnéticas.

## Slide 4



Para a transição sobre as ondas mecânicas utilize um vídeo no youtube.com por título “Ponte Tacoma balança e cai Ressonância”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=mfQk6ac4res> O vídeo foi acessado em: 14 de agosto de 2017 e é impactante, o que por sua vez gera diversas teorias, desde sua veracidade até explicações sobre a queda. Apesar do vídeo servir como base para o ensino sobre ressonância, queremos, na verdade, abordar, de maneira introdutória, o conceito de ondas mecânicas.

### Slide 5



No quinto slide voltamos às perguntas iniciais - O que esses fenômenos e objetos possuem em comum? Qual a relação deles com a física? - descobrindo as similaridades entre os objetos.

## Slide 6



Como o vídeo da ponte de Tacoma pode gerar muitas dúvidas, e para reforçar o que os alunos acabaram de ver, passe o vídeo: Por que a Ponte Rio-Niterói não balança mais?, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=mOsazjJkqCc>. O vídeo foi acessado em 14 de agosto de 2017 e é uma outra oportunidade para, durante o debate, verificar as concepções dos alunos.

## Slide 7

- Por que você acha que existem tantos tipos diferentes de antena (TV, Rádio e etc.)? Explique.
- Qual o significado dos números que aparecem no visor do rádio? E qual o significado das siglas AM e FM?
- Você já ouviu algum locutor de rádio dizer "tantos quilohertz" (kHz) ou "tantos mega-hertz" (MHz)? O que essas palavras significam?
- O que acontece quando sintonizamos uma estação de rádio?

Estas são perguntas bem específicas, porém, não sabemos qual o grau de conhecimento do aluno, portanto, devemos partir de perguntas mais simples até as mais complexas explorando o que o aluno sabe.

### Slide 8



Como última atividade, converse com os alunos sobre o que eles aprenderam, sempre lembrando que a aula deve ser dialogada.

## 2- Experimentos investigativos: construção de conceitos iniciais

A maneira que sugerimos para abordar conceitos de ondas é através de um experimento em nível introdutório, durante o qual, os alunos, ao realizarem as atividades, registrarão suas observações, não importando se os registros dos alunos condizem ou não com o aceito cientificamente. O papel do professor deve ser de um orientador, de forma em que os alunos realizem todos os procedimentos e o professor apenas auxilie em algo imprescindível ou em caso de uma dúvida muito grande. Ao realizar a atividade experimental, o ideal é que o professor não dê “respostas” na hora, mas que estimule o aluno a pensar, por isso, é necessário que o professor tenha bom-senso ao realizar atividades experimentais, para que evite sanar dúvidas que os próprios alunos conseguiriam resolver sozinhos.

Os alunos devem responder o roteiro e devolverem ao professor para que suas respostas sejam posteriormente analisados.

### Roteiro Experimental de Ondas Mecânicas<sup>25</sup>

#### Objetivo

Entender as características de uma onda: Pulso transversal, longitudinal; ondas transversais, longitudinais; ondas unidimensionais, bidimensionais e reflexão.

#### Contexto

Em Física, existe vários conceitos e grandezas relacionados a ondas. De modo conceitual, começaremos a analisar algumas dessas relações.

---

<sup>25</sup> Este experimento foi inspirado no seguinte vídeo: <https://youtu.be/nPAXs9cAvbA>, Acesso em: 21 de agosto de 2017. Caso o professor tenha dificuldades em visualizar a execução do experimento, sugerimos que assista o vídeo, para sanar eventuais dúvidas.

### Material Utilizado

3 metros de cordas

1 mola maluca (slinky)

Barbante

### Procedimentos

1. Pegue a corda e amarre um pedaço de barbante no meio da corda, de modo que o barbante fique preso, mas não apertado ou muito frouxo ao ponto de se soltar.

1.1 Amarre a corda diretamente em um dos pés de uma cadeira. Em seguida estique a corda e dê apenas um pulso forte. Repita algumas vezes.

1.2 Agora dê vários pulsos consecutivos. O que acontece quando você dá pulsos constantemente?

1.3 Se a corda está bem esticada, o pulso vai mais rápido ou devagar?

1.4 O que acontece quando você mexe rapidamente a sua mão? E quando você mexe a sua mão mais devagar?

1.5 Houve aumento da distância de uma onda a outra, quando você alterou a velocidade de sua mão? Explique.

1.6 Faça o maior e menor número de ondas e registre a respectiva quantidade de ondas produzidas.

1.7 Como você fez para saber quantas ondas tinha na corda? (Desenhe a onda produzida pelo seu grupo e indique o que você considerou para ser contado como onda).

1.8 O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique.

1.9 É possível dar um pulso na mesma direção em que a corda está estendida? Justifique.

2 Amarre a mola em um pedaço de barbante na região central da mola, de modo que ele fique preso, mas não apertado ou muito frouxo ao ponto de soltar.

2.1 Agora, amarre a mola diretamente em uma cadeira, estique a mola (tenha cuidado para não esticar demais!<sup>26</sup>) e em seguida dê apenas um pulso. Repita algumas vezes.

2.2 O que acontece quando você dá pulsos constantemente?

2.3 Se a mola está bem esticada, o pulso vai mais rápida ou devagar?

2.4 O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique.

2.5 Na situação descrita acima, o pulso que retorna percorre o mesmo caminho da ida? Explique.

---

<sup>26</sup> Professor é aconselhável que caso a mola utilizada pelos alunos for a “mola maluca”, esta seja utilizada apenas uma vez. Portanto, não deve ser utilizada novamente em outras turmas, pois, essa mola deforma facilmente e os fenômenos podem não ser observados.

3 Agora, amarre aproximadamente 30 cm do barbante na extremidade da mola e na outra extremidade do barbante amarre no pé de uma cadeira. Em seguida, estique a mola, de modo que a mola e o barbante fiquem esticados. Logo após, dê apenas um pulso. Repita algumas vezes.

3.1 O que acontece quando você dá pulsos constantemente?

3.2 Na situação descrita acima, o pulso que retorna percorre o mesmo caminho da ida? Explique.

3.3 É possível dá um pulso na mesma direção em que a mola está estendida?

3.4 O barbante se deslocou além da região central da corda? Explique

3.5 Se a mola está bem esticada o pulso vai mais rápido ou devagar?

### 3- Conceitos fundamentais de elementos da onda

Nesta fase, deve ser dado início efetivo a abordagem dos conteúdos a serem aprendidos. Com esta finalidade, as definições e equações dos conceitos das ondas foram acrescentadas aos slides da primeira aula, no qual fizemos o levantamento de ideias prévias.

#### Ondas: estabelecendo conceitos

##### Slide 1



Explique aos alunos que você passará a oferecer um ensino mais formal utilizando as definições dadas na aula de hoje. Caso tenham ficado dúvidas da aula experimental, este é o momento para solucioná-las.

## Slide 2



Comece relembando os tipos de ondas

## Slide 3

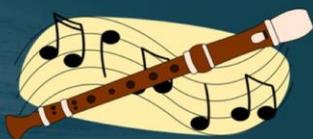
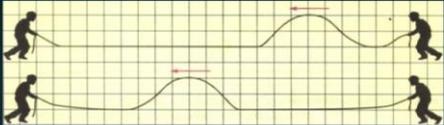


As imagens são para exemplificar como as ondas eletromagnéticas agem no funcionamento em cada objeto e como a definição se aplica a estes objetos.

## Slide 4

## Ondas Mecânicas

- São ondas que precisam de um meio para se propagar
- Ex.:
- Ondas sonoras são de que tipo ?



As imagens são para exemplificar como as ondas mecânicas agem no funcionamento de cada objeto e como a definição aplica para esses objetos.

## Slide 5

## Simulação Phet

- Pulsos

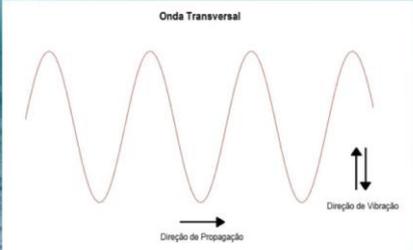
Nesta fase é apresentado o simulador Phet: Onda em Corda ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string)). O simulador foi

acessado em 28 de agosto de 2017, e serve para discutir alguns pontos do experimento, desde o que vários pulsos geram numa corda até o que acontece quando a extremidade está livre ou não.

Slide 6

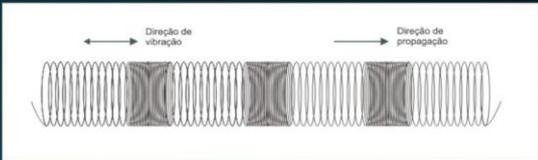
### Características das ondas mecânicas

- Ondas transversais



Onda Transversal

- Ondas longitudinais



Como as definições mais básicas já foram dadas, é possível, neste momento da aula, aprofundar o tema.

Slide 7

As ondas podem ser:

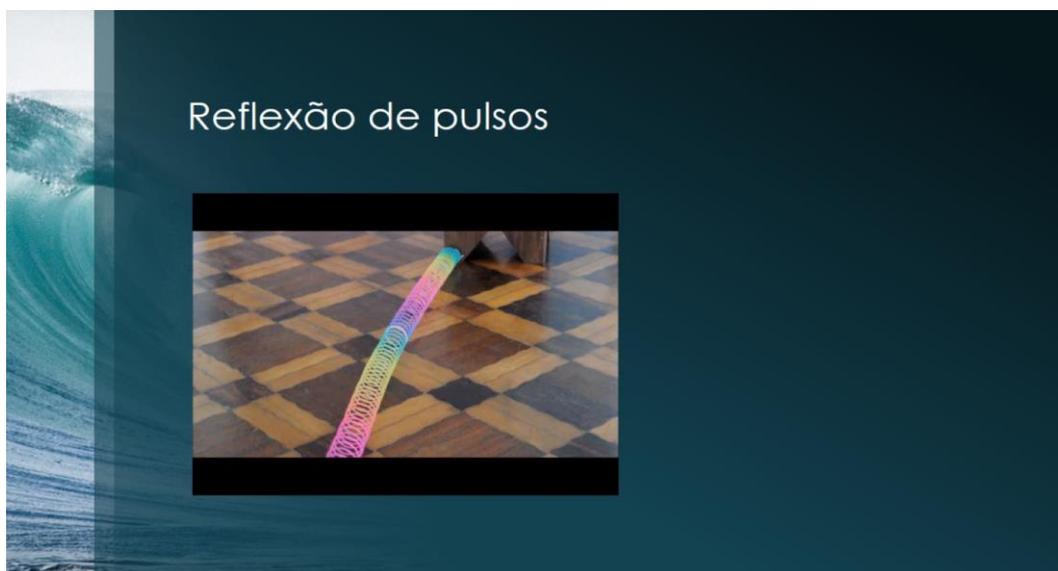
- Unidimensional  
Ex.: Corda ou mola
- Bidimensionais  
Ex.: Onda numa superfície de lago
- Tridimensionais  
Ex.: Ondas sonoras

Em relação à direção de propagação, as ondas podem ser:

- Unidimensional: quando se propaga em uma só direção  
*Qual o exemplo conhecido???*
- Bidimensionais: quando se propaga em duas direções simultaneamente  
*Qual o exemplo conhecido???*
- Tridimensionais: quando se propaga em todas as direções.  
*Qual o exemplo conhecido???*

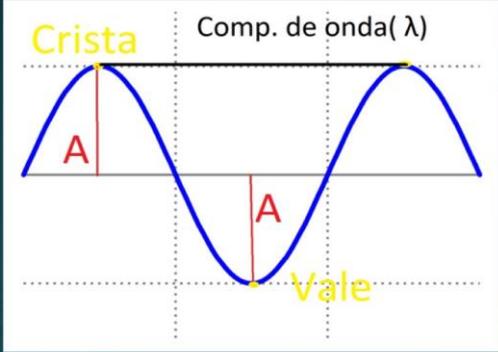
Certas perguntas podem ser feitas aos alunos, tais como: porque as ondas podem ser unidimensionais, bidimensionais ou tridimensionais? O aluno consegue pensar em algum exemplo de onda que propaga em cada uma dessas direções? Os alunos não precisam decorar as direções de propagação da onda, por isso, é importante fazê-los pensar.

### Slide 8



Prosseguindo, é possível passar o vídeo Reflexão de pulsos unidimensionais (<https://youtu.be/nPAXs9cAvbA>, acessado em 21 de agosto de 2018), novamente é um momento para verificar e corrigir qualquer erro conceitual que tenha persistido, tanto sobre a aula experimental, quanto aos conceitos sobre onda unidimensional.

## Slide 9



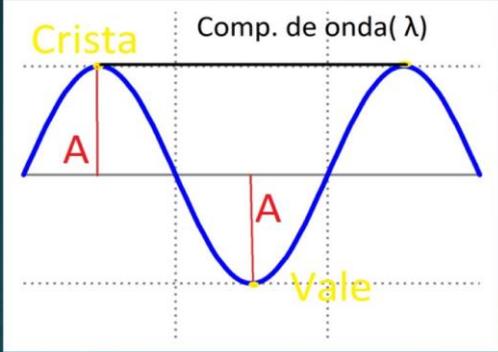
Elementos de uma onda

- Amplitude; Comprimento de onda; Crista; Vale

O diagrama mostra uma onda senoidal azul sobre um fundo escuro. À esquerda, há uma imagem vertical de uma onda do mar. O diagrama principal contém: uma linha horizontal central; duas linhas tracejadas paralelas, uma acima e uma abaixo da linha central; uma onda senoidal azul que toca as linhas tracejadas superiores e inferiores; duas setas vermelhas rotuladas 'A' que medem a distância vertical da linha central até os pontos de máxima e mínima elevação da onda; duas setas horizontais rotuladas 'Comp. de onda (λ)' que medem a distância entre dois pontos correspondentes da onda (por exemplo, duas cristas); o ponto mais alto da onda é rotulado 'Crista' em amarelo, e o ponto mais baixo é rotulado 'Vale' em amarelo.

Podemos avançar em definições mais formais sobre os conceitos de ondas.

## Slide 10



Frequência e Período

- Frequência é o número de vezes que a onda completou seu movimento em uma unidade de tempo [Hz]
- $f = \frac{1}{T}$
- Período é o tempo necessário para que a onda complete um mesmo movimento [s]

Qual o período de translação e rotação da terra?

Aqui podemos ver uma das primeiras perguntas na aula de levantamento de ideias sendo respondida: O que significa “tantos Hertz”? O professor possui a liberdade,

também, para exemplificar, da melhor maneira possível, os conceitos de frequência e período em que, por vezes, é considerado pelo aluno como sinônimos.

### Slide 11

A slide with a dark blue background and a vertical image of a wave on the left. The title is "Velocidade de Propagação". It lists two equations:  $v = \lambda \cdot f$  and  $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$ . It also mentions "Simulador Phet".

Velocidade de Propagação

- $v = \lambda \cdot f$
- $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$
- Simulador Phet

Podemos novamente usar o simulador “Onda em corda” e observar o comportamento da onda quando alteramos alguns de seus parâmetros ou a diferença que o amortecimento e tensão tem sobre a onda. Caso julgue que é muita informação, o professor pode dividir em mais aulas para que os alunos aprendam com mais calma.

## 4- Ondas: o caso dos terremotos

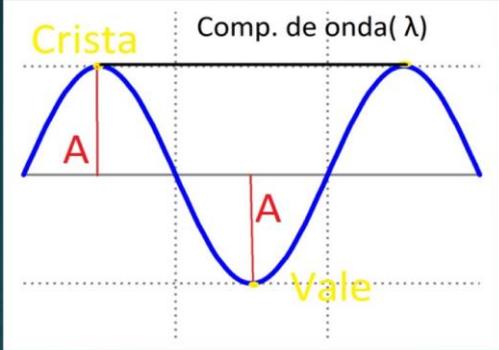
Para que os alunos vejam a aplicação dos conhecimentos recém adquiridos, utilizamos uma notícia veiculada pela mídia naquele momento de modo problemático. A notícia em questão está disponível em <https://g1.globo.com/mundo/noticia/numero-de-mortos-em-terremoto-no-mexico-sobe-para-96.ghtml>

### Slide 1



Explique aos alunos que eles irão rever alguns conceitos das aulas anterior e posteriormente uma aplicação para o caso de terremotos

## Slide 2

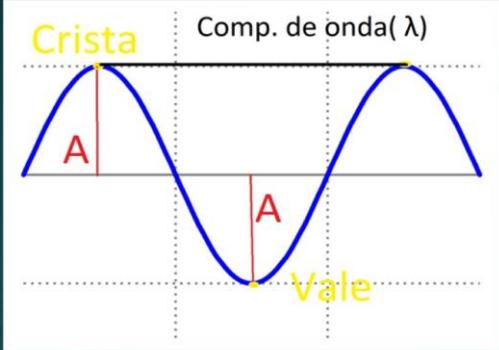


Elementos de uma onda

- Amplitude; Comprimento de onda; Crista; Vale

O diagrama mostra uma onda senoidal azul sobre um fundo escuro. Uma linha horizontal central representa o eixo de equilíbrio. Duas linhas horizontais tracejadas, uma acima e uma abaixo do eixo, representam os limites da amplitude. Duas linhas verticais tracejadas marcam o início e o fim de um ciclo completo da onda. O ponto mais alto da onda é rotulado 'Crista' em amarelo. O ponto mais baixo é rotulado 'Vale' em amarelo. Duas setas vermelhas, cada uma rotulada 'A', medem a distância vertical entre o eixo de equilíbrio e os pontos da crista e do vale. O comprimento de onda entre as duas linhas verticais tracejadas é rotulado 'Comp. de onda( λ)' em amarelo.

## Slide 3



Frequência e Período

- Frequência é o número de vezes que a onda completou seu movimento em uma unidade de tempo. (Hz)
- $f = \frac{1}{T}$
- Período é o tempo necessário para que a onda complete um mesmo movimento, indo e voltando para o mesmo posição. (s)

Qual o período da terra de translação e rotação ?

## Slide 4

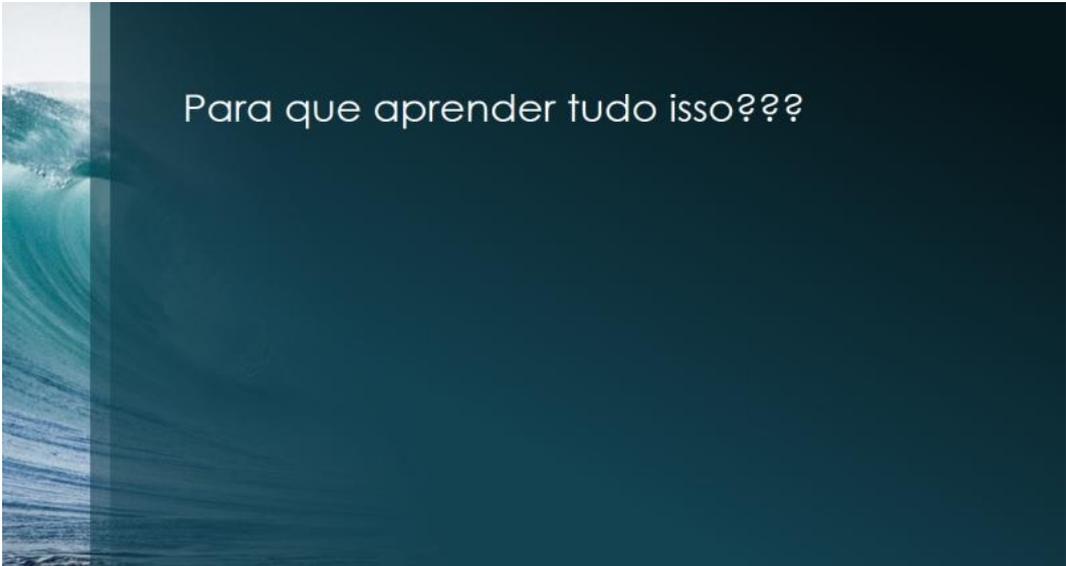
A slide with a dark blue background and a vertical strip of ocean waves on the left. The text is white.

Velocidade de Propagação

- $v = \lambda \cdot f$  ou  $v = \frac{\lambda}{T}$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

## Slide 5

A slide with a dark blue background and a vertical strip of ocean waves on the left. The text is white.

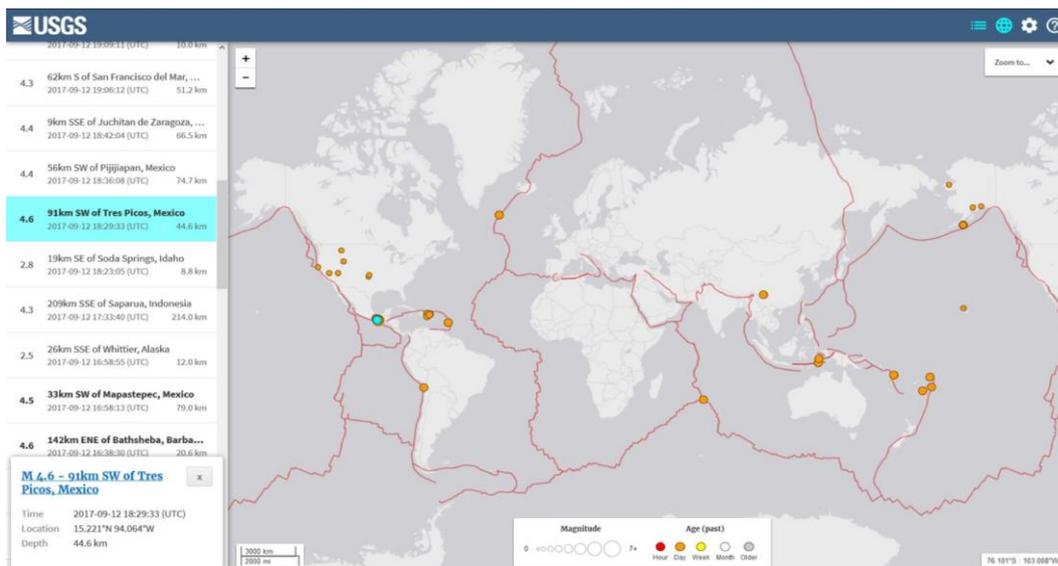
Para que aprender tudo isso???

Slide 6



Nesta fase, é importante que o professor leia o artigo de Santos (2012), disponível em: [http://www.if.ufrj.br/~carlos/artigos/SciAm2012\\_ondas\\_terremotos.pdf](http://www.if.ufrj.br/~carlos/artigos/SciAm2012_ondas_terremotos.pdf) e se familiarize com o fenômeno dos terremotos. Após conhecer algumas características dos terremotos, é importante explicar aos alunos o que é o Serviço Geológico dos Estados Unidos e o que significam as siglas utilizadas, para que eles possam fazer a leitura das informações.

Slide 7



Também é importante mostrar onde o Brasil está inserido e os locais onde os terremotos ocorreram, mostrando que no encontro das placas tectônicas existe uma maior incidência de terremotos.

### Slide 8

#### Terremoto no México

Tremor atingiu 8,1 de magnitude e deixou vários mortos



Infográfico elaborado em: 08/09/2017

Estados de Oaxaca, Chiapas e Tabasco foram os mais atingidos pelo tremor, considerado o mais forte a atingir o país desde 1932, segundo o "El Universal". Centenas de milhares de pessoas estão sem abastecimento de água nesta região.

Fonte:

<https://g1.globo.com/mundo/noticia/numero-de-mortos-em-terremoto-no-mexico-sobe-para-96.ghtml>  
Acesso: 12/Set/2017

Neste momento, chame a atenção dos alunos para os impactos que o terremoto provocou sobre o México e explique o que é a Escala Richter.

### Slide 9

A Escala Richter, por definição, é uma **escala logarítmica**. Isso quer dizer, por exemplo, que um tremor de intensidade cinco é 10 vezes mais forte que um de escala quatro e, conseqüentemente, 100 vezes mais forte que um de nível três.

O cálculo da Escala Richter costuma estar associado à distância do hipocentro (ponto exato do tremor no subsolo) ao epicentro (ponto em que o tremor é sentido mais fortemente na superfície), além do tempo de manifestação e a sua amplitude. No entanto, para casos em que os terremotos ocorrem em grandes profundidades, há outros meios de cálculo, haja vista que suas conseqüências na superfície são pequenas.

Os slides 9 e 10 explicam brevemente uma como funciona a escala Richter, não é necessário que os alunos decorem o funcionamento da escala.

Slide 10

• **Magnitude menor que 2:** tremores captados apenas por sismógrafos;

• **Magnitude entre 2 e 4:** impacto semelhante à passagem de um veículo grande e pesado;

• **Magnitude entre 4 e 6:** quebra vidros, provoca rachaduras nas paredes e desloca móveis;

• **Magnitude entre 6 e 7:** danos em edifícios e destruição de construções frágeis;

• **Magnitude entre 7 e 8:** danos graves em edifícios e grandes rachaduras no solo;

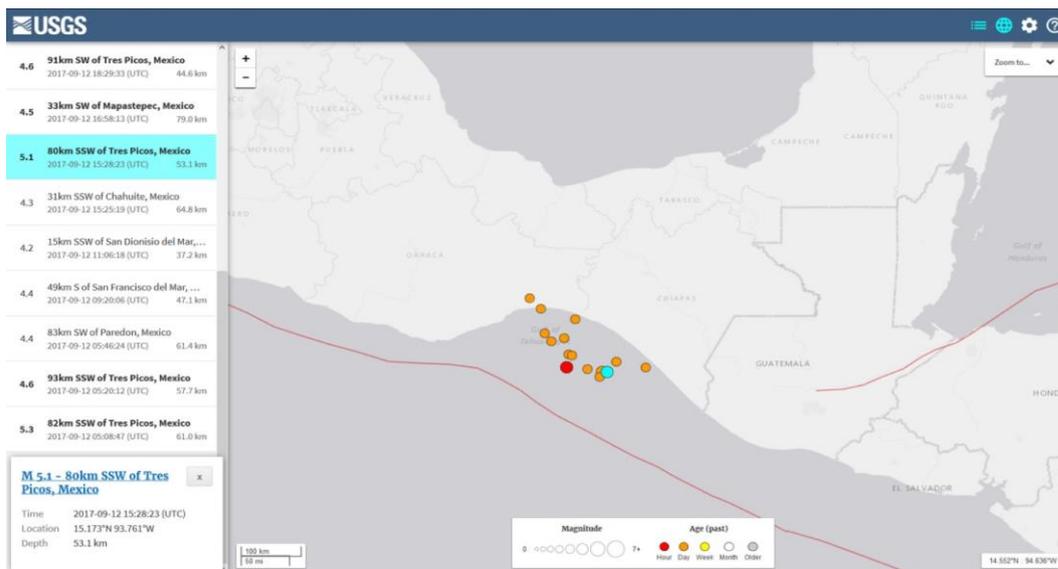
• **Magnitude entre 8 e 9:** destruição de pontes, viadutos e quase todas as construções;

• **Magnitude maior que 9:** destruição total com ondulações visíveis.

E no caso de 12/09 ? Qual a Magnitude?

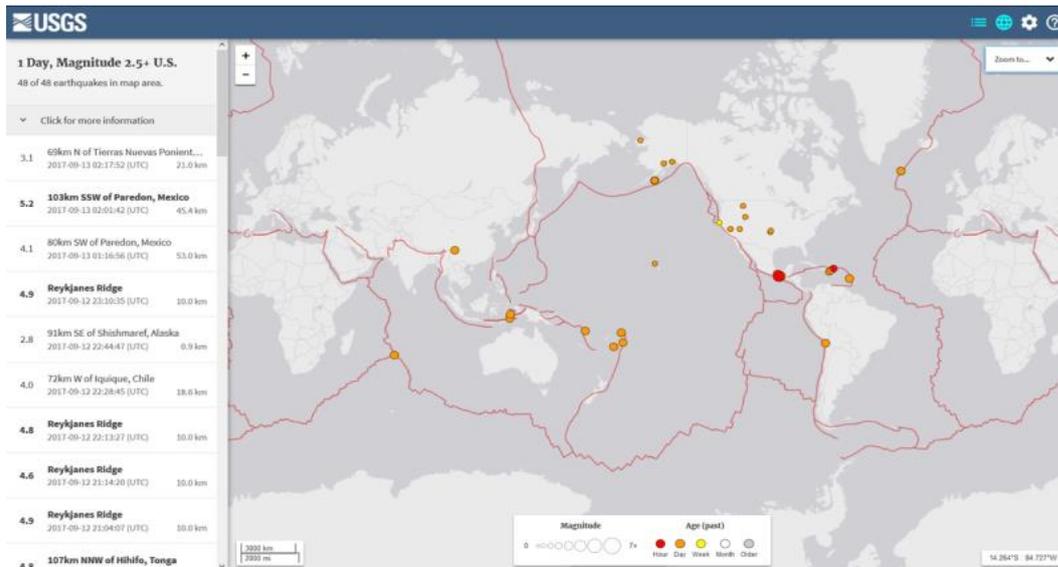
No slide 8 a reportagem informa que o registro na escala Richter no México foi de 8,1 e está dentro do esperado na escala, estas informações da escala foram retiradas de <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/escala-richter.htm>.

Slide 11



Os slides 11 e 12 foram adicionados na apresentação, porque, no momento em que eram preparados, o Serviço Geológico dos Estados Unidos informou que fazia apenas 1 hora em que foi registrado um novo terremoto, servindo para demonstrar a dinâmica da ferramenta.

### Slide 12



O slide 12 serviu para que naquele momento ao retirar o zoom da tela, verificar se havia algum novo registro além do que ocorria no México.

### Slide 13

## Dois tipos de ondas sísmicas

- Ondas P (Primárias)

As ondas P são do tipo compressivo. Uma onda a propagar-se ao longo de uma mola constitui uma boa analogia para este tipo de ondas sísmicas. As ondas P são as mais rápidas das ondas sísmicas, podendo propagar-se tanto em meios sólidos como líquidos. **Vamos supor:  $v_p = 8 \text{ Km/s}$**

- Ondas S (Secundárias)

Nas ondas S o movimento de vibração dá-se no plano definido pela frente de onda e, como tal, perpendicularmente à direção de propagação, pelo que são ondas do tipo transversal (ou de corte). Uma boa analogia para este tipo de ondas é a corda de uma guitarra que é posta a vibrar. **Vamos supor:  $v_s = 4,5 \text{ Km/s}$**

Nos slides 13,14,15 e 16 é apresentado o problema proposto por Santos (2012), para determinação do epicentro de um terremoto. Depois de ter todas as informações em mãos, aconselhamos resolver o problema na lousa.

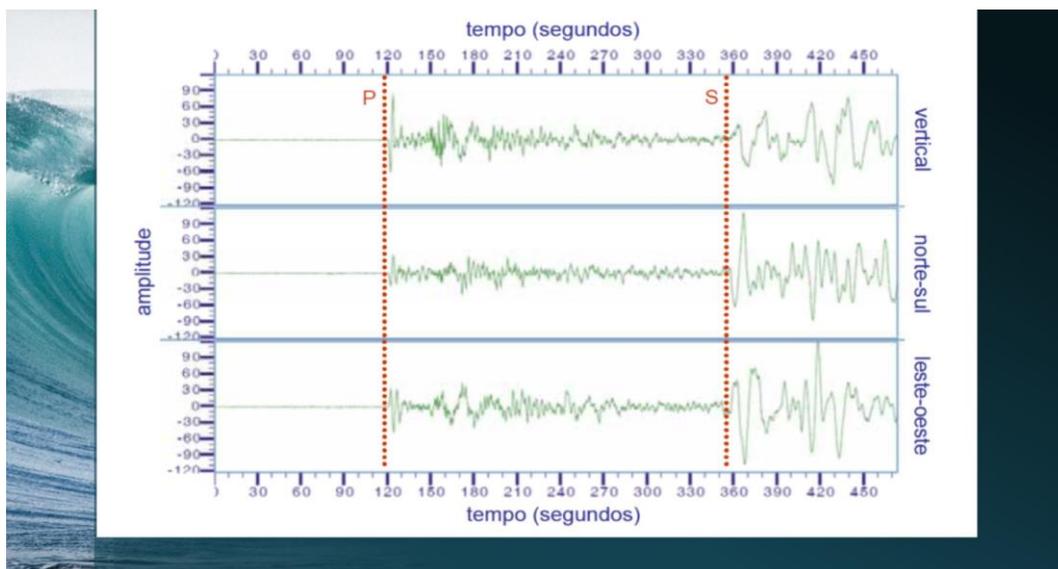
Slide 14

**Como calcular o epicentro do terremoto ?**

**Pergunta... Vamos fazer juntos**

A figura mostra o registro (sismograma) de um terremoto de magnitude 7,2 ocorrido em 2011 na fronteira entre Brasil e Peru. Os dados foram obtidos por um sismógrafo (um detector de ondas sísmicas) localizado na Nicarágua. Os três gráficos mostram o deslocamento causado pelo tremor nas direções vertical, norte-sul e Leste-Oeste. Podemos notar que dois tipos de onda chegam ao sismógrafo: primeiro vêm as ondas P, de pequena amplitude e alta frequência, e em seguida surgem as ondas S, com amplitude maior e frequência menor. Os instantes de chegada dessas ondas estão indicados nos gráficos.

Slide 15



Slide 16



## 5- Avaliação somativa individual

Nesta fase é feita uma avaliação somativa individual, as questões foram pensadas buscando evidenciar compreensão e captação de significados em diferentes contextos.

**Nas questões que seguem, apresente os motivos que o levam a pensar que sua resposta esteja correta.**

1- Em inúmeros filmes de ficção científica, em cena de batalhas espaciais é possível ouvir estrondos quando uma nave atinge outra e também se vê a explosão das naves mesmo estando ambas no vácuo do espaço sideral. Seria possível ouvir a explosão das duas naves caso um observador estivesse próximo do local onde ocorreu tal acontecimento?

2- O som é um exemplo de uma onda longitudinal. Uma onda produzida numa corda esticada é um exemplo de uma onda transversal. O que difere ondas mecânicas longitudinais de ondas mecânicas transversais?

3- Uma onda sonora propaga-se no ar com frequência, comprimento de onda e velocidade. Quando esta onda atinge a superfície de um lago, penetra no lago e continua a se propagar na água. Haverá alguma alteração (aumentará, diminuirá, ou não sofrerá alteração) na frequência, no

comprimento de onda e na velocidade de propagação?

**Nas questões que seguem, escolha a alternativa que melhor responde à questão.**

4 - Olhando o movimento de uma folha que flutua na superfície de um lago calmo quando por ela passa uma onda, o que o observador verá?

a) O movimento da folha apenas na direção vertical, em um movimento de sobe e desce.

b) A folha acompanhar a onda.

c) A folha se movimentar na direção vertical, em um movimento de sobe e desce, e concomitantemente na direção horizontal, em um movimento de vai e vem.

d) O movimento da folha apenas na direção horizontal, em um movimento de vai e vem.

5 - Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

- a) terem fases opostas.
- b) serem ambas audíveis.
- c) terem intensidades inversas.
- d) serem de mesma amplitude.
- e) terem frequências próximas.

6 - Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia.

O fenômeno descrito é a

- a) polarização.
- b) difração.
- c) refração.
- d) interferência.
- e) ressonância.

7 - Em 2014, o Brasil sediou a Copa do Mundo de Futebol. Em virtude das possíveis manifestações das torcidas, os estádios de futebol foram construídos de modo a suportar as –vibrações produzidas. Se todos os torcedores, ao mesmo tempo, começarem, por exemplo, a pular e a bater os pés no chão, as estruturas das arquibancadas podem desabar, provocando uma tragédia. O fenômeno físico que melhor descreve a situação trágica mencionada é:

- a) reflexão.
- b) refração.
- c) ressonância.

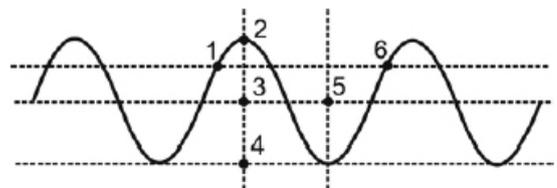
- d) difração.
- e) convecção

8 - Visando reduzir a poluição sonora de uma cidade, a Câmara de Vereadores aprovou uma lei que impõe o limite máximo de 40 dB (decibéis) para o nível sonoro permitido após as 22 horas.

Ao aprovar a referida lei, os vereadores estão limitando qual característica da onda?

- a) A altura da onda sonora.
- b) A amplitude da onda sonora.
- c) A frequência da onda sonora.
- d) A velocidade da onda sonora.
- e) O timbre da onda sonora.

9 - A figura abaixo representa uma onda que se propaga em um meio com velocidade constante.



Nessa situação, assinale a alternativa correta que completa a lacuna da frase a seguir.

O comprimento da onda está contido entre os pontos \_\_\_\_\_.

- a) 1 e 6
- b) 3 e 5
- c) 2 e 4
- d) 2 e 3

10 - Marque V para verdadeiro ou F para falso nas questões abaixo:

( ) Unidimensionais são ondas que se propagam em um único plano, como por exemplo, as que ocorrem na superfície de um lago.

( ) Ondas sonoras no ar atmosférico são exemplos de ondas tridimensionais.

( ) Ondas eletromagnéticas, como as de rádio, podem propagar-se no vácuo.

( ) Quando geradas em cordas de instrumentos sonoros, são consideradas mecânicas quanto à natureza e longitudinais quanto à direção de propagação

## 6- Atividade colaborativa de pesquisa

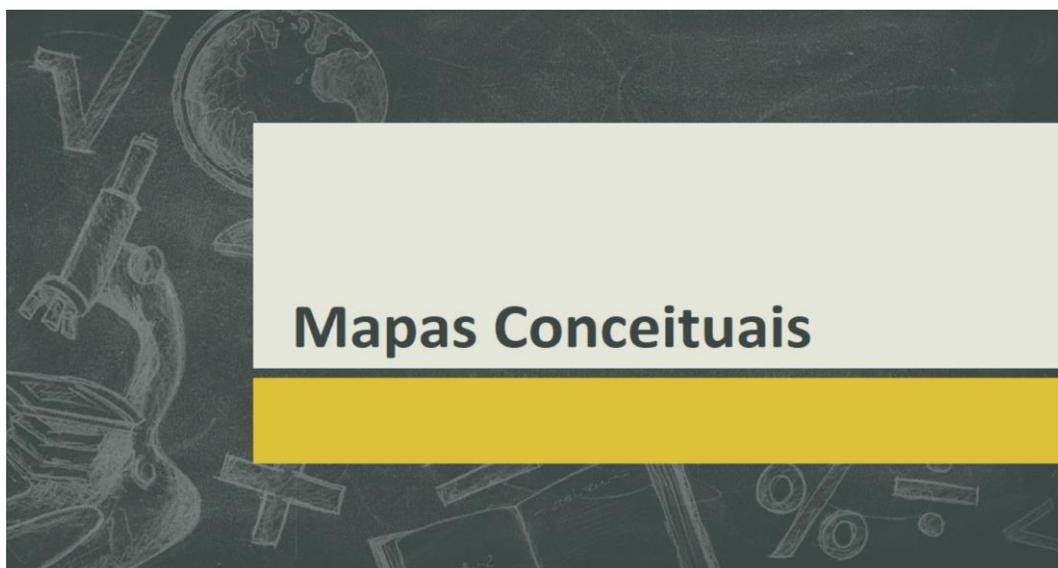
Propomos uma atividade em dupla em que os alunos, com a orientação do professor, respondam novamente as questões da avaliação com o auxílio do livro didático. Este princípio dentro da UEPS é conhecido como princípio da recursividade (MOREIRA, 2011), em que são utilizadas atividades realizadas anteriormente como recursos de aprendizagem, onde os erros subsidiam oportunidades de aprendizagem.

Com o auxílio do livro didático e do professor reformulando as perguntas e fazendo questionamentos desafiadores aos alunos, esta atividade tem o potencial motivá-los, porque o aluno - em especial aquele que não alcançou bons resultados na avaliação somativa - sente que lhe foi dada uma nova oportunidade de realizar a atividade avaliativa. Cabe ao professor guiar a atividade colaborativa para que seja um momento de aprendizagem e não apenas uma atividade de procurar a resposta correta.

## 7- Mapas Conceituais

A aula deve começar explicando sobre o que são mapas conceituais e como devem ser construídos. É importante esclarecer que não existem mapas conceituais “certos” ou “errados”, contudo, o mapa conceitual deverá expressar os pensamentos do autor e existe uma hierarquia que deve ser seguida na sua construção (Moreira, 1997). Os alunos podem fazer uso do livro didático, caso o professor julgue necessário.

### Slide 1



Comece a aula explicando que os alunos irão construir um mapa, que não existe mapas conceituais “certos” ou “errados” e que cada mapa é único, pois representará os conhecimentos do aluno.

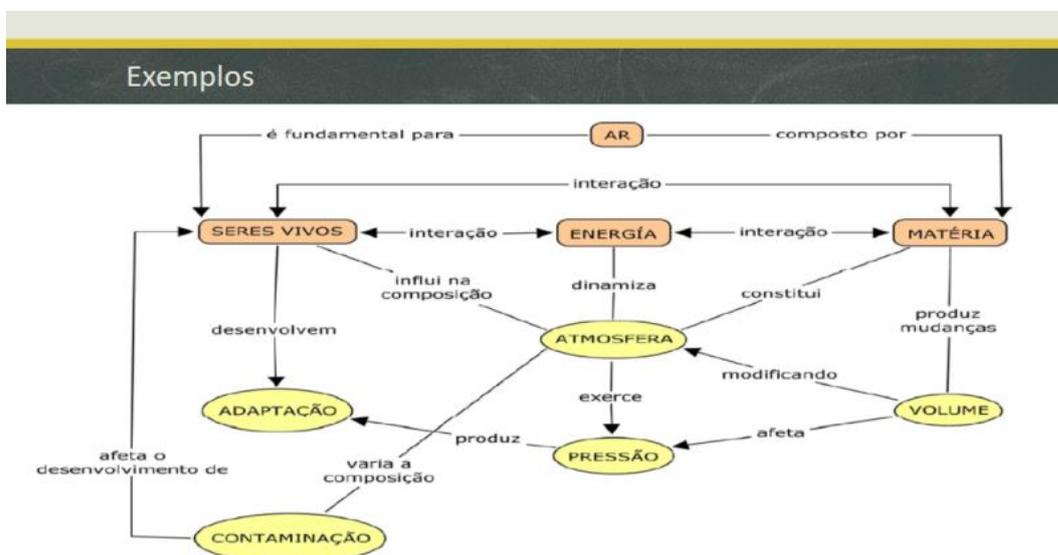
Slide 2

Definição

- De um modo geral, mapas conceituais, ou mapas de conceitos, são apenas diagramas indicando relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos.

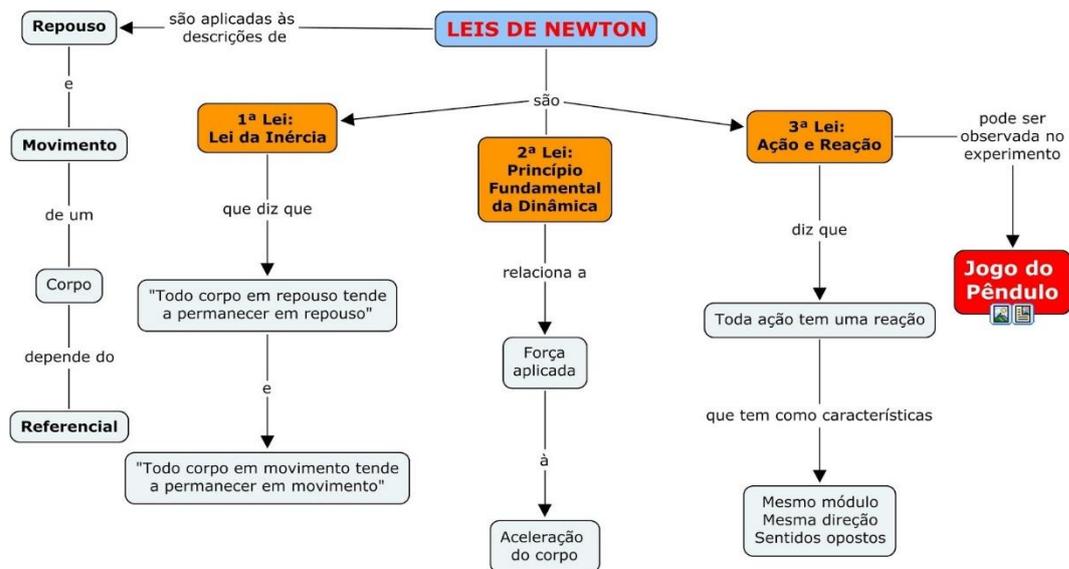
O slide 2 serve para definir o que são mapas conceituais.

Slide 3



Os slides 3 e 4 são exemplos de mapa conceitual. Os alunos não devem copiar ou seguir como modelo. Os exemplos servem apenas para dar aos alunos ideias de como fazer seu próprio mapa conceitual.

Slide 4



Slide 5

Como fazer?

- Mapas conceituais podem seguir um modelo hierárquico no qual conceitos mais inclusivos estão no topo da hierarquia (parte superior do mapa) e conceitos específicos, pouco abrangentes, estão na base (parte inferior).
- Setas podem ser utilizadas para dar um sentido de direção a determinadas relações conceituais
- Mapas conceituais devem ser explicados por quem os faz; ao explicá-lo, a pessoa externalizar significados.

A aula é prática. Portanto, é recomendando que nesse momento o professor mostre alguns dos elementos sequencias do mapa do slide 5 apontando-os nos slides 3 e 4.

### Slide 6

1. **Identifique os conceitos-chave** do conteúdo que vai mapear e ponha-os em uma lista. Limite entre 6 e 10 o número de conceitos.
2. Ordene os conceitos, colocando o(s) mais geral(is), mais inclusivo(s), no topo do mapa e, gradualmente, vá agregando os demais até completar o diagrama. Algumas vezes é difícil identificar os conceitos mais gerais, mais inclusivos; nesse caso é útil analisar o contexto no qual os conceitos estão sendo considerados ou ter uma ideia da situação em que tais conceitos devem ser ordenados.
3. Se o mapa incorpora também o seu conhecimento sobre o assunto, além do contido no texto, conceitos mais específicos podem ser incluídos no mapa.
4. Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem sugerir uma proposição que expresse o significado da relação.
5. Setas podem ser usadas quando se quer dar um sentido a uma relação.
6. Evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos. Busque relações horizontais e cruzadas.
7. Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa.
8. Geralmente, o primeiro intento de mapa tem simetria pobre e alguns conceitos ou grupos de conceitos acabam mal situados em relação a outros que estão mais relacionados. Nesse caso, é útil reconstruir o mapa.
9. Talvez neste ponto você já comece a imaginar outras maneiras de fazer o mapa, outros modos de hierarquizar os conceitos. Lembre-se que não há um único modo de traçar um mapa conceitual. A medida que muda sua compreensão sobre as relações entre os conceitos, ou à medida que você aprende, seu mapa também muda. **Um mapa conceitual é um instrumento dinâmico, refletindo a compreensão de quem o faz no momento em que o faz.**
10. Não se preocupe com “começo, meio e fim”, **o mapa conceitual é estrutural, não sequencial.** O mapa deve refletir a estrutura conceitual hierárquica do que está mapeado.
11. Compartilhe seu mapa com colegas e examine os mapas deles. Pergunte o que significam as relações, questione a localização de certos conceitos, a inclusão de alguns que não lhe parecem importantes, a omissão de outros que você julga fundamentais. **O mapa conceitual é um bom instrumento para compartilhar, trocar e “negociar” significados.**

É fundamental reforçar os pontos principais da construção de um mapa conceitual (Moreira, 1997). Estes pontos devem ficar expostos durante a aula para que sejam consultados pelos alunos enquanto eles elaboram os mapas conceituais. Esta atividade leva mais de uma aula para ser concluída.

O professor deve ficar atento na construção do mapa conceitual, orientando os alunos para que seja respeitada a hierarquia e que possua lógica no contexto da matéria. Caso contrário os alunos estarão construindo mapas mentais ao invés de mapas conceituais que são a proposta desta atividade.

Para a avaliação da atividade, o professor deve atentar para o fato de que o mapa conceitual expressa a construção de conceitos que estão na estrutura cognitiva do aluno, logo, o mapa é um indicador de como os conceitos se estabeleceram na estrutura cognitiva de cada aluno.

## 8- Tubo de Kundt

A aula experimental surge como reforço final para sanar dúvidas em relação aos conceitos de ondas mecânicas. E questionar os alunos sobre o que estão vendo e quais as explicações para a observação realizada no experimento. Nesse sentido, foram utilizadas algumas perguntas: Por onde a onda mecânica se propaga? O isopor se desloca ao longo de todo o tubo? Por que o isopor vibra? Se a onda não transporta matéria o que a onda está transportando?

### O experimento de Kundt

#### Objetivo

Verificar que onda não transporta matéria.

#### Materiais

Os materiais utilizados:

- 1 m de mangueira transparente e flexível com diâmetro interno de 3 cm;
- 1 m de barra de ferro rígida;
- 6 abraçadeiras de nylon (enforca gato);
- 1 luva hospitalar (bexiga);
- 1 liga elástica;
- 1 Caixa de Som;
- 1 Amplificador;
- isopor;
- ralador de legumes;

- Software *Audio SweepGen*<sup>27</sup>.

### Montagem

1. Aproxime o cano transparente e flexível da barra de ferro;
2. Com as 6 abraçadeiras prenda o cano na barra de ferro com espaçamento suficiente para que o cano fique fixo;
3. Na “boca” do cano coloque uma parte da luva (ou bexiga) de modo que se torne uma membrana;
4. Use o elástico para prender a luva na “boca” do cano;
5. Com ralador de legumes rale o isopor e coloque dentro tubo;
6. Conecte o notebook, amplificador e a caixa de som;
7. Aproxime o tubo com a membrana voltada para a caixa de som;
8. O tubo deve ficar centrado no autofalante com aproximadamente 2 cm de distância;
9. Ajuste o software *Audio SweepGen* para a frequência de 161 Hz.

Figura 1: Experimento didático do tubo de Kundt



Fonte: Próprio autor.

<sup>27</sup> O software *Audio SweepGen* possui licença livre e pode ser adquirido em: <http://www.satsignal.eu/software/audio.html>.

### Testes

Ao ligar o autofalante o que acontece com as partículas de isopor?

Em sua grande maioria as partículas vibram e permanecem na mesma região?

Ao vedar com a mão o outro lado do tubo sem a membrana, o que acontece com as partículas de isopor?

Por que as partículas de isopor somente vibram com a frequência determinada?

## 9- Ondas eletromagnéticas: estabelecendo conceitos

Com a apresentação de novos slides o objetivo consiste em fazer uma transição do conteúdo de ondas mecânicas para o conteúdo de ondas eletromagnéticas. Portanto, no primeiro momento a ideia é rever a existência dos dois tipos de ondas, em seguida, explicar o que é uma onda eletromagnética e, por fim, apresentar exemplos do cotidiano de ondas eletromagnéticas.

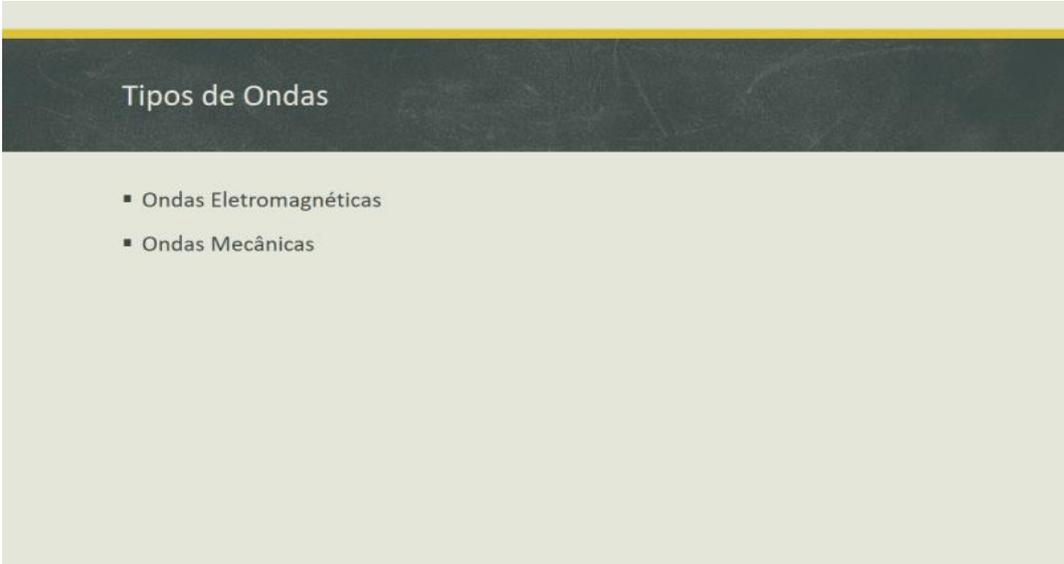
Para fazer a transição entre os dois tipos de ondas, são reforçados o que é uma onda mecânica a partir do vídeo no slide 5 deste capítulo, sobre o experimento de Kundt. Como não é objetivo da aula abordar eletricidade ou magnetismo, logo é feita uma breve análise de um *gif* para ilustrar a variação do campo elétrico e magnético no decorrer do tempo. Na apresentação também é visto também o espectro eletromagnético para explicar a relação entre o comprimento de onda e a frequência, bem como também as escalas do comprimento de onda.

### Slide 1



Explique aos alunos que, a partir de agora, será dado um enfoque maior sobre as ondas eletromagnéticas, porém, antes, serão revistas algumas informações sobre ondas mecânicas.

## Slide 2



Tipos de Ondas

- Ondas Eletromagnéticas
- Ondas Mecânicas

Relembrem com eles que existem dois tipos de ondas

## Slide 3



Ondas Eletromagnéticas

- São ondas que não precisam de um meio para se propagar

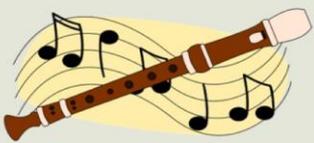


Mostre como a definição de ondas eletromagnéticas aplica em cada um dos objetos.

## Slide 4

### Ondas Mecânicas

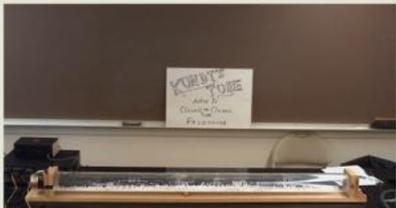
- São ondas que precisam de um meio para se propagar
- Ex.:
- Ondas sonoras são de que tipo ?



Mostre como a definição de ondas mecânicas se aplica em cada um dos objetos. Uma pergunta a ser feita seria qual o meio de transporte utilizado pela onda sonora. Sabemos que pelo ar, mas os alunos podem confundir com ondas eletromagnéticas, por não perceber que o ar é um meio material.

## Slide 5

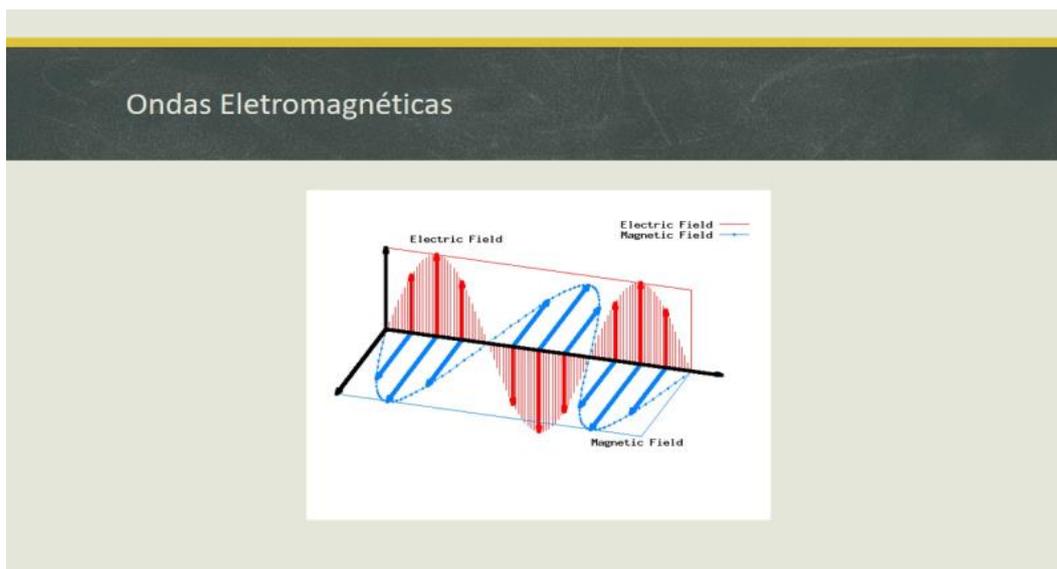
### Tubo de Kundt



Apresente o vídeo Kundts Tube resonance, que está disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=qUiB\\_zd9M0k](https://www.youtube.com/watch?v=qUiB_zd9M0k), ele foi acessado em: 16 de

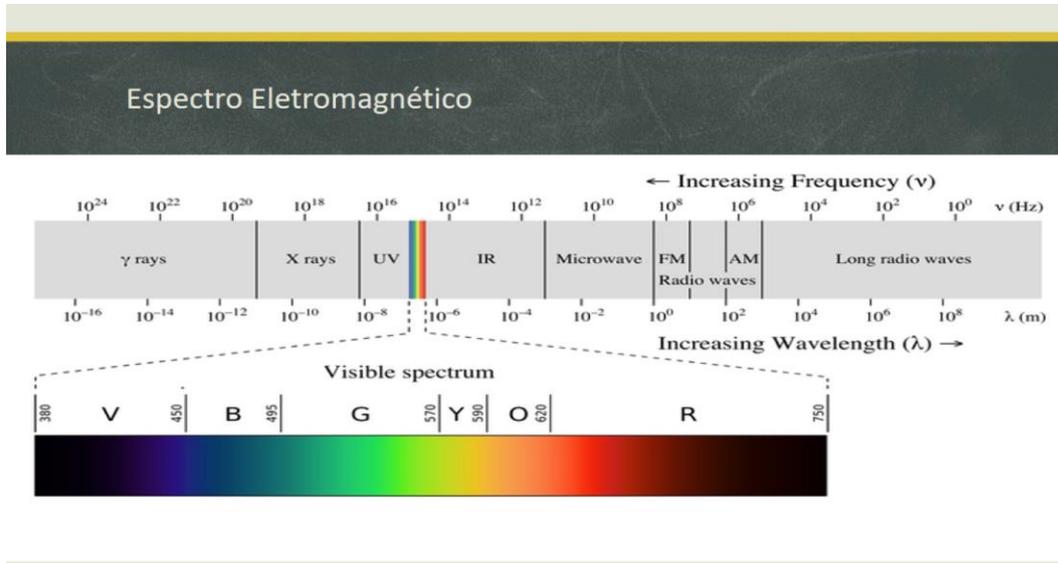
outubro de 2017. Mesmo que tenhamos realizado este mesmo experimento, o vídeo servirá para que, mais uma vez, os alunos externem possíveis dúvidas sobre ondas mecânicas.

### Slide 6



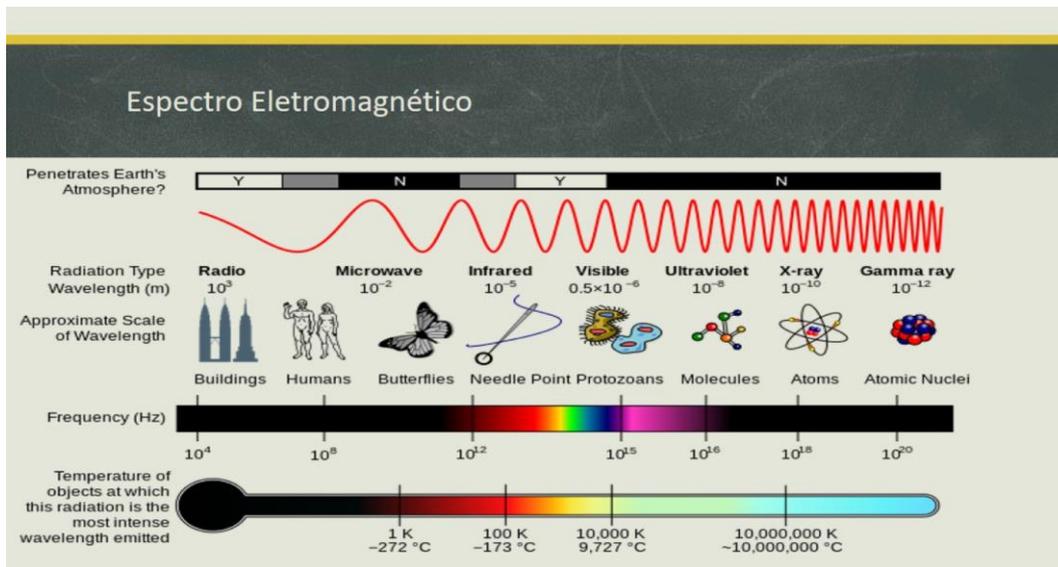
Explique o que são ondas eletromagnéticas sem aprofundar-se muito em campos elétricos e magnéticos e outras particularidades do eletromagnetismo. Porém, o básico deve ser ensinado e observando com ênfase que a onda possui uma crista, comprimento de onda, frequência e todos os demais elementos de uma onda. O gif utilizado está disponível em <https://br.pinterest.com/pin/805651820814879909/> em 16 outubro de 2017.

Slide 7



Apresente o espectro eletromagnético aos alunos. Em nosso caso, os alunos demonstraram surpresa ao saber que a luz é uma onda eletromagnética, o que levou os alunos a fazerem diversas perguntas.

Slide 8



A ordem de tamanho de objetos comparado ao comprimento de onda também chamou a atenção dos alunos, além de cada informação no slide 8.

## 10- Leitura dos textos “Ondas eletromagnéticas - Luz e cores: ‘simplesmente’ ondas eletromagnéticas”, “Espectro eletromagnético” e “AM e FM” com resolução de exercícios selecionados

O texto foi usado como mediador do processo de aprendizagem, estes textos estão no caderno do aluno em seu volume 2 para os alunos Segundo Ano Médio. A proposta envolveu um texto validado<sup>28</sup> e com questões já definidas para que, no decorrer da leitura, os alunos pudessem familiarizar-se com termos e aumentar a complexidade do seu conhecimento sobre o tema estudado. O objetivo é retomar aspectos estruturantes de ondas eletromagnéticas

### Ondas eletromagnéticas - Luz e cores: “simplesmente” ondas eletromagnéticas

No final do século XIX, foi sistematizada uma teoria - o eletromagnetismo - demonstrando que os fenômenos elétricos, magnéticos e ópticos são de mesma natureza. Essa teoria previu a existência das ondas eletromagnéticas e obteve uma velocidade para sua propagação: 300 000 km/s. Essa é também a velocidade da luz, igualmente uma onda eletromagnética.

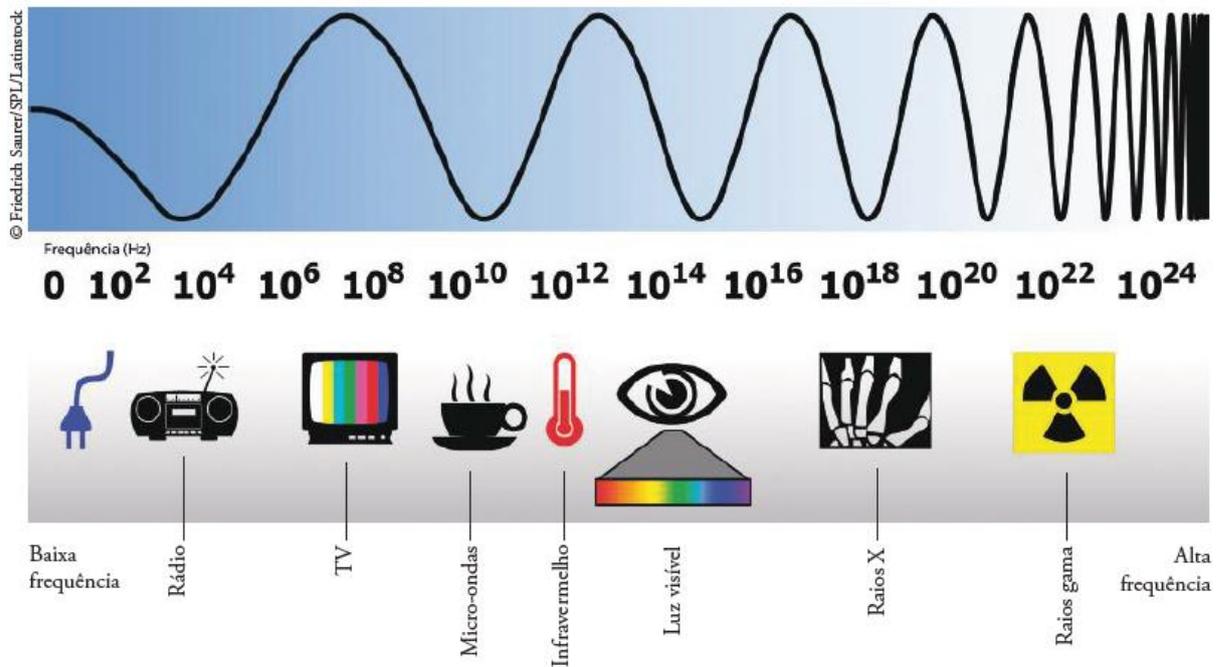
Um elétron em movimento acelerado emite uma onda eletromagnética. Se um elétron mover-se para cima e para baixo, oscilando em torno de um ponto, seu campo elétrico move-se junto. Acontece que, quando um campo elétrico varia, ele gera um campo magnético. Assim, toda carga em movimento, além de gerar um campo elétrico, também cria um campo magnético. Isso ocorre porque todo campo elétrico variável cria um campo magnético e vice-versa. Com isso, uma carga, ao se mover, movimenta seu campo elétrico. Este, ao variar, gera um campo magnético variável

---

<sup>28</sup> O sentido dado aqui ao termo “validar”, é de que pelo menos as questões foram elaboradas, aplicadas e reelaboradas. Portanto, passaram por especialistas da área, por professores do mesmo nível para a qual as questões foram planejadas, aplicadas em sala de aula e por fim reelaborado após todas essas etapas buscado aperfeiçoamento. Sugerimos a leitura do artigo de Guimarães e Giordan (2013) para compreender melhor sobre a validação e em especial de uma SD.

que, por sua vez, gera um campo elétrico variável que vai gerar um campo magnético variável que vai gerar...

Ou seja, os campos elétricos e magnéticos variáveis geram um ao outro e são emitidos pela carga oscilando como uma onda eletromagnética. Essa é a “coisa” detectada, por exemplo, quando você liga um rádio ou atende a uma chamada no celular. Os elétrons do fio, ao se moverem, emitem uma onda eletromagnética capaz de ser detectada pelo rádio e pelo aparelho telefônico. Essas ondas eletromagnéticas estão presentes todo o tempo em nosso mundo. A maioria dos equipamentos elétricos tem seu funcionamento baseado nelas. Certamente, seu corpo está sendo atravessado por milhares de ondas eletromagnéticas neste exato momento, desde as emissoras de rádio e TV até radiações de origem cósmica.



A quantidade de vezes que uma carga oscila em um segundo é o que chamamos de frequência.

Assim, se esse elétron oscilasse 100 mil vezes ( $10^5$ ) por segundo, você começaria a notar uma interferência no rádio. Ou seja, nessa frequência, ele estaria emitindo uma onda de rádio. Se ele aumentasse sua oscilação para 1013 vezes por segundo, você começaria a sentir um calor emanando dele. Isso quer dizer que, nessa frequência, ele estaria emitindo uma onda chamada de infravermelho. Ao chegar em

$4 \cdot 10^{14}$  oscilações por segundo, ele emitiria luz vermelha. Ao continuar aumentando a frequência de oscilação, ele iria emitir amarelo, verde, azul e, quando se aproximasse de  $10^{15}$  vezes por segundo, ele emitiria violeta.

Dessa forma, a frequência de vibração do elétron define a frequência da onda eletromagnética que ele emite, determinando propriedades fundamentais dessas ondas, como a capacidade de produzir calor, de atravessar materiais, de ser captadas pelos nossos olhos etc.

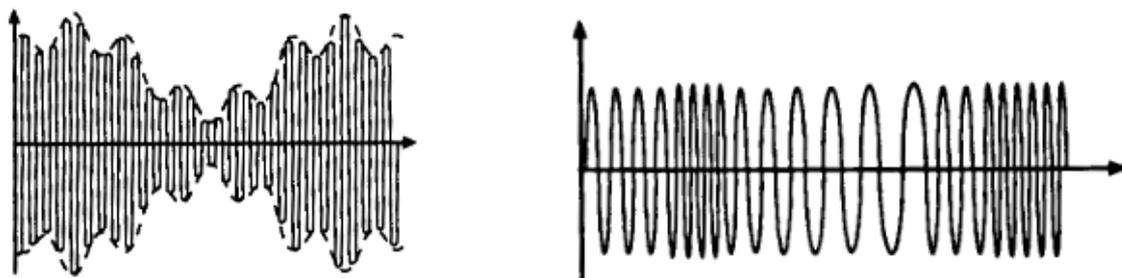
A unidade utilizada para frequência é o hertz (Hz), em homenagem ao físico que gerou e detectou pela primeira vez as ondas de rádio. Um hertz corresponde a uma oscilação por segundo.

Chamamos de luz visível apenas a pequena faixa de frequências que nossos olhos são capazes de detectar (de  $4 \cdot 10^{14}$  Hz a  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz). A maioria das ondas eletromagnéticas é invisível para nós: micro-ondas, ondas de rádio, infravermelho, ultravioleta, raios X etc. [...]

### Espectro eletromagnético

Estamos “imersos” em ondas eletromagnéticas transmitidas pela TV, pelas estações de rádio AM e FM, pelas conversas por celular, pelos dados em redes *wi-fi* etc. Cada uma dessas ondas possui frequências diferentes, de modo que os sinais podem ser todos separados. Como foi visto na Situação de Aprendizagem 14, pode-se facilmente transmitir ruído. E como transmitir dados, músicas e imagens? Numa onda desordenada, como o estalo ouvido no rádio, nenhuma informação codificada pode ser transmitida. Para que haja transmissão de informações, como áudio ou vídeo, utilizam-se ondas senoidais. Inicialmente, uma informação é transformada em corrente elétrica pelo dispositivo que vai transmiti-la. Contudo, essas correntes elétricas têm frequências muito baixas e, por isso, não são apropriadas para ser transmitidas a longas distâncias. Assim, ondas eletromagnéticas de alta frequência “carregam” a informação codificada nessas correntes elétricas. Tais ondas são chamadas de ondas portadoras e é a sua frequência que sintonizamos quando ouvimos determinada estação de rádio. Por exemplo, no gráfico “Onda sonora”, temos a representação de uma onda sonora já transformada em sinal elétrico. No gráfico “Sua onda portadora”, temos uma onda senoidal, que será a onda que vai “carregar” o sinal elétrico gerado pela onda sonora. Assim, quando se ouve uma

transmissão de rádio FM, 98,6 MHz, por exemplo, isso significa que um transmissor gerou uma onda senoidal exatamente com essa frequência. O mesmo ocorre com as transmissões AM, UHF, VHF etc. Além disso, o uso das ondas senoidais permite que uma grande quantidade de aparelhos use as mesmas faixas de frequência ao mesmo tempo.



Fonte: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física:*

eletromagnetismo 5. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2013.

### AM e FM

Para que uma onda senoidal contenha informação, é necessário modulá-la. Esse processo produz alterações na amplitude ou na frequência da onda portadora, de modo a torná-la idêntica à das correntes elétricas que representam as informações transmitidas. As duas formas mais comuns de modulação são justamente a AM (amplitude modulada) e a FM (frequência modulada).

Assim, você deve compreender que nos dispositivos eletrônicos de comunicação existem transmissores e receptores (simultaneamente ou não). O princípio fundamental é que determinada informação (como o som da voz de alguém, imagens de um programa de TV ou uma música) é codificada e transmitida por meio de ondas eletromagnéticas pelo transmissor. O receptor recebe essas ondas e decodifica as informações recebidas. Nesse processo, os dois dispositivos utilizam antenas para transmitir e captar as ondas eletromagnéticas. Um celular é um rádio que possui um transmissor e um receptor que podem funcionar ao mesmo tempo. Sua operação depende de contínua comunicação com estações de retransmissão, cujas antenas estão distribuídas por regiões onde há atuação da operadora de telefonia móvel.

Com a energia que essas ondas eletromagnéticas transportam, elas são capazes de fazer os elétrons das antenas que as recebem passar a oscilar, gerando assim uma corrente elétrica, que varia na mesma frequência da onda. Sintonizar um rádio, uma TV ou um celular significa permitir que os elétrons de suas antenas oscilem na frequência exata da onda eletromagnética portadora da informação. Somente

quando isso ocorre o sinal enviado pela estação pode ser captado, permitindo assim a decodificação da informação, tornando-a acessível. É por isso que uma ligação de celular “aciona” somente determinado aparelho telefônico, visto que os elétrons de sua antena, junto com seus circuitos internos, estão “aptos” a vibrar somente em uma frequência bem determinada. Por isso, apenas o celular para o qual você está ligando toca.

Perceba que a compreensão do espectro eletromagnético é essencial para o entendimento do mundo em que vivemos. Em termos de interação, captamos muito pouco do espectro eletromagnético com nossos sensores naturais. Por exemplo, nossos olhos captam muito pouco do espectro eletromagnético (olhe novamente o espectro e veja como a faixa do visível é bem pequena). Assim, todo um universo é invisível para nós. Isso significa que diferentes espécies se relacionam de maneira diferente com o mesmo mundo, de acordo com os sensores que possuem. Alguns animais, como a cobra, captam o infravermelho e, então, diferentemente de nós, “enxergam” pelo calor. Nós, seres humanos, somos capazes de sentir o calor na pele, mas não podemos vê-lo, exceto quando utilizamos visores ou miras sensíveis ao infravermelho, como as de certas armas para atirar no escuro.

Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

### Perguntas

1. Qual é a diferença entre as transmissões AM, FM, VHF e UHF?
2. O que o funcionamento de um celular e o de um rádio têm em comum? Justifique.
3. Sabendo que a velocidade de propagação de uma onda é dada por  $v = \lambda \cdot f$  (onde  $\lambda$  é o comprimento da onda e  $f$  é a frequência), que a velocidade de propagação da luz no vácuo é a mesma para diferentes frequências e que uma onda na região do infravermelho tem o comprimento de onda maior que o de uma onda na região do ultravioleta, diga qual delas tem maior energia. Justifique.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Talvez seja necessário demonstrar ao aluno que a frequência é diretamente proporcional à energia. E que o ultravioleta possui maior energia, pois seu comprimento de onda é menor e, portanto, sua frequência é maior e assim mais energético.

4. Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca de sua escola ou na internet:

Qual é a faixa de frequência e energia de micro-ondas, raios X e raios  $\gamma$  (gama)?

## 11- Experimentos: de Oesterd, um eletroímã caseiro e o rádio de galena

O objetivo é construir conceitos de onda eletromagnética, numa sequência de experimentos. Portanto, o experimento de Oesterd demonstra que corrente elétrica gera um campo magnético percebido pela bússola. O eletroímã caseiro é para reforçar esse entendimento. O experimento do rádio de galena foi proposto para que os alunos percebessem que as ondas eletromagnéticas geram uma corrente induzida no circuito, fato que será verificado quando os alunos ouvirem uma transmissão de uma rádio sintonizada.

### ❖ O experimento de Oesterd

A prática experimental inicia com a leitura em grande grupo e intercalada de trechos selecionados do artigo de Chaib (2007). Na leitura deve ficar claro ao aluno o contexto histórico e a ideia básica do experimento, o professor deve certificar que de acordo com o avanço da leitura, estes contextos estão claros para o aluno. Logo, o professor pode explicar a leitura de cada parágrafo ou fazer perguntas aos alunos sobre o que acabaram de ler.

Após a leitura em grande grupo, leia novamente a parte grifada do texto para a reprodução do experimento. Após a realização do experimento de Oesterd, questione aos alunos se de fato em nosso experimento escolar, era capaz de concluir como Oesterd, que cargas elétricas em movimento produzem um campo magnético.

### Roteiro experimental

#### O experimento de Oesterd

Oersted (1777-1851) estava entre os pesquisadores que acreditavam que os efeitos magnéticos são produzidos pelos mesmos poderes que os elétricos. Para tentar confirmar suas ideias, realizou experiências a fim de buscar uma relação entre uma agulha imantada e o “conflito elétrico.” Esse termo utilizado por Oersted vinha de sua concepção da natureza da corrente elétrica. Ele imaginava que existiam duas correntes em um fio metálico ligado a uma bateria, uma positiva e outra negativa, fluindo em sentidos opostos. Elas teriam que se encontrar e se separar várias vezes ao longo do fio. Segundo Oersted, a eletricidade se propaga “por um tipo de contínua

decomposição, e recomposição, ou melhor, por uma ação que perturba o equilíbrio em cada momento, e o restabelece no instante seguinte. Pode-se exprimir essa sucessão de forças opostas que existe na transmissão da eletricidade, dizendo que a eletricidade sempre se propaga de modo ondulatório.

Tendo isso em vista, Oersted colocou um fio metálico paralelo a uma agulha magnética que estava orientada ao longo do meridiano magnético terrestre. Ao passar uma corrente elétrica constante no fio observou que a agulha era defletida de sua direção original. Tal descoberta foi descrita na Academia Real de Ciências da França em 4 de setembro de 1820 pelo então presidente Arago. Diante da descrença generalizada, este repetiu a experiência de Oersted perante a Academia em 11 de setembro.

É importante ter em mente as dificuldades da realização prática do experimento, bem como sua concepção. O tipo de materiais utilizados na época para a realização da experiência era muito diferente do que temos hoje em dia. Oersted usou uma grande pilha como fonte de corrente elétrica. Não temos detalhes da força eletromotriz produzida pela pilha, mas, em termos de comodidade e praticidade, não se compara a uma pequena bateria moderna de 9 V.

### Objetivo

Verificar que corrente elétrica produz campo magnético.

### Materiais

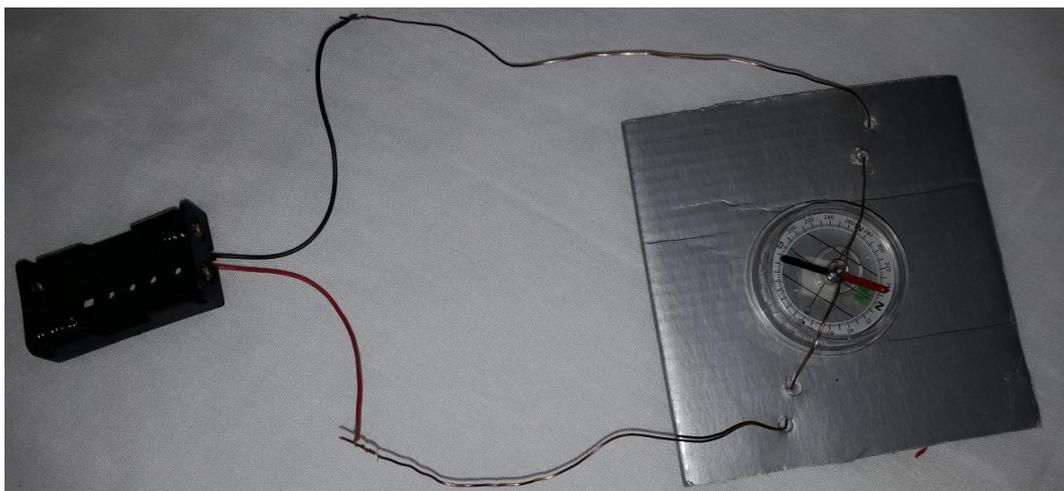
Os materiais utilizados:

- Uma pilha AA (1,5 V);
- Fio de cobre AWG 24;
- Suporte
- Bússola;
- Estilete.

### Montagem

4. Fixe o fio de cobre sobre o suporte, de modo que haja um espaço para que a bússola fique em baixo do fio (ver figura 1).
5. Raspe as pontas do fio com estilete retirando o esmalte;
6. Conecte as pontas dos fios em cada polo das pilhas fechando o circuito.

Figura 2: Montagem do experimento didático de Oesterd



Fonte: Próprio autor.

### Testes para o aluno responder

- Ao conectar as pilhas, a bússola moveu em qual direção?
- Ao inverter as posições dos fios a bússola moveu na mesma direção?
- O que explica a mudança de direção do movimento da bússola?

### ❖ O eletroímã caseiro

Para o experimento do eletroímã caseiro, devem ser entregues aos alunos cada um dos materiais e as instruções do roteiro devem ser seguidas. A atividade pode ser feita em dupla. Mesmo que o roteiro tenha sido disponibilizado para os alunos com os procedimentos, e devido a simplicidade do procedimento, a leitura pode ser feita em grande grupo para certificar que cada um dos alunos compreenda o que é pedido, para a correta construção do “eletroímã” e assim com instrução oral os procedimentos podem ser replicados pelos alunos

### Roteiro experimental

Explorando a descoberta de Oersted: um eletroímã caseiro

### Objetivo

Mostrar que é possível criar um ímã com o uso da eletricidade

## Materiais

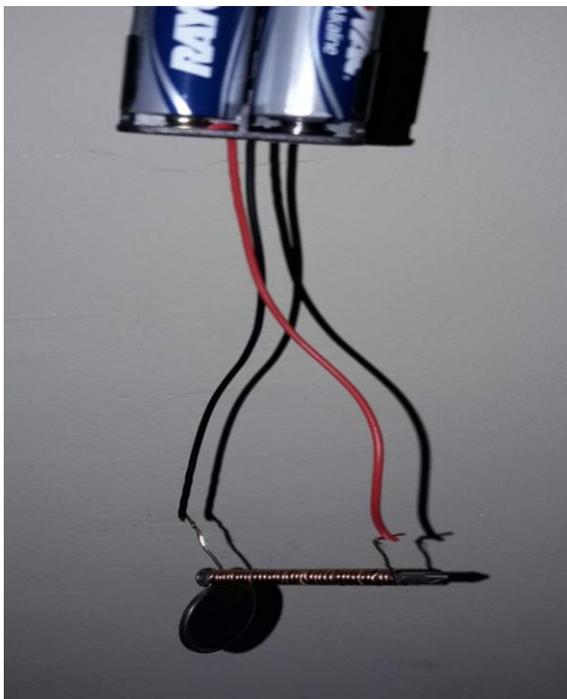
Os materiais utilizados:

- Prego de aço;
- Suporte para duas pilhas AA (1,5 V);
- Fio de cobre AWG 24;
- Estilete;
- Bússola;
- Moedas; e
- Clips; e
- Lápis.

## Montagem

6. Enrole um fio condutor no prego;
7. Deixe duas pontas de fios em cada extremidade livre;
8. Raspe as pontas dos fios com estilete retirando o esmalte;
9. Conecte os fios do suporte das pilhas em cada ponta dos fios (Conforme figura 2);
10. Encaixe as duas pilhas.

Figura 3: Eletroímã caseiro com uma moeda para demonstração



Fonte: Próprio autor.

### Testes para o aluno responder

Aproxime uma bússola ao eletroímã. O que você observou?

Aproxime moedas ao eletroímã. O que você observou?

Aproxime um lápis ao eletroímã. O que você observou?

Aproxime clips ao eletroímã. O que você observou?

É seguro dizer que o prego nessa condição é um ímã? Como você chegou nessa conclusão?

Que processo explica esse fenômeno do prego se comportar como ímã?

### ❖ O rádio de galena

O professor deve preparar o rádio de galena, com bastante antecedência para evitar eventuais problemas em sua demonstração. Após os alunos serem conduzidos ao

ambiente onde o experimento é demonstrado, deve ser explicado a função de componente, bem como o funcionamento do equipamento e convidar cada aluno para ouvir a rádio sintonizada e, no momento oportuno, realizar as perguntas do roteiro. As questões do roteiro que os alunos não compreenderam corretamente, podem ser explicadas mais de uma vez, para que com entendimento correto, eles possam responder as questões no roteiro.

### Materiais e Métodos

O rádio de Galena era muito utilizado no Brasil em 1920, 1930 e durante a segunda grande guerra. Ele capta apenas modulação AM

A galena é sulfeto de chumbo natural e é um dos primeiros semicondutores conhecido. Neste caso, não utilizamos a galena, mas um diodo que faz a sua função na construção do rádio receptor. Existem vários livros, vídeos e modelos ensinando a construção, sendo assim, foi escolhido o tutorial mais simples e rústico possível, para que o aluno observasse que com poucos itens é possível a construção de um rádio receptor (ALMENDROS, 2008; BRAGA,2013).

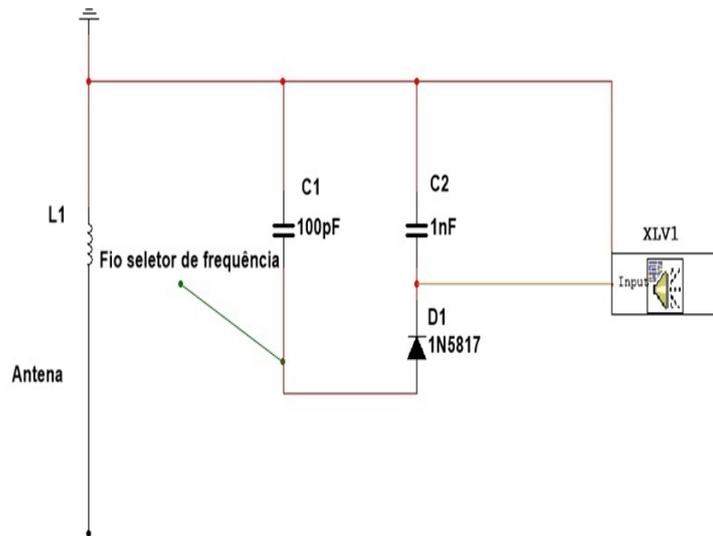
Os componentes utilizados, foram:

- 1 capacitor cerâmico de 1nF;
- 1 diodo Schottky 1N5817;
- 1 capacitor cerâmico de 100pF;
- 1 autofalante de alta impedância ( $8\Omega$ );
- 30 metros de fio de cobses esmaltado AWG 24;
- Um tubo PVC;
- Pregos; e
- Uma placa de madeira.

O circuito deverá ter o formato, conforme a figura 3.

**Figura 4:** Esquema técnico do rádio de galena



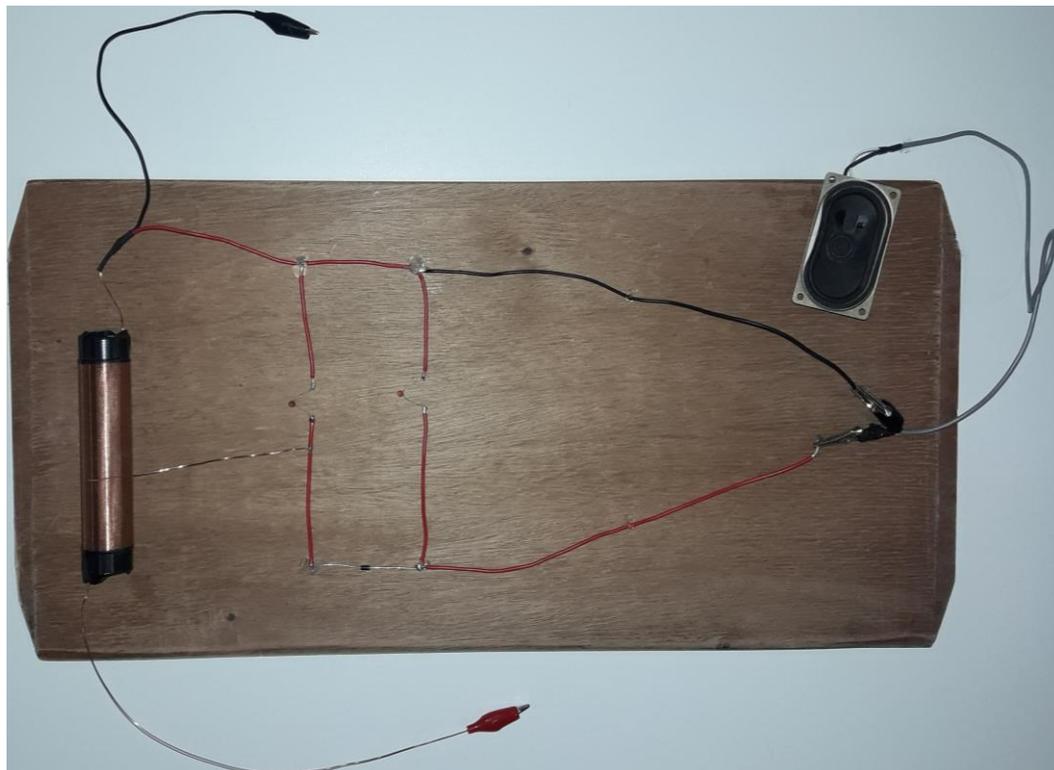


Fonte: Próprio Autor.

Esquema ilustrativo da figura 4, demonstra o kit experimental usado em sala de aula. Composto por uma antena de 30 metros de fio de cobre esmaltado AWG 24, (L1) indutor de 140 volts, (C1) capacitor cerâmico de 100 pF, (C2) capacitor cerâmico de 1 nF, (D1) 1 diodo Schottky 1N5817, (XLV1) um autofalante de alta impedância (8Ω.).

Em nossa montagem o rádio seguiu o esquema técnico da figura 3. Na figura 4 pode ser observado uma foto do rádio utilizado pelos alunos.

Figura 5: Esquema ilustrativo mostrando o rádio de galena construído.

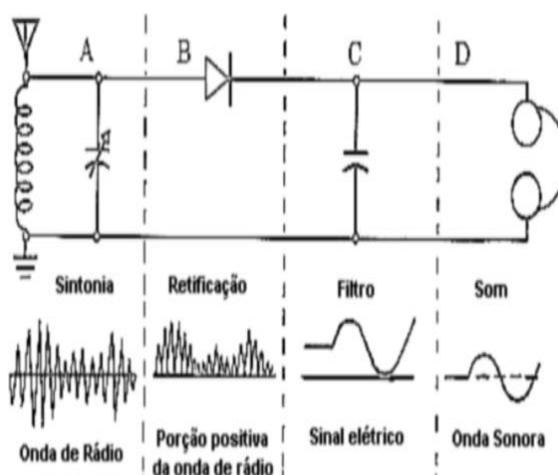


Fonte: Próprio Autor.

Nele foi possível sintonizar a rádio AM de frequência 1820 KHz, que corresponde a Radio Educadora de Limeira - SP. A antena emissora está aproximadamente a um raio de distância de 2,36 Km da escola.

O funcionamento da rádio de galena, somente é possível, graças a um campo magnético variável que induz uma corrente elétrica na bobina, em nosso caso a torre emissora da rádio cria esse campo magnético e o indutor transforma em corrente elétrica. Os capacitores servem para sintonia e filtragem da onda e o diodo para retificação da onda, por fim o alto falante que transforma em onda sonora o sinal da radio AM. Esses detalhes são melhores explicados na figura 5.

**Figura 6:** Esquema ilustrativo mostrando o circuito elétrico da rádio com os conceitos físicos que ocorrem com cada elemento do circuito.



Fonte: extraída de Almendros (2008) p. 8.

A antena capta ondas eletromagnéticas que criam uma corrente elétrica alternada. Ao variar o cursor que está acoplado ao capacitor, sobre o número de voltas da bobina, é possível diminuir ou aumentar a indutância e conseqüentemente sua capacitância e assim é captado a frequência da radio, neste ponto a bobina e o capacitor age como um sintonizador.

A onda ao passar pelo diodo é retificada e torna-se contínua. Neste ponto devemos ressaltar que o sinal do rádio é composto de audiofrequência e radiofrequência, e o segundo capacitor age, portanto como um filtro e deixa passar apenas o sinal da audiofrequência, o sinal da radiofrequência é descartado indo para o terra do circuito e este sinal de audiofrequência que vai para o alto-falante.

A bobina foi feita usando o mesmo fio esmaltado da antena, e após a montagem do circuito deve-se raspar o cobre esmaltado da parte superior da bobina e do fio seletor, porém apenas da parte superior, caso a outra parte da bobina seja raspada entre uma volta ou outra toda a bobina se perderá. É importante ressaltar que o cobre oxida facilmente, logo todo vez que for usar o circuito é interessante raspar os contatos do fio seletor e a bobina. Outra informação que deve ser enfatizada é que, para a melhor qualidade do som, é imperativo ter um bom aterramento.

### Roteiro experimental

#### Um receptor de ondas eletromagnéticas: o rádio de Galena

Um dos primeiros semicondutores utilizados foi a galena que é o minério de chumbo mais abundante na natureza. "Galena" é a denominação vulgar do sulfeto de chumbo (PbS) que contem 86,6% de chumbo (Pb) e 13,4% de enxofre (S). O cristal de galena foi utilizado durante muito tempo devido à sua grande eficiência na detecção das ondas de rádio, sendo inclusive empregado na construção de receptores improvisados durante a segunda guerra mundial, em toda a Europa.

Além disso recentemente, substituiu-se a galena por semicondutores de germânio ou silício. Entretanto, por força do hábito, qualquer receptor pequeno e simples, como que propomos adiante, continua sendo chamado "radio-galena", mesmo que semicondutor utilizado seja outro.

#### Perguntas para o aluno responder

Você imaginaria que um circuito elétrico poderia funcionar sem estar conectado a uma tomada ou bateria? Como é possível o rádio funcionar?

Quando alteramos o fio seletor da bobina qual propriedade física estamos alterando? Explique.

O que a antena está captando e como é possível sair som no alto-falante? Explique.

Por que os rádios precisam estar ligados numa tomada ou terem bateria para funcionarem?

## 12- Avaliação de ondas mecânicas, eletromagnéticas e avaliação das aulas

Ao término das atividades é feita uma última avaliação para verificar capacidade de transferências de conceitos adquiridos em questões propostas e verificar se na visão do aluno a UEPS é facilitadora de aprendizagem.

Como os alunos não sabem como será a avaliação, podem ser usadas questões novas ou reutilizar questões que eles já estão familiarizados como método recursivo.

### Avaliação objetiva dos conteúdos de ondas e das aulas

#### Questões

1) Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia.

O fenômeno descrito é a

- a) Polarização
- b) Difração
- c) Ressonância
- d) Refração
- e) Interferência

2) O primeiro forno de micro-ondas foi patenteado no início da década de

1950 nos Estados Unidos pelo engenheiro eletrônico Percy Spence. Fornos de micro-ondas mais práticos e eficientes foram desenvolvidos nos anos 1970 e a partir daí ganharam grande popularidade, sendo amplamente utilizados em residências e no comércio. Em geral, a frequência das ondas eletromagnéticas geradas em um forno de micro-ondas é de 2450 MHz. Em relação à Física de um forno de micro-ondas, considere as seguintes afirmativas:

I. Um forno de micro-ondas transmite calor para assar e esquentar alimentos sólidos e líquidos.

II. O comprimento de onda dessas ondas é de aproximadamente 12,2 cm.

III. As ondas eletromagnéticas geradas ficam confinadas no interior do aparelho, pois sofrem reflexões nas

paredes metálicas do forno e na grade metálica que recobre o vidro da porta.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa I é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras

3) Quando o badalo bate num sino e o faz vibrar comprimindo e rarefazendo o ar nas suas proximidades, produz-se uma onda sonora. As ondas sonoras no ar são \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_. A velocidade das ondas sonoras em outro meio é \_\_\_\_\_.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- a) eletromagnéticas - transversais - igual
- b) mecânicas - longitudinais - igual
- c) mecânicas - transversais - diferente
- d) eletromagnéticas - longitudinais - igual

e) mecânicas - longitudinais - diferente

4) As ondas eletromagnéticas foram previstas por Maxwell e comprovadas experimentalmente por Hertz (final do século XIX). Essa descoberta revolucionou o mundo moderno. Sobre as ondas eletromagnéticas são feitas as afirmações:

I. Ondas eletromagnéticas são ondas longitudinais que se propagam no vácuo com velocidade constante  $c = 3,0 \times 10^8$  m/s.

II. Variações no campo magnético produzem campos elétricos variáveis que, por sua vez, produzem campos magnéticos também dependentes do tempo e assim por diante, permitindo que energia e informações sejam transmitidas a grandes distâncias.

III. São exemplos de ondas eletromagnéticas muito frequentes no cotidiano: ondas de rádio, micro-ondas e raios X.

Está correto o que se afirma em:

- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) I e III, apenas.
- e) II e III, apenas.

5) O som não se propaga no vácuo porque:



- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| a) é uma onda longitudinal;     | <input type="checkbox"/> Cordas e molas;         |
| b) é uma onda mecânica;         | <input type="checkbox"/> Tubo de Kundt;          |
| c) não é tridimensional;        | <input type="checkbox"/> Experimento de Oesterd; |
| d) é uma onda eletromagnética;  | <input type="checkbox"/> Eletroímã caseiro;      |
| e) não é uma onda estacionária. | <input type="checkbox"/> Radio de Galena.        |

### Avaliação das Aulas

Qual mais chamou sua atenção?  
Porque?

6) Você acredita que aprendeu mais com conteúdo desse jeito com aulas no Datashow, experimentos, textos e etc? Explique.

9) Como você avalia o uso dos experimentos nas aulas de física? Porquê?

7) Durante nossas aulas, tentamos explorar algumas formas de trabalho, como leitura de textos, aulas expositivas com datashow, experimentos, etc. Como você avalia essas aulas?

10) O que você acha que poderia ter sido melhor em nossas aulas? Explique.

- Péssima
- Ruim
- Regular
- Boa
- Muito boa

Justifique:

8) Dentre os seguintes experimentos:





## 13- Atividade extra: Uma proposta para uma abordagem histórica do rádio

### Contexto histórico

A descoberta do rádio é frequentemente atribuída a Marconi, mas há controvérsias quanto a essa informação. Sendo assim, propomos a construção de um rádio de galena que era um rádio muito utilizado no Brasil em 1920 e 1930 e durante a segunda grande guerra. Ele capta apenas modulação AM (Braga,2013). Por ser um rádio com montagem de materiais de baixo custo e possuir funcionamento nada usual, pois funciona sem eletricidade, espera-se assim despertar a atenção dos alunos.

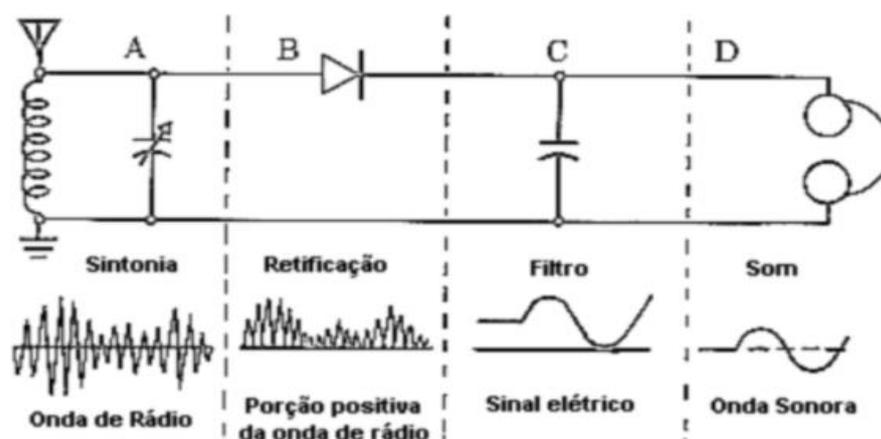
Existem dois momentos da linha do tempo do rádio que causa uma confusão. Com trabalhos de Hertz sobre ondas eletromagnéticas e outros como Faraday e Maxwell. Houve grandes estudos sobre o tema. Marconi foi o primeiro em 1896 a patentear um aparelho “transmissor de sinais sem fio”, e era um aparelho de telegrafia (Código Morse), em seguida fundou uma empresa e naturalmente com o aperfeiçoamento do seu aparelho, ele desenvolve o rádio ao ponto de ser comercializado. Porém, o Padre Landell de Moura em 1900 independentemente, consegue desenvolver o rádio ao enviar sua voz através do rádio e assim patenteou seu experimento no Brasil e Estados Unidos

Independentemente de quem inventou o rádio acaba tendo um papel social fundamental em nossa sociedade, nesse sentido o rádio também teve um papel social bastante interessante durante a segunda guerra mundial: manter as tropas informadas sobre os avanços e retrocessos que o exército sofria. Esse papel é bem retratado no filme Guerra de Hart (2002), que retrata prisioneiros americanos utilizando um rádio de galena para se manterem informados sobre o avanço dos aliados. Portanto, é possível ter também uma abordagem com Ciência, Tecnologia e Sociedade.

A galena é sulfeto de chumbo natural e é um dos primeiros semicondutores conhecido. Posteriormente a galena foi substituída pelo diodo. E a partir de então houve toda a evolução do rádio com avanço da eletrônica.

O funcionamento do rádio de galena é possível graças a um campo magnético variável que induz uma corrente elétrica na bobina. A torre emissora da rádio cria esse campo magnético variável e o indutor o transforma em corrente elétrica. Os capacitores servem para sintonia e filtragem da onda e o diodo para retificação da onda. Por fim, o alto falante transforma em onda sonora o sinal da radio AM. Esses detalhes são melhores explicados na Figura 7.

**Figura 7:** Esquema ilustrativo mostrando o circuito elétrico da rádio com os conceitos físicos que ocorrem com cada elemento do circuito.



Fonte: Figura extraída de Almendros (2008).

A antena capta ondas eletromagnéticas que criam uma corrente elétrica alternada. Ao variar o cursor que está acoplado ao capacitor sobre o número de voltas da bobina, é possível diminuir ou aumentar a indutância e, conseqüentemente, sua capacitância. Assim é captado a frequência do rádio. Neste ponto, a bobina e o capacitor agem como um sintonizador.

A onda ao passar pelo diodo é retificada e torna-se contínua. Assim devemos ressaltar que o sinal do rádio é composto de áudiofrequência e radiofrequência, e o segundo capacitor age, portanto, como um filtro e deixa passar apenas o sinal da áudiofrequência, o sinal da radiofrequência é descartado indo para o fio terra do circuito e este sinal de áudiofrequência que vai para o alto-falante.

### Atividade colaborativa

Essas perguntas podem ser levadas aos alunos, como pesquisa após a apresentação do experimento:

- Quem inventou o rádio?
- Quem foi Landell de Moura?
- Você acredita que houve alguma injustiça com o Padre Landell de Moura?
- Como funciona o rádio de galena?
- Qual a diferença do rádio de galena para o rádio utilizado hoje em dia?
- A mudança do sinal analógico (AM e FM) do rádio para a sinal digital de rádio é uma ideia em desenvolvimento em vários países. Você acha realmente necessário acabar com o sinal analógico do rádio e transferir todos as emissoras de rádio para digital junto com os rádios receptores?

## – Considerações Finais

A UEPS é algo dinâmico, portanto, todas as atividades devem ser concebidas levando em consideração o aluno. Logo, o nível de conhecimento do aluno ditará o ritmo e a complexidade de cada atividade, sendo assim, é necessário que o professor dialogue com alunos e atente para qualquer evidência de aprendizagem, ao longo de cada atividade. O interesse é pela aprendizagem e não por cumprir conteúdos de algum currículo.

Este material de apoio às aulas não deve ser encarado como um manual de aula. Deve ser visto como uma sugestão de atividades que foram anteriormente utilizados em uma sala de aula comum, seguindo as orientações de construção de uma UEPS dadas por Moreira (2011) e que obteve resultados positivos para que aulas se tornassem mais dinâmicas, e que alunos se sentiram mais motivados, gostando não apenas das aulas, mas de realizar os experimentos, ler textos e construir mapas conceituais.

Ao disponibilizá-lo, esperamos que a sequência didática produzida por nós tenha um impacto positivo em seus alunos e, assim, tornando as aulas de Física cada vez mais compreensíveis aos alunos de modo que eles realmente aprendam. Esperamos também que motive cada leitor deste produto educacional a desenvolver a sua própria Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, que nosso relato inspire a desenvolver sua própria Unidade de Ensino independentemente do tema que venha a escolher.

## — BIBLIOGRAFIA

ALMENDROS, F. M. **Rádio de Galena**. Relatório final de curso. Unicamp, 2008. Disponível em: <[http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem2\\_2008/FelipeMAlmendros\\_DavidSoares\\_F609\\_RF2.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2008/FelipeMAlmendros_DavidSoares_F609_RF2.pdf)> . Acessado em: 24 julho de 2017.

AUSUBEL, David P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. 1 ed. Lisboa: Plátano, 2003.

BRAGA, Newton. C. Utilizando a energia gerada por pequenos motores. In **Projetos eletrônicos educacionais com energia alternativa**. 1 ed. São Paulo: Clube de Autores, 2013.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 41-51, 2007

MOREIRA, Marco Antonio. *Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa*. Porto Alegre: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1997). Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf> Acesso em: janeiro, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. *O que é afinal aprendizagem significativa?* Cuiabá: Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso (2010). Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf> Acesso em: janeiro, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidade de ensino potencialmente significativas-UEPS Porto Alegre: Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2011). Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf> Acesso em: janeiro, 2018.

MORINI, LIZANDRA B. M. *Atividades experimentais de Física à luz da epistemologia de Laudan: ondas mecânicas no ensino médio*. 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PENA, Rodolfo F. Alves. "Escala Richter"; *Mundo Educação*. Disponível em <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/escala-richter.htm>>. Acesso em 12 de setembro de 2017.

SANTOS, Antonio Carlos F.; AGUIAR, Carlos Eduardo. Ondas e terremotos. **Rio de Janeiro: Instituto de Física/Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2012.

SANTOS, GRAZIELY A. S. *Desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente significativa para o Ensino do Conceito de Ondas*. 2015. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

SEE/SP. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. A identidade das ondas eletromagnéticas. In: **Caderno do aluno**. (Ciências). Vol. 2 São Paulo: IMESP, 2014.

SEE/SP. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. O Espectro Eletromagnético. In: **Caderno do aluno**. (Física). Vol. 2 São Paulo: IMESP, 2014.

# Anexo A

## TEXTOS DO CADERNO DO ALUNO DO 2º ANO MÉDIO

---

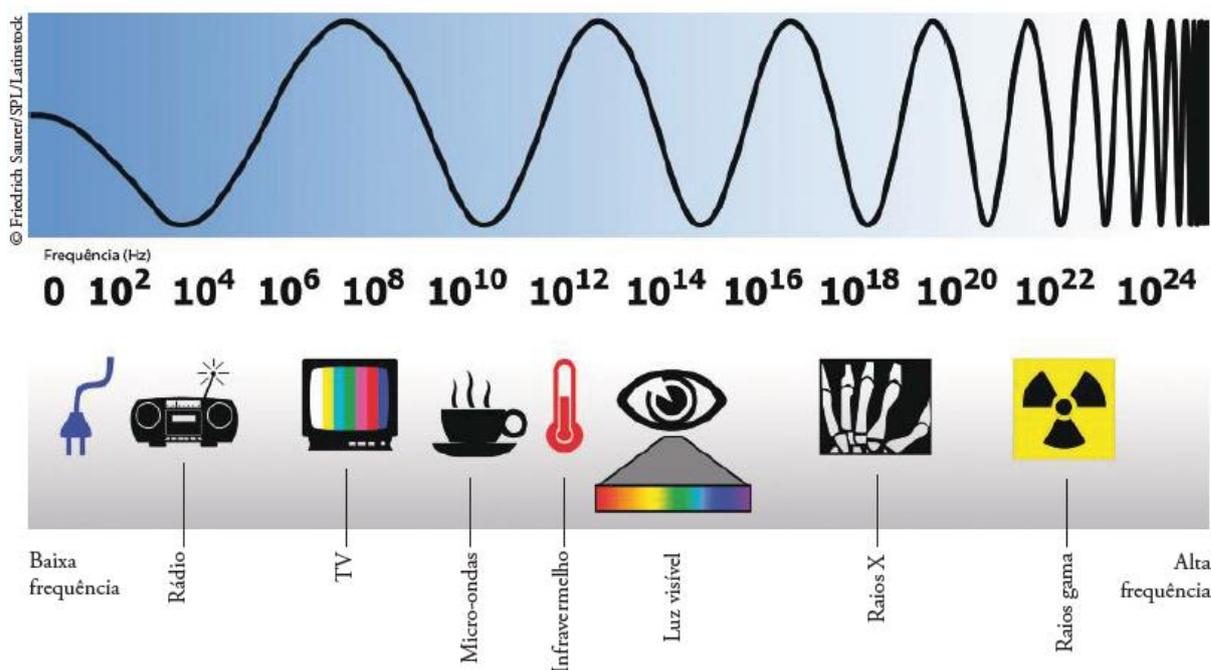
---

### **Ondas eletromagnéticas - Luz e cores: “simplesmente” ondas eletromagnéticas**

No final do século XIX, foi sistematizada uma teoria – o eletromagnetismo – demonstrando que os fenômenos elétricos, magnéticos e ópticos são de mesma natureza. Essa teoria previu a existência das ondas eletromagnéticas e obteve uma velocidade para sua propagação: 300 000 km/s. Essa é também a velocidade da luz, igualmente uma onda eletromagnética.

Um elétron em movimento acelerado emite uma onda eletromagnética. Se um elétron mover-se para cima e para baixo, oscilando em torno de um ponto, seu campo elétrico move-se junto. Acontece que, quando um campo elétrico varia, ele gera um campo magnético. Assim, toda carga em movimento, além de gerar um campo elétrico, também cria um campo magnético. Isso ocorre porque todo campo elétrico variável cria um campo magnético e vice-versa. Com isso, uma carga, ao se mover, movimentava seu campo elétrico. Este, ao variar, gera um campo magnético variável que, por sua vez, gera um campo elétrico variável que vai gerar um campo magnético variável que vai gerar...

Ou seja, os campos elétricos e magnéticos variáveis geram um ao outro e são emitidos pela carga oscilando como uma onda eletromagnética. Essa é a “coisa” detectada, por exemplo, quando você liga um rádio ou atende a uma chamada no celular. Os elétrons do fio, ao se moverem, emitem uma onda eletromagnética capaz de ser detectada pelo rádio e pelo aparelho telefônico. Essas ondas eletromagnéticas estão presentes todo o tempo em nosso mundo. A maioria dos equipamentos elétricos tem seu funcionamento baseado nelas. Certamente, seu corpo está sendo atravessado por milhares de ondas eletromagnéticas neste exato momento, desde as emissoras de rádio e TV até radiações de origem cósmica.



A quantidade de vezes que uma carga oscila em um segundo é o que chamamos de frequência.

Assim, se esse elétron oscilasse 100 mil vezes ( $10^5$ ) por segundo, você começaria a notar uma interferência no rádio. Ou seja, nessa frequência, ele estaria emitindo uma onda de rádio. Se ele aumentasse sua oscilação para 1013 vezes por segundo, você começaria a sentir um calor emanando dele. Isso quer dizer que, nessa frequência, ele estaria emitindo uma onda chamada de infravermelho. Ao chegar em  $4 \cdot 10^{14}$  oscilações por segundo, ele emitiria luz vermelha. Ao continuar aumentando a frequência de oscilação, ele iria emitir amarelo, verde, azul e, quando se aproximasse de  $10^{15}$  vezes por segundo, ele emitiria violeta.

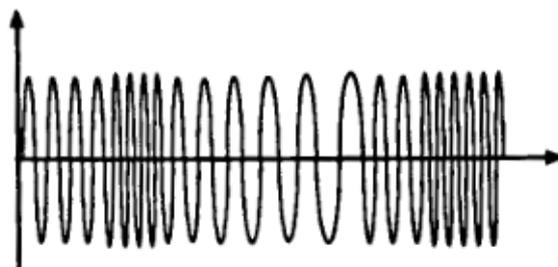
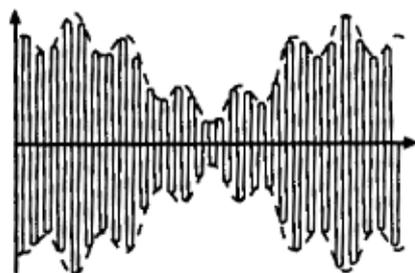
Dessa forma, a frequência de vibração do elétron define a frequência da onda eletromagnética que ele emite, determinando propriedades fundamentais dessas ondas, como a capacidade de produzir calor, de atravessar materiais, de ser captadas pelos nossos olhos etc.

A unidade utilizada para frequência é o hertz (Hz), em homenagem ao físico que gerou e detectou pela primeira vez as ondas de rádio. Um hertz corresponde a uma oscilação por segundo.

Chamamos de luz visível apenas a pequena faixa de frequências que nossos olhos são capazes de detectar (de  $4 \cdot 10^{14}$  Hz a  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz). A maioria das ondas eletromagnéticas é invisível para nós: micro-ondas, ondas de rádio, infravermelho, ultravioleta, raios X etc. [...]

### Espectro eletromagnético

Estamos “imersos” em ondas eletromagnéticas transmitidas pela TV, pelas estações de rádio AM e FM, pelas conversas por celular, pelos dados em redes *wi-fi* etc. Cada uma dessas ondas possui frequências diferentes, de modo que os sinais podem ser todos separados. Como foi visto na Situação de Aprendizagem 14, pode-se facilmente transmitir ruído. E como transmitir dados, músicas e imagens? Numa onda desordenada, como o estalo ouvido no rádio, nenhuma informação codificada pode ser transmitida. Para que haja transmissão de informações, como áudio ou vídeo, utilizam-se ondas senoidais. Inicialmente, uma informação é transformada em corrente elétrica pelo dispositivo que vai transmiti-la. Contudo, essas correntes elétricas têm frequências muito baixas e, por isso, não são apropriadas para ser transmitidas a longas distâncias. Assim, ondas eletromagnéticas de alta frequência “carregam” a informação codificada nessas correntes elétricas. Tais ondas são chamadas de ondas portadoras e é a sua frequência que sintonizamos quando ouvimos determinada estação de rádio. Por exemplo, no gráfico “Onda sonora”, temos a representação de uma onda sonora já transformada em sinal elétrico. No gráfico “Sua onda portadora”, temos uma onda senoidal, que será a onda que vai “carregar” o sinal elétrico gerado pela onda sonora. Assim, quando se ouve uma transmissão de rádio FM, 98,6 MHz, por exemplo, isso significa que um transmissor gerou uma onda senoidal exatamente com essa frequência. O mesmo ocorre com as transmissões AM, UHF, VHF etc. Além disso, o uso das ondas senoidais permite que uma grande quantidade de aparelhos use as mesmas faixas de frequência ao mesmo tempo.



Fonte: GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física). *Leituras de Física*:



## AM e FM

Para que uma onda senoidal contenha informação, é necessário modulá-la. Esse processo produz alterações na amplitude ou na frequência da onda portadora, de modo a torná-la idêntica à das correntes elétricas que representam as informações transmitidas. As duas formas mais comuns de modulação são justamente a AM (amplitude modulada) e a FM (frequência modulada).

Assim, você deve compreender que nos dispositivos eletrônicos de comunicação existem transmissores e receptores (simultaneamente ou não). O princípio fundamental é que determinada informação (como o som da voz de alguém, imagens de um programa de TV ou uma música) é codificada e transmitida por meio de ondas eletromagnéticas pelo transmissor. O receptor recebe essas ondas e decodifica as informações recebidas. Nesse processo, os dois dispositivos utilizam antenas para transmitir e captar as ondas eletromagnéticas. Um celular é um rádio que possui um transmissor e um receptor que podem funcionar ao mesmo tempo. Sua operação depende de contínua comunicação com estações de retransmissão, cujas antenas estão distribuídas por regiões onde há atuação da operadora de telefonia móvel.

Com a energia que essas ondas eletromagnéticas transportam, elas são capazes de fazer os elétrons das antenas que as recebem passar a oscilar, gerando assim uma corrente elétrica, que varia na mesma frequência da onda. Sintonizar um rádio, uma TV ou um celular significa permitir que os elétrons de suas antenas oscilem na frequência exata da onda eletromagnética portadora da informação. Somente quando isso ocorre o sinal enviado pela estação pode ser captado, permitindo assim a decodificação da informação, tornando-a acessível. É por isso que uma ligação de celular “aciona” somente determinado aparelho telefônico, visto que os elétrons de sua antena, junto com seus circuitos internos, estão “aptos” a vibrar somente em uma frequência bem determinada. Por isso, apenas o celular para o qual você está ligando toca.

Perceba que a compreensão do espectro eletromagnético é essencial para o entendimento do mundo em que vivemos. Em termos de interação, captamos muito pouco do espectro eletromagnético com nossos sensores naturais. Por exemplo, nossos olhos captam muito pouco do espectro eletromagnético (olhe novamente o espectro e veja como a faixa do visível é bem pequena). Assim, todo um universo é invisível para nós. Isso significa que

diferentes espécies se relacionam de maneira diferente com o mesmo mundo, de acordo com os sensores que possuem. Alguns animais, como a cobra, captam o infravermelho e, então, diferentemente de nós, “enxergam” pelo calor. Nós, seres humanos, somos capazes de sentir o calor na pele, mas não podemos vê-lo, exceto quando utilizamos visores ou miras sensíveis ao infravermelho, como as de certas armas para atirar no escuro.

Elaborado por Guilherme Brockington especialmente para o São Paulo faz escola.

### Perguntas

1. Qual é a diferença entre as transmissões AM, FM, VHF e UHF?
2. O que o funcionamento de um celular e o de um rádio têm em comum? Justifique.
3. Sabendo que a velocidade de propagação de uma onda é dada por  $v = \lambda \cdot f$  (onde  $\lambda$  é o comprimento da onda e  $f$  é a frequência), que a velocidade de propagação da luz no vácuo é a mesma para diferentes frequências e que uma onda na região do infravermelho tem o comprimento de onda maior que o de uma onda na região do ultravioleta, diga qual delas tem maior energia. Justifique.
4. Pesquise em seu livro didático de Física, na biblioteca de sua escola ou na internet:
  - a) Qual é a faixa de frequência e energia de micro-ondas, raios X e raios  $\gamma$  (gama)?