



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA COMO  
INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**JOANE DA SILVA SANTANA**

**VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA  
SETEMBRO- 2019**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**JOANE DA SILVA SANTANA**

**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA COMO  
INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA  
SETEMBRO – 2019**

S223u

Santana, Joane da Silva.

Unidade de ensino potencialmente significativa como instrumento de aprendizagem de ondas eletromagnéticas. / Joane da Silva Santana, 2019.

181f. il.

Orientador (a): Dr<sup>a</sup>. Cristina Porto Gonçalves.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós Graduação do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Vitória da Conquista, 2019.

Inclui referência F. 160 - 161.

1. Ensino de física – Ondas eletromagnéticas. 2. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – Aprendizagem Significativa. 3. Mapas conceituais. I. Gonçalves, Cristina Porto. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. III. T.

CDD 530.07

***Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890***

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista - BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB  
 PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL  
 EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF  
 Área de concentração: Ensino de Física



ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 04 dias do mês de outubro de 2019, às 15 horas, no Auditório II do Módulo Antônio Luiz, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada "UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS", de autoria de Joane da Silva Santana, discente do Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. A banca examinadora foi presidida pela(o) professor(a) Dr(a). Cristina Porto Gonçalves, orientador(a) da(o) mestranda(o) e contou com a participação dos professores Dr(a). Luizdarcy de Matos Castro, Dr(a). Benedito Gonçalves Eugenio e Dr(a). Jorge Ricardo de Araujo Kaschny, na condição de examinadores. A sessão teve a duração de 01h e 35 min. e a banca examinadora emitiu o seguinte parecer: O TRABALHO CONTRIBUI DE MANEIRA SIGNIFICATIVA PARA AS PESQUISAS DE ENSINO DE FÍSICA. A DISCENTE TEM ATÉ 60 (SESSENTA) DIAS PARA A ENTREGA DA VERSÃO FINAL COM AS CONSIDERAÇÕES DA BANCA.

A dissertação recebeu o conceito final: APROVADO

*Cristina Porto Gonçalves*  
 Prof(a). Dr(a). Cristina Porto Gonçalves (UESB)  
 Presidente da Banca Examinadora/Orientador

*Luizdarcy de Matos Castro*  
 Prof(a). Dr(a). Luizdarcy de Matos Castro (UESB)  
 Examinador(a) interno(a)/Coorientador

*Benedito Gonçalves Eugenio*  
 Prof(a). Dr(a). Benedito Gonçalves Eugenio (UESB)  
 Examinador(a) interno(a)

*Jorge Ricardo de Araujo Kaschny*  
 Prof(a). Dr(a). Jorge Ricardo de Araujo Kaschny (IFBA)  
 Examinador(a) externo(a)

*Joane da Silva Santana*  
 Joane da Silva Santana  
 Discente

*Luizdarcy de Matos Castro*  
 Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro  
 Coordenador do PPGMNPEF



Programa de Pós-Graduação da UESB  
 Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF  
 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB  
 Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA  
 CEP: 45031-300





UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB  
 PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Mestrado Nacional Profissional  
 EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF  
 Área de concentração: Ensino de Física



## UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA - INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

AUTOR(A): JOANE DA SILVA SANTANA

DATA DE APROVAÇÃO: 04 DE OUTUBRO DE 2019

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em convênio com a Sociedade Brasileira de Física - SBF, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Área de concentração: Ensino de Física.

### COMISSÃO JULGADORA

*Cristina Porto Gonçalves*  
 Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves (UESB)  
 Presidente da Banca Examinadora/Orientadora

*Luizdarcy de Matos Castro*  
 Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro (UESB)  
 Examinador(a) interno/Coorientador(a)

*Benedito Gonçalves Eugenio*  
 Prof. Dr. Benedito Gonçalves Eugenio (UESB)  
 Examinador(a) interno(a)

*Jorge Ricardo de Araújo Kaschny*  
 Prof. Dr. Jorge Ricardo de Araújo Kaschny (IFBA)  
 Examinador(a) externo(a)

2019



Programa de Pós-Graduação da UESB  
 Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF  
 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB  
 Estrada do Bem Querer Km, 04, Vitória da Conquista - BA  
 CEP: 45031-300



## DEDICATÓRIA

*À minha mãe **Maria do Carmo**, que com seu cuidado e oração, me tornou a mulher que sou.*

*Ao meu filho **Lucas**, por ter me ensinado o amor incondicional.*

*Ao meu esposo **Orlando**, por todo incentivo e apoio.*

## **AGRADECIMENTOS**

*A **Jesus Misericordioso**, por realizar milagres constantes em minha vida.*

*Aos meus pais, **Maria do Carmo e João**, por terem pensado em mim em suas orações.*

*Aos meus irmãos, **Joandson, Jamerson e Isaac**, pelo incentivo nos momentos difíceis.*

*Ao meu esposo, **Orlando**, pelo amor e dedicação.*

*Ao meu filho **Lucas**, pelos momentos de alegria.*

*Aos meus orientadores, **Cristina Porto e Luizdarcy Matos**, exemplos de dedicação à profissão.*

*Aos meus colegas de mestrado, pelo cuidado e atenção, em especial **Wilck, Gilmar, Gilson e Renatto**.*

*Às minhas amigas **Daisy e Andréia** que me motivaram nos momentos de exaustão.*

*À **Capes**, pelo apoio financeiro.*

*À **Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia**, por ter me acolhido mais uma vez.*

*À **Sociedade Brasileira de Ensino de Física**, por seu empenho na implementação do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, em nosso polo.*

*Aos meus **alunos**, que aceitaram esse desafio comigo.*

*Ao **Colégio Estadual Renato Viana** pela oportunidade de exercer meu ofício.*

## **RESUMO**

O trabalho aqui apresentado tem como propósito contribuir para ensino de Ondas Eletromagnéticas, através da elaboração, implementação e avaliação de uma sequência didática nos moldes de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), tendo como fundamento a Aprendizagem Significativa de David Ausubel e o modelo proposto por Marco Antonio Moreira. A pesquisa foi realizada em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, do Colégio Estadual Renato Viana, no município de Anagé, com a finalidade de despertar nos discentes o interesse em compreender este fenômeno, tão presentes no cotidiano. Nesta perspectiva, foram utilizados os mais diversos recursos didáticos (slides, simulações virtuais, experimentos reais, vídeos, situações problema), na aplicação dos passos propostos na UEPS. Ao longo da intervenção foram apresentadas várias evidências de aprendizagem, suficientes para considerar o êxito deste trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ensino de Física; Aprendizagem Significativa; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Ondas Eletromagnéticas; Mapas Conceituais.



**ABSTRACT**

The work presented here aims to contribute to the teaching of Electromagnetic Waves, through the elaboration, implementation and evaluation of a didactic sequence along the lines of Potentially Significant Teaching Unit (UEPS), based on David Ausubel's Meaningful Learning and the proposed model by Marco Antonio Moreira. The research was conducted in a class of the third year of high school, Renato Viana State College, in the city of Anagé, in order to arouse in students the interest in understanding this phenomenon, so present in everyday life. In this perspective, the most diverse didactic resources (slides, virtual simulations, real experiments, videos, problem situations) were used in the application of the proposed steps in the UEPS. Throughout the intervention, several learning evidences were presented, sufficient to consider the success of this work.

**KEYWORDS:** Physics Teaching; Meaningful Learning; Potentially Significant Teaching Unit. Electromagnetic waves; Concept maps.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capacitor (superfície bojuda).....	30
Figura 2 – Capacitor de placas paralelas .....	31
Figura 3 – Propagação de uma onda.....	34
Figura 4 – Espectro Eletromagnético .....	39
Figura 5 – Espectro eletromagnético (ondas de rádio) .....	39
Figura 6 – Amplitude Modulada e Frequência Modulada.....	40
Figura 7 – Sistema usado para gerar uma onda eletromagnética .....	41
Figura 8 – Mapa conceitual sobre Eletricidade .....	53
Figura 9 – Simulação “Molécula e Luz” .....	56
Figura 10 – Vídeo 1 – “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético” .....	57
Figura 11 – Vídeo 2 – “Estudo mostra cuidados que devemos ter com celulares”,.....	57
Figura 12 – Vídeo 3 – “Raio X” .....	58
Figura 13 – Simulador “Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos” .....	59
Figura 14 – Construção de Mapas Conceituais (tema livre) .....	62
Figura 15 – Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A24.....	62
Figura 16 – Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A19 .....	63
Figura 17 – Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A07.....	63
Figura 18 – Construção dos Mapas Conceituais (O que é Física?) .....	64
Figura 19 – Mapa Conceitual elaborado pelo grupo 01 .....	64
Figura 20 – Mapa Conceitual elaborado pelo grupo 02 .....	65
Figura 21 – Levantamento de conhecimentos prévios .....	65
Figura 22 – Gota caindo no lago .....	66
Figura 23 – Vídeo sobre o espectro eletromagnético .....	68
Figura 24 – Atividade do aluno A31 .....	69
Figura 25 – Atividade do aluno A23 .....	70
Figura 26 – Atividade do aluno A12 .....	70
Figura 27 – Materiais e realização do Experimento 1 .....	71
Figura 28 – Respostas da Equipe 1 .....	72
Figura 29 – Resposta da Equipe 5 .....	72
Figura 30 - Resposta da Equipe 4.....	72
Figura 31 - Realização do Experimento 2 .....	73
Figura 32- Resposta da Equipe 1 (Experimento 2).....	73
Figura 33 - Resposta da Equipe 2 (Experimento 2).....	73
Figura 34 - Resposta da Equipe 4 (Experimento 2).....	74
Figura 35 - Realização do Experimento 3 .....	74
Figura 36 - Resultado da Equipe 3 (Velocidade da Luz) .....	75
Figura 37 - Resultado da Equipe 5 (Velocidade da Luz) .....	75
Figura 38 - Resultado da Equipe 1 (comprimento de onda).....	76
Figura 39 - Resultado da Equipe 3 (estação de rádio).....	76
Figura 40 - Mapa conceitual do aluno A12 .....	77
Figura 41 - Mapa conceitual do aluno A26 .....	78

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Dissertações sobre Ondas Eletromagnéticas – MNPEF .....	18
Tabela 2 – Dissertações sobre UEPS e Ensino de Ondas .....	20
Tabela 3 – Cronograma da UEPS .....	61

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
2.1 Dissertações sobre Ensino de Ondas Eletromagnéticas – MNPEF.....	18
2.2 Dissertações sobre UEPS e o Ensino de Ondas.....	20
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel .....	22
3.2 A Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira .....	24
<b>4. ESTUDO DAS ONDAS ELETROMAGNETICAS .....</b>	<b>27</b>
4.1 Equações de Maxwell.....	27
4.1.1 Lei de Gauss para o Campo Elétrico.....	27
4.1.2 Lei de Gauss para o Campo Magnético.....	28
4.1.3 Lei da Indução de Faraday.....	29
4.1.4 Lei de Ampère – Maxwell:.....	30
4.2 Ondas Eletromagnéticas.....	34
4.3 Espectro Eletromagnético.....	38
4.4 Geração de ondas eletromagnéticas.....	41
4.5 Transporte de energia da onda eletromagnética .....	42
<b>5. PROCEDIMENTOS DIDÁTICO-METODOLÓGICOS.....</b>	<b>45</b>
5.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) .....	45
5.2 Mapas Conceituais .....	49
<b>6. INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA .....</b>	<b>51</b>
6.1 Contexto da Pesquisa .....	51
6.2 Descrição da turma .....	51
6.3 Preparação para a aplicação da UEPS.....	52
6.4 Aspectos Sequenciais da UEPS .....	53
6.4.1 Definição do Conteúdo Abordado.....	54
6.4.2 Levantamento de Conhecimentos Prévios .....	54
6.4.3 Situações-problema em Nível Introdutório.....	55
6.4.4 Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido.....	56
6.4.5 Retomar os Aspectos mais Gerais em Nível mais Alto de Complexidade .....	58
6.4.6 Concluir a Unidade (Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa) ...	59
6.4.7 Avaliação da Aprendizagem através da UEPS.....	60

6.4.8 Análise do Êxito da aplicação da UEPS .....	60
6.5 Cronograma de aplicação da UEPS.....	61
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>62</b>
7.1 Atividade de Introdução sobre Mapas Conceituais .....	62
7.2 Análise do Questionário de Levantamento de Conhecimentos Prévios .....	65
7.3 Investigações das respostas das Situações-problema em Nível Introdutório .....	68
7.4 Análise da apresentação do Conhecimento a ser Ensino/Aprendido .....	69
7.5 Resultados das atividades experimentais .....	70
7.6 Análise da Atividade de Conclusão da UEPS .....	75
7.7 Resultados dos Mapas Conceituais (Atividade Final).....	77
7.8 Passo final da UEPS – Evidências de Aprendizagem.....	79
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>80</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>87</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Física, como ciência que estuda os fenômenos naturais, deve contribuir com a mudança da percepção do aluno para que este possa entender que o conhecimento é de fundamental importância para a construção de sua capacidade de estabelecer relações com situações do seu cotidiano. Deste modo, para que a aprendizagem dos conceitos físicos aconteça de maneira efetiva é necessário a utilização de práticas de ensino que considerem o contexto social e os conhecimentos prévios que os discentes possuem. Marco Antônio Moreira, aborda em seu artigo “O que é afinal aprendizagem significativa?” que:

[...] o ensino da Física na educação contemporânea é desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e aborda a Física como uma ciência acabada, tal como apresentada em um livro de texto. (MOREIRA, 2014, p.02)

Segundo esta citação de Moreira, os discentes apresentam diversas dificuldades em relação ao alcance da aprendizagem, pois temas e fenômenos vivenciados em seu cotidiano não são compreendidos por não estarem inseridos no contexto da sala de aula. Isso acaba desmotivando a compreensão da Física como ciência, já que realidades e conteúdos pragmáticos são distanciados nas práticas metodológicas, aplicadas pela maioria dos docentes.

Mas, esta problemática acaba sendo constante, visto que, grande parte dos professores têm uma carga horária de trabalho intensa, com apenas duas aulas semanais e sem estruturas adequadas para realizações das aulas expositivas, principalmente as práticas. Reforçando que as dificuldades também se estendem a base matemática ineficiente para o avanço dos conteúdos abordados. Deste modo, não existe uma maneira objetiva neste processo de ensino-aprendizagem. Isso é citado por Paulo Freire em sua obra *Pedagogia da Autonomia*, quando este ressalta que:

[...] o bom professor é o que consegue, enquanto fala, trazer o aluno até a intimidade do movimento de seu pensamento. Sua aula é assim um desafio e não uma “cantiga de ninar”. Seus alunos cansam, não dormem. Cansam porque acompanham as idas e vindas de seu pensamento, surpreendem suas pausas, suas dúvidas, suas incertezas. (FRIERE, 1996, p.96)

Deste modo, a formação teórica, apenas, não é fundamental para que um professor atinja seu objetivo de realizar o processo de ensino-aprendizagem, visto que, é necessário associar esse conhecimento adquirido nos cursos de licenciatura em Física com às novas metodologias que estão disponíveis e com os novos modelos que ainda estão sendo pesquisados e elaborados. Esse processo acaba sendo um desafio constante ao docente, mas, apesar das dificuldades encontradas no desenvolvimento do ensino-aprendizagem, é possível ao discente encontrar um caminho para compreender o significado dos fenômenos físicos e com isso estabelecer relações com a sua realidade.

Em apoio a essa perspectiva temos a lei magna da educação, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece o Ensino Médio como a etapa de conclusão da Educação Básica, definindo-a como um período de escolarização que tem por finalidades, asseguradas no art. 35:

- I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996).

Sendo assim, o Ensino Médio possui um papel fundamental na formação do indivíduo, sendo responsável pela inserção deste na sociedade de forma que venha a contribuir nos âmbitos profissional, intelectual e social.

No Estado da Bahia, o Ensino Médio segue as Orientações Curriculares para o Ensino Médio – OCEM, que foi estruturado a partir da LDB e com o apoio dos envolvidos no processo de formação estudantil, com o objetivo de estabelecer um diálogo entre a educação científica, humanística e integral. Isso acaba por valorizar a cultura, a relação entre teoria e prática, às metodologias que são utilizadas e também a inserção de novas tecnologias no ensino. (BAHIA, 2015, p.09).

As OCEM estão divididas em duas partes: a primeira trata do contexto nacional e baiano, fundamentos teóricos e metodológicos. A proposta curricular por área de conhecimento é apresentada na segunda parte deste documento. Nesta proposta consta a

descrição das competências e habilidades que deveram ser desenvolvidas e orientações metodológicas. Nos Conteúdos Referenciais, da área de Exatas, em especial a Física, foi destacado o conteúdo abordado nesta pesquisa: Ondas Eletromagnéticas. De acordo com as OCEM, esse conteúdo é descrito da seguinte forma: “Telecomunicações, Informações e Ondas Eletromagnéticas: a veiculação de informações por ondas eletromagnéticas; princípio de funcionamento dos principais equipamentos de comunicação com base na propagação de ondas eletromagnéticas (rádio, TV, telefonia convencional e celular, fibras ópticas)”, (BAHIA, 2015, p.63).

Deste modo, a inserção deste conteúdo é de extrema importância para formação dos discentes, preparando-os para os avanços científicos e desmitificando as ideias equivocadas sobre os conceitos relevantes relacionados a compreensão e a efetivação de uma Aprendizagem Significativa.

Com base em tudo que foi exposto até agora, pode-se descrever, além disso, sobre o desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que de acordo com Moreira (2011), são sequências de ensino fundamentadas teoricamente e voltadas para aprendizagem significativa, não mecânica, que podem ser usadas na pesquisa aplicada em ensino, voltadas diretamente para sala de aula, tendo como foco a construção de atividades sobre Ondas Eletromagnéticas.

A elaboração deste material foi motivada pelas dificuldades apresentadas na aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas e pela necessidade de encontrar caminhos que permitam construir uma aprendizagem significativa. Desta forma, a questão norteadora deste trabalho se apresenta por meio do seguinte questionamento: Como desenvolver, aplicar e avaliar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa no estudo de Ondas Eletromagnéticas?

Neste contexto, o objetivo principal, na elaboração deste trabalho, é produzir uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que possa ser utilizada como apoio didático no ensino de Ondas Eletromagnéticas. Para isso, foi necessário verificar as seguintes especificidades:

- A existência de conhecimentos prévios sobre Ondas Eletromagnéticas, na estrutura cognitiva do estudante;
- Propor situações-problema por meio de simulações computacionais; experimentos; vídeos; reportagens veiculadas na mídia, que possam funcionar também como organizadores prévios;



- Promover atividades contextualizadas visando motivar a participação dos discentes;
- Verificar a potencialidade da UEPS, a partir das evidências de aprendizagem significativa do conteúdo estudado.

A aplicação desta proposta de ensino foi realizada no Colégio Estadual Renato Viana, no município de Anagé – Bahia, composta por sete momentos, entre os meses de setembro e novembro de 2018.

A elaboração desta dissertação está estruturada em oito capítulos, conforme recomendação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF. O primeiro capítulo trata sobre o processo introdutório do trabalho, no segundo são apresentadas as Revisões Bibliográficas e seus respectivos resultados de dissertações, referentes a proposta de ensino de Ondas Eletromagnéticas.

O terceiro capítulo é composto pelo Referencial Teórico, que foi dividido em dois tópicos: o primeiro sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e o segundo em relação A Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira. Já o quarto capítulo refere-se ao Estudo das Ondas Eletromagnéticas a partir das equações de Maxwell.

O quinto capítulo aborda sobre os Procedimentos Metodológicos e Didáticos, sendo composto por dois temas, um relacionado à Unidade de Ensino Potencialmente Significativa e o outro aos Mapas Conceituais. Posteriormente, encontra-se o sexto capítulo, que utiliza os mesmos procedimentos do capítulo anterior e relata a Intervenção em Sala de Aula, com a aplicação da UEPS.

Os Resultados e Discussões da aplicação são descritas no sétimo capítulo, em que são justificadas as evidências em relação a aprendizagem significativa que foram observadas durante todo o processo de ensino-aprendizagem desta proposta.

Portanto, conclui-se esta dissertação com as Considerações Finais expostas no oitavo e último capítulo com a valorização da importância do material produzido e dos resultados encontrados, bem como o relato de uma Aprendizagem Significativa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A pesquisa bibliográfica iniciou-se com a busca de dissertações sobre o ensino de Ondas Eletromagnéticas, utilizando como base o Mestrado Nacional Profissional de Ensino em Física (<http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=defesas>) e de outros programas de Ensino. Desta forma, foram catalogadas as dissertações sobre o Ensino de Ondas Eletromagnéticas e Unidade de Ensino Potencialmente Significativa no Ensino de Ondas para todas as modalidades do ensino-aprendizagem.

### 2.1 Dissertações sobre Ensino de Ondas Eletromagnéticas – MNPEF

De acordo com a tabela representada abaixo, foram encontradas dissertações sobre o tema da pesquisa. Embora a maioria de suas abordagens sejam compostas por outras teorias de aprendizagem, isso não impediu que estas fossem utilizadas como referencial para o alcance do conhecimento, por meio da aplicação dos conceitos de Ondas Eletromagnéticas inseridas no Ensino Fundamental e Médio.

*Tabela 1 – Dissertações sobre Ondas Eletromagnéticas – MNPEF*

	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Defesa</b>
<b>1</b>	Transmissão e Recepção de Ondas Eletromagnéticas: Uma Abordagem Experimental para o Ensino Médio e Técnico	Rodrigo Teixeira Rossini Polo 27 – UFRJ	Maio de 2016
<b>2</b>	Ferramentas Didáticas e a Aprendizagem sobre Ondas Eletromagnéticas e a Polarização da Luz	Maira Aparecida da Conceição dos Santos Polo 20 - UEM	Julho de 2016
<b>3</b>	Ensino de Ondas Eletromagnéticas no 9º Ano do Ensino Fundamental por Meio de uma Situação Problema	Rafael José Pereira Vieira Polo 24 - UFJF	Outubro de 2016
<b>4</b>	Ondas Eletromagnéticas e Suas Aplicações na Metodologia da Instrução Pelos Colegas	Lorena Matos dos Santos Ribeiro Polo 44 - UESC	Fevereiro de 2017
<b>5</b>	Associação da luz com Ondas Eletromagnéticas em uma Abordagem dos Três Momentos Pedagógicos	Robson Cesar Cardoso Polo 17 – UFABC	Agosto de 2017
<b>6</b>	Proposta de Sequência Didática Estruturada nos Três Momentos Pedagógicos para o Ensino de Ondas Eletromagnéticas	Flávio Ribeiro Passarinho Polo 44 - UESC	Março de 2018
<b>7</b>	Utilização da Bobina de Tesla para o Ensino de Ondas Eletromagnéticas	Israel Herôncio Rodrigues de Oliveira Hadad Polo 59 - UFAC	Março de 2018

No ano de 2016 foram analisadas três dissertações que abordam o ensino de Ondas Eletromagnéticas, dos autores: Rossini (2016), que fez a sua proposta com uma turma do Ensino Médio e Técnico, Santos (2016), que escolheu o Ensino Médio e Vieira (2016), que realizou seu trabalho com o Ensino Fundamental.

O objetivo do trabalho de Rossini (2016) foi uma nova abordagem no ensino de transmissão de ondas eletromagnéticas através de representações da técnica de modulação, desenvolvido de forma simples e com experimentos de materiais alternativos. Suas bases teóricas foram a Aprendizagem Significativa de Ausubel, com as contribuições de Moreira e o Uso de Analogias no Aprendizado.

Santos (2016) realizou sua pesquisa sobre ferramentas didáticas no ensino de Física, abordando os temas ondas eletromagnéticas e polarização da luz, para isso utilizou simulações didáticas através do software *Mathematica*®. A Teoria da Aprendizagem Significativa também fez parte do trabalho através dos seus princípios e construção de Mapas Conceituais.

Aplicando no Ensino Fundamental, a proposta de Vieira (2016) apresenta o relato da aplicação de uma sequência didática a partir de situações-problema sobre os fenômenos que envolvem as radiações eletromagnéticas no cotidiano, sua fundamentação teórica foi com ênfase no uso das situações-problema no Ensino de Física.

Em 2017 foram escolhidas duas dissertações aplicadas ao Ensino Médio, trata-se de Ribeiro (2017) e Cardoso (2017). De maneira diferente o tema em comum foi abordado por Ribeiro a partir da Teoria da Instrução pelos Colegas, visando a interação, discussão e argumentação entre os estudantes. Enquanto Cardoso aplicou uma sequência didática baseada nos Três Momentos Pedagógicos sugeridos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco.

A teoria de Delizoicov, Angotti e Pernambuco também foi utilizada no ano de 2018 no trabalho de Passarinho (2018), aplicada à turma do Educação de Jovens e Adultos (EJA) inserida no Ensino Médio. Os recursos utilizados pelo autor foram questões problematizadoras, gifs e simulação virtual.

Neste mesmo ano foi apresentada a proposta de Hadad (2018), fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e na metodologia da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), utilizando o programa *Winplot* na interação e compreensão do conteúdo.

## 2.2 Dissertações sobre UEPS e o Ensino de Ondas

No período de 2015 a 2018 foram encontradas quatro dissertações sobre o Ensino de Ondas Eletromagnéticas, associadas à aplicação de Unidades de Ensino Potencialmente Significativa no processo de ensino-aprendizagem. Estas são baseadas nas concepções de Moreira por meio das influências da Aprendizagem Significativa, uma vez que, os trabalhos foram desenvolvidos observando os passos e aspectos sequenciais com o objetivo de buscar evidências de aprendizagem.

*Tabela 2 – Dissertações sobre UEPS e Ensino de Ondas*

	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Defesa</b>
<b>1</b>	Desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino do Conceito de Ondas	Graziely Ameixa Siqueira dos Santos  MNPEF Polo 12 – EFES	Fevereiro de 2015
<b>2</b>	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa: Um Novo Modo de Abordar um “Tema Difícil” – O Espectro Eletromagnético.	Christiane Valéria Costetti dos Santos Zubler  Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais – Universidade Federal do Mato Grosso	Junho de 2016
<b>3</b>	Paródias Conceituais e uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como Recurso Didático para o Estudo do Movimento Ondulatório	Francisca Daniela de Jesus Silva  MNPEF Polo 31 - URCA	Março de 2018
<b>4</b>	Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Experimento de Hertz	Autor: Sérgio Soares de Toledo  MNPEF Polo 48 – UEPB	Maio de 2018

Santos (2015) apoiou-se em instrumentos como: fotografias, diários de campo e gravações em áudio para desenvolver suas atividades de pesquisa. Entretanto, foi a partir das produções escritas dos alunos, que este teve acesso aos dados necessários para complementar a elaboração de seu trabalho, tais como: os diagramas, questionários, roteiros de simulações, exercícios matemáticos, textos, mapas conceituais.

A pesquisa sobre a valorização do ensino do Espectro Eletromagnético foi feita por Zubler (2016), sendo realizada em duas etapas e caracterizadas pela construção colaborativa da UEPS, que contou com a participação de duas professoras como

auxiliares na aplicação da pesquisa em turmas do Ensino Médio. Nesse processo foram utilizados questionários, entrevistas, registro das atividades experimentais, diário de bordo, fotografias das atividades realizadas, mapa conceitual e avaliação escrita para a verificação da aprendizagem significativa.

De uma forma muito dinâmica, Silva (2018) produziu sua UEPS com o objetivo de construir Paródias Conceituais. A autora partiu de situações iniciais, abordando o conteúdo através da aplicação de questionários, situações-problema, exibição de vídeos e produção das paródias, finalizando assim com a avaliação da UEPS.

Deste modo, esta pesquisa finaliza-se com o trabalho de Toledo (2018), que trata sobre a construção de uma UEPS, incluindo o experimento adaptado de Hertz com o objetivo de enriquecer a unidade de ensino. Os instrumentos utilizados foram: questões escritas, comentários, depoimentos dos estudantes, registros de momentos das aulas através de fotos e anotações, avaliação escrita e apresentação experimental.

### **Contribuições da Revisão Bibliográfica**

Apesar de colocar como ponto central desta dissertação a UEPS e o ensino de Ondas Eletromagnéticas, foi possível por meio da pesquisa de revisão bibliográfica compreender os enfoques que os diferentes pesquisadores dão aos conteúdos similares, buscando envolver-se na tarefa exaustiva de propor novas formas de realizar o processo de ensino-aprendizagem. Desta forma, diante do pequeno mapeamento desenvolvido na elaboração deste trabalho, verificou-se a motivação e o envolvimento dos professores-pesquisadores, na busca por intervenções educacionais que sejam eficazes e satisfatórias na aplicação das metodologias do ensino da Física.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

A proposta deste trabalho é a elaboração e implementação de uma sequência didática. Nesta perspectiva, foram escolhidas a abordagem da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (2000), para a construção das atividades realizadas em sala de aula.

#### 3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

A teoria da aprendizagem significativa tem como precursor David Ausubel (1918-2008), formado nas áreas de Medicina, Psicologia e Psiquiatria. Seu trabalho tem ênfase na busca facilitadora da aquisição de conhecimentos nos processos de ensino-aprendizagem. É importante ressaltar que, desde a década de setenta, a aplicação da sua teoria tem sido realizada por Joseph D Novak, professor emérito na Cornell University, junto com seus colaboradores, entre os quais destaca-se neste trabalho Marco Antônio Moreira, representante desta teoria no Brasil.

De acordo com Ausubel (1978), a ideia mais importante da sua teoria se resume na seguinte proposição:

Se tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, p. iv, 1978).

Neste sentido, a aprendizagem está ligada ao conhecimento prévio, isto é, “aquilo que o aprendiz já sabe”, Ausubel se refere à estrutura cognitiva e à organização das ideias de um indivíduo de acordo com um determinado assunto. Essa estrutura cognitiva preexistente só influencia na aprendizagem subsequente quando o conteúdo é aprendido de forma significativa, de maneira não arbitrária e não literal.

O grande desafio proposto é averiguar a estrutura cognitiva e ensinar de acordo com o que o aprendiz já sabe. Moreira (2006) afirma que este processo é quase fazer um “mapeamento” desta estrutura cognitiva, que não é fácil realizar empregando os testes convencionais, que geralmente enfatizam o conhecimento factual e estimulam a memorização.

De acordo com a teoria de Ausubel, a aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação relaciona-se de maneira substantiva e não arbitrária com a estrutura cognitiva do aprendiz. Esse processo ocorre quando a nova informação interage com o “subsunçor”.

Conceitua-se subsunçor como uma ideia ou proposição existente na estrutura cognitiva, que serve de ancoradouro para o novo conhecimento, de forma que este adquira um significado para o indivíduo. Deste modo, para que a aprendizagem seja significativa a nova informação deve interagir com os conhecimentos existentes e com subsunçores especificamente relevantes.

As novas informações podem também ser aprendidas sem que haja interação com os subsunçores, conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, e assim ser armazenada de maneira arbitrária e literal, sem contribuir com a elaboração e diferenciação da estrutura cognitiva.

Ausubel não estabelece distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, mas um *continuum*. Conforme cita Moreira (2006),

[...] a simples memorização de fórmulas situar-se-ia em um dos extremos desse *continuum* (o da aprendizagem mecânica), enquanto a aprendizagem de relações e conceitos poderia estar no outro extremo (o da aprendizagem significativa), (MOREIRA, 2006, p.17).

Nesse sentido, é possível dizer que a aprendizagem mecânica pode ser utilizada quando o aprendiz tem o primeiro contato com as novas informações, mas a memorização que ocorre nesta aprendizagem não consegue influenciar em novas aprendizagens e associações, isso só acontece na aprendizagem significativa, quando o discente assimila as ideias centrais e consegue expressar esse conhecimento.

Para que ocorra aprendizagem significativa, Ausubel destaca duas condições essenciais, uma diz respeito ao material de aprendizagem potencialmente significativo e a outra relaciona-se com a predisposição que o aluno deve apresentar no processo de aprendizagem.

Na prática, para que o material seja potencialmente significativo, ele deve ser “logicamente significativo” ou ter “significado lógico”, capaz de se relacionar de forma substantiva e não arbitrária às ideias ancoras e existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse caso, é importante observar que mesmo que o material seja

potencialmente significativo, se a intensão do aprendiz for de simplesmente memorizar de maneira arbitrária e literal, todo o processo de ensino e aprendizagem ocorrerá de forma mecânica.

Os subsunçores, embora sejam essenciais para o processo de aquisição da aprendizagem significativa, em alguns casos podem estar ausentes ou indisponíveis de forma específica. De acordo com Novak (1977), a aprendizagem mecânica é necessária para que o indivíduo adquira novas informações em uma área de conhecimentos completamente nova.

Nesta perspectiva, Ausubel propõe o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios capazes de preencher a lacuna entre o que o estudante já sabe e o que ele precisa saber. Esse material deve ter a característica de ser mais abrangente e inclusivo e deve preceder ao material de aprendizagem, o conteúdo propriamente dito.

Um novo conteúdo, quando aprendido, passa por um processo de interação e ancoragem em um subsunçor, fazendo com que este se modifique num processo de diferenciação progressiva, tornando-os mais específicos e abrangentes e preparando a estrutura cognitiva para novas informações. Deste modo, esses novos conceitos adquiridos são relacionados com a estrutura cognitiva, buscando reorganizar e adquirir novos significados, Ausubel (1978) refere-se a esta recombinação como reconciliação integrativa.

Segundo Moreira (2012), a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora são dois processos simultâneos. É através desses processos que o aprendiz vai organizando, hierarquicamente, sua estrutura cognitiva, isso significa que alguns subsunçores são mais gerais, mais inclusivos, de tal forma que esta hierarquia não é permanente, pois a medida que ocorre a diferenciação e a reconciliação a estrutura cognitiva sofre mudanças.

Por fim, Ausubel destaca que a avaliação tem um papel de buscar evidências de aprendizagem significativa. Segundo ele, a maneira mais eficaz para isso é propor ao aprendiz uma nova situação, não familiar, para que ele tenha a capacidade de transferir o conhecimento adquirido.

### **3.2 A Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira**

Representante da Aprendizagem Significativa, Marco Antônio Moreira, tem divulgado a partir de artigos, encontros e cursos, a teoria de Ausubel, concentrando



particularmente no ensino de ciências, principalmente sobre a Física. Sua experiência tem demonstrado que nos dias atuais a aprendizagem deve ser significativa e crítica.

A aprendizagem significativa crítica foi desenvolvida por Moreira (2000) a partir da teoria de Ausubel, mas segue também a influência de Niel Postman e Charles Weingartner (1969), através da obra *Teaching as a subversive activity* (Ensino como Atividade Subversiva), Postman (1996) com *The end of education: redefining the value of school* (O Fim da Educação: redefinindo o valor da escola), e de Paulo Freire (2003) com *Pedagogia da Autonomia*, em especial nos princípios facilitadores.

Esta teoria de Moreira segue a linha humanista, pois em oposição ao comportamentalismo, visa desenvolver no aprendiz a capacidade de compreender criticamente os significados das informações no contexto escolar, sabendo reconhecer que os conteúdos não são únicos e definitivos.

Moreira (2011) define a aprendizagem significativa crítica como uma perspectiva antropológica que permite ao sujeito fazer parte de uma cultura e ao mesmo tempo estar fora dela. Desta forma, é possível que este consiga lidar construtivamente com a mudança sem deixar-se dominar. Assim, este poderá utilizar as informações e tecnologias sem ser dominado pela mesma. Isso fará com que o aluno tenha em mente a ideia de que o conhecimento é construção ou invenção nossa, que representa-se o mundo e nunca é captado diretamente.

De acordo com Moreira e Massoni (2015), é proposto na aprendizagem significativa crítica uma série de princípios, com ideias e estratégias subjacentes e facilitadoras, apresentados a seguir:

- *Princípio da interação social e do questionamento*: aprender/ensinar perguntas em lugar de respostas.
- *Princípio da não centralidade do livro de texto*: aprender a partir de distintos materiais educativos.
- *Princípio da consciência semântica*: aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras, nas coisas.
- *Princípio da aprendizagem pelo erro*: aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.
- *Princípio da desaprendizagem*: aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes, ou obstaculizadores de novas aprendizagens.
- *Princípio da incerteza do conhecimento*: aprender que perguntas são instrumentos de percepção, constituem o principal instrumento intelectual disponível para os seres humanos. O conhecimento humano depende das definições, perguntas e metáforas utilizadas para construí-lo.

- *Princípio do abandono do quadro de giz (lousa)*: aprender a partir de diferentes estratégias de ensino. Abandono da narrativa do professor como única estratégia, (MOREIRA E MASSONI, p. 28, 2015).

Esses princípios propostos por Moreira são metafóricos, visto que, o aluno deve aprender a perguntar, mesmo tendo acesso as respostas, pois com isso este passa a duvidar e questionar o conteúdo. O livro texto é apenas mais um recurso, não um manual estabelecido. O aprendiz precisa ter consciência de que os significados não são permanentes e que aprender pelo erro é ter a oportunidade de corrigir e dar sequência a aprendizagem. Desaprender não é apagar da memória.

O conhecimento é incerto na medida em que o estudante tenha consciência que pode mudar para melhorar a sua compreensão. Não faz mais sentido o professor apenas reproduzir conteúdo que os alunos vão copiar e memorizar mecanicamente. Nesse contexto, o ensino, em especial o de Física, deve ser centrado no aluno, que vai desenvolver às competências e habilidades necessárias para a compreensão da ciência.

## 4. ESTUDO DAS ONDAS ELETROMAGNETICAS

Este capítulo aborda os fundamentos das ondas eletromagnéticas, que estão presentes no cotidiano, partindo das Equações de Maxwell até as aplicações destas ondas. A referência básica utilizada aqui são as notas de aula dos professores da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física: Cristina Porto Gonçalves, Jorge Anderson Paiva Ramos e Luizdarcy de Matos Castro. As bibliografias utilizadas pelos professores na produção deste material foram: Sears e Zemansky (2003); Halliday, Resnick, Walker (1996); Tipler (2000); Alonso e Finn (2014); Nussenzveig (2014).

### 4.1 Equações de Maxwell

Nascido em 1831, James Clerk Maxwell, teve sua formação matemática na Universidade de Cambridge. Influenciado pelas ideias de Faraday, de que a eletricidade e magnetismo estão relacionadas, Maxwell buscou ferramentas matemáticas para comprovar o fenômeno estudado por Faraday.

A representação dos fenômenos eletromagnéticos de forma completa foi introduzida por Maxwell, baseadas em quatro equações denominadas “Equações de Maxwell”, que descreve como as ondas eletromagnéticas se propagam no espaço livre com a velocidade da luz.

As equações básicas do eletromagnetismo são essenciais para entender as ondas eletromagnéticas e todas as suas aplicações no cotidiano das pessoas, como no uso dos celulares, na transmissão de rádio e TV, entre outros.

As equações de Maxwell são descritas em quatro definições, que serão detalhadas nos próximos tópicos.

#### 4.1.1 Lei de Gauss para o Campo Elétrico

Conforme esta lei o fluxo de campo elétrico através de uma superfície fechada é proporcional à soma das cargas envolvidas por essa superfície.

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0} \quad (1)$$

### 4.1.2 Lei de Gauss para o Campo Magnético

De acordo com a Lei de Gauss do Magnetismo, é possível afirmar que os monopolos magnéticos não existem. Deste modo, o fluxo magnético que atravessa uma superfície fechada é zero:

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (2)$$

Sendo o divergente de um campo vetorial em um ponto igual à:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} \quad (3)$$

E conforme o Teorema da Divergência ou teorema de Gauss tem-se que “*O fluxo de um campo vetorial através de uma superfície fechada S é igual à integral estendida ao volume V limitado pela superfície S da divergência do vetor considerado*”. E pode-se escrever matematicamente como:

$$\int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{V} dv = \oint_S \vec{V} \cdot d\vec{A} \quad (4)$$

Utilizando este resultado nas equações da Lei de Gauss para o Campo Magnético e para o Campo Elétrico, tem-se:

$$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{E} dv = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \overbrace{\rho}^{q_{\text{int.}}} dv \quad (5)$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{B} dv = 0 \quad (6)$$

Desse modo, podem ser escritas as formas diferenciais das Leis de Gauss para o Magnetismo e para Eletricidade:

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

### 4.1.3 Lei da Indução de Faraday

Esta lei descreve o campo elétrico produzido por um fluxo de um campo magnético variável.

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = -\frac{d\phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (8)$$

Como o rotacional de um campo vetorial em um ponto é:

$$\vec{\nabla} \times \vec{V} = \hat{i} \left( \frac{\partial V_z}{\partial y} - \frac{\partial V_y}{\partial z} \right) + \hat{j} \left( \frac{\partial V_x}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial x} \right) + \hat{k} \left( \frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial y} \right). \quad (9)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{V} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ V_x & V_y & V_z \end{vmatrix}. \quad (10)$$

E a “A circulação de um vetor  $\vec{V}$  ao longo de uma curva  $C$  fechada é igual ao fluxo do rotacional desse vetor através de uma superfície  $S$  limitada pela curva  $C$ ”.

$$\oint_C \vec{V} \cdot d\vec{\ell} = \int_S (\vec{\nabla} \times \vec{V}) \cdot d\vec{A} \quad (11)$$

(Teorema de Stokes)

Escrevendo a Lei de Indução de Faraday, utilizando este Teorema, encontra-se:

$$\int_S (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \cdot d\vec{A} = \int_S \left( -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{A}. \quad (12)$$

Obtendo assim, a forma diferencial da Lei de Faraday:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (13)$$

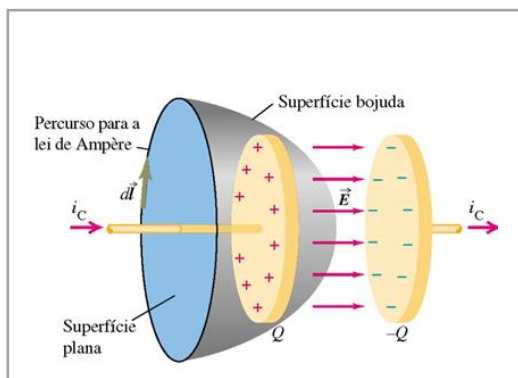
Conclui-se que campos magnéticos variáveis no tempo geram campos elétricos do tipo rotacionais, sendo estes campos elétricos diferentes daqueles gerados por cargas elétricas estáticas, que são sempre divergentes. Constatase assim, que a integral do campo elétrico, em um caminho fechado é diferente de zero.

#### 4.1.4 Lei de Ampère – Maxwell:

Analisando o processo de carga de um capacitor, tem-se fios que conduzem a corrente  $i_c$  (corrente de condução) para dentro de uma das placas e para fora da outra. Aplicando a Lei de Ampère para a curva  $C$  considerando a área azul atravessada pelo fio, conforme o capacitor:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 i_c \quad (14)$$

Suponha agora a mesma curva  $C$  envolvendo a placa esquerda do capacitor (superfície bojuda), onde  $i = 0$ , conforme figura 1:



$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = 0 \quad (15)$$

Figura 1 – Capacitor (superfície bojuda)

Fonte: Sears e Zemansky (2003)

Como é possível, usando a mesma curva amperiana  $C$ , encontrar valores diferentes para  $\oint \vec{B} \cdot d\vec{\ell}$  (nulo e  $\mu_0 i_c$ )?

Conforme o capacitor é carregado, tanto o campo elétrico quanto o fluxo elétrico através da superfície estão aumentando. Como:

$$Q = CV, C = \frac{\epsilon_0 A}{d}, V = Ed \quad (16)$$

$$Q = \frac{\varepsilon_0 A}{d} Ed = \varepsilon_0 EA \quad (17)$$

Sendo  $EA = \phi_E$  o fluxo do campo elétrico, escrevemos  $Q = \varepsilon_0 \phi_E$ , e à medida que o capacitor está sendo carregado, a taxa de variação da carga  $Q$  é a corrente,

$$i_D = \frac{dQ}{dt} = \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} \quad (18)$$

A corrente de deslocamento  $i_D$ , está passando através do capacitor. Então:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 (i_c + i_D) \quad (19)$$

A equação acima é definida como **Lei de Ampère Generalizada**, descoberta em 1865 pelo físico James Clerk Maxwell. A corrente de deslocamento é uma fonte de campo magnético e um fato fundamental da natureza. Outro fato é que um campo elétrico variável em uma região do espaço induz um campo magnético nas regiões vizinhas, mesmo não existindo nenhuma matéria e nem corrente de condução. A partir desta formulação foi possível entender a radiação eletromagnética e a luz, sendo esta uma forma particular dessa radiação.

Sendo assim a lei de Ampère é válida qualquer que seja a superfície usada. Para a superfície plana  $i_D = 0$  sendo  $i_c \neq 0$  e para a bojudada  $i_c = 0$  sendo  $i_D \neq 0$ .

Considerando agora, capacitor de placas paralelas, de acordo com a figura 2, sendo carregado por uma corrente de condução  $i_c$ , possui uma corrente de deslocamento  $i_D$ , associada a variação do campo elétrico, sendo uma fonte de campo magnético entre as placas.

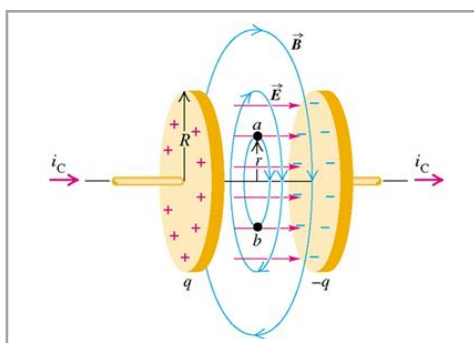


Figura 2 – Capacitor de placas paralelas

Fonte: Sears e Zemansky (2003)

Como:

$$I = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S} \Rightarrow i_D = \int_S \vec{J}_D \cdot d\vec{S} \quad (20)$$

E que também:

$$i_D = \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} = \varepsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_S \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (21)$$

A partir das duas equações anteriores, pode-se escrever:

$$\vec{J}_D = \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (22)$$

Encontra-se então a **Lei de Ampère-Maxwell**, que expõe a formulação, onde o campo magnético produzido por um campo elétrico variável ou por uma corrente elétrica ou por estas duas causas. Tem-se:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \left( \varepsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} + i \right) \quad (23)$$

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d}{dt} \int_S \vec{E} \cdot d\vec{A} + \mu_0 i \quad (24)$$

Sendo:

$$i = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{A} \quad (25)$$

Obtém-se:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \int_S \left( \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{A} + \int_S (\mu_0 \vec{J}) \cdot d\vec{A} \quad (26)$$



Empregando nesta equação o Teorema de Stokes:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \int_S (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \cdot d\vec{A} \quad (27)$$

$$\int_S (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \cdot d\vec{A} = \int_S \left( \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{A} + \int_S (\mu_0 \vec{J}) \cdot d\vec{A} \quad (28)$$

ou,

Deste modo terá a Lei de Ampère-Maxwell na forma diferencial:

$$\int_S \left( \vec{\nabla} \times \vec{B} - \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} - \mu_0 \vec{J} \right) \cdot d\vec{A} = 0 \quad (29)$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J} \quad (30)$$

Conclui-se que campos elétricos variáveis no tempo, assim como correntes elétricas, produzem campos magnéticos. Estes campos magnéticos são do tipo rotacional.

Em resumo, as equações de Maxwell na forma diferencial são:

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (\text{lei de Gauss da eletrostática}) \\ \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0 \quad (\text{lei de Gauss do Magnetismo}) \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{lei de Faraday}) \\ \vec{\nabla} \times \vec{B} &= \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J} \quad (\text{lei de Ampère-Maxwell}) \end{aligned} \quad (31)$$

Essas equações mostram que os campos elétricos criados por cargas elétricas são divergentes ou convergentes, os campos magnéticos são rotacionais (não existem monopólios magnéticos), campos magnéticos variáveis no tempo geram campos elétricos rotacionais assim como campos elétricos variáveis no tempo geram campos magnéticos rotacionais e que correntes elétricas ou cargas em movimento geram campos magnéticos.

## 4.2 Ondas Eletromagnéticas

James Clerk Maxwell mostrou que um raio luminoso é a propagação no espaço de campos elétricos e magnéticos, denominada onda eletromagnética. No século XIX as únicas ondas eletromagnéticas conhecidas eram a luz visível e os raios infravermelhos e ultravioleta, mas utilizando as previsões de Maxwell, Heinrich Hertz descobriu as ondas de rádio, e que elas se propagam com a mesma velocidade da luz visível (HALLIDAY, 2012).

Utilizando as equações de Maxwell na forma diferencial é possível demonstrar que campos magnéticos e elétricos, variáveis podem gerar ondas eletromagnéticas. Para isso é considerada a propagação da onda eletromagnética no vácuo para simplificar a resolução da equação de onda.

A propagação de uma onda é descrita por uma equação da onda que é representada por uma equação diferencial parcial

Considerando a figura 3, em que no tempo  $t = 0$ , um pulso seja descrito por uma função no espaço como  $y = f(x)$ :

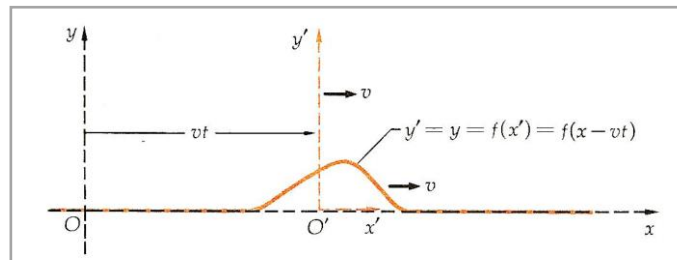


Figura 3 – Propagação de uma onda

Fonte: Tipler (2000)

Então terá uma Onda Progressiva se o pulso se propaga para direita, com velocidade constante, após um tempo a sua função será:

$$y(x, t) = f(x - vt), \quad (32)$$

Mas se o pulso viajar para a esquerda a velocidade muda e a Onda será Regressiva:

$$y(x, t) = f(x + vt). \quad (33)$$

Considerando a expressão da onda progressiva, é necessário encontrar a equação diferencial, cuja solução seja esta função.

Sendo a derivada de uma função de função:

$$\boxed{\frac{df(r(x))}{dx} = \frac{df}{dr} \frac{dr}{dx}} \quad \text{onde } f = f(r) \text{ e } r = r(x) \quad (34)$$

Como a função para onda progressiva é:  $y(x, t) = f(x - vt)$ ,

Tem-se que  $r$  e  $f$  é uma função de duas variáveis:

$$\boxed{r = x - vt}, \quad (35)$$

Então, sendo  $r$  e  $f$  função do tempo, escreve-se:

$$\boxed{\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{df}{dr} \frac{\partial r}{\partial t}} \quad (36)$$

E considerando  $x$  constante, encontra-se:

$$\boxed{\frac{\partial r}{\partial x} = 1 \quad \text{e} \quad \frac{\partial r}{\partial t} = -v} \quad (37)$$

Desta forma, tem-se:

$$\boxed{\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{df}{dr} \frac{\partial r}{\partial x} = \frac{df}{dr} \quad \text{e} \quad \frac{\partial f}{\partial t} = \frac{df}{dr} \frac{\partial r}{\partial t} = -v \frac{df}{dr}} \quad (38)$$

Encontra-se a Equação de Onda para uma dimensão quando se deriva a primeira em relação a  $x$  e a segunda em relação a  $t$ , e eliminando a derivada segunda em relação a  $r$  nas equações, tem-se assim:

$$\boxed{\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \quad \text{ou} \quad \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2}} \quad (39)$$

Desse modo, qualquer função de  $x$  e  $t$  satisfazendo a esta equação diferencial é uma onda em propagação com velocidade  $v$  ao longo do eixo  $x$ .

Para uma onda se propagando no espaço, tem-se:

$$\vec{\nabla}^2 f = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \quad (40)$$

Que é representado pelo laplaciano de  $f$ , sendo  $f$  uma função de  $x$ ,  $y$  e  $z$ , além do tempo:

$$\vec{\nabla}^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \quad (41)$$

Considerando as equações de Maxwell na forma diferencial, para uma onda eletromagnética no vácuo, onde os valores das densidades de carga  $\rho$  e de corrente  $J$  são nulos, ficando as equações mais simplificadas:

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \cdot \vec{E} &= 0, & \vec{\nabla} \cdot \vec{B} &= 0, \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} & \text{e} & \vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}. \end{aligned} \quad (42)$$

Aplicando o rotacional do lado esquerdo da **Lei de Faraday**, e sabendo que o divergente do campo elétrico é nulo no vácuo, tem:

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{E}) = \vec{\nabla} \times \left( -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \quad (43)$$

E utilizando a **Lei de Ampère**,

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (44)$$

Obtém-se:

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{E}) = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (45)$$

E como:

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{E}) = -\vec{\nabla}^2 \vec{E} \quad (46)$$

Obtém-se a **equação de onda do campo elétrico**:

$$\vec{\nabla}^2 \vec{E} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (47)$$

Como o laplaciano do campo elétrico é:

$$\vec{\nabla}^2 \vec{E} = \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} \quad (48)$$

Então o campo elétrico é função de  $x$ ,  $y$  e  $z$ , além do tempo.

Sendo a medida da velocidade da luz no vácuo, encontrada quando substituí os valores da permissividade elétrica e da permeabilidade magnética:

$$v = 1 / \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = 299729,5 \text{ km/s} = c \quad (49)$$

Maxwell demonstrou através da sua teoria unificada, que as ondas eletromagnéticas são geradas sempre que as cargas elétricas forem aceleradas, sendo assim explicou o fato que as ondas eletromagnéticas eram radiadas por circuitos de corrente alternadas, o que foi confirmado por Hertz, em 1887, através do transmissor-receptor de rádio.

Será tomado agora, de maneira análoga, o rotacional do lado esquerdo da **equação de Ampère**, considerando que o divergente do campo magnético é sempre nulo:

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) = \vec{\nabla} (\vec{\nabla} \cdot \vec{B}) - \vec{\nabla}^2 \vec{B} = -\vec{\nabla}^2 \vec{B} \quad (50)$$

Da mesma forma:

$$\vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) = \vec{\nabla} \times \left( \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \quad (51)$$

Utilizando a **lei de Faraday**:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (52)$$

Encontra-se a **equação de onda para o campo magnético**:

$$\boxed{\vec{\nabla}^2 \vec{B} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}} \quad (53)$$

As equações encontradas através da lei de Faraday e lei de Ampère são:

$$\boxed{\vec{\nabla}^2 \vec{E} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad \text{e} \quad \vec{\nabla}^2 \vec{B} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2}} \quad (54)$$

Estas são consideradas as **equações de propagação das ondas eletromagnéticas**. Ressaltando que no caso mais geral as soluções seriam mais complexas, mas isso não invalida os resultados aqui obtidos, pois elas valem para qualquer caso.

### 4.3 Espectro Eletromagnético

Em meados do século XIX, a luz - incluindo o infravermelho - e as radiações ultravioleta eram os únicos tipos de radiações eletromagnéticas conhecidos. Atualmente, o espectro eletromagnético inclui uma enorme variedade de radiações originadas de vários tipos de fontes, que são caracterizadas pelo comprimento de onda e pela frequência. A relação entre frequência e comprimento é expressa por:

$$\boxed{f = \frac{c}{\lambda}} \quad (55)$$

As radiações são diferentes, em suas propriedades, na maneira como são produzidas e como podem ser observadas, mas todas podem ser descritas em termos de campos elétricos e magnéticos, e se propagam através do vácuo com a mesma velocidade  $c$  (*a velocidade da luz*).

No espectro eletromagnético, evidenciado na figura 4, os limites da região visível vão de cerca de  $400 \text{ nm}$  (violeta) até  $700 \text{ nm}$  (vermelho). A emissão da **luz** é comumente emitida quando os elétrons das camadas mais externas (ou de valência) dos átomos realizam transições de um nível de energia mais alto para um mais baixo. A cor da luz está relacionada aos átomos do objeto que está emitindo. Como exemplo da luz emitida pelo Sol e por estrelas distantes que transmitem informações sobre sua composição.

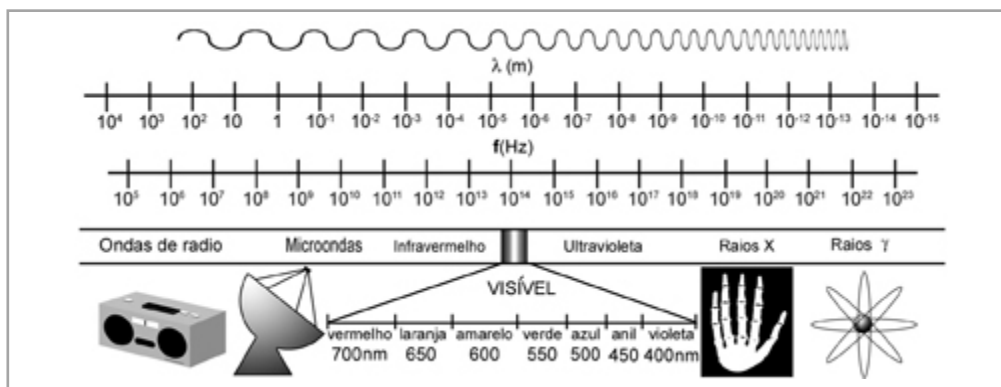


Figura 4 – Espectro Eletromagnético

Fonte: [http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/geotri2014/modulo6/prob\\_fisica.html](http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/geotri2014/modulo6/prob_fisica.html)

A faixa da **radiação infravermelha**, com comprimentos de onda maiores do que os da luz visível (de  $0,7 \mu\text{m}$  a cerca de  $1 \text{ mm}$ ). Sua emissão é normalmente feita por átomos ou moléculas, quando realizam transições entre níveis rotacionais ou vibracionais. Esta mudança ocorre, em geral com a variação da energia interna do objeto emissor, sendo este um meio importante de realizar transferência de calor, chamada de *radiação de calor*.

As **micro-ondas** são ondas curtas de rádio, com comprimentos de ondas entre  $1 \text{ mm}$  e  $1 \text{ m}$ , produzidas por osciladores eletromagnéticos em circuitos elétricos, como nos fornos de micro-ondas. São utilizadas também em sistema de telefonia. E ainda existem fontes extraterrestre de micro-ondas (estrelas)

Com comprimentos de onda maiores do que  $1 \text{ m}$ , as **ondas de rádio** são produzidas por fontes terrestres através de oscilações de elétrons nos fios de circuitos elétricos. São utilizadas na transmissão de informações. Se houver transmissão de uma onda senoidal para o espaço, através de uma antena, tem-se uma estação de rádio, mas essa onda seno não contém informações, para isso é necessário modular a onda.

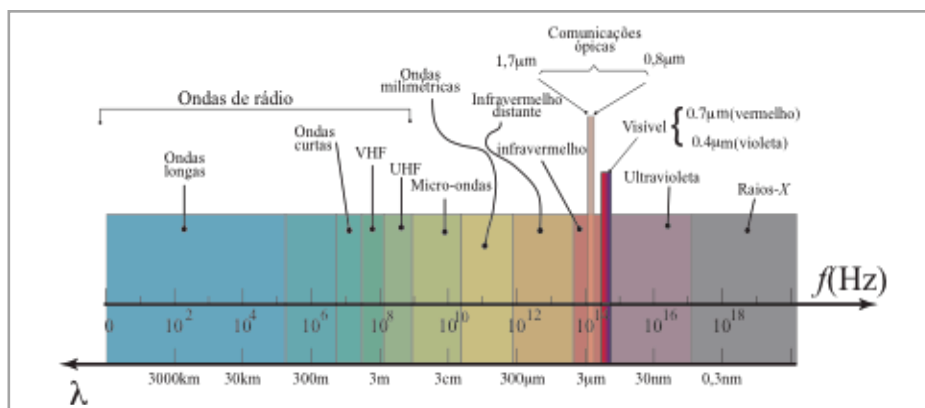


Figura 5 – Espectro eletromagnético (ondas de rádio)

Fonte: <https://www3.ufpe.br/fontana/Eletromagnetismo2/EletromagnetismoWebParte02/mag2cap7.htm#m ozTocId132033>

De acordo com a representação da figura 5, as ondas longas têm comprimento de onda maiores que  $1\text{ km}$  e inferiores a  $300\text{ kHz}$ , e são usadas em geração, transmissão e distribuição de energia. As ondas médias, de  $300\text{ kHz}$  a  $3\text{ MHz}$ , são agregadas nos sistemas de radiodifusão (AM). Já as ondas curtas, usadas no radio amadorismo (navios, aviões), tem frequência de  $3$  a  $30\text{ MHz}$ . As rádios FM (modulação de frequência) estão na faixa VHF (frequência muito alta), apresentando entre  $30$  e  $300\text{ MHz}$ . Na faixa UHF (ultra alta frequência) estão, por exemplo, os sistemas de TV a cabo, celulares, satélites e operam na frequência entre  $300\text{ MHz}$  e  $3\text{ GHz}$

Representadas na figura 6, a amplitude modulada (AM) é usada nas estações de rádio e imagens de sinal de TV, para codificar informações, neste caso a amplitude da onda senoidal muda, enquanto que no caso da frequência modulada (FM), usada para rádios e tecnologias sem fio, é imune a ruídos e sua onda senoidal muda muito ligeiramente de acordo com o sinal da informação.

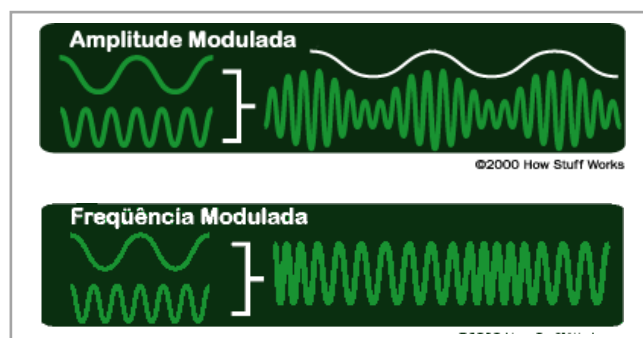


Figura 6 – Amplitude Modulada e Frequência Modulada

Fonte: <http://acampamento.wikidotm/radio>

Conforme a divisão do espectro eletromagnético as radiações de comprimentos de onda menores do que o visível começa com o **ultravioleta** ( $1\text{ nm}$  a  $400\text{ nm}$ ). Produzidas, comumente, em transições de elétrons nas camadas atômicas mais externas, sendo um componente muito comum das radiações de fontes térmicas, como o Sol.

Os **raios X** tem comprimento de onda entre  $0,01\text{ nm}$  e  $10\text{ nm}$ , podem ser produzidos em transições individuais dos elétrons dos níveis mais internos de um átomo ou quando partículas carregadas são desaceleradas. São usados em diagnósticos médicos por penetrar facilmente em tecidos não muito densos mas barrados por tecidos ósseos.

Concluindo a descrição do espectro, com os **raios gama**, que são radiações eletromagnéticas com comprimentos de onda, menores do que  $10\text{ pm}$ , elas são mais penetrantes, por isso podem causar danos ao corpo humano. São emitidas em transições



entre estados de núcleos atômicos e também ocorre como um dos produtos do decaimento de certas partículas elementares.

#### 4.4 Geração de ondas eletromagnéticas

As fontes que produzem as ondas eletromagnéticas podem ser de dimensões atômicas e nucleares, mas será discutido aqui a produção de uma onda eletromagnética a partir de um oscilador LC, com velocidade angular  $\omega = 1/\sqrt{LC}$ . O sistema é formado por uma fonte externa, semelhante a representação da figura 7, onde o oscilador LC acoplado a uma antena através de um transformador de uma linha de transmissão. O oscilador produz correntes senoidais fazendo com que as cargas nos elementos da antena se aproximem e se afastem periodicamente, como um dipolo elétrico. O módulo e a orientação do campo elétrico variam com o tempo assim como o módulo e a orientação do campo magnético produzido pela corrente. Essas variações se propagam para longe da antena com a velocidade da luz, formando uma onda eletromagnética.

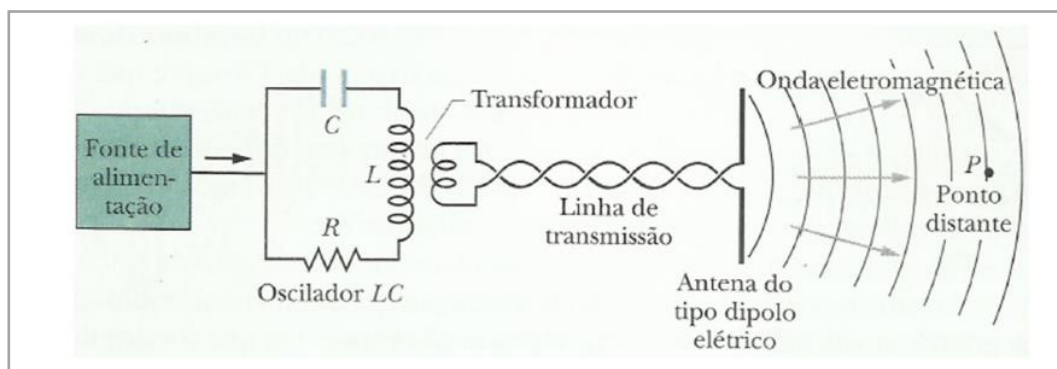


Figura 7 – Sistema usado para gerar uma onda eletromagnética  
Fonte: Halliday (2014)

Conclui-se que as cargas estáticas e cargas em movimento com velocidade constante não irradiam, mas as cargas aceleradas conseguem irradiar. Deste modo para se criar, em laboratório uma onda eletromagnética é preciso fazer com que correntes em fios variem com o tempo.

#### 4.5 Transporte de energia da onda eletromagnética

Uma onda eletromagnética tem a propriedade de transportar energia. O vetor de Poynting  $\vec{S}$ , é a taxa por unidade de área com a qual uma onda eletromagnética transporta energia, e depende da rapidez com que essa energia é transportada através de uma área unitária, em um determinado instante. Sendo representado pela equação:

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B}$$

$$S = \left( \frac{\text{energia/tempo}}{\text{area}} \right)_{inst} = \left( \frac{\text{potencia}}{\text{area}} \right)_{inst}$$
(56)

Como se trata de energia, a unidade de  $\vec{S}$  no Sistema Internacional é *watt por metro quadrado* (W/m<sup>2</sup>), e sua direção indica a direção da propagação da onda e do transporte de energia neste ponto.

De acordo com a definição de onda eletromagnética  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$  são perpendiculares e o módulo de  $\vec{E} \times \vec{B}$  é  $EB$ , desta forma tem-se:

$$S = \frac{1}{\mu_0} EB$$
(57)

A relação entre o campo elétrico e magnético pode ser descrita através de  $B = E/c$ , deste modo é possível trabalhar com apenas uma das grandezas. Utilizando o campo elétrico, tem-se o fluxo instantâneo de energia:

$$S = \frac{1}{c\mu_0} E^2$$
(58)

A energia média transportada, também descrita como a média de  $\vec{S}$  ao longo do tempo, é denominada também como intensidade  $I$  da onda.

$$I = S_{méd} = \left( \frac{\text{energia/tempo}}{\text{área}} \right)_{méd} = \left( \frac{\text{potência}}{\text{área}} \right)_{méd}$$
(59)

Aplicando a equação  $E = E_m \text{sen}(kx - \omega t)$  em  $S$ , e tendo como parâmetro que em um ciclo completo o valor médio de  $\text{sen}^2 \theta$ , é  $\frac{1}{2}$  e o valor médio quadrático do campo elétrico é:

$$E_{rms} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \quad (60)$$

Podendo escrever:

$$I = \frac{1}{c\mu_0} E_{rms}^2 \quad (61)$$

As energias associadas ao campo elétrico e magnético são iguais. Se substituir  $E$  por  $cB$  na densidade de energia associada ao campo elétrico tem-se:

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 (cB)^2 \quad (62)$$

E se incluir o valor de  $c$  na equação anterior, tem-se:

$$u_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{1}{\mu_0 \epsilon_0} B^2 = \frac{B^2}{2\mu_0} \quad (63)$$

A partir desta representação pode-se afirmar que  $u_E = u_B$ . Sendo assim as densidades de energia para o campo elétrico e campo magnético, numa onda eletromagnética, são iguais em todos os pontos do espaço.

Sintetizando as propriedades sobre as ondas eletromagnéticas, independente de como são criadas (Halliday, 2012), tem-se:

*Os campos  $E$  e  $B$  são perpendiculares à direção de propagação da onda. [...] significa que a onda é uma onda transversal.  
O campo elétrico é perpendicular ao campo magnético.  
O produto vetorial  $E \times B$  aponta no sentido de propagação da onda.*

*Os campos variam senoidalmente, como as ondas transversais [...]. Além disso variam com a mesma frequência e estão em fase.*

As equações sintetizadas por Maxwell, conseguiram de forma coesa, explicar o eletromagnetismo, dando possibilidade de compreender a geração de ondas eletromagnéticas. A ótica também faz parte desta teoria, pois a luz se constitui numa configuração de campos elétricos e magnéticos, variáveis no tempo, e se propagam com a velocidade que pode ser determinada através de medidas elétricas e magnéticas.

## **5. PROCEDIMENTOS DIDÁTICO-METODOLÓGICOS**

As estratégias didáticas utilizadas neste trabalho foram a aplicação de conceitos de Aprendizagem Significativa na visão de Ausubel e Moreira. Para isso, foi implementada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, que buscou de forma dinâmica abordar os mais diversos recursos didáticos, principalmente, os Mapas Conceituais, usados na obtenção de evidências da aprendizagem.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa do tipo investigativa, em uma turma do ensino médio do Colégio Estadual Renato Viana, que de acordo com Moreira (2009) tem como interesse central a interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos diante de suas ações. É um processo investigativo no qual o pesquisador está inserido e participando ativamente da análise dos dados obtidos para justificar a credibilidade do modelo implantado em sala de aula.

A pesquisa qualitativa não tem por objetivo a representação numérica, mas a observação do ambiente de estudo, em que o investigador deve descrever de forma detalhada tudo que acontece para realização de uma narrativa e descrições dos dados obtidos.

### **5.1 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)**

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas –UEPS, proposta por Moreira, são sequências didáticas fundamentadas em teorias da aprendizagem, que tem como marco a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas (Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira e Masini, 1982, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009); as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D.B. Gowin (1981); a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987); a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004); a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M.A. Moreira (2005).

Desta forma, as UEPS são voltadas para a aprendizagem significativa buscando uma educação não mecânica e que seja aplicada diretamente em sala de aula. Assim, de acordo com as diversas teorias citadas acima, o ensino é o meio e a aprendizagem é o fim, uma vez que, não há ensino sem aprendizagem.

Segundo Moreira (2011), as UEPS seguem os seguintes princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud);
- frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);
- a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);
- a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira).

Ainda de acordo com Moreira, uma UEPS, segue os seguintes passos ou aspectos sequenciais:

1. definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;

2. criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;

3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); 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, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um áudio-visual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

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; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

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; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Moreira também sugere alguns aspectos transversais que dizem respeito aos materiais e estratégias. Estes devem ser diversificados, motivando o questionamento em oposição as respostas prontas, em que o professor deve incentivar o diálogo e a reflexão crítica para o desenvolvimento do processo educativo.

Outro aspecto que pode ser destacado é a realização de atividades que possibilitem aos próprios alunos levantarem situações-problema em relação ao conteúdo estudado. Por fim, uma UEPS deve priorizar atividades colaborativas, levando em consideração à necessidade de, pelo menos, uma atividade individual.



## 5.2 Mapas Conceituais

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel é a base do mapeamento conceitual, mas essa técnica foi desenvolvida por Joseph Novak e seus colaboradores da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos da América. Segundo Moreira (1998), Ausubel nunca falou de mapas conceituais em sua teoria, porém esta teoria foi de grande importância para a compreensão dos mapas conceituais.

Os mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre os conceitos, possuem sua organização de forma hierárquica e refletem sobre as definições de determinado conteúdo. Geralmente esses são feitos por meio da utilização de figuras geométricas, com a obtenção de linhas ou setas indicando que há uma ligação entre os conceitos. Desta forma, não há uma regra para sua construção, como expõe Moreira (1998, p.2):

[...] Não há regras gerais fixas para o traçado de mapas de conceitos. O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino. Por exemplo, se o indivíduo que faz um mapa, seja ele, digamos, professor ou aluno, une dois conceitos, através de uma linha, ele deve ser capaz de explicar o significado da relação que vê entre esses conceitos.

Assim, os mapas conceituais devem ser explicados pela pessoa que o produz, neste caso, pelo professor ou aluno, que tem a capacidade de expor os significados que estão presentes neste desenvolvimento de ensino. Por isso, eles podem ser usados para evidências de aprendizagem significativa, bem como para os processos de avaliações.

Os mapas conceituais possuem componentes idiossincráticos, com isso não existe um mapa conceitual correto. Um professor, ao apresentar um mapa conceitual, por exemplo, expõe os significados que ele atribuiu aos conceitos. Então não cabe a este avaliar como correto ou errado um mapa conceitual construído por um aluno, pois são apenas evidências do processo de aprendizagem.

Diante disto, Moreira (2006) ressalta que é preciso ter cuidado para não cair no relativismo, em que tudo é possível, já que alguns mapas conceituais apresentam aspectos inferiores e sugerem falta de compreensão do conteúdo. Assim sendo, o autor apresenta as possíveis vantagens e desvantagens do uso dos mapas conceituais. Entre estas destacam-se as seguintes:

1. enfatizam a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas conceituais em seu desenvolvimento;
2. mostram que os conceitos de certa disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade e apresentam conceitos em uma ordem hierárquica de inclusividade que facilita sua aprendizagem e retenção;
3. proporcionam uma visão integrada do assunto e uma espécie de “listagem conceitual” daquilo que foi abordado nos materiais instrucionais.

As possíveis desvantagens que podem ser encontradas são:

1. se o mapa não tem significado para os alunos, eles podem encará-lo como algo a mais a ser memorizado;
2. os mapas podem ser muito complexos ou confusos e dificultar a aprendizagem e retenção, em vez de facilitá-las;
3. a habilidade dos alunos em construir as próprias hierarquias conceituais pode ficar inibida em função de já receberem prontas as estruturas propostas pelo professor (segundo sua percepção e preferência).

Portanto, por ser um material potencialmente facilitador da aprendizagem, o mapa conceitual pode ser inserido no contexto educacional desde que o professor explique aos alunos suas finalidades e objetivos para que eles possam criar seus próprios mapas conceituais através da compreensão e da criatividade.

## **6. INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA**

A aplicação da sequência didática, aqui proposta, teve a finalidade de facilitar a aquisição dos conceitos inerentes ao estudo de Ondas Eletromagnéticas, estabelecendo relação com o cotidiano dos discentes. Neste sentido foi valorizada a Aprendizagem Significativa, não mecânica, que visa estimular a participação dos estudantes.

### **6.1 Contexto da Pesquisa**

A implementação desta pesquisa foi realizada durante as aulas de Física, no período de setembro a novembro de 2018, no Colégio Estadual Renato Viana (CERV), localizado no município de Anagé, Bahia, e conduzida pela autora desta dissertação e professora da turma.

Fundado em 1970, o CERV é um referencial, pois é o único colégio de Ensino Médio situado na cidade. Possui uma infraestrutura razoável com oito salas de aula, que funcionam os três turnos, quadra poliesportiva, biblioteca e um laboratório de informática desativado.

De acordo com os dados das matrículas dos alunos, grande parte reside na zona rural e depende do transporte para se deslocar de casa para escola, diante desta situação, houveram algumas dificuldades para cumprir as atividades propostas, mas com o apoio dos colegas foi possível remanejar aulas e concluir o trabalho.

### **6.2 Descrição da turma**

Os estudantes que participaram das atividades da UEPS faziam parte de uma turma do terceiro ano do ensino médio, do turno vespertino. Para traçar um perfil do grupo pesquisado, foi aplicado um Questionário Sócio-Econômico-Cultural (**Apêndice A**), e de acordo com as respostas foi possível conhecer melhor as preferências, condições familiares e expectativa do futuro.

A turma escolhida era composta por 28 alunos, sendo 09 do sexo masculino e 19 do sexo feminino, com idade entre 17 e 24 anos. Grande parte reside na zona rural, e utilizam o transporte coletivo (ônibus) para chegar ao colégio. Moram com os pais e dependem financeiramente deles. A renda total mensal de cada família varia de um a três salários mínimos.

De acordo com o levantamento do grau de escolaridade dos pais, a maior parte tem apenas o ensino fundamental incompleto. Mesmo com a baixa escolaridade dos pais os estudantes reconhecem a escola como um fator importante e decisivo para seu futuro. Mas em relação à continuidade dos estudos, apenas 10 querem fazer Vestibular/Enem e 16 desejam apenas trabalhar, enquanto 02 querem se dedicar a Curso Técnico Profissionalizante.

Foi questionado aos alunos a relação deles com as três áreas de conhecimento: Ciências Naturais e Matemática; Ciências Humanas; e Linguagens. E eles relataram que tem maior dificuldade em Linguagens, maior facilidade em Ciências Naturais e Matemática, que também é a área que eles mais gostam. Ressaltamos que quando foram indagados sobre o grau de importância das áreas foi possível constatar que 12 apontam Linguagens como mais importante, 08 escolheram Ciências Humanas e 08 optaram por Ciências Naturais e Matemática.

A turma tinha uma grande expectativa sobre a aplicação desta proposta e foram questionados sobre como as aulas de Física poderiam ser mais interessantes e foi constatado que eles sentiam falta dos experimentos, tanto os reais como os virtuais. Como essa questão era aberta, os alunos tiveram as mais diversas sugestões, desde de aulas mais dinâmicas, o aumento da quantidade de aulas semanais, e a realização de projetos.

### **6.3 Preparação para a aplicação da UEPS**

Essa aula introdutória foi destinada à abordagem simplificada do conceito de Mapa Conceitual e sua finalidade. A atividade foi dividida em três momentos.

No primeiro momento houve apresentação do conceito e de modelos de Mapas Conceituais, ressaltando que por definição eles possuem as seguintes características: são diagramas indicando relações, tem uma organização hierárquica, possui relações significativas, podem ser feitos com figuras geométricas, os conceitos mais importantes devem estar claros em relação aos secundários, utiliza-se uma ou duas palavras chaves em cada diagrama, não há uma única forma de produzir um mapa conceitual.

Ainda neste momento inicial foram apresentados alguns modelos de mapas conceituais, em especial, como o da figura 8, sobre o conteúdo estudado na unidade anterior, eletricidade e magnetismo:

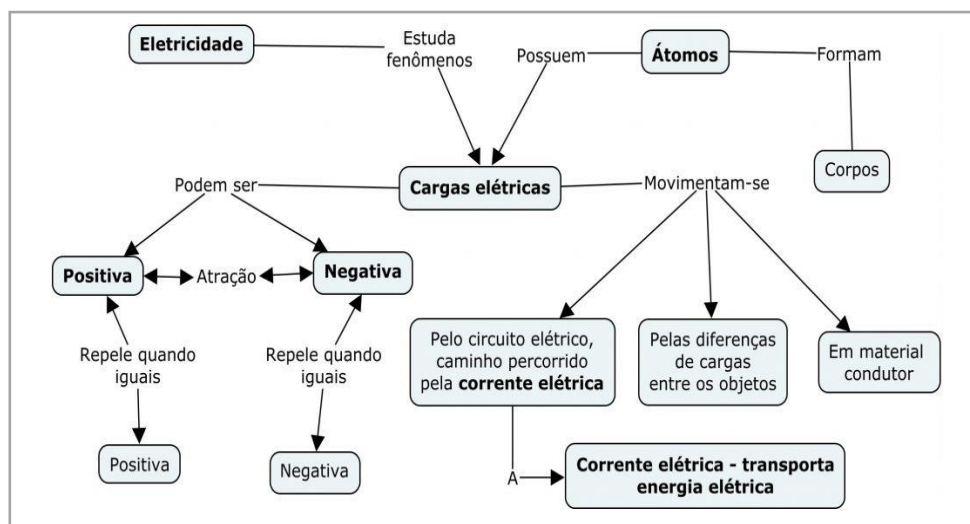


Figura 8 – Mapa conceitual sobre Eletricidade

Fonte: <http://aprendinarede.com.br/5o-ano-ciencias-eletricidade-magnetismo-eletromagnetismo/>

Para a segunda parte desta atividade os alunos foram motivados, a partir das discussões realizadas na exposição anterior, a construir mapas conceituais individuais, com temas livres, escolhidos por eles. Após a construção, houve um momento de socialização. Nele foi possível constatar as dificuldades e foram realizados os ajustes necessários.

Na conclusão desta atividade introdutória, terceiro momento, foi solicitado que os estudantes realizassem uma construção coletiva de mapas conceituais a partir do texto “O que é Física?” (**Apêndice B**), disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/>. A turma foi dividida em grupos para que eles pudessem discutir o texto, produzir e apresentar os mapas conceituais para os demais colegas.

#### 6.4 Aspectos Sequenciais da UEPS

De acordo com Moreira (2011), o objetivo da construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental. Nessa perspectiva, os aspectos sequenciais apresentados seguem os princípios propostos para aquisição significativa de conhecimento.

#### **6.4.1 Definição do Conteúdo Abordado**

Nessa fase foi definido o tópico específico que seria abordado, levando em consideração o planejamento feito no início do ano letivo e com o conhecimento adquirido sobre eletricidade e magnetismo.

O tema escolhido para a UEPS foi Ondas eletromagnéticas, e durante a aplicação da proposta foram abordadas inicialmente as características de uma onda, tais como movimento periódico, pulso, onda, forma de ondas (longitudinais e transversais), natureza das ondas (mecânicas e eletromagnéticas), propriedades de uma onda (crista, vale, comprimento de onda, amplitude, frequência, período, velocidade de propagação).

A partir dessa abordagem geral, foi possível inserir o conceito de Ondas Eletromagnéticas, valorizando o fenômeno dos campos elétricos e magnéticos, variáveis, e o espectro eletromagnético (Ondas de Rádio, Micro-ondas, Ondas de infravermelho, Luz visível, Ultravioleta, Raios X, Raios gama).

#### **6.4.2 Levantamento de Conhecimentos Prévios**

Neste passo o objetivo foi criar situações em que os alunos pudessem expor os conhecimentos que possuíam sobre o tema de estudo, chamados pela teoria da aprendizagem significativa de subsunçores. Para essa finalidade foi elaborado um questionário (**Apêndice C**) com situações-problema que fizessem com que os estudantes refletissem sobre o tema.

A aplicação do questionário aconteceu, a princípio, de forma individual, para que fosse possível investigar se o estudante possuía algum conhecimento sobre o tema e que seria relevante para a aprendizagem significativa. Logo após, eles foram organizados em equipes para preencher o questionário. As questões foram elaboradas com o objetivo de descrever as características de uma onda, periodicidade, transmissão de informações, como wi-fi e bluetooth, controle remotos, radiações eletromagnéticas.

Após este momento, os alunos foram convidados, de forma espontânea, a socializar suas respostas, o que foi importante para a preparação da próxima etapa da sequência.

### 6.4.3 Situações-problema em Nível Introdutório

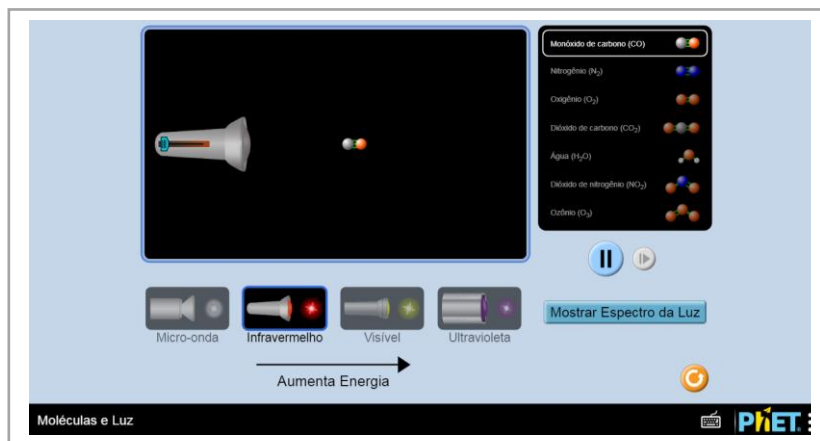
Esta etapa foi destinada, de acordo com os aspectos sugeridos por Moreira (2011), da UEPS, a retornar a situações-problemas em nível bem introdutório, considerando os conhecimentos que os alunos demonstraram na atividade anterior, e os preparando para a introdução do conhecimento que se pretendia ensinar.

Diante desta proposta foi realizada a leitura e discussão do texto “Um mundo imerso em Ondas” (**Apêndice D**) do físico Marcelo Gleiser, disponível em <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1411199903.htm>. A leitura deste material teve a intensão de despertar nos estudantes a curiosidade para os termos propagação de ondas, perturbação, equilíbrio, amplitude, transmissão de informações e as ondas do mundo invisível.

Após a leitura houve uma discussão do texto, e foram levantadas algumas questões que serviriam de base para apresentação do conteúdo propriamente dito, em nível introdutório. Foi relatada, através de figuras e gifs, em slides, a necessidade de comunicação das pessoas, e como esses meios foram evoluindo, fazendo um apanhado desde os pombos-correios, sinais de fumaça e mensagens a cavalo, carroça e navio, até as descobertas de Maxwell, Hertz e Marconi, entre outros. Retomou-se a ideia de campo elétrico e magnético, para que os alunos pudessem compreender a definição de ondas eletromagnéticas, e como elas fazem parte do cotidiano, sendo distribuídas no espectro eletromagnético. Após esse momento foi exibido um vídeo sobre o espectro eletromagnético disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT_o), com a finalidade de estimular a participação dos alunos na próxima etapa.

Foi proposto a discussão de algumas situações problemas tais como: Como as ondas de rádio são transmitidas?, E as redes wi-fi?, O Bluetooth funciona como o wi-fi?, Como as funções do controle remoto são ativadas na TV?, De que forma os alimentos são aquecidos no micro-ondas?

Finalizando essa aula, e para que os estudantes pudessem visualizar o fenômeno da interação entre uma molécula e a radiação eletromagnética, figura 9, foi apresentada a simulação “Molécula e Luz”, disponível em [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/molecules-and-light](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecules-and-light).



*Figura 9 – Simulação “Molécula e Luz”*

Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/molecules-and-light](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecules-and-light)

Essa atividade foi realizada sem um roteiro específico, apenas para observação da interação da micro-onda, infravermelho, luz visível e ultravioleta, com as moléculas de monóxido de carbono, nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono, água, dióxido de nitrogênio e ozônio.

#### 6.4.4 Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido

Neste quarto passo foi apresentado o conhecimento a ser ensinado/aprendido, através de uma aula expositiva, mas também dialogada. Começou com os aspectos mais gerais, que vão sendo progressivamente diferenciados, visando a abordagem específica do conteúdo propriamente dito, expandindo a estrutura cognitiva a partir dos subsunçores que serviram de ancoradouro para novos conhecimentos.

Foram abordados nesta aula, através de slides, as características de uma onda, tais como movimento periódico, pulso, onda, forma de ondas (longitudinais e transversais), natureza das ondas (mecânicas e eletromagnéticas), propriedades de uma onda (crista, vale, comprimento de onda, amplitude, frequência, período, velocidade de propagação).

Esses conhecimentos foram necessários para despertar nos alunos o interesse pelo conteúdo abordado, e para que eles pudessem compreender como as Ondas Eletromagnéticas fazem parte do nosso cotidiano. Destacando a importância do estudo do espectro eletromagnético, diferenciando as ondas de acordo com a frequência e comprimento, além de sua função. Foram apresentados três vídeos:



Vídeo 1 – “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”, disponível em <https://www.umsabadoqualquer.com/quer-que-desenhe-espectro-eletromagnetico/> e representado na figura 10, com duração de 4:51 minutos:

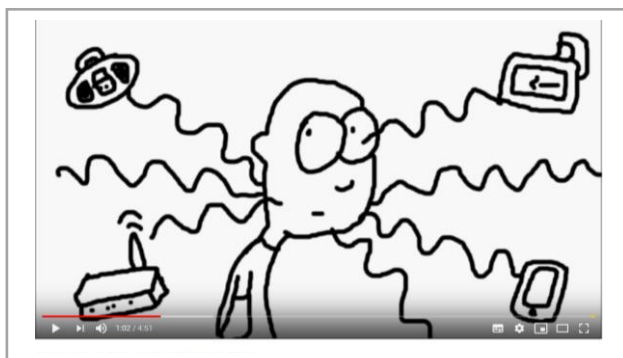


Figura 10 – Vídeo 1 – “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”  
Fonte: <https://www.umsabadoqualquer.com/quer-que-desenhe-espectro-eletromagnetico/>

O vídeo da figura 10 explica em forma de “tirinhas” o espectro eletromagnético, de maneira criativa e descontraída, viajando por todo espectro, comparando os comprimentos de onda e frequência, explicando questões como: Porque o céu é azul?; Como os cientistas conseguem saber a composição química dos planetas, se eles estão tão distantes?. Proporcionando assim mais discussões.

Vídeo 2 – “Estudo mostra cuidados que devemos ter com celulares”, sobre uma reportagem do programa “Fantástico” da Rede Globo, exibida em 23 de agosto de 2015, figura 11, disponível em <https://globoplay.globo.com/v/4414841/> com duração de 7:27 minutos.



Figura 11 – Vídeo 2 – “Estudo mostra cuidados que devemos ter com celulares”  
Fonte: <https://globoplay.globo.com/v/4414841/>

A reportagem apresentada tratou de um tema polêmico e que divide opiniões, foi a exposição dos alunos a mais uma situação-problema, onde os cientistas e médicos

questionam os malefícios do uso dos celulares, falou-se também de radiação ionizante e não ionizante.

Vídeo 3 – “Raio X”, de um canal de humor no youtube, Porta dos Fundos, figura 12, adicionado em 21 de julho de 2018, disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=\\_L6Jrp3y1DQ](https://www.youtube.com/watch?v=_L6Jrp3y1DQ) (duração de 2:11 minutos)



*Figura 12 – Vídeo 3 – “Raio X”*

Fonte: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_L6Jrp3y1DQ](https://www.youtube.com/watch?v=_L6Jrp3y1DQ)

O vídeo, figura 12, relata um exame de Raio X de forma muito bem humorada. Nele o paciente questiona a radiologista quanto a segurança durante a exposição à radiação. O objetivo desse vídeo foi despertar e estimular o questionamento quanto ao uso da radiação no dia a dia. Após a exibição foram colocados alguns questionamentos, em forma de “Mito ou Verdade”, realizando assim um debate a partir das perguntas: As salas de exame oferecem risco de contaminação aos pacientes?; As grávidas realmente devem evitar os exames de raios X?; As atividades de radiologistas e técnicos pode ser considerada de risco?

Ao final desse passo foi entregue aos estudantes uma atividade (**Apêndice E**), que tinha como objetivo compreender as características de uma onda, bem como suas propriedades (comprimento de onda, frequência, período, velocidade de propagação).

#### **6.4.5 Retomar os Aspectos mais Gerais em Nível mais Alto de Complexidade**

Buscou-se neste passo uma nova apresentação do conteúdo, com um nível mais alto de complexidade, destacando as semelhanças e diferenças entre as situações trabalhadas anteriormente, sendo o momento de estabelecer uma reconciliação integradora, buscando as relações entre as ideias, conceitos, proposições, para que o conhecimento adquira novos significados na estrutura cognitiva do estudante.

As atividades desta aula foram realizadas de forma colaborativa, pois levou os alunos a interagir socialmente, negociando significados. O papel da professora foi de mediadora do processo. Foram propostas três atividades experimentais: Blindagem Eletrostática – Celular (**Apêndice G**), Blindagem Eletrostática - Gaiola de Faraday (**Apêndice H**) e Medindo a Velocidade da Luz com um Forno de Micro-ondas (**Apêndice F**).

Os estudantes foram divididos em grupos e receberam três roteiros para realização dos experimentos com parte teórica, materiais necessários (foram disponibilizados pela professora), procedimentos experimentais, resultados das medidas e conclusão.

Houve uma sequência de realização das atividades, onde cada grupo foi acompanhado de perto pela professora, mas sem interferência nos resultados e conclusões.

#### 6.4.6 Concluir a Unidade (Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa)

No sexto passo foram retomadas as características mais relevantes do conteúdo com o objetivo de prosseguir com a diferenciação progressiva e promover a reconciliação integrativa. Optou-se por uma nova apresentação do conteúdo através de uma simulação virtual, figura 13, realizada de forma colaborativa, discutidas em grupo com apoio da docente.

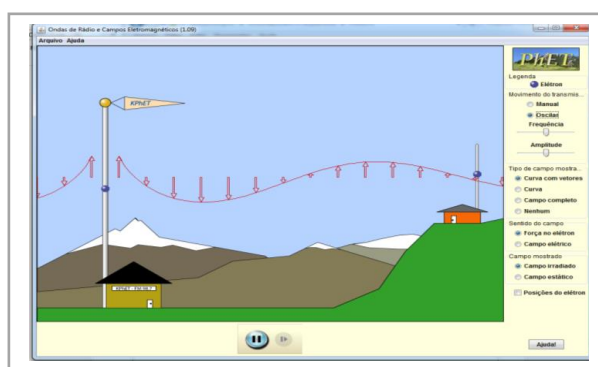


Figura 13 – Simulador “Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos”

Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves)

Cada grupo recebeu um material explicativo, (**Apêndice I**), de como acessar e utilizar o simulador. Neste material havia uma parte introdutória sobre radiofrequências e suas faixas. Nos procedimentos experimentais eles tiveram as instruções de como acessar o site [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves), e realizar a interação com o simulador “Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos”.

Cada passo foi realizado e observado pelos membros da equipe, discutido e depois anotado no roteiro. Foram aplicados ao final, alguns questionamentos, como qual seria a frequência e comprimento de onda da rádio que eles mais ouvem.

#### **6.4.7 Avaliação da Aprendizagem através da UEPS**

Durante todo o processo de aplicação da UEPS foram realizados os registros que buscavam evidências da aprendizagem significativa, mas para finalizar essa intervenção realizou-se uma atividade de construção de mapas conceituais, relembrando as atividades que foram feitas mesmo antes da implementação da sequência. Essa avaliação foi individual para a exposição da captação e transferência de significados.

Todos os estudantes receberam uma folha (**Apêndice J**), com apenas um enunciado “Construção do Mapa Conceitual sobre Ondas Eletromagnéticas”, para que eles pudessem criar de forma espontânea o seu mapa pessoal sobre o conteúdo estudado.

#### **6.4.8 Análise do Êxito da aplicação da UEPS**

O oitavo passo teve como objetivo a avaliação do desempenho dos alunos, através das evidências de aprendizagem significativa. Para ter esse resultado foram observadas as atividades realizadas durante todo o processo, considerando cada questionamento ou participação nas atividades, buscando sempre recursos didáticos que estimulassem a interação e integração do grupo.

Em grande parte das etapas foram feitas atividades que deveriam ser entregues para a professora, e estes materiais integraram mais elementos que pudessem favorecer a busca de tais evidências de aprendizagem. Foram várias atividades apresentadas para que as aulas fossem mais dinâmicas e interativas, desde mapas conceituais, exercícios, simulações, exibição de vídeos, realização de experimentos, análise de situações-problemas, que geraram ricas discussões.

## 6.5 Cronograma de aplicação da UEPS

Tabela 3 – Cronograma da UEPS

Aulas	Data	Descrição das atividades
01 e 02	26/09/2018	<b>Oficina de Mapas Conceituais</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição sobre o tema;</li> <li>• Construção de Mapas Conceituais com tema livre (individual);</li> <li>• Socialização e discussão dos mapas construídos;</li> <li>• Produção de Mapas Conceituais a partir de um texto (grupo);</li> <li>• Discussão dos resultados.</li> </ul> <b>Aplicação do Questionário Sócio-econômico-cultural</b>
03 e 04	03/10/2018	<b>Levantamento dos conhecimentos prévios</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação do Questionário de forma colaborativa;</li> <li>• Discussão das respostas.</li> </ul>
05 e 06	17/10/2018	<b>Situações-problema em nível introdutório</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura e discussão do texto “Um mundo imerso em Ondas”;</li> <li>• Simulação “Molécula e Luz”</li> </ul>
07 e 08	24/10/2018	<b>Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva e dialogada;</li> <li>• Exibição dos vídeos: “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”; “Estudo mostra cuidados que devemos ter com celulares”; “Raio X”;</li> <li>• Atividade de revisão dos conceitos abordados.</li> </ul>
09 e 10	31/10/2018	<b>Retomar os Aspectos mais Gerais em Nível mais Alto de Complexidade</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização, análise e discussão dos experimentos: Blindagem Eletrostática do Celular; Gaiola de Faraday; Medindo a Velocidade da luz com um forno de micro-ondas.</li> </ul>
11 e 12	07/11/2018	<b>Concluir a Unidade (Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interação e discussão do simulador “Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos”</li> </ul>
13 e 14	14/11/2018	<b>Avaliação da Aprendizagem através da UEPS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização da atividade final e individual do Mapa Conceitual sobre Ondas Eletromagnéticas</li> </ul> <b>Aplicação do Questionário para avaliar a satisfação dos discentes em relação a metodologia utilizada</b>
		<b>Análise do Êxito da aplicação da UEPS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizada durante todo o processo de aplicação e de escrita da dissertação</li> </ul>

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão discutidos os resultados das atividades aplicadas durante a implementação da UEPS, ao longo de 14 aulas, incluindo a preparação através da Oficina de Mapas Conceituais.

### 7.1 Atividade de Introdução sobre Mapas Conceituais

Essa atividade teve como objetivo a apreensão do conceito fundamental de Mapas Conceituais. Após uma breve exposição e exemplos sobre o tema, os alunos realizaram a produção, de forma individual, figura 14, dos mapas conceituais com temas livres.



Figura 14 – Construção de Mapas Conceituais (tema livre)  
Fonte: A autora (2018)

A partir dos exemplos dados e das características mencionada durante a exposição, os alunos realizaram as construções, mesmo com dificuldade e questionamentos, mas com mediação da professora, foi possível reunir alguns resultados, como nas figuras 15, 16 e 17:

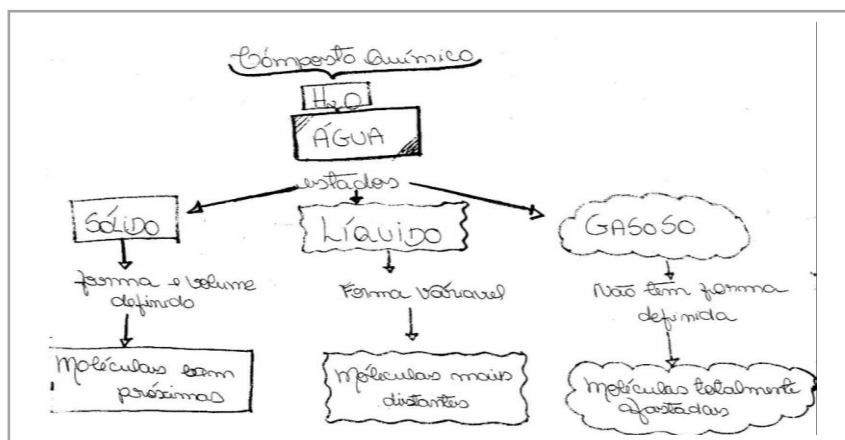


Figura 15 – Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A24  
Fonte: A autora (2018)

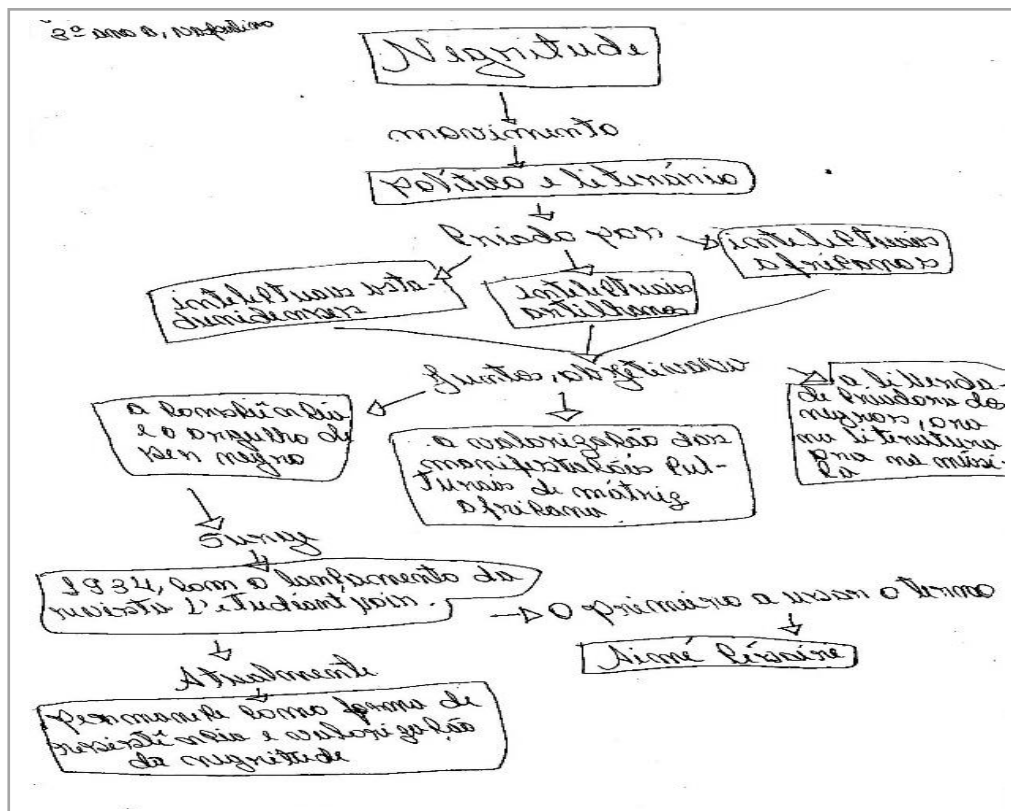


Figura 16 – Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A19

Fonte: A autora (2018)

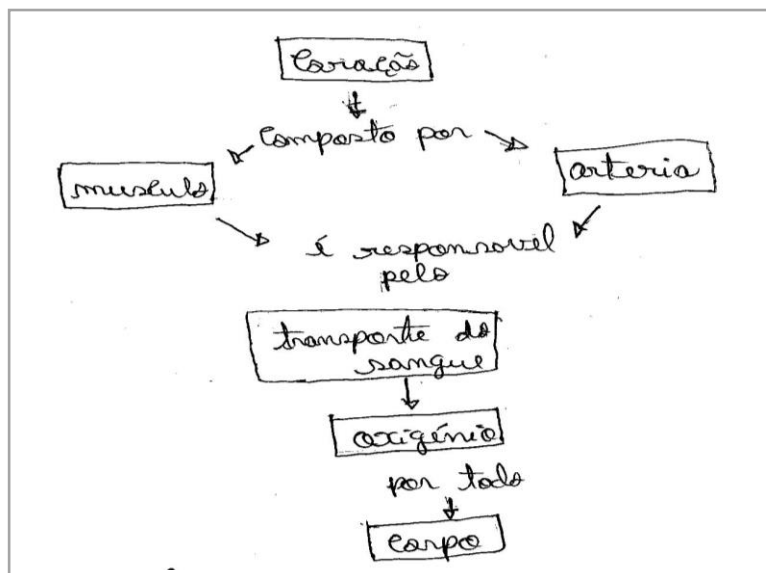


Figura 17 – Mapa Conceitual elaborado pelo aluno A07

Fonte: A autora (2018)

Foram escolhidos aleatoriamente três mapas confeccionados pelos alunos A07, A19 e A24. Em todos foram usados diagramas que indicam as relações entre os conceitos, respeitando uma organização hierárquica, utilizando palavras chaves. Os mapas dos

alunos A 24 e A07 foram mais resumidos, enquanto que o mapa do aluno A19 teve uma quantidade maior de palavras por diagrama.

Foi explicado que não há uma única forma de produzir um mapa conceitual, então todas as construções foram validas, uma vez que demonstraram o conhecimento do tema abordado, quando realizaram a socialização para todo o grupo.

Na segunda parte da atividade foi realizada de forma colaborativa. A turma foi dividida em grupos, exemplificado na figura 18, que tiveram como tarefa, desenvolver um Mapa Conceitual por equipe, a partir do texto “O que é Física?”.



Figura 18 – Construção dos Mapas Conceituais (O que é Física?)

Fonte: A autora (2018)

Neste momento, já foi possível perceber que os estudantes compreenderam a proposta. Desta forma foram escolhidos os mapas de duas equipes, figuras 19 e 20, para representar esse trabalho.

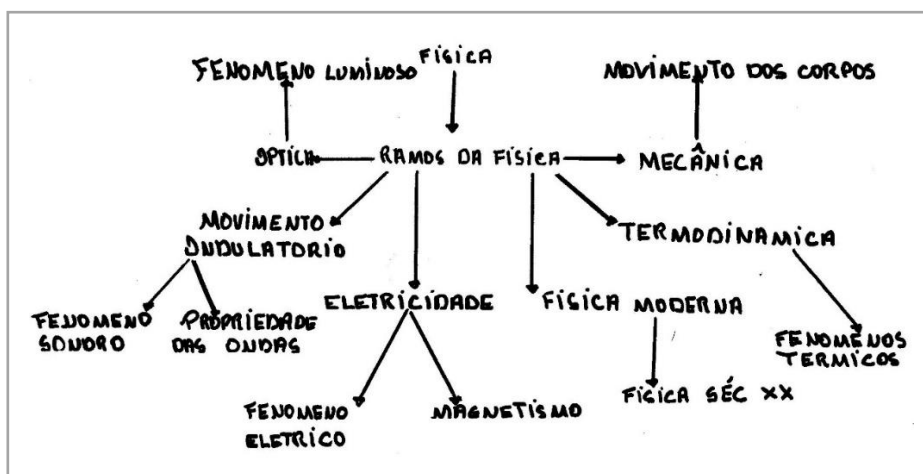


Figura 19 – Mapa Conceitual elaborado pelo grupo 01

Fonte: A autora (2018)



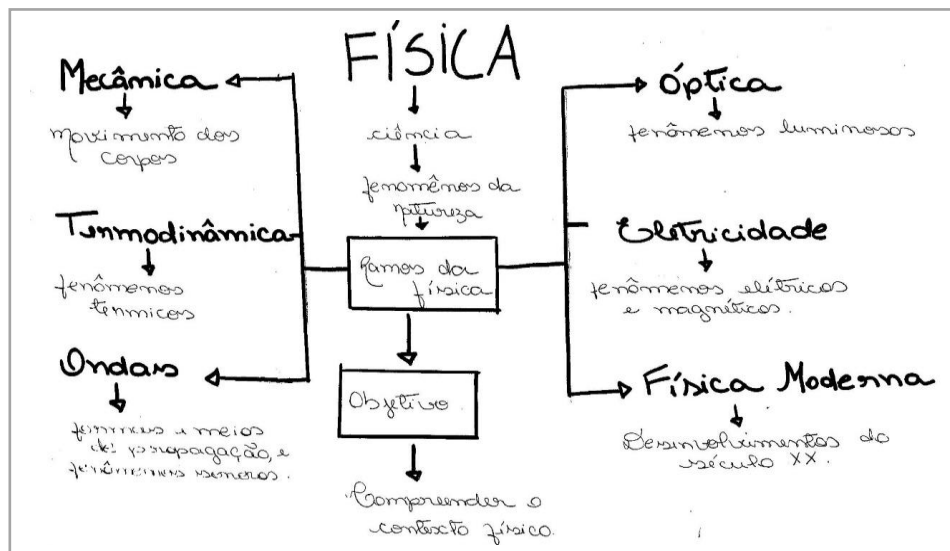


Figura 20 – Mapa Conceitual elaborado pelo grupo 02  
Fonte: A autora (2018)

Foi um trabalho satisfatório pois os alunos se envolveram, negociaram significados e conseguiram criar um mapa que representasse o texto e a compreensão dos membros da equipe. Os mapas respeitaram as sugestões feitas pela professora, da escolha dos conceitos-chave e organização da hierarquia.

## 7.2 Análise do Questionário de Levantamento de Conhecimentos Prévios

O conhecimento prévio é, de acordo com Ausubel (1968), a variável que mais influencia a aprendizagem significativa. Neste sentido, esse foi um momento crucial da proposta a ser aplicada. Foram elaboradas quinze questões, que promoveu discussões em grupos, como mostra a figura 21, levando em consideração estimular os alunos a refletir sobre algumas situações-problema.



Figura 21 – Levantamento de conhecimentos prévios  
Fonte: A autora (2018)

As questões eram sobre as características das ondas, tipos de ondas, eventos periódicos, transmissão de informações, uso do micro-ondas na cozinha, funcionamento do wi-fi, bluetooth, controles remotos, rádio, radiações eletromagnéticas (benefícios e malefícios).

Os resultados deste levantamento foram feitos através das respostas das cinco equipes. As perguntas foram direcionadas para o tema, como serão descritas a seguir:

A primeira pergunta se referia a uma gota caindo num lago formando a seguinte formato, conforme Figura 22:



*Figura 22 – Gota caindo no lago*

Fonte: <http://planetaterraouagua.blogspot.com/2009/11/geleiras.html>

Todos os grupos responderam que esse tipo de onda tem forma *circular*. Em relação a colocar um objeto no lago:

- Se colocado um objeto no lago ele irá se movimentar no mesmo sentido da onda. (Grupo 1);*
- Se tiver um objeto no lago o movimento é oscilante. (Grupo 2);*
- O objeto se moveria de acordo a direção da onda (Grupo 3);*
- O objeto oscilaria entre subir e descer. (Grupo 4);*
- Se move em forma de onda (Grupo 5).*

Sobre a definição de onda:

- É uma propagação de um movimento ondulatório com diferentes formas. (Grupo 1);*
- É uma elevação da água. (Grupo 2);*
- A onda seria um acontecimento natural. (Grupo 3);*
- Uma sequência de movimentos impulsionadas por uma reação (Grupo 4);*
- São formadas a partir de um movimento, por exemplo da pedra jogada no mar (Grupo 5).*

Questionados sobre os tipos de ondas que conhecem, os estudantes tiveram respostas parecidas: *ondas sonoras, do mar, eletromagnéticas.*

Os alunos conseguiram reconhecer o que são eventos periódicos e a diferença entre eles: *banho (diariamente), aniversário (anualmente), aula de história (semanalmente), salário (mensalmente), eleições presidenciais (de quatro em quatro anos).*

Todos os grupos afirmaram que já ouviram falar de ondas eletromagnéticas mas somente três responderam para que servem:

*Para propagar um tipo de energia (Grupo 1),  
Para utilização dos equipamentos eletrônicos (Grupo 2)  
Na transmissão de sinais (Grupo 4).*

Na transmissão das informações nas TV's e rádios, funcionamento do micro-ondas, wi-fi, bluetooth, controle remotos, os discentes responderam que: *As informações são transmitidas por ondas e satélites; O micro-ondas serve para aquecer alimentos. Mas não souberam explicar como ocorre esse processo.*

Em relação ao wi-fi e bluetooth disseram que funcionam através de *antenas, torres, satélites que captam sinais.* Duas equipes responderam que o controle remoto funciona através do *infravermelho.*

Questionados se as radiações eletromagnéticas podem prejudicar a saúde, todas as equipes responderam que sim e relataram que:

*O excesso de radioatividade que ocasiona o câncer (Grupo 1);  
Causa danos se estiver em contato com as pessoas (Grupo 3);  
Alguns aparelhos hospitalares e domésticos são constituídos de composições químicas (césio, urânio) que quando entram em contato com o ser humano podem causar câncer e em muitos casos levar a óbito. (Grupo 4)*

Em relação aos benefícios dessas radiações, todos também afirmaram que é possível contribuir com a população, com a utilização de: *aparelhos eletrônicos, raio X, na área de saúde, sinais de TV, rádio, celular.*

Foi possível identificar, a partir das respostas e das discussões realizadas com toda turma que os alunos têm um conhecimento vago sobre o conceito científico de ondas eletromagnéticas, mas conseguem estabelecer uma relação dos seus efeitos no cotidiano.

O objetivo desta atividade foi atingido pois os alunos conseguiram externalizar os conhecimentos prévios, aceitos ou não no contexto da matéria de ensino, que de acordo com Moreira (2011) é supostamente relevante na aprendizagem significativa.

### 7.3 Investigações das respostas das Situações-problema em Nível Introdutório

Essa atividade foi realizada a partir da leitura e discussão do texto “Um mundo imerso em Ondas”, que despertou nos alunos a curiosidade sobre o tema, pois perceberam que as ondas fazem parte do seu dia a dia e para contribuir com os significados foi exibido o vídeo, figura 23, sobre o espectro eletromagnético disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT>.



Figura 23 – Vídeo sobre o espectro eletromagnético

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT>.

Retornou-se as questões debatidas anteriormente, agora em forma de situações-problema: Como as ondas de rádio são transmitidas? E as redes wi-fi?, O Bluetooth funciona como o wi-fi? Como as funções do controle remoto são ativadas na TV? De que forma os alimentos são aquecidos no micro-ondas?

Os estudantes participaram ativamente, reconhecendo as questões do levantamento inicial e tentando compreender o funcionamento de tais equipamentos.

Ao final a professora realizou a interação do simulador “Molécula e Luz”, em que os discentes tiveram a oportunidade de tirar as dúvidas quanto a interação das radiações com as moléculas, chamando a atenção para interação da radiação micro-ondas com a molécula de água, conhecimento que seria utilizado posteriormente no momento da experimentação.

## 7.4 Análise da apresentação do Conhecimento a ser Ensino/Aprendido

O quarto passo da sequência é marcado pela exposição do conteúdo, partindo dos aspectos mais gerais, até os mais específicos. Mesmo sendo uma aula expositiva, os alunos foram motivados a participar, expondo suas opiniões, tirando dúvidas.

Uma parte da aula que chamou a atenção dos alunos foi sobre o espectro eletromagnético. Eles sentiram uma certa dificuldade em compreender as divisões, diferenças e utilidades. Para auxiliá-los neste processo foi exibido o vídeo “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”, que mostra de maneira lúdica, mas científica, os tipos de ondas eletromagnéticas.

O segundo vídeo tratou dos cuidados com o uso dos celulares, e a polêmica sobre o malefício das ondas eletromagnéticas a saúde humana. Foi uma discussão bem interessante e realmente como no vídeo, os alunos ficaram divididos sobre as opiniões.

O terceiro e último vídeo foi sobre um exame de Raio X. Onde de maneira muito bem humorada um paciente questiona sua exposição à radiação. Foi um momento de descontração, e muitos alunos reconheceram o exame, pois já haviam passado por esse processo. Responderam e opinaram sobre o debate “Mito ou Verdade”, e compreenderam a importância dos equipamentos de segurança, dos efeitos cumulativos da radiação e tempo de exposição.

Ao final desta aula os estudantes receberam uma atividade extra classe que deveria ser entregue na aula seguinte. Foi observado um bom desempenho, pois as questões foram respondidas sem dificuldade, destacadas nas figuras 24, 25 e 26:

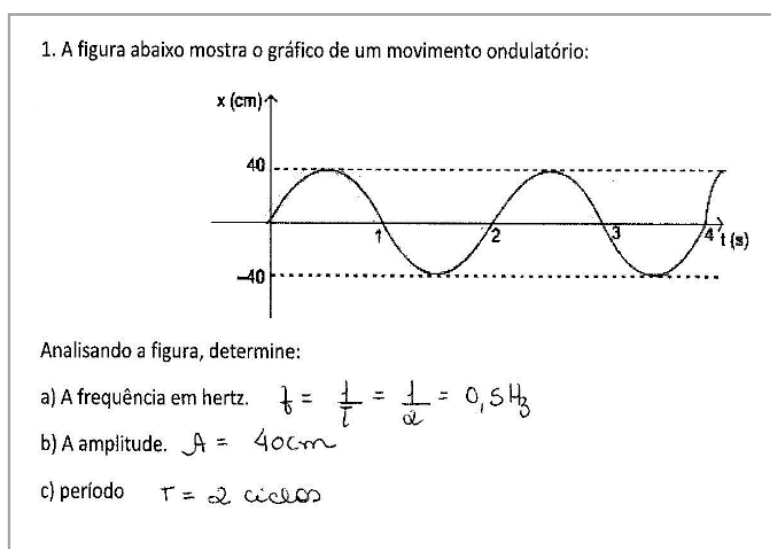


Figura 24 – Atividade do aluno A31

Fonte: A autora (2018)

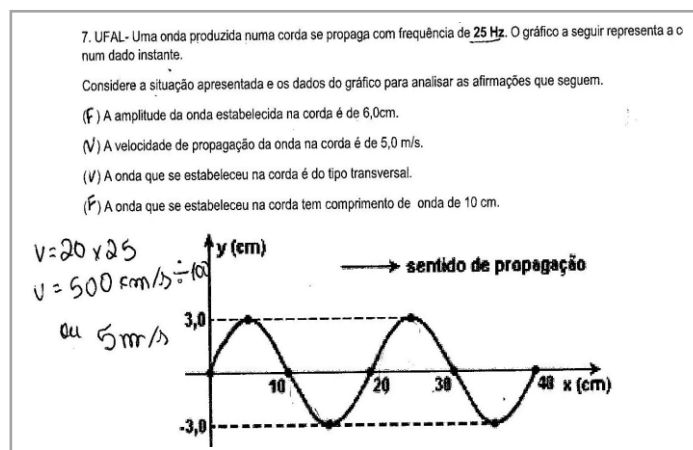


Figura 25 – Atividade do aluno A23

Fonte: A autora (2018)

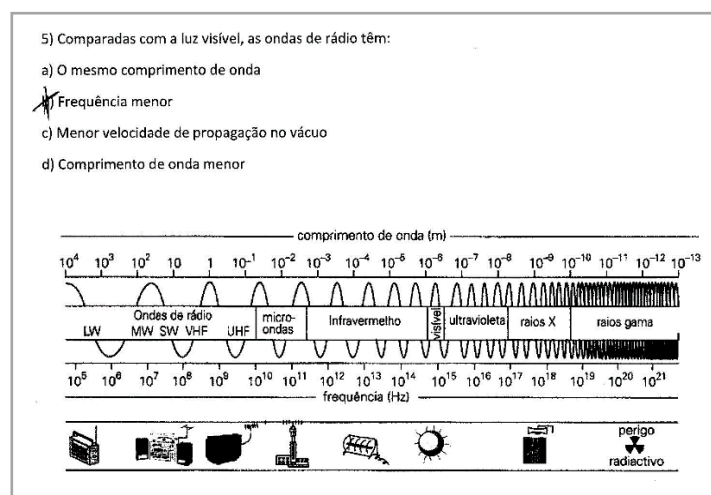


Figura 26 – Atividade do aluno A12

Fonte: A autora (2018)

As questões desta atividade foram selecionadas para serem resolvidos em nível crescente de dificuldade, apresentando desde problemas das características gerais das ondas até ondas eletromagnéticas.

## 7.5 Resultados das atividades experimentais

A realização e análise dos experimentos ocorreram com o apoio de outros professores que cederam as aulas para arrumação da sala. A turma estava com uma grande expectativa quanto a experimentação, eles foram divididos em cinco grupos e receberam os roteiros para realização dos procedimentos.

Optou-se por realizar os experimentos na seguinte sequência: Blindagem Eletrostática – Celular; Blindagem Eletrostática - Gaiola de Faraday e Medindo a Velocidade da Luz com um Forno de Micro-ondas

Para análise das respostas dos roteiros foram destacadas algumas equipes, para que a seção não ficasse muito extensa, levou-se em consideração as respostas que demonstravam necessidade de discussão.

- **Experimento 1: Blindagem Eletrostática do Celular**

Cada grupo recebeu um roteiro, foi realizada a leitura da introdução para que os estudantes tivessem um aprofundamento sobre o tema do experimento. Após este momento um membro de cada equipe recebeu os materiais necessários (figura 27) para a realização da atividade experimental.



*Figura 27 – Materiais e realização do Experimento 1*

Fonte: A autora (2018)

Nesse momento cada equipe deveria realizar a sua experimentação de acordo com os procedimentos experimentais do roteiro. Os resultados foram relatados após uma breve discussão com os membros da equipe.

Em relação ao 1º e 2º passos, que era embrulhar o celular no papel e ligar para o mesmo e depois fazer o mesmo procedimento com o papel alumínio, os estudantes responderam no roteiro, foram escolhidas as respostas das 1, 4 e 5 (figuras 28, 29 e 30):

Relate o que aconteceu com o celular quando realizamos o 1º passo:  
 Mesmo embalado no papel, o celular recebeu a ligação normalmente.

Descreva o que foi observado no 2º passo:  
 Ao embalar o celular no papel alumínio, o celular não recebe a chamada porque o papel alumínio interrompe a captação de ondas.

Figura 28 – Respostas da Equipe 1

Fonte: A autora (2018)

Questionados sobre a relação entre o conceito de ondas eletromagnéticas e a distância de penetração da onda em um dado material, foi explicado que:

De acordo com os conceitos sobre ondas eletromagnéticas e a distância de penetração da onda em dado material, explique porque ocorreu esse fenômeno:  
 Porque o alumínio é um bom condutor, e as ondas não penetram para transmitir o sinal da antena.  
 A folha de papel não é um bom condutor, por isso é possível as ondas penetrarem, transmitindo o sinal.

Figura 29 – Resposta da Equipe 5

Fonte: A autora (2018)

As conclusões das equipes foram bem parecidas, como relata a Equipe 4:

**CONCLUSÃO**  
 Portanto, por meio de uma experiência, conseguimos identificar nos condutores de alumínio com a possibilidade de manter o sinal de forma efetiva.

Figura 30 - Resposta da Equipe 4

Fonte: A autora (2018)

Diante das respostas apresentadas, foi possível perceber que mesmo não usando os termos científicos corretamente, os estudantes compreenderam como o fenômeno ocorre e qual a relação com o que estudaram nas aulas anteriores.



- **Blindagem eletrostática: “Gaiola de Faraday”**

Nesta atividade os alunos se reversaram para utilizar uma gaiola de metal. Após a leitura da fundamentação teórica eles sintonizaram o celular numa rádio e colocaram dentro da gaiola, cada equipe realizou sua análise.



*Figura 31 - Realização do Experimento 2*  
Fonte: A autora (2018)

As respostas do roteiro foram realizadas após a experimentação, ressalta-se algumas afirmações nas figuras 32, 33 e 34:

Relate o que aconteceu com a transmissão do rádio quando colocamos o celular dentro da gaiola:

*A gaiola impediu a captação do sinal, e criou-se o pesquiamento de ruídos.*

*Figura 32- Resposta da Equipe 1 (Experimento 2)*  
Fonte: A autora (2018)

De acordo com os conceitos sobre ondas eletromagnéticas e o experimento realizado por Faraday (Gaiola de Faraday), explique o resultado desta experiência:

*Devido a gaiola ter uma área interna oca, impede que as ondas penetrem no interior do mesmo deixando o ambiente neutro.*

*Figura 33 - Resposta da Equipe 2 (Experimento 2)*  
Fonte: A autora (2018)

**CONCLUSÃO**

Prostanto, fica evidente que a "gaiola de Faraday" pro-  
tege os objetos da blindagem eletrostática.

*Figura 34 - Resposta da Equipe 4 (Experimento 2)*

Fonte: A autora (2018)

Os estudantes conseguiram, com essa atividade, perceber os efeitos da blindagem eletrostática, mesmo sendo uma gaiola comum, tiveram a ideia de como funciona uma “Gaiola de Faraday”.

- **Medindo a velocidade da luz com um forno micro-ondas**

Para finalizar a aula os alunos realizaram o último experimento, e estavam ansiosos, pois se tratava do manuseio de chocolate. Cada equipe recebeu uma régua e uma barra de chocolate. Realizaram a leitura do roteiro e então começaram a experimentação, de acordo com a figura 35.



*Figura 35 - Realização do Experimento 3*

Fonte: A autora (2018)

Como havia apenas um micro-ondas cada equipe teve um tempo para aquecer o chocolate e anotar os dados sobre a frequência do micro-ondas. Alguns tiveram dificuldade em visualizar os pontos derretidos, mas com a mediação da professora todos realizaram as medições e foram destacados os resultados descritos nas figuras 36 e 37:

4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

✓ Frequência do micro-ondas: 24 500 000 00 (em Hz)  
(Encontra-se na etiqueta no fundo do aparelho)

✓ Distância entre os dois pontos derretidos: 0,13 (em metros)  
(Para encontrar o comprimento de onda multiplicamos a distância por dois)

Cálculo da Velocidade da luz

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = 0,13 \cdot 24500000000$$

$$c = 318500000 \text{ m/s}$$

$f = 24500000000 =$   
 $f = 24500000000 \text{ Hz}$   
 $\lambda = 6,5 \cdot 2 = 13 \text{ cm}$   
 $13 \text{ cm} \div 100 = 0,13 \text{ m}$

Figura 36 - Resultado da Equipe 3 (Velocidade da Luz)

Fonte: A autora (2018)

4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

✓ Frequência do micro-ondas: 2,450,000,000 (em Hz)  
(Encontra-se na etiqueta no fundo do aparelho)

✓ Distância entre os dois pontos derretidos: 0,06 m (em metros)  
(Para encontrar o comprimento de onda multiplicamos a distância por dois)

Cálculo da Velocidade da luz

$$c = \lambda \cdot f$$

$$c = 0,06 \cdot 2,450,000,000$$

$$c = 147,000,000$$

$$c = 147,000,000 \times 2 = c = 294,000,000 \text{ m/s}$$

Figura 37 - Resultado da Equipe 5 (Velocidade da Luz)

Fonte: A autora (2018)

Conforme resultado as medidas realizadas estiveram bem próximas ao resultado científico da velocidade da luz, os estudantes compreenderam que as unidades de medida, bem como a relação entre o efeito causado no chocolate e as ondas eletromagnéticas.

## 7.6 Análise da Atividade de Conclusão da UEPS

Foram retomadas, nesta fase, as características mais relevantes do conteúdo, como a emissão e recepção de ondas eletromagnéticas. Buscando assim a continuidade da diferenciação progressiva numa perspectiva integradora. A estratégia didática que os alunos utilizaram para mediar esse processo foi a simulação “Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos” disponível no site [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/).

A atividade foi desenvolvida de forma colaborativa, com discussão feita por toda turma, durante a interação. Também foi disponibilizado um roteiro, onde eles observaram que ao oscilar o elétron uma onda se formava, e era transmitida a outra antena localizada

numa residência. Conseguiram associar esse fenômeno a transmissão de informações através das ondas de rádio.

Destacam-se os seguintes comentários:

*A oscilação do elétron faz com que as ondas eletromagnéticas cheguem ao seu destino.*

*De acordo com a oscilação do elétron ocorre a transferência da onda de rádio, e transferência de informação*

Durante a interação houve variação da amplitude e frequência das ondas e a constatação, por parte dos estudantes, que esses fatores influenciavam na transmissão de dados. Como atividade foi solicitado o cálculo (figura 38) do comprimento de onda da rádio KPhet 98,7, e se estava dentro da faixa de radiofrequência VHF. Lembrando que as estações FM transmitem na faixa Megahertz (1 MHz =  $10^6$  Hz) e como é uma onda eletromagnética a sua velocidade é a da luz ( $3 \times 10^8$  m/s).

$\lambda = \frac{v}{f}$

$\lambda = ?$   
 $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$   
 $f = 98,7 \times 10^6 \text{ Hz}$

$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{98,7 \times 10^6} = \frac{0,030 \times 10^2}{0,0987 \times 100}$

$\lambda = 3 \text{ m}$

está dentro da faixa de radiofrequência VHF

Figura 38 - Resultado da Equipe 1 (comprimento de onda)

Fonte: A autora (2018)

A partir dos cálculos eles consultaram a tabela do roteiro e identificaram que estava na faixa VHF, que tem comprimento de onda de 1 a 10 metros.

Após este momento eles escolheram, através de votação a rádio mais ouvida da cidade e encontraram a frequência e comprimento de onda. Como foi uma atividade de livre escolha da turma, eles só tinham que verificar se depois dos cálculos o comprimento de onda estava de acordo com uma rádio FM, a exemplo da figura 39:

Faça uma votação no grupo e diga qual estação de rádio favorita. Qual é a sua frequência e comprimento de onda?

$f = 100,1 \times 10^6 \text{ Hz}$   
 $v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$   
 $\lambda = ?$

$\lambda = \frac{v}{f}$

$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{100,1 \times 10^6} \Rightarrow \frac{0,029 \times 10^2}{0,029 \times 100}$

$\lambda = 2,9 \text{ m}$

Figura 39 - Resultado da Equipe 3 (estação de rádio)

Fonte: A autora (2018)

## 7.7 Resultados dos Mapas Conceituais (Atividade Final)

Nesta última etapa de aplicação da UEPS, foi solicitado que os alunos construíssem mapas conceituais sobre ondas eletromagnéticas. Eles realizam essa atividade sem consulta de material, apenas com as ideias que ficaram na captação de significados e que deveriam ser transferidas para o instrumento de avaliação.

A figura 40 representa o mapa conceitual produzido pelo aluno A12, que de maneira objetiva destacou as características das ondas eletromagnéticas e o espectro eletromagnético.

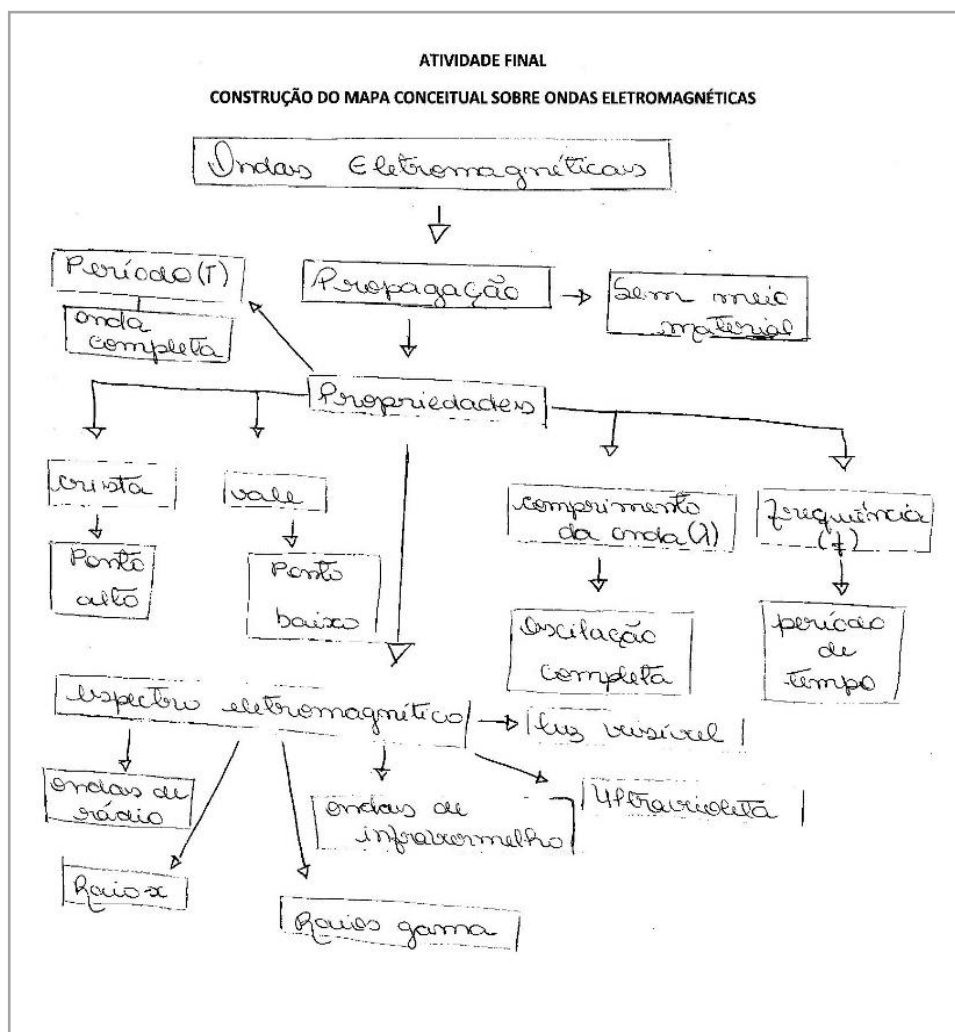


Figura 40 - Mapa conceitual do aluno A12

Fonte: A autora (2018)

O estudante A26 ressaltou a diferença entre as ondas mecânicas e eletromagnéticas, destacada na figura 41.

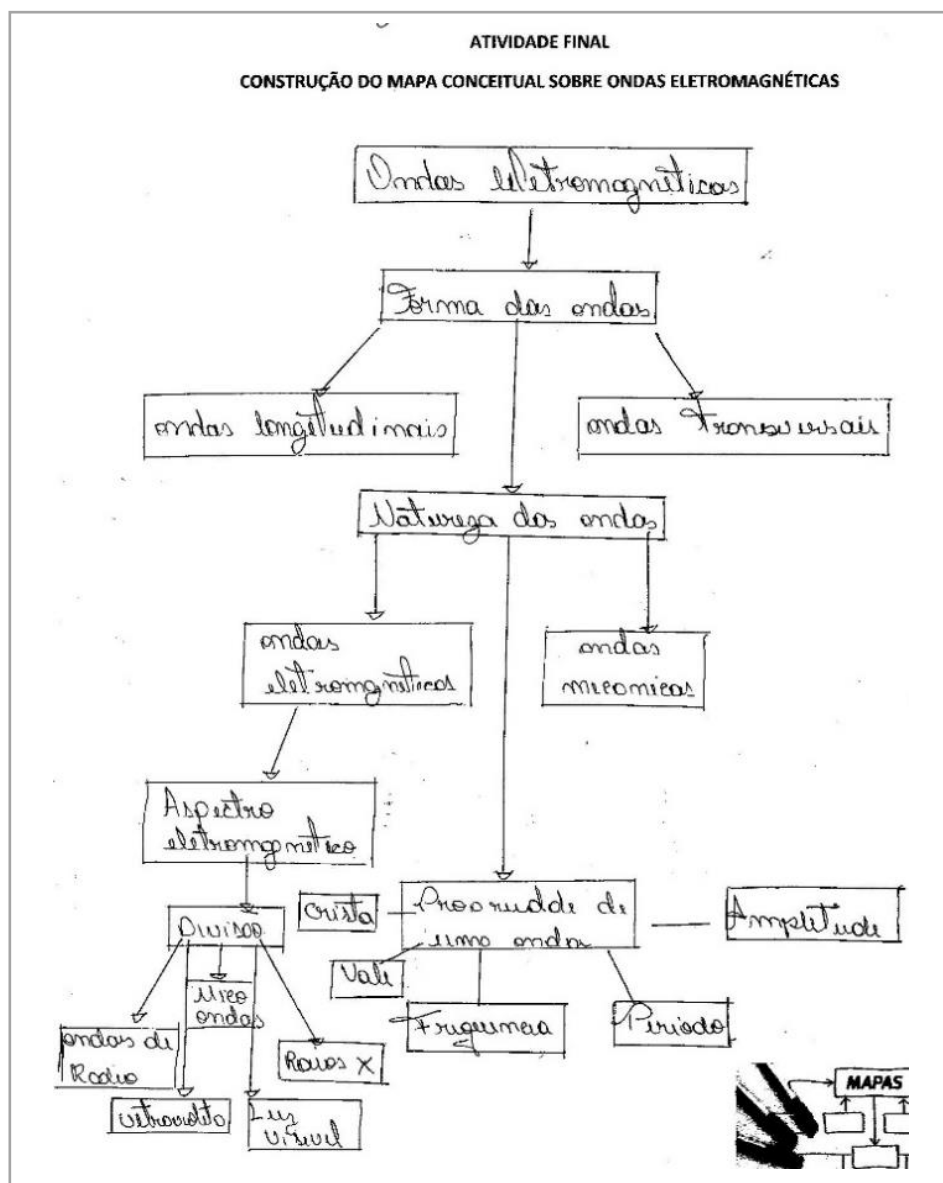


Figura 41 - Mapa conceitual do aluno A26  
Fonte: A autora (2018)

Foram confeccionados 28 mapas, todos apresentaram conceitos abordados durante a intervenção, alguns bem simples e outros mais completos, mas ficou evidente que todos conseguiram absorver algum significado ao conceito de ondas eletromagnéticas.

### **7.8 Passo final da UEPS – Evidências de Aprendizagem**

Reconhecendo que o sucesso desta intervenção pedagógica, depende da identificação das evidências de aprendizagem significativa, que conforme Moreira (2011) acontece quando há captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema.

Essa análise foi realizada durante todo o processo, desde o questionário para levantamento de conhecimento prévios até a última atividade de construção do mapa conceitual. Tendo como parâmetro as discussões realizadas, as respostas dadas, as atividades entregues, as interações dos simuladores virtuais e as atividades práticas experimentais.

A compreensão qualitativa da aplicação desta metodologia, desafiou os alunos a participar ativamente do processo de ensino aprendizagem. A escolha de várias atividades serviu para tornar as aulas mais dinâmicas e interessantes, motivando assim a participação de todos e a exposição das evidências de aprendizagem significativa, apresentadas durante toda a aplicação.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise estabelecida na elaboração desta dissertação, pode-se concluir que, foi desenvolvido neste trabalho um produto educacional através da produção, aplicação e avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com a finalidade de contribuir no processo de ensino-aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas.

A avaliação da UEPS foi feita em cada etapa da aplicação, buscando de forma colaborativa, no decorrer da pesquisa, as condições para que houvesse uma Aprendizagem realmente Significativa. Foram desenvolvidas atividades potencialmente significativas, levando em consideração os conhecimentos prévios dos discentes e estabelecendo uma relação entre esse conhecimento e o conteúdo científico que foram abordados.

A investigação prévia dos conhecimentos dos estudantes, mostrou que eles apresentavam uma noção relevante do termo “ondas”, mas não associada às ondas eletromagnéticas. Conseguiram identificar a forma, o período e frequência dos fenômenos, mas não tinham concepções científicas adequadas para compreender, nas situações cotidianas, a aplicação das ondas eletromagnéticas.

Os registros realizados durante a intervenção em sala de aula levaram em consideração os aspectos destacados por Moreira (2011) na análise de evidências de aprendizagem significativa, dentre os quais se destacam-se: os conhecimentos prévios (subsunçores), discussões de situações-problema, diferenciação progressiva, reconciliação integrativa, atividades colaborativas e as diversas estratégias didáticas.

Deste modo, foram observadas evoluções na aprendizagem de grande parte da turma, pois muitos alunos conseguiram expressar suas ideias através da participação das discussões e na realização das atividades práticas e teóricas. Mas é necessário reconhecer que as atividades desenvolvidas podem ser aprimoradas, já que o planejamento não é estático, isto é, muda de uma turma para a outra.

Uma etapa importante, que mereceu um destaque especial, foi a realizada ao final da sequência, em que cada estudante produziu um mapa conceitual sobre ondas eletromagnéticas e para demonstrar a eficácia deste trabalho todos os mapas estavam de acordo com o que foi estudado, sendo que alguns mapas estavam mais completos e outros não, mas ficou notório que o significado sobre o conteúdo ficou evidenciado nas produções.



Ao final da aplicação da UEPS, foi verificado através de um questionário de avaliação, qual a opinião dos discente sobre a metodologia utilizada. Este questionário, disponível nesta dissertação, era composto de questões subjetivas para que os alunos compartilhassem suas opiniões individuais. Estas perguntas estão relacionadas a motivação, os recursos que foram utilizados, a importância do conteúdo para o cotidiano, o rendimento escolar e como as atividades desenvolvidas poderiam ser aperfeiçoadas.

Com o questionário avaliativo, foi possível perceber que muitos alunos, mesmo com as dificuldades, conseguiram interagir e se sentiram motivados a participar das atividades desenvolvidas. E é evidente que a realização de aulas mais dinâmicas torna o conteúdo mais atraente. Mas é necessário destacar os experimentos reais e virtuais, pois fica claro que quando se observa o fenômeno a compreensão acontece de forma mais significativa.

Os estudantes também relataram a estrutura física da escola, que não contribui com mais aulas dinâmicas exatamente por não possuir laboratórios, salas de informática e nem recursos didáticos, como um projetor de imagem para todos os professores. Isso acaba dificultando a elaboração de metodologias adequadas para a produção de aulas motivadoras.

Portanto, para desenvolver um trabalho como este, em especial na rede pública de ensino, é um desafio para o docente que com apenas duas aulas semanais tem que cumprir as orientações curriculares impostas pelas leis educacionais. Mas é diante deste cenário que esta dissertação deseja contribuir para auxiliar os demais professores que enfrentam diariamente estas dificuldades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1.<sup>a</sup> Edição PT-467, Editora Plátano, janeiro de 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

ALONSO E FINN. **Física: um curso universitário**. Vol. 2; Editora Blucher, São Paulo 2014.

BAHIA. Secretaria da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Orientações Gerais**. Salvador, 2015.

BAHIA. Secretaria da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências Naturais**. Salvador, 2015.

BONJORNO, Jose Roberto. et al., **Física: Eletromagnetismo e Física Moderna**, 3<sup>o</sup> ano, 3. ed., São Paulo: FTD, 2016.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei no. 9.394, 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>> Acesso em: 15 de mar. de 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia** - saberes necessários a prática educativa. São Paulo: Paz e terra, 1996.

\_\_\_\_\_ **Pedagogia do Oprimido**. 17<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GLEISER Marcelo, “**Um mundo imerso em Ondas**”, 1999. Disponível em <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1411199903.htm>.

REF. **Leituras de física**. Eletromagnetismo. **Instituto de Física da USP**. Versão preliminar. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>>. Acesso em: 12 de ago. de 2017.

MÁXIMO, Antônio.; ALVARENGA, Beatriz.; GUIMARÃES, Carla. **Física: contexto e aplicações, Vol. 3**, 2. ed., São Paulo: Scipione, 2016.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

\_\_\_\_\_ **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. (Textos de apoio ao professor de física / Marco Antonio Moreira, Eliane Angela Veit, ISSN 1807-2763; v. 24, n.6) – Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2006.

\_\_\_\_\_ **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. Marco Antonio Moreira. Elcie F. Salzano Masini. São Paulo: Centauro: 2001.

\_\_\_\_\_. **Grandes desafios os para o ensino da física na educação contemporânea.** Conferência proferida na XI Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, Guayaquil, Equador, julho de 2013 e durante o Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, março de 2014. Disponível em Acessado em 18/01/17.

\_\_\_\_\_. **Mapas Conceituais e aprendizagem significativa**, São Paulo: Centauro, 2010.

\_\_\_\_\_. **Aprendizagem significativa crítica.** Conferência proferida no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, pp. 33- 45, com o título original de Aprendizagem significativa subversiva.

Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acessado em 20/01/2017.

\_\_\_\_\_. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2012, Aceito para publicação, Currículum, La Laguna, Espanha, 2012a.

\_\_\_\_\_. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa.** Revista Chilena de Educación Científica, Chile, Vol. 7, Nº. 2, 2008, pp. 23-30.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa em Ensino: Métodos qualitativos e quantitativos.** Porto Alegre, 2000.

\_\_\_\_\_. **Teorias de Aprendizagem.** 2ª ed. ampl. - São Paulo: EPU, 2011.

\_\_\_\_\_. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.** In SILVA. Márcia Gorette Lima da. et. al (org). Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal, RN: EDUFRN, 2012b. p. 45 - 57.

\_\_\_\_\_. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da física;** a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para organização do ensino de ciências, Porto Alegre: Ed. da Universidade- UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas.** PORTO Alegre: Instituto de Física/ UFRGS, 1999. 56p. (Textos de apoio ao professor de física, v.10).

NOVAK, J.D. **Aprender a aprender.** Tradução: Carla Valadares. 1ª Ed. Plátano Edições Técnicas. Lisboa, 2006.

NOVAK, J.D. (1981). **Uma teoria de educação.** São Paulo, Pioneira. Tradução para o português, de M.A. Moreira, do original A theory of education. Ithaca, N.Y., Cornell University, 1977. 252 p.

NOVAK, J.D., CAÑAS, A.J. (2010) **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los.** Práxis Educativa, Ponta Grossa, v.5, p. 9-29, jan.- jun. 2010. Disponível em < <http://www.periodicos.uepg.br> > acesso 30/03/2018.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica, Eletromagnetismo**. Vol.3; São Paulo: Edgard Blúcher, 1997.

\_\_\_\_\_, Herch Moysés. **Curso de Física Básica, Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**. Vol.2. São Paulo: Edgard Blúcher, 1997.

PIETROCOLA, Maurício. et. al, **Física em contextos: pessoal, social, histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

POSTMAN, Neil & WEINGARTNER, Charles. **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing Co., 1969. 219p

POSTMAN, Neil, **The end of education: redefining the value of school**. New York: Vintage Books/Random House., 1996. 208p

RAMALHO Junior, Francisco.; FERRARO, Nicolau Gilberto.; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Fundamentos da Física, Vol. 3**, 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

RESNICK, R.; HALLYDAY, D. **Fundamentos de Física**. Vol.4, LTC, 1996;  
SEARS & ZEMANSKY. **Física**. Vol.4, Addison Wesley, 10<sup>o</sup>. Edição, São Paulo, 2003;

TIPLER, P. **Física**. Vol. 4, LTC. 2<sup>o</sup>.Edição, 2000;

## MATERIAL DE APOIO

Notas de aulas dos professores da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física: Cristina Porto Gonçalves, Jorge Anderson Paiva Ramos e Luizdarcy de Matos Castro.

## RECURSOS VIRTUAIS

PhET – **Simulações Interativas em Ciências e Matemática**. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves)>.

### VÍDEO - **Espectro Eletromagnético**

Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT_o).

### VÍDEO – **“Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”**,

Disponível em <https://www.umsabadoqualquer.com/quer-que-desenhe-espectro-eletromagnetico/>

VÍDEO - **Reportagem do programa “Fantástico” da Rede Globo**, exibida em 23 de agosto de 2015

Disponível em <https://globoplay.globo.com/v/4414841/>

VÍDEO – “**Raio X**”, de um canal de humor no youtube, Porta dos Fundos, adicionado em 21 de julho de 2018,  
Disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=\\_L6Jrp3y1DQ](https://www.youtube.com/watch?v=_L6Jrp3y1DQ)

## DISSERTAÇÕES PESQUISADAS

CARDOSO, Robson César. **Associação da luz com ondas eletromagnéticas em uma abordagem dos três momentos pedagógicos**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) — Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017. Disponível em:  
<http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=dissertacao/associa%C3%A7%C3%A3o-da-luz-com-ondas-eletromagn%C3%A9ticas-em-uma-abordagem-dos-tr%C3%AAs-momentos>.

HADAD, Israel Herôncio Rodrigues de Oliveira, **Utilização da bobina de Tesla para o ensino de ondas eletromagnéticas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Rio Branco, 2018. Disponível em:  
<http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=dissertacao/material-de-apoio-ao-professor-de-f%C3%ADsica-utiliza%C3%A7%C3%A3o-da-bobina-de-tesla-para-o-ensino-de>

PASSARINHO, Flávio Ribeiro. **Proposta de sequência didática estruturada nos três momentos pedagógicos para o ensino de ondas eletromagnéticas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. – Ilhéus, BA: UESC, 2018. Disponível em:  
[http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao\\_flavio.pdf](http://www1.fisica.org.br/mnpef/sites/default/files/dissertacao_flavio.pdf)

RIBEIRO, Lorena Matos dos Santos. **Ondas eletromagnéticas e suas aplicações na metodologia da instrução pelos colegas**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Programa de Pós - Graduação Profissional em Ensino de Física, Ilhéus, 2017. Disponível em:  
<http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=dissertacao/ondas-eletromagn%C3%A9ticas-e-suas-aplica%C3%A7%C3%B5es-na-metodologia-da-instru%C3%A7%C3%A3o-pelos-colegas>.

ROSSINI, Rodrigo Teixeira. **Transmissão e Recepção de Ondas Eletromagnéticas: Uma Abordagem Experimental para o Ensino Médio e Técnico**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=dissertacao/transmiss%C3%A3o-e-recep%C3%A7%C3%A3o-de-ondas-eletromagn%C3%A9ticas-uma-abordagem-experimental-para-o>.

SANTOS, Maria Aparecida da Conceição dos. **Ferramentas Didáticas e a Aprendizagem sobre Ondas Eletromagnéticas e a Polarização da Luz**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, 2016.

Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=dissertacao/ferramentas-did%C3%A1ticas-e-aprendizagem-sobre-ondas-eletromagn%C3%A9ticas-e-polariza%C3%A7%C3%A3o-da-luz>.

SANTOS, Graziely Ameixa Siqueira dos, **Desenvolvimento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino do Conceito de Ondas**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal do Espírito Santo, 2015

Disponível em:

<http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=dissertacao/desenvolvimento-de-uma-unidade-de-ensino-potencialmente-significativa-para-o-ensino-do>

SILVA, Francisca Daniela de Jesus, **Paródias Conceituais e uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa Como Recursos Didáticos para o Estudo do Movimento Ondulatório**. Dissertação (mestrado), Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (MNPEF), Juazeiro do Norte: URCA/ IF, 2018

Disponível em:

[http://www.urca.br/mnpef/phocadownload/Dissertacoes/mnpef\\_polo31\\_urca\\_produto%20educacional\\_daniella.pdf](http://www.urca.br/mnpef/phocadownload/Dissertacoes/mnpef_polo31_urca_produto%20educacional_daniella.pdf)

TOLEDO, Sérgio Soares de, **Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Experimento de Hertz**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, 2018.

Disponível em:

<http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/3174>

VIEIRA, Rafael José Pereira. **Ensino de ondas eletromagnéticas no 9º ano do ensino fundamental por meio de uma situação problema**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) - Universidade Federal de Juiz de Fora , Instituto Federal Sudeste, MG, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Juiz de Fora, 2016.

Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/mnpef/?q=dissertacao/ensino-de-ondas-eletromagn%C3%A9ticas-no-9%C2%BA-ano-do-ensino-fundamental-por-meio-de-uma>.

ZUBLER, Christiane Valéria Costetti dos Santos, **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa: Um Novo Modo de Abordar o Tema – O espectro Eletromagnético**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais – PPGEEN da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá – MT, 2016

Disponível em:

[http://fisica.ufmt.br/pgecn/index.php/utilidades/arquivos-para-download/doc\\_download/228-christiane-valeria-costetti-dos-santos-zubler](http://fisica.ufmt.br/pgecn/index.php/utilidades/arquivos-para-download/doc_download/228-christiane-valeria-costetti-dos-santos-zubler)

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

### QUESTIONÁRIO SÓCIO – ECONÔMICO – CULTURAL

Aplicado aos discentes do 3º ano do Ensino Médio, do turno vespertino, turma A, do Colégio Estadual Renato Viana, localizado no município de Anagé, Bahia, como parte integrante da pesquisa de Mestrado, intitulada de “Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como instrumento de aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas”, realizada pela mestrandia Joane da Silva Santana, orientada pela Professora Doutora Cristina Porto Gonçalves e o professor Doutor Luizdarcy de Matos Castro, do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

#### 1. QUAL É O SEU NOME COMPLETO?

\_\_\_\_\_

#### 2. QUAL É O SEU SEXO?            Masculino                                  Feminino

#### 3. QUAL É SUA DATA DE NASCIMENTO? (Indique o dia, o mês e o ano)

\_\_\_\_\_

#### 4. ONDE MORA?

Zona Urbana                                   Zona Rural - Localidade: \_\_\_\_\_

#### 5. COM QUEM VOCÊ MORA?

Pais     Irmãos (Quantos? \_\_\_\_)

Parentes     Outros (Quem? \_\_\_\_\_)

#### 6. QUAL O TIPO DE MORADIA DE SUA FAMÍLIA:

Sítio ou fazenda                                   Casa

Apartamento                                       Outro: \_\_\_\_\_

#### 7. QUAL A CONDIÇÃO DO IMÓVEL ONDE SUA FAMÍLIA RESIDE?

Própria     Alugada     Outra

#### 8. EM RELAÇÃO AO ORÇAMENTO FAMILIAR, QUAL A SUA SITUAÇÃO ATUAL?

Depende inteiramente da ajuda dos pais

Depende financeiramente de outros parentes



- ( ) É independente financeiramente.  
 ( ) É independente financeiramente e responsável **por parte** das despesas domésticas.  
 ( ) É independente financeiramente e responsável **por todas** as despesas domésticas.

**9. RENDA TOTAL MENSAL DA SUA FAMÍLIA:**

- ( ) Até um salário mínimo ( ) Mais de 1 até 3 salários mínimos  
 ( ) Mais de 3 até 5 salários mínimos ( ) Mais de 5 salários mínimos

**10. QUAL O GRAU DE ESCOLARIDADE DA SUA MÃE OU MADASTRA?**

- ( ) Nunca estudou ( ) Ensino Fundamental incompleto  
 ( ) Ensino Fundamental completo ( ) Ensino Médio incompleto  
 ( ) Ensino Médio completo ( ) Ensino Superior  
 ( ) Pós-graduação completa ou incompleta ( ) Não sei.

**11. QUAL O GRAU DE ESCOLARIDADE DO SEU PAI OU PADASTRO?**

- ( ) Nunca estudou ( ) Ensino Fundamental incompleto  
 ( ) Ensino Fundamental completo ( ) Ensino Médio incompleto  
 ( ) Ensino Médio completo ( ) Ensino Superior  
 ( ) Pós-graduação completa ou incompleta ( ) Não sei.

**12 - QUE MEIO DE TRANSPORTE UTILIZA PARA CHEGAR AO COLÉGIO?**

- ( ) a pé ( ) carona ( ) bicicleta  
 ( ) transporte coletivo(ônibus) ( ) transporte próprio(carro) ( ) moto  
 ( ) outros

**13. ASSINALE DE ACORDO COM AS ÁREAS DE CONHECIMENTO:**

	Ciências Exatas e Matemática	Ciências Humanas	Linguagens
Área que tenho mais dificuldade			
Área que tenho mais facilidade			
Área que mais gosto			
Área que menos gosto			
Área que acho mais importantes			
Área que acho menos importantes			

**14. QUAL A IMPORTÂNCIA DA ESCOLA PARA O SEU FUTURO?**

- Não possui importância                       Pouca importância  
 Importante     Decisiva

**15. O QUE VOCÊ PRETENDE FAZER AO TÉRMINO DO ENSINO MÉDIO?**

- Vestibular/Enem                                       Trabalhar  
 Curso Técnico Profissionalizante               Outros. \_\_\_\_\_

**16. O QUE VOCÊ ACHA DAS AULAS DE FÍSICA?**

---

---

**17. QUAL A SUA SUGESTÃO PARA TORNAR AS AULAS MAIS INTERESSANTES?**

---

---

**18. QUAL A SUA OPINIÃO SOBRE O USO DE:****A) SIMULADORES DE EXPERIMENTOS;**

---

---

**B) EXPERIMENTOS REAIS;**

---

---

**19. EM RELAÇÃO A MELHORIA DO ENSINO ESSE TIPO DE QUESTIONÁRIO É:**

- importante  
 talvez tenha alguma importância  
 pouco importante  
 perda de tempo

**Agradecemos a sua participação!!!**

**Outubro de 2018**

## APÊNDICE B

### O QUE É FÍSICA?

A palavra **física** tem sua origem no termo grego *physiké*, que significa “natureza”, seu uso/significado está sempre relacionado à palavra *episteme*, que, de origem grega também, significa “conhecimento”, “ciência”. Assim sendo, a física foi definida como: **A ciência que estuda a natureza.**

Porém, essa era a definição dada pelos gregos da Grécia Antiga. Para eles, todos os fenômenos naturais eram intrigantes e não havia distinção entre o fato de um **corpo cair, uma planta brotar e um vinho fermentar.**

Com o passar do tempo houve a divisão das ciências naturais e assim nasceu a Química, a Biologia e a própria Física – que passou a ter seu próprio campo de estudos.

A Física procura **descrever, prever e justificar através de leis os fenômenos que acontecem com a matéria no decorrer do espaço e do tempo.**

Os fenômenos estudados pela física estão presentes em todos os lugares, no nosso dia a dia, em nosso planeta, em outras galáxias, enfim, em todo o universo. Na abordagem desses fenômenos, a Física utiliza o método científico, uma vez que as hipóteses devem ser corroboradas por experimentos; assim as previsões são feitas e é possível verificar se os experimentos estão de acordo com essas previsões.

A Física é, tradicionalmente, dividida em ramos. Cada ramo agrupa o estudo dos fatos que apresentam propriedades semelhantes e que podem ser relacionados e descritos por leis comuns.

Assim sendo, eis os ramos da Física:

Mecânica: estuda os movimentos dos corpos.

Termologia: estuda os fenômenos relacionados à temperatura e ao calor.

Óptica: estuda os fenômenos relacionados com a luz.

Ondulatória: estuda os fenômenos ligados às ondas, suas características, propriedades e comportamentos.

Eletricidade e Magnetismo: estuda os fenômenos elétricos e magnéticos.

Física Moderna: Trata da física desenvolvida no século XX, em que podemos incluir a relatividade, a física quântica e a física nuclear.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/>

## APÊNDICE C

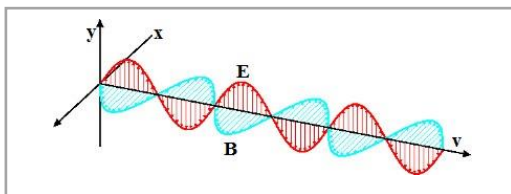
### LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS



A figura ao lado representa o desenho formado na superfície de um lago quando um objeto é jogado na água

Fonte: <http://planetaterraouagua.blogspot.com/2009/11/geleiras.html>

1. De acordo com a observação da figura acima, descreva a forma da onda.
2. Se tivesse um objeto no lago qual seria o movimento que ele iria realizar quando as ondas passassem?
3. Como vocês definiriam uma onda?
4. Que tipos de ondas vocês conhecem?
5. Faça uma pequena lista de eventos que ocorrem periodicamente (de quanto em quanto tempo esse evento acontece). (Ex. Aula de Física – Semanalmente)
6. O que tem de diferente entres os eventos acima?
7. Vocês já ouviram falar sobre ondas eletromagnéticas? Para que servem?



Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>

8. Como as informações conseguem ser transmitidas nas TV's e Rádios?
9. Qual a finalidade do aparelho micro-ondas na cozinha? E como isso ocorre?

**Já pensou como é possível enviar dados, imagens e sons de um dispositivo eletrônico para outro, sem utilizar fios?!?!**

10. Como funciona o wi-fi? E o bluetooth?
11. Qual a base de funcionamento dos controles remotos (TV, som, portões)?
12. Quando temos um aparelho de rádio ligado e ligamos outro aparelho elétrico, por exemplo, uma lâmpada, ouvimos um ligeiro ruído pelo rádio. Por que isso acontece?
13. Por que ocorrem faíscas quando colocamos um objeto de metal no forno de micro-ondas?
14. As radiações eletromagnéticas podem prejudicar a saúde?
15. É possível utilizar as radiações eletromagnéticas em benefício da população?

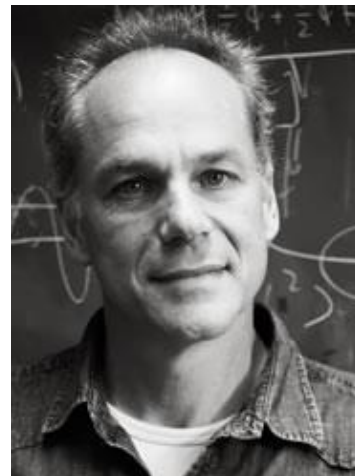


Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/eletromagnetismo.html>

## APÊNDICE D

### UM MUNDO IMERSO EM ONDAS

*Marcelo Gleiser é um físico, astrônomo, professor, escritor e roteirista brasileiro, atualmente pesquisador da Faculdade de Dartmouth, nos Estados Unidos. Conhecido nos Estados Unidos por suas aulas e pesquisas científicas, no Brasil é mais popular por suas colunas de divulgação científica no jornal Folha de S.Paulo*



Fonte: <https://www.livrariacultura.com.br/e/marcelo-gleiser-92670>

Ondas estão por toda a parte. Nós ouvimos porque ondas de som se propagam pelo ar, fazendo vibrar o delicado mecanismo dentro de nossos ouvidos. Quando vemos algo, nossos olhos estão captando ondas luminosas refletidas pela superfície do objeto. Os processos neuronais que traduzem esses estímulos externos em sensações são ainda objeto de muita pesquisa. Mas sabemos que os neurônios responsáveis por essa "tradução" funcionam devido à propagação de ondas elétricas pelos axônios. O mapa de realidade externa que é reconstruído em nosso cérebro é o resultado da propagação e interação de diversos tipos de ondas. Mas o que é uma onda?

Por incrível que pareça, essa pergunta tem várias respostas. Fundamentalmente, a existência de ondas deve-se ao amor que a natureza tem pelo equilíbrio estável; quando um sistema em equilíbrio é levemente perturbado, ele tenderá naturalmente a voltar à condição de equilíbrio. A superfície de um lago, ou de uma banheira cheia d'água, permanece intacta, a menos que algum estímulo externo perturbe esse equilíbrio. Rapidamente, ondas concêntricas se propagam a partir do ponto de contato, e a energia extra depositada ali é então dissipada: o sistema volta ao equilíbrio. Portanto, podemos dizer que ondas são uma propagação organizada de um desequilíbrio.

Em geral, ondas são resultados de perturbações lineares, ou seja, que provocam uma resposta proporcional ao estímulo: um estímulo duas vezes maior provoca uma resposta do sistema duas vezes maior. Quando o problema é formulado matematicamente, as soluções das equações representam as ondas que observamos no lago.

Nem todo estímulo gera uma resposta linear. Vários sistemas são dominados por efeitos não-lineares, em que um pequeno estímulo pode gerar uma resposta muito intensa e vice-versa, sem uma relação simples entre os dois. Um exemplo dramático é o de uma onda quebrando na areia. No mar, vemos ondas na superfície com períodos de cinco a dez segundos; esse regime é essencialmente linear.

Quando essas ondas se aproximam da praia, a menor profundidade aumenta a influência de termos não-lineares. A amplitude da onda aumenta, sua velocidade diminui e, não podendo mais se sustentar, ela quebra, fazendo com que o movimento organizado se torne turbulento. Mas seria prematuro concluir que toda a não-linearidade leva à destruição de ordem. Em certos sistemas, é justamente a não-linearidade que provoca a manutenção da onda, compensando exatamente sua tendência natural de se dispersar, como uma espécie de cola. Essas configurações estáveis e não-lineares são conhecidas como sólitons.

Em 1834, o engenheiro inglês J. Scott Russell relatou seu encontro com um sóliton, ou onda solitária: "Estava observando um barco puxado por dois cavalos em um canal estreito, quando os cavalos pararam subitamente. Uma massa de água formou-se em torno do barco e começou a se propagar a uma alta velocidade (15 km/h), uma formação solitária e elegante, que viajou pelo menos por dois ou três quilômetros, até eu perdê-la de vista."

Hoje vemos sólitons em praticamente todas as áreas da física, desde a propagação de sinais em fibras óticas e domínios magnéticos em vários materiais até a condução de certos impulsos nervosos. A não-linearidade também pode trazer a ordem. Claro, ondas não são restritas ao mundo visível. Átomos e partículas de matéria e de radiação (ou, no visível, luz) também são descritos por ondas. Essas "ondas de matéria" não sofrem dissipação como as ondas no mundo visível à nossa volta: a mecânica quântica mostra que ondas de matéria nunca param por si só. Talvez exista uma relação profunda entre ondas e nosso conceito de tempo. Afinal, mudanças ou transformações são uma manifestação da passagem do tempo.

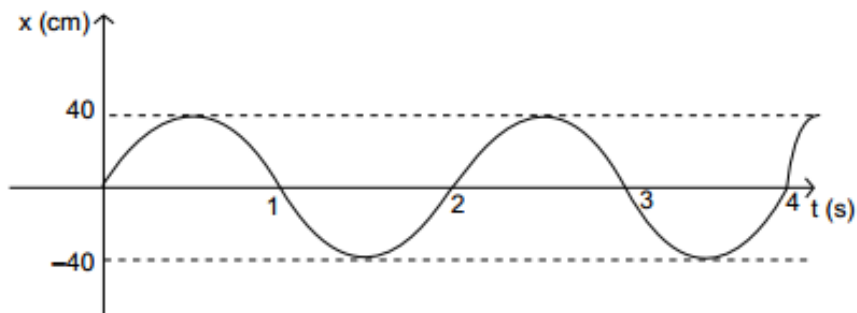
Marcelo Gleiser é professor de física do Dartmouth College, em Hanôver (EUA), e autor do livro "Retalhos Cósmicos".

Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1411199903.htm>

## APÊNDICE E

### ATIVIDADES DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

1. A figura abaixo mostra o gráfico de um movimento ondulatório:



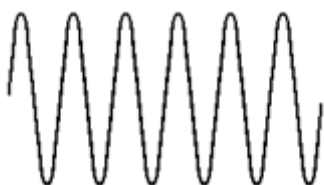
Analisando a figura, determine:

- a) A frequência em hertz.
- b) A amplitude.
- c) período

2. Numa enfermaria, o soro fornecido a um paciente goteja à razão de 30 gotas por minuto.

- a) Qual é o período médio do gotejamento? (Dê a resposta em segundos)
- b) Qual é a frequência média do gotejamento? (Dê a resposta em hertz)

3. (Unesp) A sucessão de pulsos representada na figura a seguir foi produzida em 1,5 segundos. Determine a frequência e o período da onda.



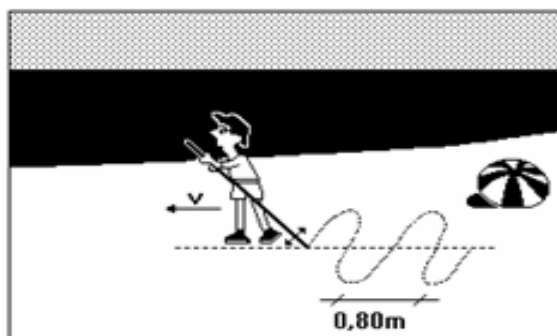


4. (UFMG) Um menino, balançando em uma corda dependurada em uma árvore, faz 20 oscilações em um minuto. Pode-se afirmar que seu movimento tem:

- a) um período de 3,0 segundos.
- b) um período de 60 segundos.
- c) uma frequência de 3,0 Hz.
- d) uma frequência de 20 Hz.

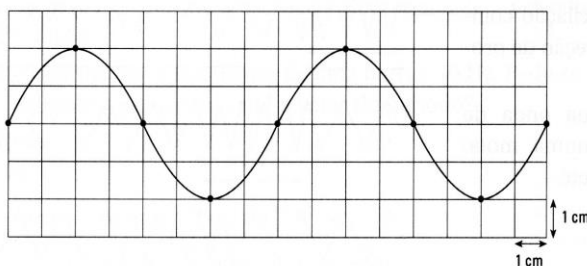
5. (UFMG) Um menino caminha pela praia arrastando uma vareta. Uma das pontas encosta-se à areia e oscila, no sentido transversal à direção do movimento do menino, traçando no chão uma curva na forma de uma onda, como mostra a figura. Uma pessoa observa o menino e percebe que a frequência de oscilação da ponta da vareta encostada na areia é de 1,2 Hz e que a distância entre dois máximos consecutivos da onda formada na areia é de 0,80 m. A pessoa conclui então que a velocidade do menino é:

- a) 0,67 m/s.
- b) 1,5 m/s .
- c) 0,96 m/s
- d) 0,80 m/s .



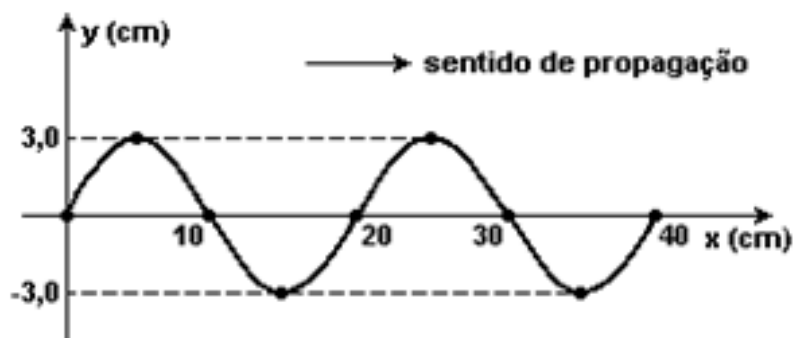
6. Uma onda tem velocidade igual a 24 cm/s. Determine:

- a) a amplitude da onda;
- b) o comprimento de onda da onda;
- c) a frequência da onda;
- d) o período da onda.



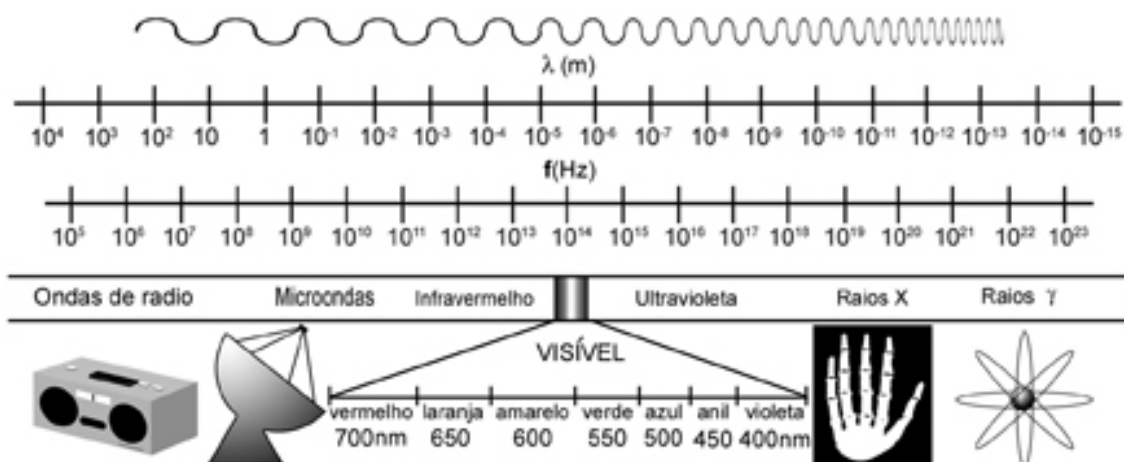
7. (UFAL) Uma onda produzida numa corda se propaga com frequência de **25 Hz**. O gráfico a seguir representa a corda num dado instante. Considere a situação apresentada e os dados do gráfico para analisar as afirmações que seguem.

- ( ) A amplitude da onda estabelecida na corda é de 6,0cm.
- ( ) A velocidade de propagação da onda na corda é de 5,0 m/s.
- ( ) A onda que se estabeleceu na corda é do tipo transversal.
- ( ) A onda que se estabeleceu na corda tem comprimento de onda de 10 cm.



5) Comparadas com a luz visível, as ondas de rádio têm:

- a) O mesmo comprimento de onda
- b) Frequência menor
- c) Menor velocidade de propagação no vácuo
- d) Comprimento de onda menor



Fonte: [http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/geotri2014/modulo6/prob\\_fisica.html](http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/geotri2014/modulo6/prob_fisica.html)

## APÊNDICE F

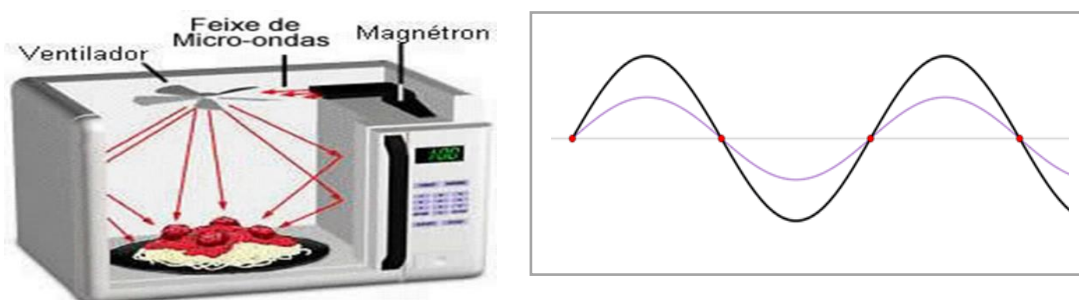
### ATIVIDADE EXPERIMENTAL 1

#### MEDINDO A VELOCIDADE DA LUZ COM UM FORNO DE MICRO-ONDAS

##### 1. INTRODUÇÃO

Usado para aquecer e cozinhar os alimentos, esse forno transfere energia para as moléculas de água do alimento, o que aumenta a agitação e a temperatura delas.

A tela da porta do forno é colocada entre duas placas de vidro, que tem comprimento de onda menor que do magnétron e maior que o da luz visível, por isso as ondas não escapam do forno.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/forno-microondas.htm>

A luz se comporta como uma onda que transmite energia, e esse aparelho esquentar e cozinha nossa comida por meio da emissão de micro-ondas eletromagnéticas – daí seu nome! A luz também é um tipo de onda eletromagnética, por isso é possível calcular sua velocidade com a ajuda desse utensílio de cozinha.

Antes de começar, saiba que as paredes internas do eletrodoméstico fazem as ondas refletirem e voltarem. Tente imaginar essas ondas se movendo de um lado para o outro no interior do micro-ondas: é a energia delas que faz sua comida esquentar. Já o prato giratório serve para que o calor chegue por igual a todo o alimento.

As ondas que se formam no aparelho de micro-ondas são chamadas estacionárias, formadas a partir da superposição de ondas idênticas em sentidos opostos. Os pontos vermelhos indicam os nós, que recebem menos energia. Já os anti-nós são os extremos da oscilação para cima e para baixo

## Velocidade de propagação de uma onda

$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$  , mas  $\Delta S = \lambda$  , assim:  
 $\Delta t = T$

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

$T = \text{período (SI : s)}$        $f = \text{frequência (SI : Hz)}$   
 $\lambda = \text{comprimento de onda (SI : m)}$   
 $v = \text{velocidade (SI : m/s)}$

← Comprimento de onda →

$\lambda = \frac{c}{f}$

$c = \text{velocidade da luz} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Fonte: <https://professordiminoi.comunidades.net/ondas2>

## 2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 01 prato de vidro;
- 01 barra de chocolate de aproximadamente 150g;
- forno micro-ondas;
- 01 régua escolar.

## 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- Remova o prato e o suporte giratório do forno de micro-ondas;
- Posicione a barra de chocolates dentro do forno;
- Ligue o micro-ondas na potência máxima durante 15 segundos;
- Ao remover o doce do forno, você perceberá que algumas partes dele estão quentes e levemente derretidas, enquanto outras estão frias e ainda sólidas;
- Use a régua escolar para medir a distância entre dois pontos quentes posicionados na mesma linha;

#### 4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

- ✓ Frequência do micro-ondas: \_\_\_\_\_ (em Hz) - (Encontra-se na etiqueta no fundo do aparelho)
- ✓ Distância entre os dois pontos derretidos: \_\_\_\_\_ (em metros) - (Para encontrar o comprimento de onda multiplicamos a distância por dois)

<b>Cálculo da Velocidade da luz</b>
-------------------------------------

#### 5. CONCLUSÃO

---

---

---

#### 6. FONTES

<http://chc.org.br/experimento-comestivel/>

<http://www.hojeaprendi.com.br/2014/08/05/chocolate-e-micro-ondas-servem-para-calcular-velocidade-da-luz/>

<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/onda3.htm>

## APÊNDICE G

### ATIVIDADE EXPERIMENTAL 2

#### BLINDAGEM ELETROSTÁTICA – CELULAR

##### 1. INTRODUÇÃO

Na telefonia celular a voz é transformada em sinais elétricos que caminham como ondas de rádio. Como a onda viaja pelo ar, não é necessário fio. O celular recebe esse nome porque as regiões servidas pelo serviço foram divididas em áreas chamadas células. Cada uma delas possui uma estação radiobase, composta por uma ou mais antenas que captam as mensagens vindas dos aparelhos e, se necessário, as transfere para a Central de Comutação e Controle (CCC). A central, por meio de computadores, localiza o destinatário da ligação, se este não estiver na mesma célula, e completa a chamada.

O aparelho celular comunica-se por ondas eletromagnéticas, ou seja, quando ligamos para um celular este funciona como um transmissor e receptor de ondas eletromagnéticas. O processo de propagação das ondas eletromagnéticas consiste em um campo elétrico variável gerando um campo magnético também variável e vice-versa.

Para entendermos este fenômeno temos de analisar o que faz com que uma onda penetre ou não em um material. Este efeito é denominado “Skin Depth”, e podemos calcular a distância de penetração da onda em dado material pela fórmula abaixo:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi\sigma\mu f}}$$

**$\sigma$  = condutividade do material    $\mu$  = permeabilidade    $f$  = frequência da onda**

Com base nessa fórmula percebemos que quanto maior a condutividade do material menor será a distância que a onda penetra ( $\delta$ ). Outro dado importante que a fórmula nos dá é que quanto menor a frequência da onda maior será sua penetração em um material.

## 2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 02 telefones celulares;
- 01 folha de papel;
- 01 folha de papel alumínio.

## 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- 1º passo: Embrulhamos um dos celulares em uma folha de papel e discamos para ele, observe o que acontece;
- 2º passo: Embrulhamos o celular que estava inicialmente dentro da folha de papel em uma folha de alumínio e ligamos novamente.

## 4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

- ✓ Relate o que aconteceu com o celular quando realizamos o 1º passo:

---

---

- ✓ Descreva o que foi observado no 2º passo:

---

---

- ✓ De acordo com os conceitos sobre ondas eletromagnéticas e a distância de penetração da onda em um dado material, explique porque ocorreu esse fenômeno:

---

---

## 5. CONCLUSÃO

---

---

---

## 6. FONTES

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/20735/Celular%20fora%20de%20area.pdf?sequence=1>

<https://super.abril.com.br/tecnologia/telefone-celular-envia-sinais-por-ondas-de-radio/>

<https://www.pontociencia.org.br/experimento/visualizar/celular-fora-de-area/750>



## APÊNDICE H

### ATIVIDADE EXPERIMENTAL 3

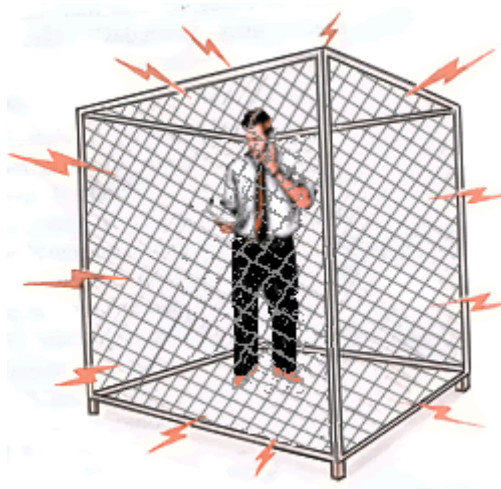
#### BLINDAGEM ELETROSTÁTICA – GAIOLA DE FARADAY

##### 1. INTRODUÇÃO

Um condutor, quando carregado, tende a espalhar suas cargas uniformemente por toda a sua superfície. Se esse condutor for uma esfera oca, por exemplo, as cargas irão se espalhar pela superfície externa, pois a repulsão entre as cargas faz com que elas se mantenham o mais longe possível umas das outras. Os efeitos de campo elétrico criados no interior do condutor acabam se anulando, obtendo assim um campo elétrico nulo.

O mesmo acontece quando o condutor não está carregado, mas está em uma região que possui um campo elétrico causado por um agente externo. Seu interior fica livre da ação desse campo externo, fica blindado. Esse efeito é conhecido como blindagem eletrostática.

Para provar esse efeito, o físico britânico Michael Faraday fez, em 1836, um experimento para provar os efeitos da blindagem eletrostática. Ele construiu uma gaiola de metal carregada por um gerador eletrostático de alta voltagem e colocou um eletroscópio em seu interior para provar que os efeitos do campo elétrico gerado pela gaiola eram nulos. O próprio Faraday entrou na gaiola para provar que seu interior era seguro. Esse experimento ficou conhecido por “Gaiola de Faraday”.



**Fonte:** <http://auladecampocbjn20093g9.blogspot.com/2009/01/gaiola-de-faraday.html>

## 2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 01 gaiola;
- 01 celular conectado ao fone de ouvido.

## 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- 1º passo: Sintonize o celular em alguma rádio FM;
- 2º passo: Coloque dentro da gaiola;

## 4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

- ✓ Relate o que aconteceu com a transmissão do rádio quando colocamos o celular dentro da gaiola:

---

---

- ✓ De acordo com os conceitos sobre ondas eletromagnéticas e o experimento realizado por Faraday (Gaiola de Faraday), explique o resultado desta experiência:

---

---

## 5. CONCLUSÃO

---

---

---

## 6. FONTES

<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/gaiola-faraday.htm>

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

## APÊNDICE I

### SIMULAÇÃO - ONDAS DE RÁDIO

#### 1. INTRODUÇÃO



Fonte: [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br)

As ondas de rádio são conhecidas por “radiofrequências”. Elas são utilizadas nas comunicações sem fio tais como nas transmissões de televisão ou rádio, nos telefones celulares, nos rádios utilizados por policiais, bombeiros e ambulâncias, nos radares de controle de aviões e nos telefones sem fio. No Brasil, a Anatel - Agência Nacional de Telecomunicações - por meio da Lei 9.472/97, foi incumbida de administrar a utilização do espectro de radiofrequências, regulamentando e fiscalizando seu uso.

#### Faixas de radiofrequência

As "ondas de rádio" são emitidas por osciladores eletrônicos; inclui as ondas de TV em VHF, as ondas curtas e longas; e as bandas de AM e FM e ondas de TV em UHF. Abrange ondas de comprimentos maiores do que 100 km até 10 cm.

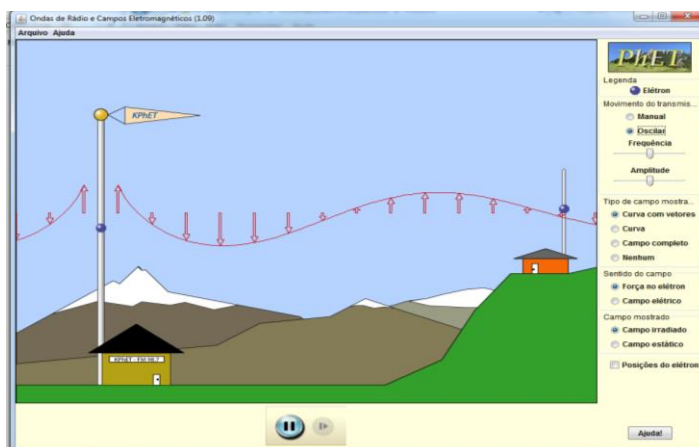
1 Hz = hertz = 1 oscilação/segundo; 1 kHz =  $10^3$  Hz; 1 MHz =  $10^6$  Hz; GHz =  $10^9$  Hz

Tipo de ondas	$\lambda$	f	Características
Ondas extremamente longas	+ 100 km	até 3 kHz	Ondas emitidas por linhas de transmissão e por utilidades domésticas.
Ondas muito longas	10 a 100 km	3 a 30 kHz	Radio navegação e marítimos; emissões associadas a terremotos, auroras boreais, eclipses, etc
Ondas longas	1 a 10 km	30 a 300 kHz	Comunicação marítima. Radiodifusão (150 a 255 kHz). Tem alcance da ordem de 500 km.
Ondas Média	1 km a 100 m	300 kHz a 3 MHz	Estações de radio AM (alcance até 75 km); telegrafia marítima; radiofarol. etc

Ondas Curtas	100 a 10 m	3 a 30 MHz	Radioamadores; faixa do cidadão; radiodifusão internacional (alcance 1.000 a 20.000 km); emissões naturais de radio do planeta Júpiter.
Ondas muito curtas (VHF)	10 a 1 m	30 a 300 MHz	TV aberta; radio FM; operações espaciais; walkie-talkies; microfones sem fio; telefones sem fio; radioastronomia (emissões galácticas naturais).
Ondas ultra curtas (UHF)	1m a 10 cm	0,3 a 3 GHz	TV em UHF; radioastronomia; comunicações de estações fixas e móveis; aeronavegação; radar de longo alcance; GPS; telefonia celular móvel.

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- Acessar o site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves);
- Visualizar a simulação virtual: Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos



- Selecionar a opção **“Oscilar”** no painel do lado direito;

O que podemos observar neste cenário? Descreva o que está acontecendo.

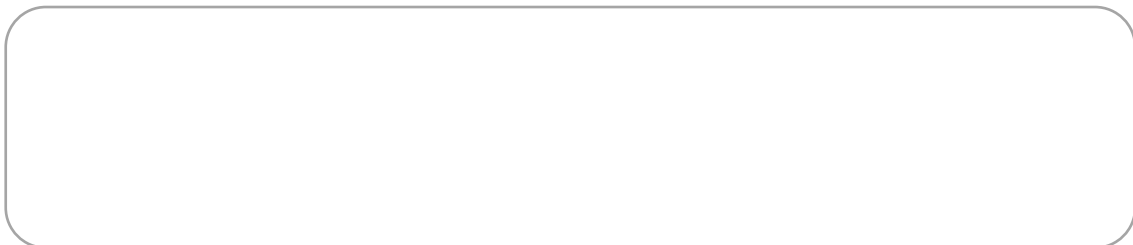
- Para o próximo passo utilize o modo de visualização “Tipo de campo mostra...”, e escolha as várias formas.

O que acontece quando variamos os valores da “**Amplitude**” e da “**Frequência**”;

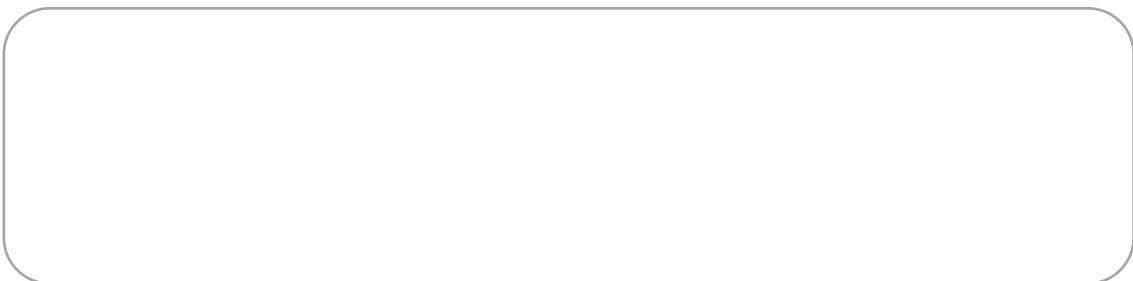


- De acordo com a fórmula abaixo calcule o **comprimento de onda** da rádio **KPhet 98,7**. E responda se está dentro da faixa de radiofrequência VHF

As estações FM transmitem na faixa Megahertz (1 MHz =  $10^6$  Hz) então a frequência é de  $98,7 \times 10^6$  Hz. (Velocidade da luz =  $3 \times 10^8$  m/s)



- Determine a **frequência** de uma rádio de tem comprimento de onda de 3,02 m



### 3. QUESTÃO PARA DISCUSSÃO

- Faça uma votação no grupo e diga qual estação de rádio favorita. Qual é a sua **frequência e comprimento de onda?**



### 4. FONTES

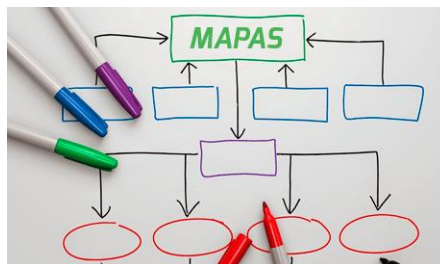
<http://doradioamad.dominiotemporario.com/doc/COMO%20FUNCIONA%20A%20ONDA%20DE%20RADIO.pdf>

[http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm)

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves)

**APÊNDICE J**  
**ATIVIDADE FINAL**  
**CONSTRUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL SOBRE ONDAS**  
**ELETROMAGNÉTICAS**

Prezado aluno(a), realize a construção do Mapa Conceitual de acordo com os conhecimentos adquiridos durante as aulas.



Fonte : <https://www.uninorte.com.br/mapas-conceituais-e-tema-de-curso-de-extensao/>





Justifique:

---

---

3. Você considera que os conteúdos abordados nessas últimas aulas poderão contribuir para as atividades que realiza no seu cotidiano?

Sim                       Não

Justifique:

---

---

4. Das atividades realizadas qual você considera mais interessante? Qual motivo?

---

---

5. Se essa metodologia fosse utilizada desde o início do ano letivo seu rendimento poderia ter sido melhor?

Sim                       Não

Justifique:

---

---

6. Em sua opinião, o que poderia ser feito pela professora para que as aulas fossem mais motivadoras. Deixe sua sugestão e aproveite o espaço para críticas, se for preciso.

---

---

---

## APÊNDICE L

Colégio Estadual Renato Viana – Anagé / Bahia

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

UESB – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Mestranda: Joane da Silva Santana

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Prezado aluno(a), você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como instrumento de aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas”, que tem como objetivo produzir uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa que possa ser utilizada como apoio didático no ensino de Ondas Eletromagnéticas.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é que a Física como ciência que estuda os fenômenos naturais, deve contribuir com a mudança da percepção do aluno, para que ele seja capaz de entender que este conhecimento é fundamental, e como forma de estabelecer relações com situações do seu cotidiano, deste modo elaboração desta pesquisa foi motivada pelas dificuldades apresentadas na aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas, e pela necessidade de encontrar caminhos que permitam construir uma aprendizagem significativa

Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s): aplicação de uma sequência didática, que será desenvolvida em oito passos, com encontros semanais realizados no próprio ambiente escolar nas aulas de Física. Durante a discussão do conteúdo serão utilizados recursos diversos, tais como aulas expositivas, vídeos, exercícios, simulações e experimentos.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar este termo, caso seja menor de 18 anos. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em todas as formas que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não causará qualquer punição ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco

mínimo. Apesar disso, você tem assegurado o direito a compensação ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa. Os benefícios deste estudo são que essas sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para aprendizagem significativa, não mecânica, podem ser usadas na pesquisa aplicada em ensino, voltada diretamente para sala de aula.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizados. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Eu, \_\_\_\_\_ (nome completo do(a) estudante), RG \_\_\_\_\_ fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Anagé, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

---

***Participante da Pesquisa ou Responsável***

---

***Assinatura da pesquisadora***

*Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:*

PESQUISADORA RESPONSÁVEL: JOANE DA SILVA SANTANA

ENDEREÇO: AV. PEDRO FRANCISCO DE MORAIS FILHO, 616B, BAIRRO FELÍCIA

FONE: (77) 98803-3213 / E-MAIL: joanesantana@gmail.com

CEP/UESB- COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

RUA JOSÉ MOREIRA SOBRINHO, S/N - UESB

JEQUIÉ (BA) - CEP: 45206-190

FONE: (73) 3528-9727 / E-MAIL: [cepuesb.jq@gmail.com](mailto:cepuesb.jq@gmail.com)

## APÊNDICE M

## TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM E DEPOIMENTOS

Eu \_\_\_\_\_ (nome completo do estudante), RG \_\_\_\_\_ depois de conhecer e entender os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios da pesquisa, bem como de estar ciente da necessidade do uso de minha imagem e/ou depoimento, especificados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), AUTORIZO, através do presente termo, os pesquisadores *Joane da Silva Santana, Cristina Porto Gonçalves e Luizdarcy de Matos Castro* do projeto de pesquisa intitulado “*Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como instrumento de aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas*” a realizar as fotos que se façam necessárias e/ou a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, libero a utilização destas fotos (seus respectivos negativos) e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor dos pesquisadores da pesquisa, acima especificados, obedecendo ao que está previsto nas Leis que resguardam os direitos das crianças e adolescentes (Estatuto da Criança e do Adolescente – ECA, Lei N.º 8.069/ 1990), dos idosos (Estatuto do Idoso, Lei N.º 10.741/2003) e das pessoas com deficiência (Decreto N° 3.298/1999, alterado pelo Decreto N° 5.296/2004).

Anagé- BA, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

---

**Participante da Pesquisa ou Responsável**

---

**Pesquisador**

**APENDICE N – PRODUTO EDUCACIONAL**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA COMO  
INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

**PRODUTO EDUCACIONAL**

**JOANE DA SILVA SANTANA**

**VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA  
MARÇO – 2019**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**JOANE DA SILVA SANTANA**

**UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA COMO  
INSTRUMENTO DE APRENDIZAGEM DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como parte das exigências do Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**VITÓRIA DA CONQUISTA - BAHIA  
MARÇO – 2019**



## SUMÁRIO

<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>122</b>
<b>2 . REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>123</b>
2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel .....	123
2.2 A Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira .....	124
2.3 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) .....	126
5.2 Mapas Conceituais .....	128
<b>3. TÓPICO A SER ABORDADO .....</b>	<b>129</b>
<b>3.1 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS .....</b>	<b>129</b>
3.1.1 Campos elétricos e magnéticos induzidos.....	129
3.1.2 Características das Ondas Eletromagnéticas .....	130
3.1.3 Espectro Eletromagnético .....	132
<b>4. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA ONDAS ELETROMAGNÉTICAS .....</b>	<b>139</b>
<b>4.1 Preparação para a aplicação da UEPS .....</b>	<b>139</b>
<b>4.2 Aspectos Sequenciais da UEPS .....</b>	<b>141</b>
Passo 1 - Definição do Conteúdo Abordado .....	141
Passo 2 - Levantamento de Conhecimentos Prévios .....	141
Passo 3 - Situações-problema em Nível Introdutório.....	143
Passo 4 - Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido .....	146
Passo 5 - Retomar os Aspectos Gerais em Nível mais Alto de Complexidade ....	150
Passo 6 - Concluir a Unidade .....	155
Passo 7 - Avaliação da Aprendizagem através da UEPS .....	157
Passo 8 - Análise do Êxito da aplicação da UEPS .....	158
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>160</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>162</b>

## **1. APRESENTAÇÃO**

O material disponibilizado aqui foi desenvolvido a partir da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, com a motivação em contribuir com os docentes na apresentação do conteúdo Ondas Eletromagnéticas, com foco na Aprendizagem Significativa. Sendo de grande importância, a inserção deste conteúdo promove a inclusão e compreensão do discente nos avanços científicos, além de contribuir na construção do conhecimento necessário para que sua aprendizagem seja realmente significativa.

Partindo do questionamento de como desenvolver, aplicar e avaliar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa no estudo de Ondas Eletromagnéticas, foi possível construir um Produto Educacional, que poderá ser aplicado em turmas do Ensino Médio. Este material oferece um apoio para o docente no planejamento e execução de suas aulas.

Nesta perspectiva o trabalho teve como base teórica a Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1980), proposta por Marco Antonio Moreira (2011) através de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que tem como finalidade verificar a existência de conhecimentos prévios (subsunçores) na estrutura cognitiva dos discentes, propor situações problemas por meio de questionários, simuladores computacionais, vídeos, reportagens veiculadas na mídia, e assim motivá-los a participar ativamente do processo de ensino e aprendizagem, para que ao final da aplicação seja possível ter evidências de aprendizagem significativa do tema estudado.

## 2 . REFERENCIAL TEÓRICO

O Produto Educacional está disponibilizado em forma de implementação de uma sequência didática. Neste processo foram escolhidas a Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira para realização das atividades realizadas em sala de aula.

### 2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

David Ausubel (1918-2008), é o precursor da Aprendizagem Significativa, formado nas áreas de Medicina, Psicologia e Psiquiatria, seu estudo buscou facilitar a aquisição de conhecimentos nos processos de ensino-aprendizagem. Desde a década de setenta, a aplicação da sua teoria tem sido realizada por Joseph D Novak, junto com seus colaboradores, entre os quais destaca-se neste trabalho Marco Antônio Moreira, representante desta teoria no Brasil.

A ideia mais importante da sua teoria se resume na seguinte proposição:

Se tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigüe isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, p. iv, 1978).

De acordo com Ausubel (1978), a aprendizagem está ligada ao conhecimento prévio, ele se refere a estrutura cognitiva e a organização das ideias de um indivíduo de acordo com um determinado assunto. Essa estrutura cognitiva preexistente só influencia na aprendizagem subsequente quando o conteúdo é aprendido de forma significativa, de maneira não arbitrária e não literal.

Moreira (2006) afirma que, realizar esse processo, é fazer um “mapeamento” desta estrutura cognitiva, que não é fácil realizar através dos testes convencionais, que geralmente enfatizam o conhecimento factual e estimulam a memorização.

A aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação relaciona-se de maneira substantiva e não arbitrária com a estrutura cognitiva do aprendiz. Esse processo ocorre quando a nova informação interage com o “subsunçor”, que tem como um conceito, ideia ou proposição existente na estrutura cognitiva, que serve de

ancoradouro para o novo conhecimento, para isso Ausubel destaca duas condições essenciais, uma diz respeito ao material de aprendizagem potencialmente significativo e a outra relaciona-se com a predisposição que o aluno deve apresentar no processo de aprendizagem.

Quando os conhecimentos prévios (subsunçores), não estão presentes na estrutura cognitiva do aluno, é proposto o uso de organizadores prévios. Estes são compostos por materiais introdutórios, que incluídos no processo, são mais abrangentes e antecede o conteúdo a ser abordado.

Os subsunçores são modificados e adquirem novos significados através de um processo de diferenciação progressiva, que tem com finalidade tornar os conhecimentos prévios mais específicos e abrangentes, para que as novas informações se relacionem com a estrutura cognitiva do aluno. Estes conceitos novos quando se relacionam cognitivamente, reorganizando e adquirindo novos significados, o que Ausubel (1978) chama de reconciliação integrativa.

A avaliação, de acordo com os critérios da aprendizagem significativa, visa buscar evidências de aprendizagem, deste modo, é proposto aos discentes novas situações problema, para que tenham capacidade de expor o conhecimento adquirido.

## **2.2 A Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira**

Proposta por Moreira(2000), a aprendizagem significativa crítica foi desenvolvida a partir da teoria de Ausubel, mas segue também a influência de Niel Postman e Charles Weingartner (1969), através da obra *Teaching as a subversive activity* (Ensino como Atividade Subversiva), Postman (1996) com *The end of education: redefining the value of school* (O Fim da Educação: redefinindo o valor da escola), e de Paulo Freire (2003) com *Pedagogia da Autonomia*, em especial nos princípios facilitadores.

Com o objetivo de desenvolver no aprendiz a capacidade de compreender criticamente os significados das informações no contexto escolar, sabendo reconhecer que os conteúdos não são únicos e definitivos, a aprendizagem significativa crítica permite ao discente a construção do conhecimento, interagindo com as mudanças sem se deixar dominar por elas.

Os princípios propostos por Moreira e Massoni (2015), são apresentados a seguir:

- *Princípio da interação social e do questionamento*: aprender/ensinar perguntas em lugar de respostas.
- *Princípio da não centralidade do livro de texto*: aprender a partir de distintos materiais educativos.
- *Princípio da consciência semântica*: aprender que o significado está nas pessoas, não nas palavras, nas coisas.
- *Princípio da aprendizagem pelo erro*: aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros.
- *Princípio da desaprendizagem*: aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes, ou obstaculizadores de novas aprendizagens.
- *Princípio da incerteza do conhecimento*: aprender que perguntas são instrumentos de percepção, constituem o principal instrumento intelectual disponível para os seres humanos. O conhecimento humano depende das definições, perguntas e metáforas utilizadas para construí-lo.
- *Princípio do abandono do quadro de giz (lousa)*: aprender a partir de diferentes estratégias de ensino. Abandono da narrativa do professor como única estratégia, (MOREIRA E MASSONI, p. 28, 2015).

Neste contexto o aluno deve aprender a perguntar, mesmo tendo acesso as respostas, pois com isso este passa a duvidar e questionar o conteúdo, desta forma o estudante precisa ter consciência de que os significados não são permanentes e que aprender pelo erro é ter a oportunidade de corrigir e dar sequência a aprendizagem. Então é possível destacar a importância do ensino ser centrado no aluno, para que ele possa desenvolver as competências e habilidades necessárias para a compreensão, em especial, da Física.

As estratégias didáticas utilizadas neste trabalho foram as aplicações utilizadas por meio dos conceitos de Aprendizagem Significativa na visão de Ausubel e Moreira. Para isso, foi aplicada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS, que busca de forma dinâmica abordar os mais diversos recursos didáticos, principalmente, os Mapas Conceituais, usados na obtenção de evidências da aprendizagem.

Trata-se de uma pesquisa qualitativa, que de acordo com Moreira (2009) tem como interesse central a interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos diante de suas ações. É um processo investigativo no qual o pesquisador está inserido e participando ativamente da análise dos dados obtidos para justificar a credibilidade do modelo implantado em sala de aula.

### 2.3 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

As UEPS, proposta por Moreira, são sequências didáticas fundamentadas em teorias da aprendizagem, que tem como marco a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968, 2000), em visões clássicas e contemporâneas (Moreira, 2000, 2005, 2006; Moreira e Masini, 1982, 2006; Masini e Moreira, 2008; Valadares e Moreira, 2009); as teorias de educação de Joseph D. Novak (1977) e de D.B. Gowin (1981); a teoria interacionista social de Lev Vygotsky (1987); a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud (1990; Moreira, 2004); a teoria dos modelos mentais de Philip Johnson-Laird (1983) e a teoria da aprendizagem significativa crítica de M.A. Moreira (2005).

São direcionadas para a aprendizagem significativa buscando uma aprendizagem não mecânica e que seja aplicada diretamente em sala de aula. Segundo Moreira (2011), as UEPS seguem os seguintes princípios:

- o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa (Ausubel);
- pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- são as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud);
- frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- a avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- o papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno (Vergnaud; Gowin);
- a interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);

- essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- a aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);
- a aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira).

Moreira também propõe que uma UEPS, deve seguir os seguintes passos ou aspectos sequenciais, que foram utilizados na elaboração deste Produto Educacional:

1. definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. criar/propor situação(ões) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; [...];
4. uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; [...];
5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; [...];
6. concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados [...];
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; [...];
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).

De acordo com Moreira (2011) os materiais e estratégias devem ser diversificados, motivando o questionamento, onde o discente deve incentivar o diálogo e a reflexão crítica. Para isso devem ser utilizadas situações-problemas e priorizar atividades colaborativas, mesmo que no processo tenha alguma atividade individual.

## **2.4 Mapas Conceituais**

A ideia do emprego dos mapas conceituais na aprendizagem significativa foi desenvolvida por Joseph Novak e seus colaboradores da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos da América. Eles são diagramas que indicam relações entre os conceitos, possuem sua organização de forma hierárquica e refletem sobre os conceitos de determinado conteúdo. Geralmente, estes são feitos por meio da utilização de figuras geométricas, com a obtenção de linhas ou setas indicando que há uma ligação entre os conceitos. Desta forma, não há uma regra para sua construção, como expõe Moreira (1998):

[...] Não há regras gerais fixas para o traçado de mapas de conceitos. O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino. Por exemplo, se o indivíduo que faz um mapa, seja ele, digamos, professor ou aluno, une dois conceitos, através de uma linha, ele deve ser capaz de explicar o significado da relação que vê entre esses conceitos.

Deste modo, os mapas conceituais devem ser explicados pela pessoa que o produz, para que seja exposto os significados que estão presentes no desenvolvimento de ensino. Por isso, eles podem ser usados para evidências de aprendizagem significativa, bem como para os processos de avaliações.



### 3. TÓPICO A SER ABORDADO

O trabalho aqui apresentado definiu como tópico específico o ensino de Ondas Eletromagnéticas, que de acordo com o primeiro passo da UEPS, deve ter seus aspectos declarativos e procedimentais claros e aceitos no contexto da matéria de ensino (Moreira, 2011).

Para o estudo das Ondas Eletromagnética com abordagem no Ensino Médio, foram utilizadas as seguintes referências: BONJORNO, RAMOS, PRADO, CASEMIRO (2016); MÁXIMO, ALVARENGA, GUIMARÃES (2016); PIETROCOLA, POGIBIN, ANDRADE, ROMERO (2010); RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO (2007).

#### 3.1 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Desenvolvido no século XIX, pelo físico escocês James C. Maxwell, com influência de Coulomb, Ampère e Faraday, as equações de Maxwell sintetizou os conhecimentos sobre Eletromagnetismo. Esses estudos tiveram como consequência a existência de Ondas Eletromagnéticas, tão importantes no cotidiano da nossa sociedade.

##### 3.1.1 Campos elétricos e magnéticos induzidos

Supondo uma corrente induzida pela variação do fluxo do campo magnético em uma espira condutora, conforme a figura 1:

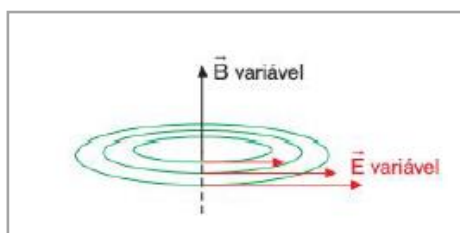


Figura 1 - Espira condutora  
Fonte: Bonjorno (2016)

A variação do campo magnético  $\vec{B}$ , através da espira produzirá uma corrente induzida, onde os elétrons livres entrarão em movimento. Deste modo conclui-se que:

*Se um campo magnético, existente em uma certa região do espaço, sofrer variação no decorrer do tempo, essa variação faz*

*aparecer, nessa região, um campo elétrico induzido.* (MÁXIMO, ALVAREGA, GUIMARÃES, p. 208, 2016)

Deste modo, se explica um dos princípios básicos do Eletromagnetismo, onde o campo elétrico pode ser produzido por cargas elétricas em repouso e por campo magnético variável.

Maxwell, em 1864, tendo como base a simetria e equações matemáticas, pensou na ideia de que tal fenômeno poderia ocorrer de forma contrária, onde surgiria um campo magnético variável por meio da variação do campo elétrico, demonstrado na figura 2:

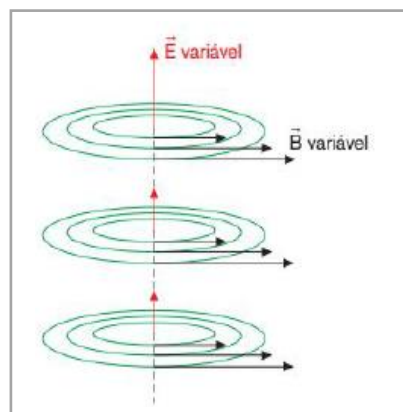


Figura 2 - Campo magnético variável por meio da variação do campo elétrico

Fonte: Bonjorno (2016)

A hipótese de Maxwell demonstra que:

*Se um campo elétrico, existente em uma certa região do espaço, sofrer variação no decorrer do tempo, essa variação fará aparecer, nessa região, um campo magnético induzido.* (MÁXIMO, ALVAREGA, GUIMARÃES, p. 209, 2016)

Desta forma foi possível afirmar que campos magnéticos também surgem por causa de variações de campos elétricos.

### 3.1.2 Características das Ondas Eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas são constituídas por campos elétricos e magnéticos induzidos variáveis que se sustentam mutuamente. Pois se uma carga elétrica oscilar no

espaço, irá surgir um campo magnético variável que induzirá um campo elétrico também variável, e este induzirá um campo magnético, isso ocorre de forma sucessiva gerando assim uma onda eletromagnética, que se propaga no espaço. Essa ideia de Maxwell é descrita na figura 3, a seguir:

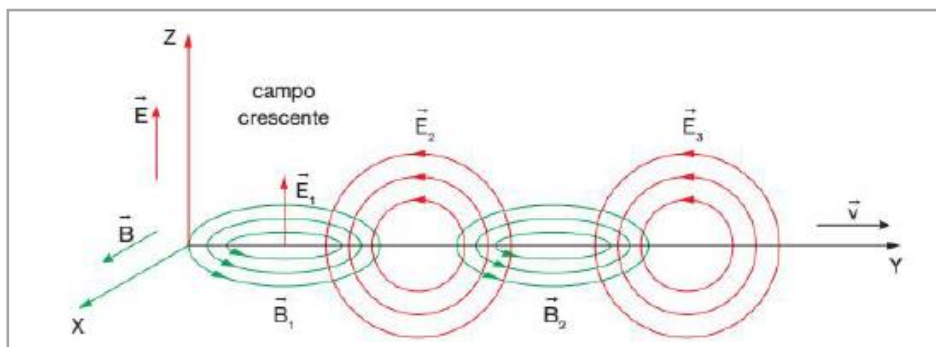


Figura 3 - Onda eletromagnética se propagando no espaço

Fonte: Bonjorno (2016)

Maxwell observou que essa sequência alternada de campos elétricos e magnéticos se comparava o movimento ondulatório com características semelhantes as ondas mecânicas (reflexão, interferência, difração, propagação em meios materiais), mas a diferença crucial é que as ondas eletromagnéticas podiam se propagar no vácuo.

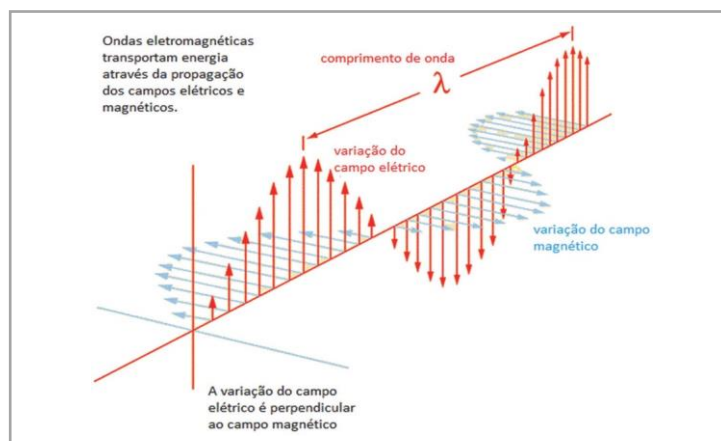


Figura 4 - Onda eletromagnética

Fonte: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172015000400206](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172015000400206)

A figura 4 representa uma onda eletromagnética se propagando no espaço, onde o campo elétrico  $\vec{E}$ , e o campo magnético  $\vec{B}$ , estão associados a onda, assim como o velocidade de propagação  $\vec{v}$  e o comprimento de onda  $\lambda$ :

Relata-se ainda que os vetores  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$  são perpendiculares entre si, e a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo ( $c$ ) será:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (1)$$

Sendo  $\mu_0$  a permeabilidade magnética no vácuo ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T}{m.A}$ ),  $\epsilon_0$  a permissividade elétrica no vácuo ( $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k_0} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{m.A}$ ), deste modo temos um valor constante para  $c$ , igual a  $3 \cdot 10^8$  m/s.

A velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas é compatível com a velocidade da luz, isso fez com que Maxwell reconhecesse a luz como uma onda eletromagnética, unindo assim a óptica ao eletromagnetismo.

Heinrich Hertz, comprovou experimentalmente a existência de ondas eletromagnéticas, ao emitir e captar ondas de rádio através de um circuito, e assim verificou também que as ondas apresentavam reflexão, refração, interferência, difração, polarização e a velocidade de propagação.

### 3.1.3 Espectro Eletromagnético

As ondas eletromagnéticas, apesar de serem constituídas pelos campos elétricos e magnéticos, se diferem pelo valor da sua frequência e pela maneira como são produzidas. A equação fundamental da ondulatória também é válida para este caso. Onde  $\lambda$  é o comprimento de onda,  $f$  é a frequência de oscilação da fonte emissora e dos campos elétricos e magnéticos, e  $v$  é a velocidade de propagação no meio considerado:

$$\lambda f = v \quad (2)$$

Ao conjunto de todos os tipos de ondas eletromagnéticas é denominado espectro eletromagnético, e conforme a figura 5, representa a diferentes distribuições de frequências, comprimento de onda ou a forma como são produzidas, lembrando que os intervalos não são bem definidos:

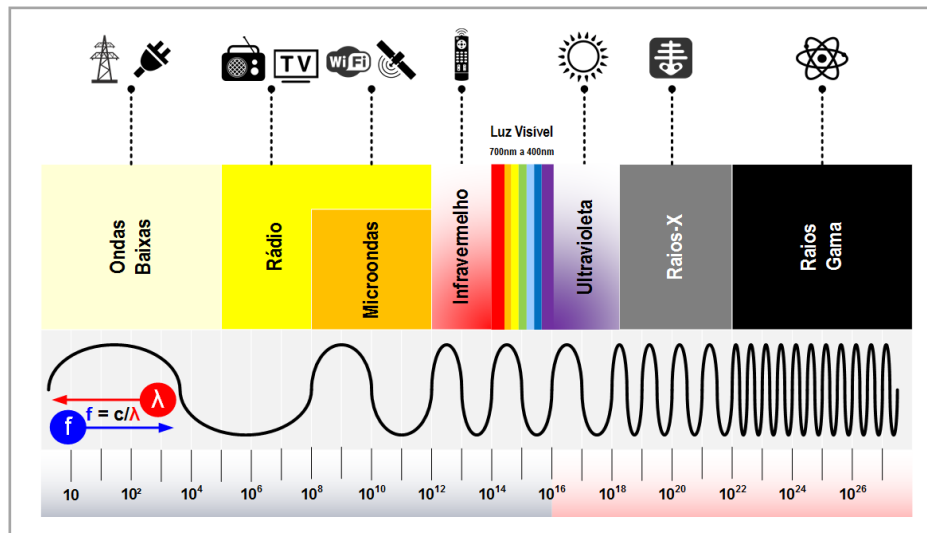


Figura 5 - Espectro eletromagnético

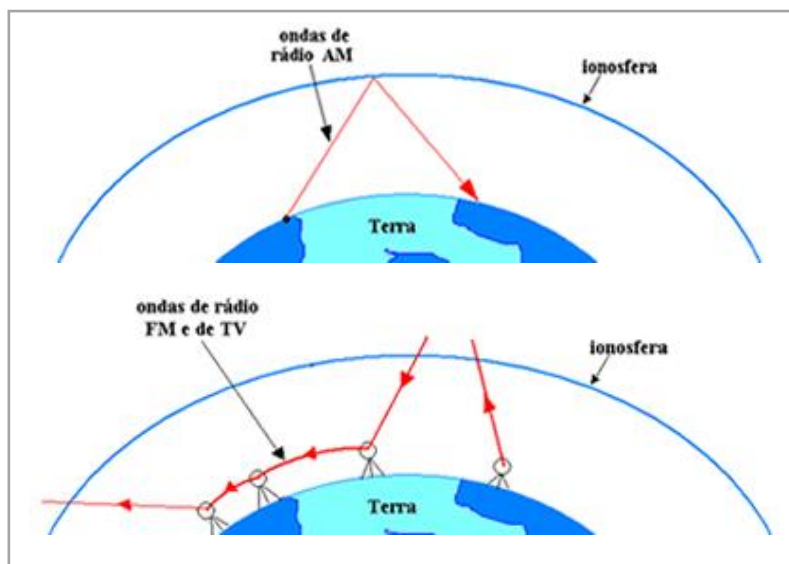
Fonte: <https://medium.com/ubntbr/como-o-sinal-wifi-%C3%A9-propagado-na-natureza-d87daef39575>

A seguir será apresentada a distribuição do espectro eletromagnético de acordo com as características de cada onda, sendo que todas se propagam no vácuo com a velocidade da luz,  $3,0 \cdot 10^8$  m/s.

### Ondas de rádio e TV

São ondas que apresentam frequência mais baixa de até  $10^8$  hertz, elas são usadas pelas estações de rádio AM e FM, mas também estão inseridas as ondas de TV, celular, ondas curtas e ondas longas. Elas são emitidas pela oscilação de elétrons em antenas ligadas a circuitos oscilantes.

As ondas de rádio AM (amplitude modulada) e FM (frequência modulada) possuem algumas características, que as tornam diferentes. As ondas AM têm intervalo de frequência de  $10^4$  Hz a  $10^7$  Hz e são usadas nas transmissões de longa distância, pois se refletem na ionosfera e retornam ao solo. Enquanto que as ondas FM têm frequência entre  $10^6$  Hz e  $10^7$  Hz e não são refletidas pela ionosfera, por isso necessitam de estações de retransmissões para alcançarem longas distancias. Isso ocorre também com ondas de TV de frequências superiores a  $5 \cdot 10^7$  Hz. Na figura abaixo temos os exemplos de transmissão em AM, FM e TV:



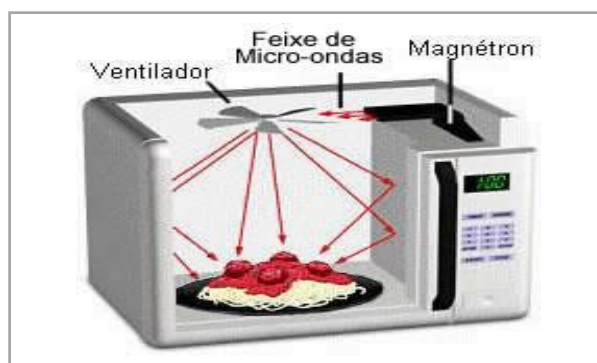
*Figura 6 - Transmissão em AM, FM e TV*

Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br/fisica/transmissao-radio-televisao.html>

As faixas de frequência dos aparelhos celulares dependem de cada operadora de telefonia móvel, algumas utilizam as frequências de 850 MHz e 1900 MHz, enquanto outras usam de 900 MHz a 1800 MHz, que é a mais utilizada no mundo.

### Micro-ondas

Essas ondas possuem frequências entre  $10^8$  hertz e  $10^{11}$  hertz, e são utilizadas em telecomunicações, transportando sinais de TV via satélite ou transmissões telefônicas, e ainda em alguns eletrodomésticos, como o forno micro-ondas:



*Figura 7 - Forno micro-ondas*

Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/forno-microondas.htm>

No micro-ondas (eletrodoméstico), figura 7, as ondas são emitidas por meio de um dispositivo eletrônico denominado magnétron. Estas ondas têm frequência próxima a

frequência natural da água. Usado para aquecer os alimentos emite ondas de 2450 MHz, que são absorvidas pelas moléculas de água dos alimentos, sendo agitadas e então aquecem os alimentos. Na sua porta tem uma tela metálica que funciona como uma gaiola de Faraday impedindo que as micro-ondas saiam.

### Radiação infravermelha

Conhecidas também como radiação térmica, e tem sua origem na vibração dos átomos e moléculas que constituem a matéria, desta forma todos os corpos emitem radiação infravermelha, de acordo com a elevação da temperatura. Sua frequência varia de  $10^{11}$  a  $10^{14}$  Hz, e podem ser usadas em secagem de pinturas, fisioterapia, fotografias com infravermelho, no escuro, espectroscopia (estudo dos elementos químicos dos astros), e em controles remotos.

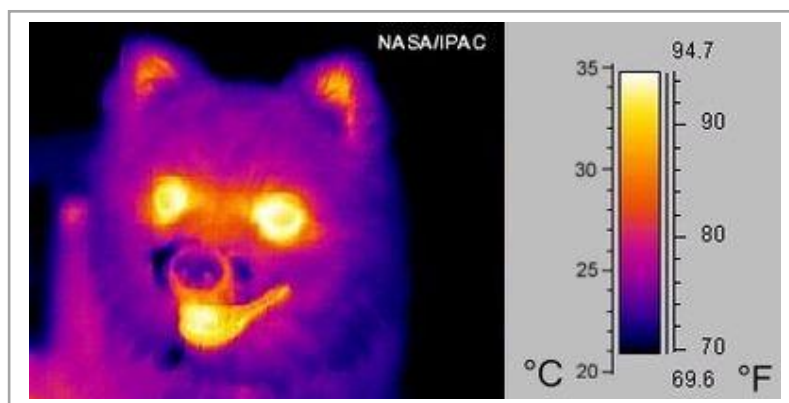


Figura 8 - Imagem de um cachorro através de uma câmera infravermelha

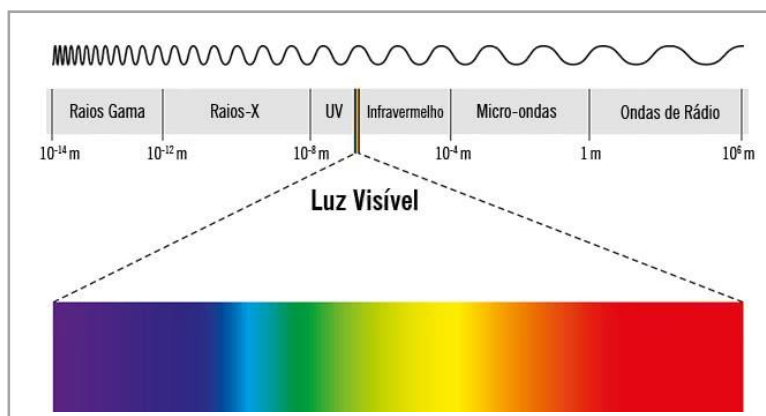
Fonte: [https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara\\_t%C3%A9rmica](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_t%C3%A9rmica)

A figura 8 acima mostra uma câmera infravermelha capturando a imagem de um cachorro. As cores têm uma relação direta com a temperatura e podem ser observadas na escala Celsius e Fahrenheit.

### Luz visível

O intervalo de frequência que o olho humano é capaz de perceber vai de  $4 \cdot 10^{14}$  Hz a  $8 \cdot 10^{14}$  Hz, e é chamado de espectro visível. Essa radiação luminosa constitui uma faixa pequena do espectro eletromagnético, deste modo os olhos não são capazes de perceber a maioria das radiações.

As menores frequências dão a sensação do vermelho, enquanto que as maiores representa a cor violeta, e o olho humano é mais sensível a cor amarela, cuja frequência é de  $5,5 \cdot 10^{14}$  Hz. Quando se aumenta a frequência tem-se sucessivamente as radiações correspondentes as cores laranja, amarelo, verde, azul, anil e por fim a violeta, como na figura 9 abaixo:



*Figura 9 - Espectro eletromagnético (luz visível)*

Fonte: <https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/>

As ondas na faixa da luz visível são geradas quando elétrons da fonte emissora saltam dos níveis de maior energia para os de menor energia, esses elétrons estão situados nas camadas mais externas dos átomos.

### **Radiação ultravioleta**

São as ondas com frequências entre  $10^{15}$  a  $10^{17}$  Hz, chamadas assim pois representam frequências superiores a da luz violeta. Sua emissão é feita por átomos excitados e o Sol é a principal fonte dessa radiação. O fato de transportarem grande quantidade de energia, podem causar danos aos seres humanos. Mas, grande parte dessa radiação é absorvida pela camada de ozônio da atmosfera terrestre.

As radiações ultravioletas estão divididas em UVA, UVB e UVC, conforme expresso na próxima figura 10:





Figura 10 - Radiações ultravioletas (UVA, UVB e UVC)

Fonte: <http://isic.net.br/artigo-32>

Comparando as radiações de acordo com a interação com o corpo humano, temos que a UVA é responsável em provocar o fotoenvelhecimento, a UVB pode causar queimaduras solares e até o desenvolvimento do câncer. Já a radiação UVC é bloqueada pela camada de ozônio.

## Raios X

Descobertos em 1895 pelo físico alemão W. Rontgen, possuem frequências de aproximadamente  $10^{17}$  a  $10^{19}$  Hz, e são produzidos em tubos, chamados de ampolas de raios X, como é possível ver na figura 11.

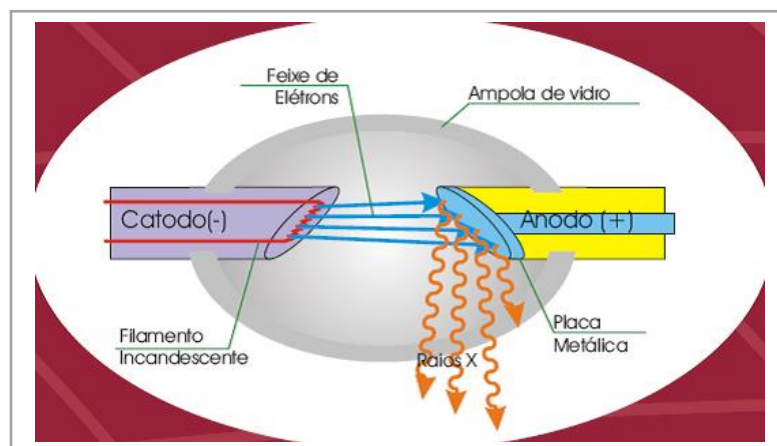


Figura 11 - Produção de raios X

Fonte: <https://sites.google.com/site/atcompbr/home/produo>

Nestes tubos, um feixe de elétrons é emitido por uma placa, eles são acelerados por uma diferença de potencial elevada, e ao atingirem o alvo são desacelerados emitindo ondas eletromagnéticas de alta frequência.

Os raios X têm uma característica de atravessar materiais de baixa densidade, como músculos e são absorvidos por materiais de alta densidade, como ossos, desta forma desde sua descoberta são usados na obtenção de radiografias. Mas, existem outras

aplicações como em tomografias, radioterapia, inspeção de bagagens, cargas e fuselagem de aeronaves, entre outros.

## Raios gama

Apresentando frequência superior à dos raios X, os raios gama são emitidos pelos núcleos atômicos dos elementos químicos quando se desintegram, estes são denominados elementos radioativos.

Ao se desintegrar um núcleo atômico pode emitir três tipos de radiações chamadas de  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  com penetração diferente, ilustrado na figura 12:

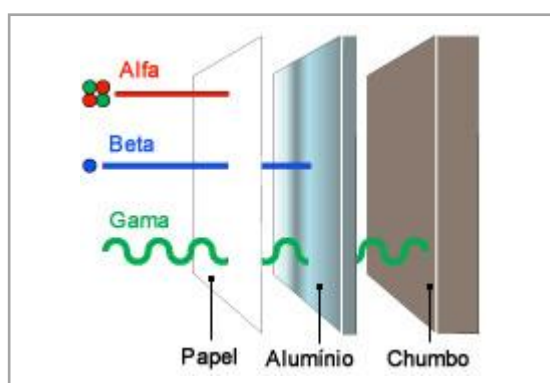


Figura 12 – Interações das radiações  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$

Fonte: <https://www.infoescola.com/fisica-nuclear/radiacao-gama/>

Cada uma, das radiações emitidas, apresentam características distintas: **a alfa ( $\alpha$ )** tem carga positiva e possui dois prótons e dois nêutrons. São emitidas por núcleos instáveis (urânio, tório e radônio) e possuem menor poder de penetração e são inofensivas para exposição externa, mas se ingeridos ou inalado podem causar danos significativos ao sistema respiratório e gastrointestinal, e o corpo passa a ser uma fonte radioativa; **a beta ( $\beta$ )** é composta por um elétron ou pósitron, que são emitidos pelo núcleo na transição de um nêutron em próton ou vice versa, essa radiação consegue atravessar a espessura de alguns milímetros, como na pele, mas pode ser barrada por uma folha de alumínio; **a gama ( $\gamma$ )** é emitida pelo núcleo atômico num estado excitado (mais energia), quando há transição de próton ou nêutron para um nível de energia menor. Consegue atravessar grandes espessuras, como o chumbo, por isso é usado na medicina (radioterapia) e na indústria.

#### 4. UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA PARA ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Adotando a proposta de Moreira (2011), exposta no Referencial Teórico deste Produto Educacional, foi elaborada a sequência didática apresentada a seguir.

##### 4.1 Preparação para a aplicação da UEPS

A aula introdutória será destinada a abordagem simplificada do conceito de Mapa Conceitual e sua finalidade, para isso essa etapa será dividida em três momentos.

- No primeiro momento serão apresentados o conceito e modelos de Mapas Conceituais, ressaltando que por definição eles possuem as seguintes características: são diagramas indicando relações, tem uma organização hierárquica, possui relações significativas, podem ser feitos com figuras geométricas, os conceitos mais importantes devem estar claros em relação aos secundários, utiliza-se uma ou duas palavras chaves em cada diagrama, não há uma única forma de produzir um mapa conceitual. Devem ser apresentados alguns modelos de mapas conceituais, como o exemplo da figura 13 abaixo:

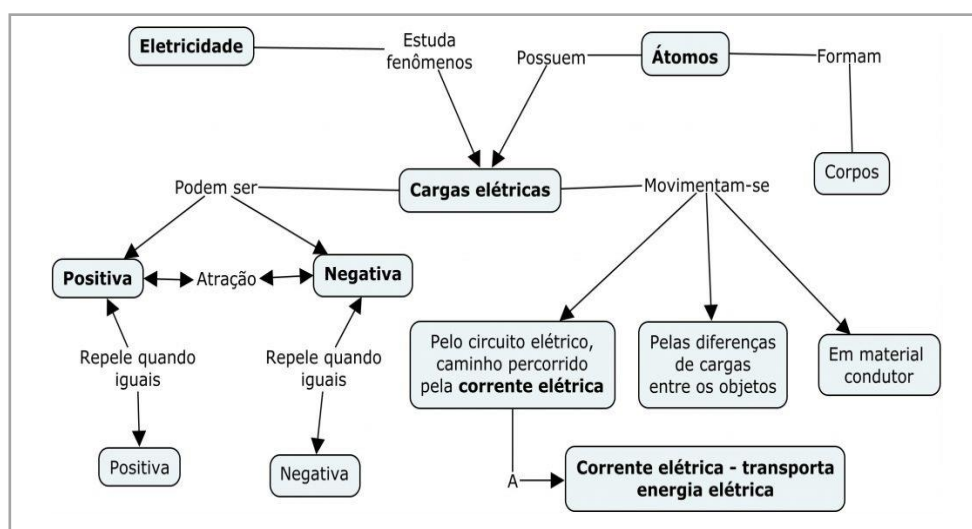


Figura 13 - Mapa Conceitual (Eletricidade e Magnetismo)

Fonte: <http://aprendinarede.com.br/5o-ano-ciencias-eletricidade-magnetismo-eletromagnetismo/>

- Para a segunda parte desta atividade os alunos serão motivados, a partir das discussões realizadas na exposição anterior, a construir mapas conceituais individuais, com temas livres, escolhidos por eles. Após a construção deve ter um momento de socialização, onde será possível constatar as dificuldades e serão realizados os ajustes necessários.
- Na conclusão desta atividade introdutória, terceiro momento, será solicitado que os estudantes realizem uma construção coletiva de mapas conceituais a partir de um texto, a sugestão está no **(Anexo A)** o texto “O que é Física?”, disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/>. A turma pode ser dividida em grupos para que eles possam discutir o texto, produzir e apresentar os mapas conceituais para os demais colegas.

### O QUE É FÍSICA?

A palavra **física** tem sua origem no termo grego *physiké*, que significa “natureza”, seu uso/significado está sempre relacionado à palavra *episteme*, que, de origem grega também, significa “conhecimento”, “ciência”. Assim sendo, a física foi definida como: **A ciência que estuda a natureza.**

Porém, essa era a definição dada pelos gregos da Grécia Antiga. Para eles, todos os fenômenos naturais eram intrigantes e não havia distinção entre o fato de um **corpo cair, uma planta brotar e um vinho fermentar.**

Com o passar do tempo houve a divisão das ciências naturais e assim nasceu a Química, a Biologia e a própria Física – que passou a ter seu próprio campo de estudos.

A Física procura **descrever, prever e justificar através de leis os fenômenos que acontecem com a matéria no decorrer do espaço e do tempo.**

Os fenômenos estudados pela física estão presentes em todos os lugares, no nosso dia a dia, em nosso planeta, em outras galáxias, enfim, em todo o universo. Na abordagem desses fenômenos, a Física utiliza o método científico, uma vez que as hipóteses devem ser corroboradas por experimentos; assim as previsões são feitas e é possível verificar se os experimentos estão de acordo com essas previsões.

A Física é, tradicionalmente, dividida em ramos. Cada ramo agrupa o estudo dos fatos que apresentam propriedades semelhantes e que podem ser relacionados e descritos por leis comuns.

Assim sendo, eis os ramos da Física:

Mecânica: estuda os movimentos dos corpos.

Termologia: estuda os fenômenos relacionados à temperatura e ao calor.

Óptica: estuda os fenômenos relacionados com a luz.

Ondulatória: estuda os fenômenos ligados às ondas, suas características, propriedades e comportamentos.

Eletricidade e Magnetismo: estuda os fenômenos elétricos e magnéticos.

Física Moderna: Trata da física desenvolvida no século XX, em que podemos incluir a relatividade, a física quântica e a física nuclear.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/>

## 4.2 Aspectos Sequenciais da UEPS

De acordo com Moreira (2011), o objetivo da construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é desenvolver unidades de ensino potencialmente facilitadoras da aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento declarativo e/ou procedimental. Nesta perspectiva os aspectos sequenciais apresentados seguem os princípios propostos para aquisição significativa de conhecimento.

### **Passo 1 - Definição do Conteúdo Abordado**

O tema escolhido para a UEPS foi Ondas eletromagnéticas, e durante a aplicação da proposta serão abordadas inicialmente as características de uma onda, tais como movimento periódico, pulso, onda, forma de ondas (longitudinais e transversais), natureza das ondas (mecânicas e eletromagnéticas), propriedades de uma onda (crista, vale, comprimento de onda, amplitude, frequência, período, velocidade de propagação).

A partir dessa abordagem geral, será possível inserir o conceito de Ondas Eletromagnéticas, valorizando o fenômeno dos campos elétricos e magnéticos, variáveis, e o espectro eletromagnético (Ondas de Rádio, Micro-ondas, Ondas de infravermelho, Luz visível, Ultravioleta, Raios X, Raios gama).

### **Passo 2 - Levantamento de Conhecimentos Prévios**

Neste passo o objetivo será criar situações em que os alunos possam expor os conhecimentos que possuem sobre o tema de estudo, chamados pela teoria da aprendizagem significativa de subsunçores. Para essa finalidade foi elaborado, como sugestão, um questionário (**Anexo B**) com situações-problema que façam com que os estudantes reflitam sobre o tema.

As questões foram elaboradas com o objetivo de descrever as características de uma onda, periodicidade, transmissão de informações, como wi-fi e bluetooth, controle remotos, radiações eletromagnéticas.

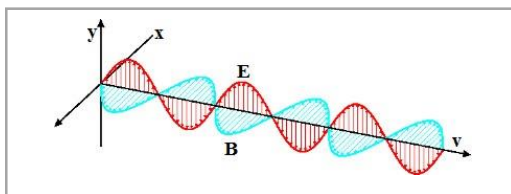
## LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS



A figura ao lado representa o desenho formado na superfície de um lago quando um objeto é jogado na água

Fonte: <http://planetaterraouagua.blogspot.com/2009/11/geleiras.html>

1. De acordo com a observação da figura acima, descreva a forma da onda.
2. Se tivesse um objeto no lago qual seria o movimento que ele iria realizar quando as ondas passassem?
3. Como vocês definiriam uma onda?
4. Que tipos de ondas vocês conhecem?
5. Faça uma pequena lista de eventos que ocorrem periodicamente (de quanto em quanto tempo esse evento acontece). (Ex. Aula de Física – Semanalmente)
6. O que tem de diferente entres os eventos acima?
7. Vocês já ouviram falar sobre ondas eletromagnéticas? Para que servem?

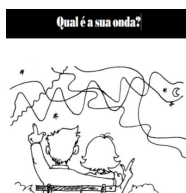


Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>

8. Como as informações conseguem ser transmitidas nas TV's e Rádios?
9. Qual a finalidade do aparelho micro-ondas na cozinha? E como isso ocorre?

**Já pensou como é possível enviar dados, imagens e sons de um dispositivo eletrônico para outro, sem utilizar fios?!?!**

10. Como funciona o wi-fi? E o bluetooth?
11. Qual a base de funcionamento dos controles remotos (TV, som, portões)?
12. Quando temos um aparelho de rádio ligado e ligamos outro aparelho elétrico, por exemplo, uma lâmpada, ouvimos um ligeiro ruído pelo rádio. Por que isso acontece?
13. Por que ocorrem faíscas quando colocamos um objeto de metal no forno de micro-ondas?
14. As radiações eletromagnéticas podem prejudicar a saúde?
15. É possível utilizar as radiações eletromagnéticas em benefício da população?



Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/eletromagnetismo.html>

Após este momento, os alunos devem ser convidados, de forma espontânea, a socializar suas respostas, o que será importante para a preparação da próxima etapa da sequência.

### **Passo 3 - Situações-problema em Nível Introdutório**

Esta etapa será destinada, de acordo com os aspectos sugeridos por Moreira (2011), da UEPS, a retornar a situações-problemas em nível bem introdutório, considerando os conhecimentos que os alunos demonstrarão na atividade anterior, e os preparando para a introdução do conhecimento que se pretende ensinar.

Diante desta proposta será realizada a leitura e discussão do texto “Um mundo imerso em Ondas” (**Anexo C**) do físico Marcelo Gleiser, disponível em <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1411199903.htm>. A leitura deste material terá a intenção de despertar nos estudantes a curiosidade para os termos propagação de ondas, perturbação, equilíbrio, amplitude, transmissão de informações e as ondas do mundo invisível.

#### **UM MUNDO IMERSO EM ONDAS**

Ondas estão por toda a parte. Nós ouvimos porque ondas de som se propagam pelo ar, fazendo vibrar o delicado mecanismo dentro de nossos ouvidos. Quando vemos algo, nossos olhos estão captando ondas luminosas refletidas pela superfície do objeto. Os processos neuronais que traduzem esses estímulos externos em sensações são ainda objeto de muita pesquisa. Mas sabemos que os neurônios responsáveis por essa "tradução" funcionam devido à propagação de ondas elétricas pelos axônios. O mapa de realidade externa que é reconstruído em nosso cérebro é o resultado da propagação e interação de diversos tipos de ondas. Mas o que é uma onda?

Por incrível que pareça, essa pergunta tem várias respostas. Fundamentalmente, a existência de ondas deve-se ao amor que a natureza tem pelo equilíbrio estável; quando um sistema em equilíbrio é levemente perturbado, ele tenderá naturalmente a voltar à condição de equilíbrio. A superfície de um lago, ou de uma banheira cheia d'água, permanece intacta, a menos que algum estímulo externo perturbe esse equilíbrio. Rapidamente, ondas concêntricas se propagam a partir do ponto de contato, e a energia extra depositada ali é então dissipada: o sistema volta ao equilíbrio. Portanto, podemos dizer que ondas são uma propagação organizada de um desequilíbrio.

Em geral, ondas são resultados de perturbações lineares, ou seja, que provocam uma resposta proporcional ao estímulo: um estímulo duas vezes maior provoca uma resposta do sistema duas vezes maior. Quando o problema é formulado matematicamente, as soluções das equações representam as ondas que observamos no lago.

Nem todo estímulo gera uma resposta linear. Vários sistemas são dominados por efeitos não-lineares, em que um pequeno estímulo pode gerar uma resposta muito intensa e vice-versa, sem uma relação simples entre os dois. Um exemplo dramático é o de uma onda quebrando na areia. No mar, vemos ondas na superfície com períodos de cinco a dez segundos; esse regime é essencialmente linear.

Quando essas ondas se aproximam da praia, a menor profundidade aumenta a influência de termos não-lineares. A amplitude da onda aumenta, sua velocidade diminui e, não podendo mais se sustentar, ela quebra, fazendo com que o movimento organizado se torne turbulento. Mas seria prematuro concluir que toda a não-linearidade leva à destruição de ordem. Em certos sistemas, é justamente a não-linearidade que provoca a manutenção da onda, compensando exatamente sua tendência natural de se dispersar, como uma espécie de cola. Essas configurações estáveis e não-lineares são conhecidas como sólitons.

Em 1834, o engenheiro inglês J. Scott Russell relatou seu encontro com um sóliton, ou onda solitária: "Estava observando um barco puxado por dois cavalos em um canal estreito, quando os cavalos pararam subitamente. Uma massa de água formou-se em torno do barco e começou a se propagar a uma alta velocidade (15 km/h), uma formação solitária e elegante, que viajou pelo menos por dois ou três quilômetros, até eu perdê-la de vista."

Hoje vemos sólitons em praticamente todas as áreas da física, desde a propagação de sinais em fibras óticas e domínios magnéticos em vários materiais até a condução de certos impulsos nervosos. A não-linearidade também pode trazer a ordem. Claro, ondas não são restritas ao mundo visível. Átomos e partículas de matéria e de radiação (ou, no visível, luz) também são descritos por ondas. Essas "ondas de matéria" não sofrem dissipação como as ondas no mundo visível à nossa volta: a mecânica quântica mostra que ondas de matéria nunca param por si só. Talvez exista uma relação profunda entre ondas e nosso conceito de tempo. Afinal, mudanças ou transformações são uma manifestação da passagem do tempo.

Marcelo Gleiser é professor de física do Dartmouth College, em Hanôver (EUA), e autor do livro "Retalhos Cósmicos".

Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1411199903.htm>

Após a leitura e discussão do texto, devem ser levantadas algumas questões que servirão de base para apresentação do conteúdo propriamente dito, em nível introdutório. Podem ser usadas figuras e gifs, em slides, destacando a necessidade de comunicação das pessoas, e como esses meios foram evoluindo, fazendo um apanhado desde os pombos-correios, sinais de fumaça e mensagens a cavalo, carroça e navio, até as descobertas de Maxwell, Hertz e Marconi, entre outros. Por fim pode-se retomar a ideia de campo elétrico e magnético, para que os alunos possam compreender a definição de ondas eletromagnéticas, e como elas fazem parte do nosso cotidiano, sendo distribuídas no espectro eletromagnético.



Após esse momento será exibido um vídeo, figura 14, sobre o espectro eletromagnético disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT_o):



Figura 14- Vídeo sobre o espectro eletromagnético

Fonte: [https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT_o)

Em sequência deve ser proposto algumas situações problemas tais como: Como as ondas de rádio são transmitidas?, E as redes wi-fi?, O Bluetooth funciona como o wi-fi?, Como as funções do controle remoto são ativadas na TV?, De que forma os alimentos são aquecidos no micro-ondas?

Para finalizar essa aula, e para que os estudantes possam visualizar o fenômeno da interação entre uma molécula e a radiação eletromagnética, será apresentada a simulação “Molécula e Luz”, disponível em, figura 15, [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/molecules-and-light](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecules-and-light).

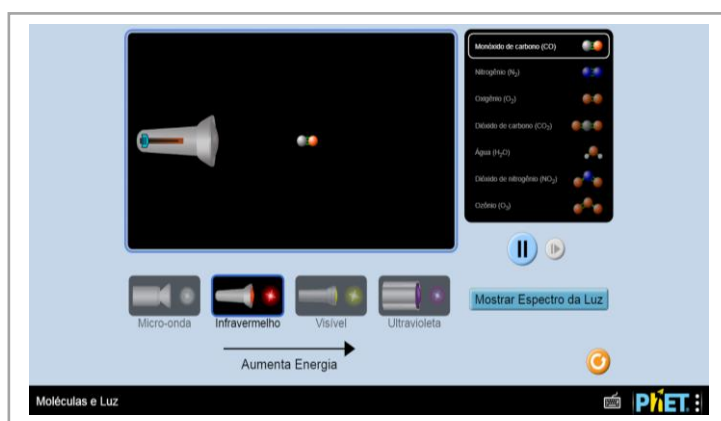


Figura 15- Simulação “Molécula e Luz”

Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/molecules-and-light](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/molecules-and-light).

Essa atividade será realizada sem um roteiro específico, apenas para observação da interação da micro-onda, infravermelho, luz visível e ultravioleta, com as moléculas de monóxido de carbono, nitrogênio, oxigênio, dióxido de carbono, água, dióxido de nitrogênio e ozônio.

#### **Passo 4 - Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido**

Neste quarto passo será apresentado o conhecimento a ser ensinado/aprendido, através de uma aula expositiva, mas também dialogada. Começando com os aspectos mais gerais, que deverão ser progressivamente diferenciados, visando a abordagem específica do conteúdo propriamente dito, expandindo a estrutura cognitiva a partir dos subsunçores que serviram de ancoradouro para novos conhecimentos.

Serão abordados nesta aula, através de slides, as características de uma onda, tais como movimento periódico, pulso, onda, forma de ondas (longitudinais e transversais), natureza das ondas (mecânicas e eletromagnéticas), propriedades de uma onda (crista, vale, comprimento de onda, amplitude, frequência, período, velocidade de propagação). Esses conhecimentos serão necessários para despertar nos alunos o interesse pelo conteúdo e para que eles possam compreender como as Ondas Eletromagnéticas fazem parte do nosso cotidiano. Com ênfase no espectro eletromagnético diferenciando as ondas de acordo com a frequência e comprimento, além de sua função. Sugere-se a apresentação de três vídeos:

**Vídeo 1** – “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”, disponível em <https://www.umsabadoqualquer.com/quer-que-desenhe-espectro-eletromagnetico/> (duração de 4:51 minutos)



Figura 16 - Vídeo 1: “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”

Fonte: <https://www.umsabadoqualquer.com/quer-que-desenhe-espectro-eletromagnetico/>

O vídeo explica em forma de “tirinhas” o espectro eletromagnético, de maneira criativa e descontraída, viajando por todo espectro, comparando os comprimentos de onda e frequência, explicando questões como: Porque o céu é azul?; Como os cientistas conseguem saber a composição química dos planetas, se eles estão tão distantes?. Proporcionando assim mais discussões.

**Vídeo 2** – “Estudo mostra cuidados que devemos ter com celulares”, sobre uma reportagem do programa “Fantástico” da Rede Globo, exibida em 23 de agosto de 2015, disponível em <https://globoplay.globo.com/v/4414841/> (duração de 7:27 minutos).



*Figura 17 - Vídeo 2: “Estudo mostra cuidados que devemos ter com celulares”*

Fonte: <https://globoplay.globo.com/v/4414841/>

A reportagem apresentada trata-se de um tema polêmico e que divide opiniões, será a exposição dos alunos a mais uma situação-problema, onde os cientistas e médicos questionam os malefícios do uso dos celulares, fala-se também de radiação ionizante e não ionizante.

**Vídeo 3** – “Raio X”, de um canal de humor no youtube, Porta dos Fundos, adicionado em 21 de julho de 2018, disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=\\_L6Jrp3y1DQ](https://www.youtube.com/watch?v=_L6Jrp3y1DQ) (duração de 2:11 minutos)



*Figura 18 - Vídeo 3: “Raio X”*

Fonte: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_L6Jrp3y1DQ](https://www.youtube.com/watch?v=_L6Jrp3y1DQ)

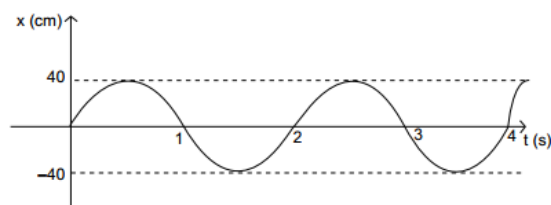
O vídeo relata um exame de Raio X de forma muito bem humorada, onde o paciente questiona a radiologista quanto a segurança durante a exposição à radiação.

O objetivo desse vídeo será despertar e estimular o questionamento quanto ao uso da radiação no cotidiano. Após a exibição serão colocados alguns questionamentos, realizando assim um debate a partir das perguntas: As salas de exame oferecem risco de contaminação aos pacientes?; As grávidas realmente devem evitar os exames de raios X?; As atividades de radiologistas e técnicos pode ser considerada de risco?.

Ao final desse passo poderá ser entregue aos estudantes uma atividade (**Anexo D**), que terá como objetivo compreender as características de uma onda, bem como suas propriedades (comprimento de onda, frequência, período, velocidade de propagação).

### ATIVIDADES DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

1. A figura abaixo mostra o gráfico de um movimento ondulatório:



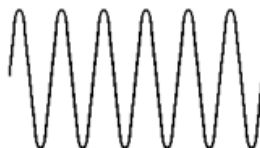
Analisando a figura, determine:

- a) A frequência em hertz.
- b) A amplitude.
- c) período

2. Numa enfermaria, o soro fornecido a um paciente goteja à razão de 30 gotas por minuto.

- a) Qual é o período médio do gotejamento? (Dê a resposta em segundos)
- b) Qual é a frequência média do gotejamento? (Dê a resposta em hertz)

3. (Unesp) A sucessão de pulsos representada na figura a seguir foi produzida em 1,5 segundos. Determine a frequência e o período da onda.

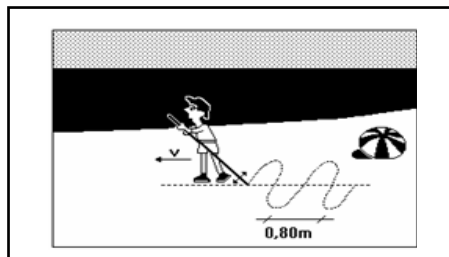


4. (UFMG) Um menino, balançando em uma corda dependurada em uma árvore, faz 20 oscilações em um minuto. Pode-se afirmar que seu movimento tem:

- a) um período de 3,0 segundos.
- b) um período de 60 segundos.
- c) uma frequência de 3,0 Hz.
- d) uma frequência de 20 Hz.

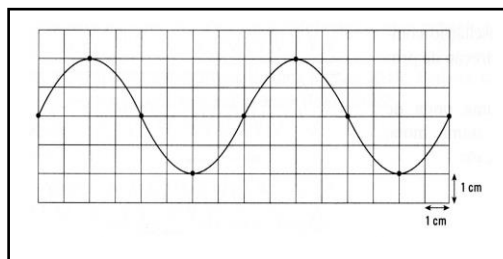
5. (UFMG) Um menino caminha pela praia arrastando uma vareta. Uma das pontas encosta-se à areia e oscila, no sentido transversal à direção do movimento do menino, traçando no chão uma curva na forma de uma onda, como mostra a figura. Uma pessoa observa o menino e percebe que a frequência de oscilação da ponta da vareta encostada na areia é de 1,2 Hz e que a distância entre dois máximos consecutivos da onda formada na areia é de 0,80 m. A pessoa conclui então que a velocidade do menino é:

- a) 0,67 m/s.
- b) 1,5 m/s.
- c) 0,96 m/s
- d) 0,80 m/s.



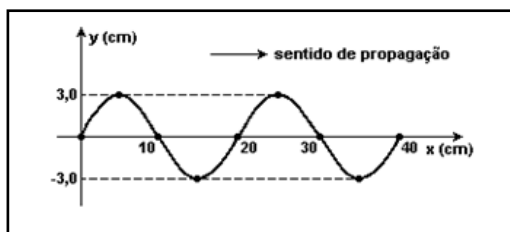
6. Uma onda tem velocidade igual a 24 cm/s. Determine:

- a) a amplitude da onda;
- b) o comprimento de onda da onda;
- c) a frequência da onda;
- d) o período da onda.



7. (UFAL) Uma onda produzida numa corda se propaga com frequência de **25 Hz**. O gráfico a seguir representa a corda num dado instante. Considere a situação apresentada e os dados do gráfico para analisar as afirmações que seguem.

- ( ) A amplitude da onda estabelecida na corda é de 6,0cm.
- ( ) A velocidade de propagação da onda na corda é de 5,0 m/s.
- ( ) A onda que se estabeleceu na corda é do tipo transversal.
- ( ) A onda que se estabeleceu na corda tem comprimento de onda de 10 cm.



8) Comparadas com a luz visível, as ondas de rádio têm:

- a) O mesmo comprimento de onda
- b) Frequência menor
- c) Menor velocidade de propagação no vácuo
- d) Comprimento de onda menor

## Passo 5 - Retomar os Aspectos mais Gerais em Nível mais Alto de Complexidade

Busca-se neste passo uma nova apresentação do conteúdo, com um nível mais alto de complexidade, destacando as semelhanças e diferenças entre as situações trabalhadas anteriormente, sendo o momento de estabelecer uma reconciliação integradora, buscando as relações entre as ideias, conceitos, proposições, para que o conhecimento adquira novos significados na estrutura cognitiva do estudante.

As atividades desta aula podem ser realizadas de forma colaborativa, levando os alunos a interagir socialmente, negociando significados. O papel do professor(a) será de mediador(a) do processo. Serão propostas três atividades experimentais: Medindo a Velocidade da Luz com um Forno de Micro-ondas (**Anexo E**), Blindagem Eletrostática – Celular (**Anexo F**) e Blindagem Eletrostática - Gaiola de Faraday (**Anexo G**).

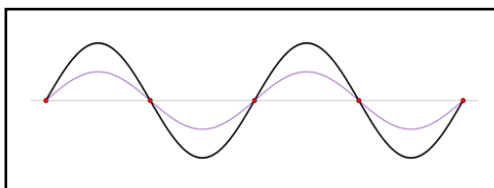
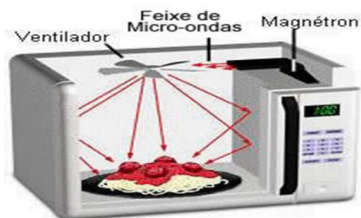
### ATIVIDADE EXPERIMENTAL 1

#### MEDINDO A VELOCIDADE DA LUZ COM UM FORNO DE MICRO-ONDAS

##### 1. INTRODUÇÃO

Usado para aquecer e cozinhar os alimentos, esse forno transfere energia para as moléculas de água do alimento, o que aumenta a agitação e a temperatura delas.

A tela da porta do forno é colocada entre duas placas de vidro, que tem comprimento de onda menor que do magnétron e maior que o da luz visível, por isso as ondas não escapam do forno.



A luz se comporta como uma onda que transmite energia, e esse aparelho esquenta e cozinha nossa comida por meio da emissão de micro-ondas eletromagnéticas – daí seu nome! A luz também é um tipo de onda eletromagnética, por isso é possível calcular sua velocidade com a ajuda desse utensílio de cozinha.

Antes de começar, saiba que as paredes internas do eletrodoméstico fazem as ondas refletirem e voltarem. Tente imaginar essas ondas se movendo de um lado para o outro no interior do micro-ondas: é a energia delas que faz sua comida esquentar. Já o prato giratório serve para que o calor chegue por igual a todo o alimento.

As ondas que se formam no aparelho de micro-ondas são chamadas estacionárias, formadas a partir da superposição de ondas idênticas em sentidos opostos. Os pontos vermelhos indicam os nós, que recebem menos energia. Já os anti-nós são os extremos da oscilação para cima e para baixo

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \text{mas } \Delta S = \lambda, \text{ assim:} \\ \Delta t = T$$
$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{ou} \quad v = \lambda \cdot f$$

$T$  = período (SI : s)       $f$  = frequência (SI : Hz)  
 $\lambda$  = comprimento de onda (SI : m)  
 $v$  = velocidade (SI : m/s)

## 2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 01 prato de vidro;
- 01 barra de chocolate de aproximadamente 150g;
- forno micro-ondas;
- 01 régua escolar.

## 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- Remova o prato e o suporte giratório do forno de micro-ondas;
- Posicione a barra de chocolates dentro do forno;
- Ligue o micro-ondas na potência máxima durante 15 segundos;
- Ao remover o doce do forno, você perceberá que algumas partes dele estão quentes e levemente derretidas, enquanto outras estão frias e ainda sólidas;
- Use a régua escolar para medir a distância entre dois pontos quentes posicionados na mesma linha;

## 4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

- ✓ Frequência do micro-ondas: \_\_\_\_\_ (em Hz) -  
(Encontra-se na etiqueta no fundo do aparelho)
- ✓ Distância entre os dois pontos derretidos: \_\_\_\_\_ (em metros) -  
(Para encontrar o comprimento de onda multiplicamos a distância por dois)

### Cálculo da Velocidade da luz

## 5. CONCLUSÃO

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 6. FONTES

<http://chc.org.br/experimento-comestivel/>

<http://www.hojeaprendi.com.br/2014/08/05/chocolate-e-micro-ondas-servem-para-calcular-velocidade-da-luz/>

<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/onda3.htm>

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL 2

### BLINDAGEM ELETROSTÁTICA – CELULAR

#### 1. INTRODUÇÃO

Na telefonia celular a voz é transformada em sinais elétricos que caminham como ondas de rádio. Como a onda viaja pelo ar, não é necessário fio. O celular recebe esse nome porque as regiões servidas pelo serviço foram divididas em áreas chamadas células. Cada uma delas possui uma estação radiobase, composta por uma ou mais antenas que captam as mensagens vindas dos aparelhos e, se necessário, as transfere para a Central de Comutação e Controle (CCC). A central, por meio de computadores, localiza o destinatário da ligação, se este não estiver na mesma célula, e completa a chamada.

O aparelho celular comunica-se por ondas eletromagnéticas, ou seja, quando ligamos para um celular este funciona como um transmissor e receptor de ondas eletromagnéticas. O processo de propagação das ondas eletromagnéticas consiste em um campo elétrico variável gerando um campo magnético também variável e vice-versa.

Para entendermos este fenômeno temos de analisar o que faz com que uma onda penetre ou não em um material. Este efeito é denominado “Skin Depth”, e podemos calcular a distância de penetração da onda em dado material pela fórmula abaixo:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \sigma \mu f}}$$

**$\sigma$  = condutividade do material    $\mu$  = permeabilidade    $f$  = frequência da onda**

Com base nessa fórmula percebemos que quanto maior a condutividade do material menor será a distância que a onda penetra ( $\delta$ ). Outro dado importante que a fórmula nos dá é que quanto menor a frequência da onda maior será sua penetração em um material.

#### 2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 02 telefones celulares;
- 01 folha de papel;
- 01 folha de papel alumínio.

#### 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- 1º passo: Embrulhamos um dos celulares em uma folha de papel e discamos para ele, observe o que acontece;
- 2º passo: Embrulhamos o celular que estava inicialmente dentro da folha de papel em uma folha de alumínio e ligamos novamente.



#### 4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

- ✓ Relate o que aconteceu com o celular quando realizamos o 1º passo:  
\_\_\_\_\_
- ✓ Descreva o que foi observado no 2º passo:  
\_\_\_\_\_
- ✓ De acordo com os conceitos sobre ondas eletromagnéticas e a distância de penetração da onda em um dado material, explique porque ocorreu esse fenômeno:  
\_\_\_\_\_

#### 5. CONCLUSÃO

  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 6. FONTES

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/20735/Celular%20fora%20de%20area.pdf?sequence=1>

<https://super.abril.com.br/tecnologia/telefone-celular-envia-sinais-por-ondas-de-radio/>

<https://www.pontociencia.org.br/experimento/visualizar/celular-fora-de-area/750>

### **ATIVIDADE EXPERIMENTAL 3**

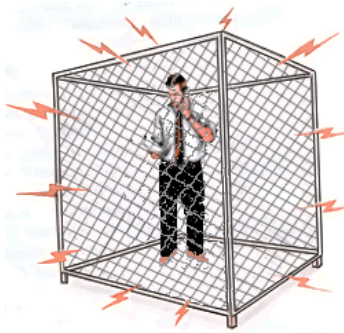
#### **BLINDAGEM ELETROSTÁTICA – GAIOLA DE FARADAY**

##### **1. INTRODUÇÃO**

Um condutor, quando carregado, tende a espalhar suas cargas uniformemente por toda a sua superfície. Se esse condutor for uma esfera oca, por exemplo, as cargas irão se espalhar pela superfície externa, pois a repulsão entre as cargas faz com que elas se mantenham o mais longe possível umas das outras. Os efeitos de campo elétrico criados no interior do condutor acabam se anulando, obtendo assim um campo elétrico nulo.

O mesmo acontece quando o condutor não está carregado, mas está em uma região que possui um campo elétrico causado por um agente externo. Seu interior fica livre da ação desse campo externo, fica blindado. Esse efeito é conhecido como blindagem eletrostática.

Para provar esse efeito, o físico britânico Michael Faraday fez, em 1836, um experimento para provar os efeitos da blindagem eletrostática. Ele construiu uma gaiola de metal carregada por um gerador eletrostático de alta voltagem e colocou um eletroscópio em seu interior para provar que os efeitos do campo elétrico gerado pela gaiola eram nulos. O próprio Faraday entrou na gaiola para provar que seu interior era seguro. Esse experimento ficou conhecido por “Gaiola de Faraday”.



Fonte: <http://auladecampocbjn20093g9.blogspot.com/2009/01/gaiola-de-faraday.html>

## 2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 01 gaiola;
- 01 celular conectado ao fone de ouvido.

## 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- 1º passo: Sintonize o celular em alguma rádio FM;
- 2º passo: Coloque dentro da gaiola;

## 4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

- ✓ Relate o que aconteceu com a transmissão do rádio quando colocamos o celular dentro da gaiola:

---

- ✓ De acordo com os conceitos sobre ondas eletromagnéticas e o experimento realizado por Faraday (Gaiola de Faraday), explique o resultado desta experiência:

---

## 5. CONCLUSÃO

---

## 6. FONTES

<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/gaiola-faraday.htm>

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

Os estudantes podem ser divididos em grupos e receberão três roteiros para realização dos experimentos com uma parte teórica sobre cada experimento, materiais necessários, procedimentos experimentais, resultados das medidas e conclusão.


## Passo 6 - Concluir a Unidade

No sexto passo serão retomadas as características mais relevantes do conteúdo com o objetivo de prosseguir com a diferenciação progressiva e promover a reconciliação integrativa. A nova apresentação do conteúdo pode ser feita através de uma simulação virtual, realizada de forma colaborativa, discutidas em grupo com apoio da docente.

Cada grupo deve receber um material explicativo, (**Anexo H**), de como acessar e utilizar o simulador. Neste material há uma parte introdutória sobre radiofrequências e suas faixas. Nos procedimentos experimentais eles terão as instruções de como acessar o site [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves), e realizar a interação com o simulador “Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos”.

**SIMULAÇÃO - ONDAS DE RÁDIO**

**1. INTRODUÇÃO**



Fonte: [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br)

As ondas de rádio são conhecidas por “radiofrequências”. Elas são utilizadas nas comunicações sem fio tais como nas transmissões de televisão ou rádio, nos telefones celulares, nos rádios utilizados por policiais, bombeiros e ambulâncias, nos radares de controle de aviões e nos telefones sem fio. No Brasil, a Anatel - Agência Nacional de Telecomunicações - por meio da Lei 9.472/97, foi incumbida de administrar a utilização do espectro de radiofrequências, regulamentando e fiscalizando seu uso.

**Faixas de radiofrequência**

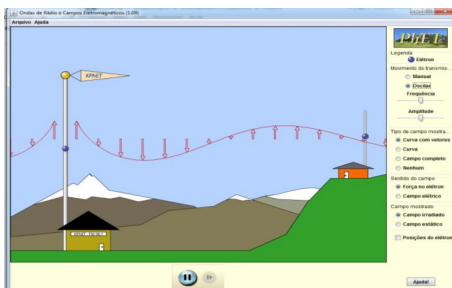
As "ondas de rádio" são emitidas por osciladores eletrônicos; inclui as ondas de TV em VHF, as ondas curtas e longas; e as bandas de AM e FM e ondas de TV em UHF. Abrange ondas de comprimentos maiores do que 100 km até 10 cm.

1 Hz = hertz = 1 oscilação/segundo; 1 kHz = 10<sup>3</sup> Hz; 1 MHz = 10<sup>6</sup> Hz; GHz = 10<sup>9</sup> Hz

Tipo de ondas	$\lambda$	f	Características
Ondas extremamente longas	+ 100 km	até 3 kHz	Ondas emitidas por linhas de transmissão e por utilidades domésticas.
Ondas muito longas	10 a 100 km	3 a 30 kHz	Radio navegação e marítimos; emissões associadas a terremotos, auroras boreais, eclipses, etc
Ondas longas	1 a 10 km	30 a 300 kHz	Comunicação marítima. Radiodifusão (150 a 255 kHz). Tem alcance da ordem de 500 km.
Ondas Média	1 km a 100 m	300 kHz a 3 MHz	Estações de radio AM (alcance até 75 km); telegrafia marítima; radiofarol. etc
Ondas Curtas	100 a 10 m	3 a 30 MHz	Radioamadores; faixa do cidadão; radiodifusão internacional (alcance 1.000 a 20.000 km); emissões naturais de radio do planeta Júpiter.
Ondas muito curtas (VHF)	10 a 1 m	30 a 300 MHz	TV aberta; radio FM; operações espaciais; walkie-talkies; microfones sem fio; telefones sem fio; radioastronomia (emissões galácticas naturais).
Ondas ultra curtas (UHF)	1m a 10 cm	0,3 a 3 GHz	TV em UHF; radioastronomia; comunicações de estações fixas e móveis; aeronavegação; radar de longo alcance; GPS; telefonia celular móvel.

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- Acessar o site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves);
- Visualizar a simulação virtual: Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos



- Selecionar a opção **“Oscilar”** no painel do lado direito;  
O que podemos observar neste cenário? Descreva o que está acontecendo.  
\_\_\_\_\_
- Para o próximo passo utilize o modo de visualização **“Tipo de campo mostra...”**, e escolha as várias formas.  
O que acontece quando variamos os valores da **“Amplitude”** e da **“Frequência”**?  
\_\_\_\_\_
- De acordo com a fórmula abaixo calcule o **comprimento de onda** da rádio **KPhet 98,7**. **E responda se está dentro da faixa de radiofrequência VHF**  
As estações FM transmitem na faixa Megahertz (1 MHz =  $10^6$  Hz) então a frequência é de  $98,7 \times 10^6$  Hz. (Velocidade da luz =  $3 \times 10^8$  m/s)

- Determine a **frequência** de uma rádio de tem comprimento de onda de 3,02 m

### 3. QUESTÃO PARA DISCUSSÃO

- Faça uma votação no grupo e diga qual estação de rádio favorita. Qual é a sua **frequência e comprimento de onda**?

### 4. FONTES

<http://doradioamad.dominio temporario.com/doc/COMO%20FUNCIONA%20A%20ONDA%20DE%20RADIO.pdf>

[http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm)

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves)

## Passo 7 - Avaliação da Aprendizagem através da UEPS

Durante todo o processo de aplicação da UEPS podem ser realizados registros que buscam evidências da aprendizagem significativa, e como atividade final será proposto uma atividade de construção de mapas conceituais, lembrando as atividades que foram feitas mesmo antes da implementação da sequência. Essa avaliação deve ser individual para a exposição da captação e transferência de significados.

Todos os estudantes receberão uma folha (**Anexo I**), com apenas um enunciado “Construção do Mapa Conceitual sobre Ondas Eletromagnéticas”, para que eles possam criar de forma espontânea o seu mapa pessoal sobre o conteúdo estudado.

### ATIVIDADE FINAL

#### CONSTRUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL SOBRE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Prezado aluno(a), realize a construção do Mapa Conceitual de acordo com os conhecimentos adquiridos durante as aulas.



### **Passo 8 - Análise do Êxito da aplicação da UEPS**

O oitavo passo terá como objetivo a avaliação do desempenho dos alunos, através das evidências de aprendizagem significativa. Para ter esse resultado devem ser observadas as atividades realizadas durante todo o processo, considerando cada questionamento ou realização de atividades, buscando sempre recursos didáticos que estimulassem a participação e integração do grupo.

## 5. DISTRIBUIÇÕES DAS AULAS E ATIVIDADES.

A aplicação da UEPS foi distribuída em 14 aulas, conforme quadro abaixo:

Aulas	Descrição das atividades
01 e 02	<b>Oficina de Mapas Conceituais</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição sobre o tema;</li> <li>• Construção de Mapas Conceituais com tema livre (individual);</li> <li>• Socialização e discussão dos mapas construídos;</li> <li>• Produção de Mapas Conceituais a partir de um texto (grupo);</li> <li>• Discussão dos resultados.</li> </ul>
03 e 04	<b>Levantamento dos conhecimentos prévios</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicação do Questionário de forma colaborativa;</li> <li>• Discussão das respostas.</li> </ul>
05 e 06	<b>Situações-problema em nível introdutório</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitura e discussão do texto “Um mundo imerso em Ondas”;</li> <li>• Simulação “Molécula e Luz”</li> </ul>
07 e 08	<b>Apresentação do Conhecimento a Ser Ensinado/Aprendido</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula expositiva e dialogada;</li> <li>• Exibição dos vídeos: “Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”; “Estudo mostra cuidados que devemos ter com celulares”; “Raio X”;</li> <li>• Atividade de revisão dos conceitos abordados</li> </ul>
09 e 10	<b>Retomar os Aspectos mais Gerais em Nível mais Alto de Complexidade</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização, análise e discussão dos experimentos Blindagem Eletrostática do Celular; Gaiola de Faraday; Medindo a Velocidade da luz com um forno de micro-ondas.</li> </ul>
11 e 12	<b>Concluir a Unidade (Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interação e discussão do simulador “Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos”</li> </ul>
13 e 14	<b>Avaliação da Aprendizagem através da UEPS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realização da atividade final e individual do Mapa Conceitual sobre Ondas Eletromagnéticas</li> </ul>
	<b>Análise do Êxito da aplicação da UEPS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizada durante todo o processo de aplicação e de escrita da dissertação</li> </ul>

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1.<sup>a</sup> Edição PT-467, Editora Plátano, janeiro de 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.
- BAHIA. Secretaria da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Orientações Gerais**. Salvador, 2015.
- BAHIA. Secretaria da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências Naturais**. Salvador, 2015.
- BONJORNO, Jose Roberto. et al., **Física: Eletromagnetismo e Física Moderna**, 3º ano, 3. ed., São Paulo: FTD, 2016.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei no. 9.394, 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>> Acesso em: 15 de mar. de 2018.
- GLEISER Marcelo, “**Um mundo imerso em Ondas**”, 1999. Disponível em <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1411199903.htm>.
- REF. **Leituras de física**. Eletromagnetismo. **Instituto de Física da USP**. Versão preliminar. Disponível em: <<http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>>. Acesso em: 12 de ago. de 2017.
- MÁXIMO, Antônio.; ALVARENGA, Beatriz.; GUIMARÃES, Carla. **Física: contexto e aplicações, Vol. 3**, 2. ed., São Paulo: Scipione, 2016.
- MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.
- \_\_\_\_\_. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. (Textos de apoio ao professor de física / Marco Antonio Moreira, Eliane Angela Veit, ISSN 1807-2763; v. 24, n.6) – Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2006.
- \_\_\_\_\_. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. Marco Antonio Moreira. Elcie F. Salzano Masini. São Paulo: Centauro: 2001.
- \_\_\_\_\_. **Mapas Conceituais e aprendizagem significativa**, São Paulo: Centauro, 2010.
- \_\_\_\_\_. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. Revista Chilena de Educación Científica, Chile, Vol. 7, Nº. 2, 2008, pp. 23-30.



\_\_\_\_\_**Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.** In SILVA. Márcia Gorette Lima da. et. al (org). Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal, RN: EDUFRRN, 2012b. p. 45 - 57.

PIETROCOLA, Maurício. et. al, **Física em contextos: pessoal, social, histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria.** 1. ed. São Paulo: FTD, 2010.

RAMALHO Junior, Francisco.; FERRARO, Nicolau Gilberto.; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Fundamentos da Física, Vol. 3,** 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007.

## RECURSOS VIRTUAIS

PhET – **Simulações Interativas em Ciências e Matemática.** Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves)>. Acesso em 30/05/2017.

### VÍDEO - **Espectro Eletromagnético**

Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=og2KaacxT_o).

### VÍDEO – **“Quer que desenhe? Espectro eletromagnético”**,

Disponível em <https://www.umsabadoqualquer.com/quer-que-desenhe-espectro-eletromagnetico/>

### VÍDEO - **Reportagem do programa “Fantástico” da Rede Globo,** exibida em 23 de agosto de 2015

Disponível em <https://globoplay.globo.com/v/4414841/>

### VÍDEO – **“Raio X”**, de um canal de humor no youtube, Porta dos Fundos, adicionado em 21 de julho de 2018,

Disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=\\_L6Jrp3y1DQ](https://www.youtube.com/watch?v=_L6Jrp3y1DQ)

## ANEXOS

### ANEXO A

#### O QUE É FÍSICA?

A palavra **física** tem sua origem no termo grego *physiké*, que significa “natureza”, seu uso/significado está sempre relacionado à palavra *episteme*, que, de origem grega também, significa “conhecimento”, “ciência”. Assim sendo, a física foi definida como: **A ciência que estuda a natureza.**

Porém, essa era a definição dada pelos gregos da Grécia Antiga. Para eles, todos os fenômenos naturais eram intrigantes e não havia distinção entre o fato de um **corpo cair, uma planta brotar e um vinho fermentar.**

Com o passar do tempo houve a divisão das ciências naturais e assim nasceu a Química, a Biologia e a própria Física – que passou a ter seu próprio campo de estudos.

A Física procura **descrever, prever e justificar através de leis os fenômenos que acontecem com a matéria no decorrer do espaço e do tempo.**

Os fenômenos estudados pela física estão presentes em todos os lugares, no nosso dia a dia, em nosso planeta, em outras galáxias, enfim, em todo o universo. Na abordagem desses fenômenos, a Física utiliza o método científico, uma vez que as hipóteses devem ser corroboradas por experimentos; assim as previsões são feitas e é possível verificar se os experimentos estão de acordo com essas previsões.

A Física é, tradicionalmente, dividida em ramos. Cada ramo agrupa o estudo dos fatos que apresentam propriedades semelhantes e que podem ser relacionados e descritos por leis comuns.

Assim sendo, eis os ramos da Física:

Mecânica: estuda os movimentos dos corpos.

Termologia: estuda os fenômenos relacionados à temperatura e ao calor.

Óptica: estuda os fenômenos relacionados com a luz.

Ondulatória: estuda os fenômenos ligados às ondas, suas características, propriedades e comportamentos.

Eletricidade e Magnetismo: estuda os fenômenos elétricos e magnéticos.

Física Moderna: Trata da física desenvolvida no século XX, em que podemos incluir a relatividade, a física quântica e a física nuclear.

Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/>

## ANEXO B

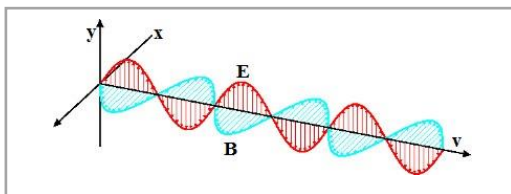
### LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS



A figura ao lado representa o desenho formado na superfície de um lago quando um objeto é jogado na água

Fonte: <http://planetaterraouagua.blogspot.com/2009/11/geleiras.html>

1. De acordo com a observação da figura acima, descreva a forma da onda.
2. Se tivesse um objeto no lago qual seria o movimento que ele iria realizar quando as ondas passassem?
3. Como vocês definiriam uma onda?
4. Que tipos de ondas vocês conhecem?
5. Faça uma pequena lista de eventos que ocorrem periodicamente (de quanto em quanto tempo esse evento acontece). (Ex. Aula de Física – Semanalmente)
6. O que tem de diferente entres os eventos acima?
7. Vocês já ouviram falar sobre ondas eletromagnéticas? Para que servem?



Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>

8. Como as informações conseguem ser transmitidas nas TV's e Rádios?
9. Qual a finalidade do aparelho micro-ondas na cozinha? E como isso ocorre?

**Já pensou como é possível enviar dados, imagens e sons de um dispositivo eletrônico para outro, sem utilizar fios?!?!**

10. Como funciona o wi-fi? E o bluetooth?
11. Qual a base de funcionamento dos controles remotos (TV, som, portões)?
12. Quando temos um aparelho de rádio ligado e ligamos outro aparelho elétrico, por exemplo, uma lâmpada, ouvimos um ligeiro ruído pelo rádio. Por que isso acontece?
13. Por que ocorrem faíscas quando colocamos um objeto de metal no forno de micro-ondas?
14. As radiações eletromagnéticas podem prejudicar a saúde?
15. É possível utilizar as radiações eletromagnéticas em benefício da população?

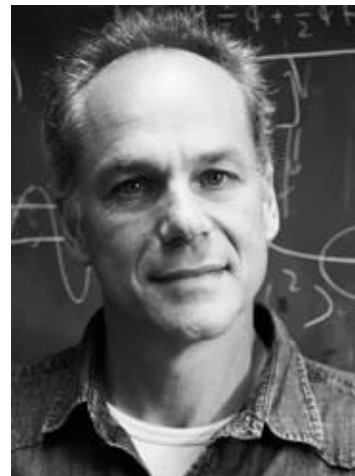


Fonte: <http://www.if.usp.br/gref/eletromagnetismo.html>

## ANEXO C

### UM MUNDO IMERSO EM ONDAS

*Marcelo Gleiser é um físico, astrônomo, professor, escritor e roteirista brasileiro, atualmente pesquisador da Faculdade de Dartmouth, nos Estados Unidos. Conhecido nos Estados Unidos por suas aulas e pesquisas científicas, no Brasil é mais popular por suas colunas de divulgação científica no jornal Folha de S.Paulo*



Fonte: <https://www.livrariacultura.com.br/e/marcelo-gleiser-92670>

Ondas estão por toda a parte. Nós ouvimos porque ondas de som se propagam pelo ar, fazendo vibrar o delicado mecanismo dentro de nossos ouvidos. Quando vemos algo, nossos olhos estão captando ondas luminosas refletidas pela superfície do objeto. Os processos neuronais que traduzem esses estímulos externos em sensações são ainda objeto de muita pesquisa. Mas sabemos que os neurônios responsáveis por essa "tradução" funcionam devido à propagação de ondas elétricas pelos axônios. O mapa de realidade externa que é reconstruído em nosso cérebro é o resultado da propagação e interação de diversos tipos de ondas. Mas o que é uma onda?

Por incrível que pareça, essa pergunta tem várias respostas. Fundamentalmente, a existência de ondas deve-se ao amor que a natureza tem pelo equilíbrio estável; quando um sistema em equilíbrio é levemente perturbado, ele tenderá naturalmente a voltar à condição de equilíbrio. A superfície de um lago, ou de uma banheira cheia d'água, permanece intacta, a menos que algum estímulo externo perturbe esse equilíbrio. Rapidamente, ondas concêntricas se propagam a partir do ponto de contato, e a energia extra depositada ali é então dissipada: o sistema volta ao equilíbrio. Portanto, podemos dizer que ondas são uma propagação organizada de um desequilíbrio.

Em geral, ondas são resultados de perturbações lineares, ou seja, que provocam uma resposta proporcional ao estímulo: um estímulo duas vezes maior provoca uma resposta do sistema duas vezes maior. Quando o problema é formulado matematicamente, as soluções das equações representam as ondas que observamos no lago.

Nem todo estímulo gera uma resposta linear. Vários sistemas são dominados por efeitos não-lineares, em que um pequeno estímulo pode gerar uma resposta muito intensa e vice-versa, sem uma relação simples entre os dois. Um exemplo dramático é o de uma onda quebrando na areia. No mar, vemos ondas na superfície com períodos de cinco a dez segundos; esse regime é essencialmente linear.

Quando essas ondas se aproximam da praia, a menor profundidade aumenta a influência de termos não-lineares. A amplitude da onda aumenta, sua velocidade diminui e, não podendo mais se sustentar, ela quebra, fazendo com que o movimento organizado se torne turbulento. Mas seria prematuro concluir que toda a não-linearidade leva à destruição de ordem. Em certos sistemas, é justamente a não-linearidade que provoca a manutenção da onda, compensando exatamente sua tendência natural de se dispersar, como uma espécie de cola. Essas configurações estáveis e não-lineares são conhecidas como sólitons.

Em 1834, o engenheiro inglês J. Scott Russell relatou seu encontro com um sóliton, ou onda solitária: "Estava observando um barco puxado por dois cavalos em um canal estreito, quando os cavalos pararam subitamente. Uma massa de água formou-se em torno do barco e começou a se propagar a uma alta velocidade (15 km/h), uma formação solitária e elegante, que viajou pelo menos por dois ou três quilômetros, até eu perdê-la de vista."

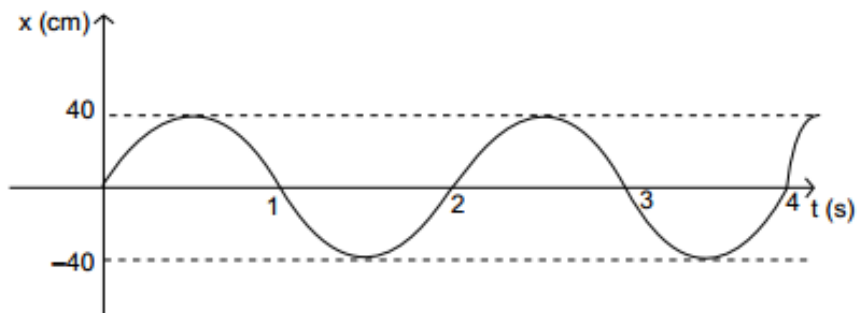
Hoje vemos sólitons em praticamente todas as áreas da física, desde a propagação de sinais em fibras óticas e domínios magnéticos em vários materiais até a condução de certos impulsos nervosos. A não-linearidade também pode trazer a ordem. Claro, ondas não são restritas ao mundo visível. Átomos e partículas de matéria e de radiação (ou, no visível, luz) também são descritos por ondas. Essas "ondas de matéria" não sofrem dissipação como as ondas no mundo visível à nossa volta: a mecânica quântica mostra que ondas de matéria nunca param por si só. Talvez exista uma relação profunda entre ondas e nosso conceito de tempo. Afinal, mudanças ou transformações são uma manifestação da passagem do tempo.

Marcelo Gleiser é professor de física do Dartmouth College, em Hanôver (EUA), e autor do livro "Retalhos Cósmicos".

Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe1411199903.htm>

**ANEXO D****ATIVIDADES DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

1. A figura abaixo mostra o gráfico de um movimento ondulatório:



Analisando a figura, determine:

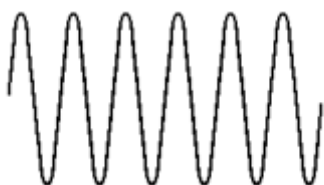
- A frequência em hertz.
- A amplitude.
- período

2. Numa enfermaria, o soro fornecido a um paciente goteja à razão de 30 gotas por minuto.

b) Qual é o período médio do gotejamento? (Dê a resposta em segundos)

b) Qual é a frequência média do gotejamento? (Dê a resposta em hertz)

3. (Unesp) A sucessão de pulsos representada na figura a seguir foi produzida em 1,5 segundos. Determine a frequência e o período da onda.

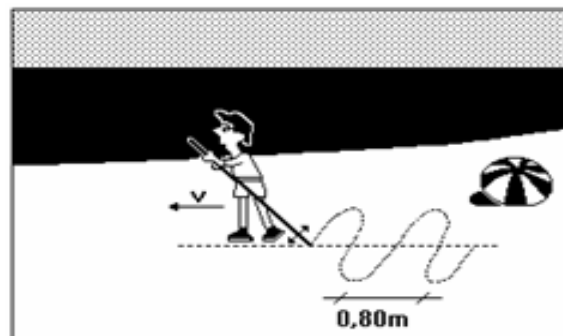


4. (UFMG) Um menino, balançando em uma corda dependurada em uma árvore, faz 20 oscilações em um minuto. Pode-se afirmar que seu movimento tem:

- a) um período de 3,0 segundos.
- b) um período de 60 segundos.
- c) uma frequência de 3,0 Hz.
- d) uma frequência de 20 Hz.

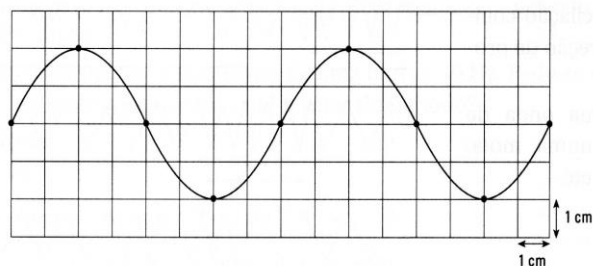
5. (UFMG) Um menino caminha pela praia arrastando uma vareta. Uma das pontas encosta-se à areia e oscila, no sentido transversal à direção do movimento do menino, traçando no chão uma curva na forma de uma onda, como mostra a figura. Uma pessoa observa o menino e percebe que a frequência de oscilação da ponta da vareta encostada na areia é de 1,2 Hz e que a distância entre dois máximos consecutivos da onda formada na areia é de 0,80 m. A pessoa conclui então que a velocidade do menino é:

- a) 0,67 m/s.
- b) 1,5 m/s .
- c) 0,96 m/s
- d) 0,80 m/s .



6. Uma onda tem velocidade igual a 24 cm/s. Determine:

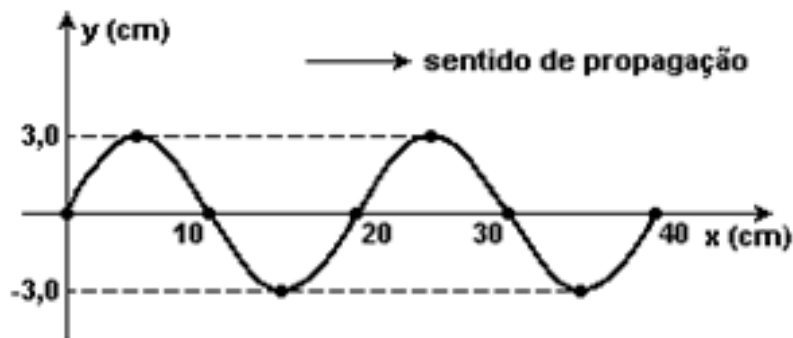
- a) a amplitude da onda;
- b) o comprimento de onda da onda;
- c) a frequência da onda;
- d) o período da onda.





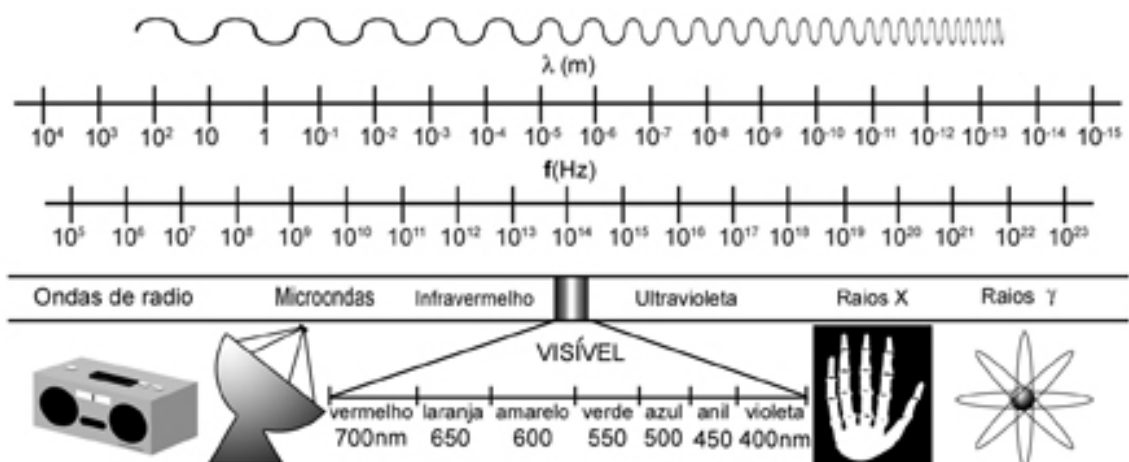
7. (UFAL) Uma onda produzida numa corda se propaga com frequência de **25 Hz**. O gráfico a seguir representa a corda num dado instante. Considere a situação apresentada e os dados do gráfico para analisar as afirmações que seguem.

- ( ) A amplitude da onda estabelecida na corda é de 6,0cm.
- ( ) A velocidade de propagação da onda na corda é de 5,0 m/s.
- ( ) A onda que se estabeleceu na corda é do tipo transversal.
- ( ) A onda que se estabeleceu na corda tem comprimento de onda de 10 cm.



5) Comparadas com a luz visível, as ondas de rádio têm:

- a) O mesmo comprimento de onda
- b) Frequência menor
- c) Menor velocidade de propagação no vácuo
- d) Comprimento de onda menor



Fonte: [http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/geotri2014/modulo6/prob\\_fisica.html](http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/geotri2014/modulo6/prob_fisica.html)

## ANEXO E

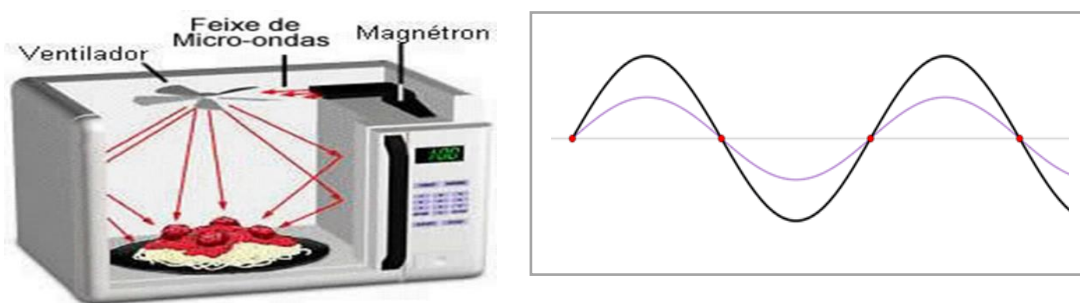
### ATIVIDADE EXPERIMENTAL 1

#### MEDINDO A VELOCIDADE DA LUZ COM UM FORNO DE MICRO-ONDAS

##### 1. INTRODUÇÃO

Usado para aquecer e cozinhar os alimentos, esse forno transfere energia para as moléculas de água do alimento, o que aumenta a agitação e a temperatura delas.

A tela da porta do forno é colocada entre duas placas de vidro, que tem comprimento de onda menor que do magnétron e maior que o da luz visível, por isso as ondas não escapam do forno.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/forno-microondas.htm>

A luz se comporta como uma onda que transmite energia, e esse aparelho esquentar e cozinha nossa comida por meio da emissão de micro-ondas eletromagnéticas – daí seu nome! A luz também é um tipo de onda eletromagnética, por isso é possível calcular sua velocidade com a ajuda desse utensílio de cozinha.

Antes de começar, saiba que as paredes internas do eletrodoméstico fazem as ondas refletirem e voltarem. Tente imaginar essas ondas se movendo de um lado para o outro no interior do micro-ondas: é a energia delas que faz sua comida esquentar. Já o prato giratório serve para que o calor chegue por igual a todo o alimento.

As ondas que se formam no aparelho de micro-ondas são chamadas estacionárias, formadas a partir da superposição de ondas idênticas em sentidos opostos. Os pontos vermelhos indicam os nós, que recebem menos energia. Já os anti-nós são os extremos da oscilação para cima e para baixo

## Velocidade de propagação de uma onda

$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$  , mas  $\Delta S = \lambda$  , assim:  
 $\Delta t = T$

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

$T = \text{período (SI : s)}$        $f = \text{frequência (SI : Hz)}$   
 $\lambda = \text{comprimento de onda (SI : m)}$   
 $v = \text{velocidade (SI : m/s)}$

← Comprimento de onda →

$\lambda = \frac{c}{f}$

$c = \text{velocidade da luz} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

Fonte: <https://professordiminoi.comunidades.net/ondas2>

## 2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 01 prato de vidro;
- 01 barra de chocolate de aproximadamente 150g;
- forno micro-ondas;
- 01 régua escolar.

## 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- Remova o prato e o suporte giratório do forno de micro-ondas;
- Posicione a barra de chocolates dentro do forno;
- Ligue o micro-ondas na potência máxima durante 15 segundos;
- Ao remover o doce do forno, você perceberá que algumas partes dele estão quentes e levemente derretidas, enquanto outras estão frias e ainda sólidas;
- Use a régua escolar para medir a distância entre dois pontos quentes posicionados na mesma linha;

#### 4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

- ✓ Frequência do micro-ondas: \_\_\_\_\_ (em Hz) - (Encontra-se na etiqueta no fundo do aparelho)
- ✓ Distância entre os dois pontos derretidos: \_\_\_\_\_ (em metros) - (Para encontrar o comprimento de onda multiplicamos a distância por dois)

<b>Cálculo da Velocidade da luz</b>
-------------------------------------

#### 5. CONCLUSÃO

---

---

---

#### 6. FONTES

<http://chc.org.br/experimento-comestivel/>

<http://www.hojeaprendi.com.br/2014/08/05/chocolate-e-micro-ondas-servem-para-calculer-velocidade-da-luz/>

<http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/onda3.htm>

## ANEXO F

### ATIVIDADE EXPERIMENTAL 2

#### BLINDAGEM ELETROSTÁTICA – CELULAR

### 1. INTRODUÇÃO

Na telefonia celular a voz é transformada em sinais elétricos que caminham como ondas de rádio. Como a onda viaja pelo ar, não é necessário fio. O celular recebe esse nome porque as regiões servidas pelo serviço foram divididas em áreas chamadas células. Cada uma delas possui uma estação radiobase, composta por uma ou mais antenas que captam as mensagens vindas dos aparelhos e, se necessário, as transfere para a Central de Comutação e Controle (CCC). A central, por meio de computadores, localiza o destinatário da ligação, se este não estiver na mesma célula, e completa a chamada.

O aparelho celular comunica-se por ondas eletromagnéticas, ou seja, quando ligamos para um celular este funciona como um transmissor e receptor de ondas eletromagnéticas. O processo de propagação das ondas eletromagnéticas consiste em um campo elétrico variável gerando um campo magnético também variável e vice-versa.

Para entendermos este fenômeno temos de analisar o que faz com que uma onda penetre ou não em um material. Este efeito é denominado “Skin Depth”, e podemos calcular a distância de penetração da onda em dado material pela fórmula abaixo:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi\sigma\mu f}}$$

**$\sigma$  = condutividade do material    $\mu$  = permeabilidade    $f$  = frequência da onda**

Com base nessa fórmula percebemos que quanto maior a condutividade do material menor será a distância que a onda penetra ( $\delta$ ). Outro dado importante que a fórmula nos dá é que quanto menor a frequência da onda maior será sua penetração em um material.

### 2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 02 telefones celulares;
- 01 folha de papel;

- 01 folha de papel alumínio.

### 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- 1º passo: Embrulhamos um dos celulares em uma folha de papel e discamos para ele, observe o que acontece;
- 2º passo: Embrulhamos o celular que estava inicialmente dentro da folha de papel em uma folha de alumínio e ligamos novamente.

### 4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

- ✓ Relate o que aconteceu com o celular quando realizamos o 1º passo:
- 

- ✓ Descreva o que foi observado no 2º passo:
- 

- ✓ De acordo com os conceitos sobre ondas eletromagnéticas e a distância de penetração da onda em um dado material, explique porque ocorreu esse fenômeno:
- 

### 5. CONCLUSÃO

---

### 6. FONTES

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/20735/Celular%20fora%20de%20area.pdf?sequence=1>

<https://super.abril.com.br/tecnologia/telefone-celular-envia-sinais-por-ondas-de-radio/>

<https://www.pontociencia.org.br/experimento/visualizar/celular-fora-de-area/750>

## ANEXO G

### ATIVIDADE EXPERIMENTAL 3

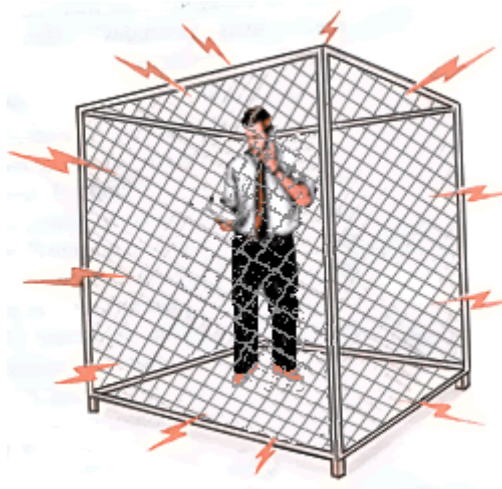
#### **BLINDAGEM ELETROSTÁTICA – GAIOLA DE FARADAY**

##### **1. INTRODUÇÃO**

Um condutor, quando carregado, tende a espalhar suas cargas uniformemente por toda a sua superfície. Se esse condutor for uma esfera oca, por exemplo, as cargas irão se espalhar pela superfície externa, pois a repulsão entre as cargas faz com que elas se mantenham o mais longe possível umas das outras. Os efeitos de campo elétrico criados no interior do condutor acabam se anulando, obtendo assim um campo elétrico nulo.

O mesmo acontece quando o condutor não está carregado, mas está em uma região que possui um campo elétrico causado por um agente externo. Seu interior fica livre da ação desse campo externo, fica blindado. Esse efeito é conhecido como blindagem eletrostática.

Para provar esse efeito, o físico britânico Michael Faraday fez, em 1836, um experimento para provar os efeitos da blindagem eletrostática. Ele construiu uma gaiola de metal carregada por um gerador eletrostático de alta voltagem e colocou um eletroscópio em seu interior para provar que os efeitos do campo elétrico gerado pela gaiola eram nulos. O próprio Faraday entrou na gaiola para provar que seu interior era seguro. Esse experimento ficou conhecido por “Gaiola de Faraday”.



**Fonte:** <http://auladecampocbjn20093g9.blogspot.com/2009/01/gaiola-de-faraday.html>

## 2. MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 01 gaiola;
- 01 celular conectado ao fone de ouvido.

## 3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- 1º passo: Sintonize o celular em alguma rádio FM;
- 2º passo: Coloque dentro da gaiola;

## 4. RESULTADOS DAS MEDIDAS

- ✓ Relate o que aconteceu com a transmissão do rádio quando colocamos o celular dentro da gaiola:

---

---

- ✓ De acordo com os conceitos sobre ondas eletromagnéticas e o experimento realizado por Faraday (Gaiola de Faraday), explique o resultado desta experiência:

---

---

## 5. CONCLUSÃO

---

---

---

## 6. FONTES

<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/gaiola-faraday.htm>

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



## ANEXO H

### SIMULAÇÃO - ONDAS DE RÁDIO

#### 1. INTRODUÇÃO



Fonte: [www.feiradeciencias.com.br](http://www.feiradeciencias.com.br)

As ondas de rádio são conhecidas por “radiofrequências”. Elas são utilizadas nas comunicações sem fio tais como nas transmissões de televisão ou rádio, nos telefones celulares, nos rádios utilizados por policiais, bombeiros e ambulâncias, nos radares de controle de aviões e nos telefones sem fio. No Brasil, a Anatel - Agência Nacional de Telecomunicações - por meio da Lei 9.472/97, foi incumbida de administrar a utilização do espectro de radiofrequências, regulamentando e fiscalizando seu uso.

#### Faixas de radiofrequência

As "ondas de rádio" são emitidas por osciladores eletrônicos; inclui as ondas de TV em VHF, as ondas curtas e longas; e as bandas de AM e FM e ondas de TV em UHF. Abrange ondas de comprimentos maiores do que 100 km até 10 cm.

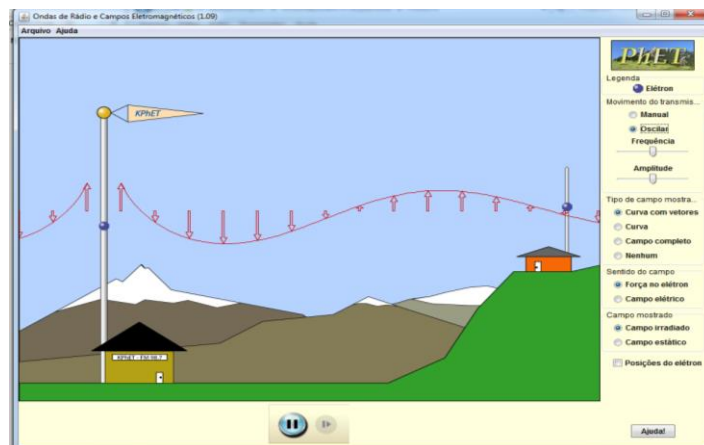
1 Hz = hertz = 1 oscilação/segundo; 1 kHz =  $10^3$  Hz; 1 MHz =  $10^6$  Hz; GHz =  $10^9$  Hz

Tipo de ondas	$\lambda$	f	Características
Ondas extremamente longas	+ 100 km	até 3 kHz	Ondas emitidas por linhas de transmissão e por utilidades domésticas.
Ondas muito longas	10 a 100 km	3 a 30 kHz	Radio navegação e marítimos; emissões associadas a terremotos, auroras boreais, eclipses, etc
Ondas longas	1 a 10 km	30 a 300 kHz	Comunicação marítima. Radiodifusão (150 a 255 kHz). Tem alcance da ordem de 500 km.
Ondas Média	1 km a 100 m	300 kHz a 3 MHz	Estações de radio AM (alcance até 75 km); telegrafia marítima; radiofarol. etc

Ondas Curtas	100 a 10 m	3 a 30 MHz	Radioamadores; faixa do cidadão; radiodifusão internacional (alcance 1.000 a 20.000 km); emissões naturais de radio do planeta Júpiter.
Ondas muito curtas (VHF)	10 a 1 m	30 a 300 MHz	TV aberta; radio FM; operações espaciais; walkie-talkies; microfones sem fio; telefones sem fio; radioastronomia (emissões galácticas naturais).
Ondas ultra curtas (UHF)	1m a 10 cm	0,3 a 3 GHz	TV em UHF; radioastronomia; comunicações de estações fixas e móveis; aeronavegação; radar de longo alcance; GPS; telefonia celular móvel.

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

- Acessar o site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves);
- Visualizar a simulação virtual: Ondas de Rádio e Campos Eletromagnéticos



- Selecionar a opção **“Oscilar”** no painel do lado direito;

O que podemos observar neste cenário? Descreva o que está acontecendo.


- Para o próximo passo utilize o modo de visualização “Tipo de campo mostra...”, e escolha as várias formas.

O que acontece quando variamos os valores da “**Amplitude**” e da “**Frequência**”;

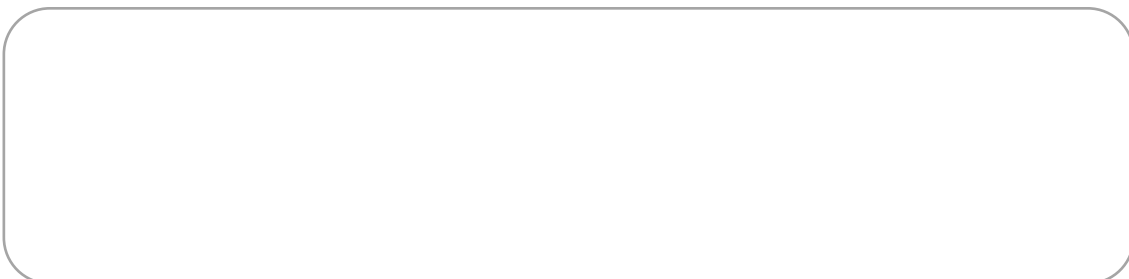


- De acordo com a fórmula abaixo calcule o **comprimento de onda** da rádio **KPhet 98,7**. E responda se está dentro da faixa de radiofrequência VHF

As estações FM transmitem na faixa Megahertz (1 MHz =  $10^6$  Hz) então a frequência é de  $98,7 \times 10^6$  Hz. (Velocidade da luz =  $3 \times 10^8$  m/s)



- Determine a **frequência** de uma rádio de tem comprimento de onda de 3,02 m



### 3. QUESTÃO PARA DISCUSSÃO

- Faça uma votação no grupo e diga qual estação de rádio favorita. Qual é a sua **frequência e comprimento de onda?**



### 4. FONTES

<http://doradioamad.dominiotemporario.com/doc/COMO%20FUNCIONA%20A%20ONDA%20DE%20RADIO.pdf>

[http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm)

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves)

## ANEXO I

### ATIVIDADE FINAL

### CONSTRUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL SOBRE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Prezado aluno(a), realize a construção do Mapa Conceitual de acordo com os conhecimentos adquiridos durante as aulas.

