



**Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física**

**Robson Cesar Costa Vilar**

**UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DE TÓPICOS  
DE FÍSICA MODERNA**

**Dissertação de Mestrado.**

**Vitória da Conquista  
2020**

**Robson Cesar Costa Vilar**

**UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DE TÓPICOS  
DE FÍSICA MODERNA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à 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

Orientador: Prof. Dr Ferdinand Martins da Silva.

Coorientador: Prof. Dr Luizdarcy Matos Castro.

**Vitória da Conquista  
2020**

V747e

Vilar, Robson Cesar Costa.

Uma estratégia de ensino diferenciada para o estudo de tópicos de física moderna. / Robson Cesar Costa Vilar, 2020.

111f. il.

Orientador (a): Dr. Ferdinand Martins da Silva.

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, 2020.

Inclui referência F. 49 - 51.

1. Ensino de física – Fórmulas – Listas de Exercícios. 2. Aprendizagem significativa. 3. Métodos variados – Ensino. I. Silva, Ferdinand Martins da. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física- MNPEF. III. T.

CDD 530

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

Bibliotecária UESB – Campus Vitória da Conquista - BA



GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - UESB/RTR/PPG/MNPEF

### ATA DE BANCA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos vinte dias do mês de julho de 2020, às 15h00, através de plataforma virtual, instalou-se a Banca Examinadora para avaliação da dissertação intitulada “Uma estratégia de ensino diferenciada para o estudo de tópicos de física moderna”, de autoria de Robson César Costa Vilar, 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 pelo(a) professor(a) Dr(a). Ferdinand Martins da Silva, orientador(a) do(a) mestrando(a) e contou com a participação dos professores Dr(a) Wagner Duarte José e Dr(a) Walter Duarte de Araújo Filho, na condição de examinadores; tendo sido APROVADA. Entretanto, para que o respectivo título possa ser concedido, com as prerrogativas legais dele advindas, o exemplar definitivo da referida dissertação deverá ser entregue(enviada), na(para) secretaria do mestrado, em um prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com as alterações e/ou correções sugeridas pelos membros da banca, para que possa ser homologado pelas instâncias competentes da UESB.

Prof(a). Dr(a). Ferdinand Martins da Silva

Presidente da Banca Examinadora/Orientador

Prof(a). Dr(a). Wagner Duarte José

Examinador(a) interno(a)

Prof(a). Dr(a). Walter Duarte de Araújo Filho

Examinador(a) externo(a)

Robson César Costa Vilar

Discente

Profa. Dra. Cristina Porto Gonçalves

Coordenadora do PPG-MNPEF



Documento assinado eletronicamente por **Wagner Duarte Jose, Professor Pleno**, em 20/07/2020, às 17:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ferdinand Martins da Silva, Professor Assistente (3º Grau)**, em 20/07/2020, às 17:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristina Porto Gonçalves, Professor Titular**, em 20/07/2020, às 18:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).

Documento assinado eletronicamente por **Robson Cesar Costa Vilar, Usuário Externo**, em 20/07/2020, às 18:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).

22/09/2020

SEI/GOVBA - 00020367322 - Ata



Documento assinado eletronicamente por **Walter Duarte De Araujo Filho, Professor**, em 23/07/2020, às 08:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 13º, Incisos I e II, do [Decreto nº 15.805, de 30 de dezembro de 2014](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://seibahia.ba.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://seibahia.ba.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **00020367322** e o código CRC **0DF80673**.

Referência: Processo nº 072.7467.2020.0015868-11

SEI nº 00020367322



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

## UMA ESTRATÉGIA DE ENSINO DIFERENCIADA PARA O ESTUDO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA

AUTOR(A): ROBSON CÉSAR COSTA VILAR

DATA DE APROVAÇÃO: 20 DE JULHO DE 2020

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

*Ferdinand Martins da Silva*

Prof(a). Dr(a). Ferdinand Martins da Silva  
Presidente da Banca Examinadora/Orientador

*Wagner Duarte José*

Prof(a). Dr(a). Wagner Duarte José  
Examinador(a) interno(a)

*Walter D. Araújo Filho*

Prof(a). Dr(a). Walter Duarte de Araújo Filho  
Examinador(a) externo(a)

2020

*Dedico a todos os meus professores, que foram de fundamental importância na construção dessa etapa da minha vida acadêmica.*

*Dedico ao professor Dr Luizdarcy Matos Castro. , pelo seu empenho e atenção na forma como coordenou este curso.*

*Dedico ao professor Dr Ferdinand Martins da Silva , pela sua paciência, orientação e ensinamentos que foram essenciais para o desenvolvimento da dissertação.*

*Dedico este trabalho a todos aqueles que de alguma forma contribuíram com meu desenvolvimento. Principalmente a minha esposa Sheilla e filhos Douglas e Luna que são sempre presentes e são a maior razão da minha busca por tornar-me uma pessoa melhor.*

## **Agradecimentos**

A minha esposa, Sheilla, pelo amor e dedicação.  
Aos meus filhos Douglas e Luna, pelos momentos de alegria.  
Aos meus orientadores, Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva e Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro, exemplos de dedicação à profissão.  
Aos meus colegas de mestrado, pela parceria e atenção.  
À Capes, pelo apoio financeiro.  
À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por ter me acolhido.  
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 Professora Almerinda Meira do Carmo pela oportunidade de exercer meu ofício.

*Enquanto nos interessamos apenas pelas ideias fundamentais da física podemos evitar a linguagem da matemática(EINSTEIN; INFELD, 2008).*

## Resumo

O ensino de Física tem sido realizado frequentemente mediante a apresentação de leis, fórmulas e aplicação de listas de exercícios, na maioria das vezes, vazios de significado. No intuito de contribuir com a melhoria da aprendizagem dos alunos na disciplina de física no ensino médio desenvolvemos e aplicamos uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, seguindo as orientações da Teoria da Aprendizagem Significativa, como alternativa ao método calcado na resolução de problemas com a aplicação de fórmulas matemáticas previamente decoradas pelos alunos. Na realização dessa experiência, utilizamos estratégias pedagógicas e tecnológicas diversificadas como a apresentação de vídeos, construção de mapas conceituais, leitura e discussão de textos, 'software' aplicativo de celular, realização de experimentos didáticos, tendo como foco principal a utilização de simulações interativas no computador. Os resultados mostraram mais interesse dos alunos pela física e suas aplicações. Acreditamos que o produto educacional resultante dessa experiência pode trazer contribuições e reflexões sobre o ensino de física, servindo de apoio àqueles que buscam melhorar a sua prática, facilitando a aprendizagem em sala de aula.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Fórmulas. Listas de Exercícios. Métodos Variados. Aprendizagem Significativa.

## **Abstract**

Physics teaching has been carried out frequently by presenting laws, formulas and applying exercise lists, most of the time, meaningless. In order to contribute to the improvement of students' learning in the discipline of physics in high school, we developed and applied a UEPS, following the guidelines of the Theory of Meaningful Learning, as an alternative to the method based on solving problems with the application of mathematical formulas previously decorated by the students. In carrying out this experience, we used diversified pedagogical and technological strategies such as the presentation of videos, construction of conceptual maps, reading and discussion of texts, 'software' mobile application, carrying out didactic experiments, with the main focus on the use of interactive simulations in computer. The results showed that students were more interested in physics and its applications. We believe that the educational product resulting from this experience can bring contributions and reflections on the teaching of physics, serving as support to those who seek to improve their practice, facilitating learning in the classroom.

**Key words:** Physics teaching. Formulas. Exercise Lists. Miscellaneous Methods. Meaningful Learning.

## Lista de ilustrações

Figura 1 – Onda senoidal . . . . .	25
Figura 2 – Frente de onda . . . . .	28
Figura 3 – Reflexão e refração . . . . .	29
Figura 4 – Efeito Fotoelétrico . . . . .	33
Figura 5 – Um mapa conceitual para o campo . . . . .	36
Figura 6 – Charge . . . . .	45
Figura 7 – Vídeo - Dualidade onda partícula . . . . .	45
Figura 8 – Aplicativo - Google Sala de Aula . . . . .	46
Figura 9 – Formulários google . . . . .	47
Figura 10 – Simulador PhET: Absorção do fóton . . . . .	48
Figura 11 – Questões investigativas: Simulador PhET - Absorção de fóton . . . . .	48
Figura 12 – Fragmento do texto: Efeito Fotoelétrico . . . . .	49
Figura 13 – Simulador: Efeito fotoelétrico . . . . .	49
Figura 14 – Experimento: Laser e fio de cabelo . . . . .	50
Figura 15 – Experimento: Interação da radiação(fóton) com a matéria . . . . .	50
Figura 16 – Mapas comparativos - Alunos A e B - aulas 3 (acima) e 10 (abaixo). . . . .	51
Figura 17 – Mapas comparativos - Alunos C e D - aulas 3 (acima) e 10 (abaixo) . . . . .	52
Figura 18 – Mapas comparativos - Alunos E e F - aulas 3 (esquerda) e 10 (direita). . . . .	52
Figura 19 – Slide 01 . . . . .	60
Figura 20 – Slide 02 . . . . .	60
Figura 21 – Slide 03 . . . . .	61
Figura 22 – Slide 04 . . . . .	61
Figura 23 – Slide 05 . . . . .	62
Figura 24 – Slide 06 . . . . .	62
Figura 25 – Slide 07 . . . . .	63
Figura 26 – Slide 08 . . . . .	63
Figura 27 – Slide 09 . . . . .	64
Figura 28 – Slide 10 . . . . .	64
Figura 29 – Slide 11 . . . . .	65
Figura 30 – Slide 12 . . . . .	65
Figura 31 – Slide 13 . . . . .	69
Figura 32 – Slide 14 . . . . .	69
Figura 33 – Slide 15 . . . . .	70
Figura 34 – Slide 16 . . . . .	70
Figura 35 – Slide 17 . . . . .	71
Figura 36 – Slide 18 . . . . .	71
Figura 37 – Slide 19 . . . . .	72

Figura 38 – Slide 20 . . . . .	72
Figura 39 – Slide 21 . . . . .	73
Figura 40 – Slide 22 . . . . .	73
Figura 41 – Slide 23 . . . . .	74
Figura 42 – Slide 24 . . . . .	74
Figura 43 – Slide 25 . . . . .	75
Figura 44 – Slide 26 . . . . .	75
Figura 45 – Slide 27 . . . . .	76
Figura 46 – Slide 28 . . . . .	76
Figura 47 – Slide 29 . . . . .	77
Figura 48 – Slide 30 . . . . .	77
Figura 49 – Slide 31 . . . . .	78
Figura 50 – Slide 32 . . . . .	78
Figura 51 – Slide 33 . . . . .	79
Figura 52 – Slide 34 . . . . .	79
Figura 53 – Slide 35 . . . . .	80
Figura 54 – Slide 36 . . . . .	80
Figura 55 – Slide 37 . . . . .	81
Figura 56 – Slide 38 . . . . .	81
Figura 57 – Slide 39 . . . . .	82
Figura 58 – Slide 40 . . . . .	82
Figura 59 – Slide 41 . . . . .	83
Figura 60 – Slide 42 . . . . .	83
Figura 61 – Slide 43 . . . . .	84
Figura 62 – Slide 44 . . . . .	84
Figura 63 – Slide 45 . . . . .	85
Figura 64 – Slide 46 . . . . .	85
Figura 65 – Slide 47 . . . . .	86
Figura 66 – Slide 48 . . . . .	86
Figura 67 – “Charge - Sinal de Wi-Fi” . . . . .	108
Figura 68 – Vídeo - Dualidade Onda Partícula . . . . .	109
Figura 69 – Aplicativo - Google sala de aula . . . . .	110
Figura 70 – Simulador - Introdução as ondas . . . . .	111
Figura 71 – Simulador - O efeito estufa . . . . .	112
Figura 72 – Simulador - Absorção de fóton . . . . .	113
Figura 73 – Simulador - Onda em uma corda . . . . .	114
Figura 74 – Vídeo - Ponte de Tacoma . . . . .	115
Figura 75 – Simulador - Efeito fotoelétrico . . . . .	116

## **Lista de tabelas**

### **Lista de abreviaturas e siglas**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EUA	United States of America
FMC	Física Moderna e Contemporânea
HTML5	Hyper Text Markup Language version 5
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativa
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>Revisão bibliográfica</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>Dissertações e artigos relacionados ao tema da UEPS</b>	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>Dissertações do MNPEF</b>	<b>23</b>
<b>2.3</b>	<b>Ondas, Ótica e Física Moderna</b>	<b>25</b>
2.3.1	Ondas Mecânicas	25
2.3.2	A natureza e propagação da luz	27
2.3.3	Fótons: Ondas de luz se comportando como partículas	32
<b>3</b>	<b>Referencial Teórico e Metodológico</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>Aprendizagem Significativa</b>	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>Diferenciação progressiva e reconciliação integradora</b>	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Os mapas conceituais</b>	<b>35</b>
<b>3.4</b>	<b>Visão crítica da aprendizagem significativa de Marco Antonio Moreira</b>	<b>36</b>
<b>3.5</b>	<b>Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)</b>	<b>37</b>
<b>3.6</b>	<b>Simulações interativas PhET</b>	<b>38</b>
<b>3.7</b>	<b>Metodologia e público alvo</b>	<b>39</b>
3.7.1	Quadro de composição das aulas na UEPS	39
<b>4</b>	<b>Resultados e Discussão</b>	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>Perfil da turma</b>	<b>44</b>
<b>4.2</b>	<b>Organizador prévio</b>	<b>44</b>
<b>4.3</b>	<b>Google sala de aula</b>	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>Simulador PhET</b>	<b>47</b>
<b>4.5</b>	<b>Experimentos práticos</b>	<b>50</b>
<b>4.6</b>	<b>Mapa conceitual</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>Considerações finais</b>	<b>53</b>
	<b>Referências</b>	<b>54</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>57</b>
	<b>APÊNDICE A</b>	<b>58</b>
	<b>APÊNDICE B</b>	<b>60</b>

<b>APÊNDICE C</b> . . . . .	<b>66</b>
<b>APÊNDICE D</b> . . . . .	<b>68</b>
<b>APÊNDICE E</b> . . . . .	<b>69</b>
<b>APÊNDICE F</b> . . . . .	<b>87</b>
<b>APÊNDICE G</b> . . . . .	<b>89</b>
<b>APÊNDICE H</b> . . . . .	<b>90</b>
<b>APÊNDICE I</b> . . . . .	<b>92</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO I</b> . . . . .	<b>106</b>
<b>ANEXO II</b> . . . . .	<b>107</b>
<b>ANEXO III</b> . . . . .	<b>108</b>
<b>ANEXO IV</b> . . . . .	<b>109</b>
<b>ANEXO V</b> . . . . .	<b>110</b>
<b>ANEXO VI</b> . . . . .	<b>111</b>
<b>ANEXO VII</b> . . . . .	<b>112</b>
<b>ANEXO VIII</b> . . . . .	<b>113</b>
<b>ANEXO IX</b> . . . . .	<b>114</b>
<b>ANEXO X</b> . . . . .	<b>115</b>
<b>ANEXO XI</b> . . . . .	<b>116</b>

## 1 Introdução

O Ensino de Física está sendo debatido e aperfeiçoado por pesquisadores e professores da área, ajudando a promover um saber significativo através de uma educação que seja capaz de contribuir na compreensão melhor do mundo e dos fenômenos à nossa volta.

Entretanto, ainda existe o desafio de superar o ensino do tipo “aulas teóricas e listas de exercícios” para obter o ensino centrado no aluno, com a aprendizagem ativa, tendo o professor como mediador. Ensinando “os alunos a pensar, questionar, argumentar cientificamente ao invés de ficar decorando fórmulas e definições” (MOREIRA; MASSONI, 2016, 8) .

De acordo com (BRASIL, 2000) o ensino de Física tem sido realizado com frequência usando uma apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distante do mundo vivido pelos alunos e professores e não apenas, mas também por isso, vazios de significado.

Pode-se dizer que nos mais diversos níveis de ensino, são os professores que determinam o que se deve aprender e o aluno assume um papel passivo de apenas copiar e decorar informações até o dia das provas, para depois descartá-las (MOREIRA; MASSONI, 2016, 139) .

Diante do quadro colocado, norteados pela Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvemos e aplicamos numa turma do 2º ano do Ensino Médio, do Colégio Estadual Almerinda Meira do Carmo, localizado na cidade de Manoel Vitorino (BA), uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)<sup>1</sup> , elaborada para apresentação de conteúdos da Física Ondulatória com a introdução de tópicos de Física Moderna.

Nessa experiência buscamos responder a seguinte questão: quais as contribuições para o processo de ensino-aprendizagem dos alunos na disciplina de física proporcionada por uma aplicação de múltiplas estratégias incorporadas numa UEPS, como alternativa ao método “tradicional”, calcado na resolução de problemas com a aplicação de fórmulas matemáticas?

Essa proposta direciona ou focaliza o ensino para a compreensão dos conceitos físicos, que significa o significado dos problemas e equações que são comumente abordadas na maior parte das aulas e nos livros didáticos, bem como introduzindo elementos presentes no cotidiano dos alunos para tornar o ensino contextualizado e mais significativo. (MOREIRA; MASSONI, 2016) .

Nesse sentido, são utilizados estratégias pedagógicas e tecnológicas diversificadas como uma apresentação de vídeos, construção de mapas (e / ou diagramas) conceituais, leitura e discussão de textos, 'software' aplicativo de celular, realização de

---

<sup>1</sup> São seqüências de ensino e aprendizagem fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular uma pesquisa aplicada no ensino, voltada diretamente para a sala de aula.(MOREIRA; MASSONI, 2016)

experimentos didáticos, tendo como foco principal a utilização de simulações interativas no computador.

Optamos pela utilização da pesquisa-ação como metodologia de trabalho, a pesquisa-ação consiste numa forma de investigar a ação prática que passa pelos ciclos do planejamento, implementação, descrição e avaliação de possíveis mudanças no desenvolvimento de uma melhoria, na prática (TRIPP, 2005) .

Quanto aos conteúdos trabalhados nesta UEPS, foi realizada uma introdução a Física Ondulatória, as ondas de natureza mecânica, as grandezas físicas associadas como frequência, comprimento de onda, velocidade e a amplitude, com destaque para as ondas de natureza eletromagnética.

Seguindo as orientações colocadas em (BRASIL, 2000), pode significar que as ondas eletromagnéticas selecionadas para o entendimento do mundo da comunicação e da informação, envolve a codificação e o transporte de energia, em uma ampla concepção.

Ainda segundo (BRASIL, 2000) um comportamento ondulatório e corpuscular de interação com materiais, abre o espaço para o tratamento em que é possível modelar dispositivos eletrônicos contemporâneos.

De acordo com (MEDEIROS; SANTOS, 2011), toda a radiação eletromagnética transporta energia através do espaço com uma combinação de campos elétricos e magnéticos. Procuramos deixar claro que o conjunto dessas radiações permite o contínuo eletromagnético, mais conhecido como *espectro eletromagnético*.

(MEDEIROS; SANTOS, 2011) afirmam que paralelamente aos experimentos científicos e novas teorias propostas com o objetivo de explicar a energia e as radiações eletromagnéticas, o estudo da luz e demais ondas que compõem o espectro eletromagnético, nos leva a uma introdução de alguns tópicos de Física Moderna no desenvolvimento da UEPS.

Para tanto perfazemos dois caminhos pelos conteúdos destacados acima, no intuito de apresentar o comportamento ondulatório da luz como onda eletromagnética em fenômenos como a interferência e difração para chegar a fazer um paralelo com o comportamento corpuscular ao final da UEPS, ao descrever fenômenos como o efeito fotoelétrico e o efeito fotoresistor.

Buscamos fundamentar nosso trabalho em concepções do Professor e Pesquisador Marco Antonio Moreira <sup>2</sup> , que descreve e divulga a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1918-2008) e Joseph Novak (1930) como uma teoria

<sup>2</sup> Marco Antonio Moreira, nascido em 1942, licenciado em Física e Mestre em Física, área de concentração Ensino de Física, pela UFRGS. É Doutor em Ensino de Ciências pela Universidade Cornell, tendo sido orientado por Joseph Novak, DB Gowin e DF Holcomb. Participe de seminários com DP Ausubel. Trabalhou com G. Vergnaud em vários minicursos e oficinas. Foi professor do Instituto de Física da UFRGS de 1967 a 2012. É pesquisador 1<sup>a</sup> do CNPq. Editor de revistas Investigações em Ensino de Ciências e Aprendizagem Significativa em Revista. Autor de 35 livros, vários dos quais sobre aprendizagem significativa (MOREIRA, 2013) .

cognitiva, onde o conhecimento prévio do aluno, é uma variável isolada que mais influencia a aprendizagem (MOREIRA; MASINI, 2001) .

Esperamos que a organização e implementação das teorias e princípios de aprendizagem possam transformar a realidade dos alunos participantes do processo. Esta dissertação está estruturada da seguinte maneira: introdução, revisão bibliográfica, referencial teórico-metodológico, resultados, discussão e considerações finais.

## 2 Revisão bibliográfica

Abaixo apresentamos uma lista de artigos e livros sobre o tema da teoria da aprendizagem significativa, tendo Moreira como principal autor consultado:

(MOREIRA, 1999) Teorias de Aprendizagem, o livro apresenta e discute as principais teorias de aprendizagem de maneiras separadas e independentes.

(MOREIRA; MASINI, 2001) Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel, no livro são apresentadas as ideias gerais da teoria de Ausubel e propostas como sistema de referência para a organização do ensino.

(MOREIRA, 2003) Mapas conceituais e aprendizagem significativa, neste artigo o autor tenta responder as perguntas: O que são mapas conceituais? Como podem ser usados? Trazendo a fundamentação teórica e um índice: Como construir um mapa conceitual.

(MOREIRA, 2010) Mapas Conceituais e aprendizagem significativa, a obra apresenta sugestões de como utilizar mapas conceituais na sala de aula. Exemplifica os mapas conceituais e discute seu papel na aprendizagem significativa.

(MÁRCIA GORETTE LIMA DA SILVA, ) , Temas de Ensino e Formação de Professores de Ciências. O conteúdo do livro é estruturado a partir de capítulos cuja discussão é geral para uma área de pesquisa em Ensino de Ciências e encontra-se no capítulo: Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, que discutem uma construção de uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente, uma aprendizagem significativa, além de apresentar exemplos.

(MOREIRA, 2013) Aprendizagem significativa em mapas conceituais, o artigo descreve uma teoria da aprendizagem significativa, de David Ausubel, usando uma estratégia desenvolvida por Joseph Novak e fundamentada, ou originada, na própria teoria: mapeamento conceitual. Concomitantemente, evidencie a potencialidade dos mapas conceituais como estratégia para facilitar a aprendizagem significativa em situação formal de ensino, como instrumento de avaliação da aprendizagem.

(MOREIRA; MASSONI, 2016) Noções básicas de epistemologias e teorias de aprendizagem (UEPS), o livro traz sugestões para a organização de sequências de ensino e aprendizagem. Discute a construção de uma sequência didática fundamentada em teorias de aprendizagem, particularmente, uma aprendizagem significativa, além de apresentar exemplos.

### 2.1 Dissertações e artigos relacionados ao tema da UEPS

Buscamos por artigos e dissertações que abordam uma teoria da aprendizagem significativa junto com o ensino de Física Ondulatória e Física Moderna ou que usam estratégias de ensino diversificadas:

(VALADARES; MOREIRA, 1998) Ensinando física moderna no ensino médio: Efeito fotoelétrico, “laser” e emissão de corpo negro. O autor destaca a importância de trabalhar a Física Moderna no ensino médio e sua relação com o cotidiano do estudante:

É imprescindível que o aluno do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional. Daí a importância de se apresentar conceitos básicos de Física Moderna e, em especial, fazer uma ponte entre a sala de aula de física e a física do cotidiano.

São apresentadas sugestões, conceituais e práticas, de como introduzir no segundo grau, tópicos de Física Moderna relacionados com o cotidiano dos alunos. É dada uma ênfase especial às experiências de baixo custo e que permitem uma vivência direta de alguns dos princípios subjacentes à tecnologia atual.

(CAVALCANTE; TAVOLARO, 2001) Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio. Este trabalho mostra como é possível discutir os fundamentos da Física Moderna no Ensino Médio, a partir do estudo de comportamento duplo.

(CARDOSO; DICKMAN, 2012) , Simulação Computacional Aliada à Teoria da Aprendizagem Significativa: Uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. Dentre as conclusões do autor:

compreende que não pode transformar o ensino de Física somente com o uso de informática, computadores e simulações computacionais, mas pode ampliar a oportunidade de ocorrer a construção do conhecimento em contextos que passam por processos informatizados, de vários conteúdos e disciplinas , principalmente a Física.

O trabalho relata o processo de elaboração e aplicação de uma sequência de atividades que suporta o uso de simulações computacionais para o ensino do *efeito fotoelétrico*.

(OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2016) Sala de aula invertida: Inovando nas aulas de física. O autor indica a desmotivação dos alunos por aulas centradas no professor:

Em seu dia a dia, muitos estão constantemente conectados a redes sociais e acostumados ao acesso direto a informações em seus smartphones, “tablets” ou computadores, tão logo tenham algum interesse em buscá-las. Para eles, longas aulas expositivas centradas no professor, com poucas possibilidades de interação e elevado grau de passividade, são altamente desmotivadoras e carentes de significado.

O presente artigo apresenta uma metodologia de ensino conhecida como Sala de Aula Invertida e diferentes métodos que utilizam essa inversão no ensino de física. Discutindo os motivos que podem incentivar o professor de física a modificar sua prática, bem como as principais dificuldades que ele pode encontrar nesse caminho.

(EBERHARDT et al., 2017) Experimentação no ensino de Física Moderna: efeito fotoelétrico com lâmpada de néon e LEDs. O autor autoriza a dificuldade de professores para desenvolver atividades experimentais na sala de aula, principalmente no tratamento de conteúdos de Física Moderna como o efeito fotoelétrico:

Esta proposta se origina no entendimento de que alternativas experimentais usadas para o ensino desses conteúdos podem ser consideradas problemáticas, seja o preço proibitivo dos conjuntos prontos comercializados pelas indústrias de equipamentos didáticos, seja pelos riscos das montagens que usam medidas que emitem altas intensidades de luz ultravioleta, seja a dependência da presença de luz solar direta das montagens que envolvem eletroscópios e folhas de zinco.

O artigo apresenta uma experimentação destinada ao ensino de Física Moderna no Ensino Médio, especificado o Efeito Fotoelétrico, e visa instrumentalizar o professor ou servir como inspiração para a proposição de atividades didáticas.

## 2.2 Dissertações do MNPEF

Aqui consultamos algumas Dissertações do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física que abordam uma teoria da aprendizagem significativa envolvendo os conteúdos de ondulatória, física moderna e/ou usam o uso de estratégias de ensino diversificadas.

(BERNARDO, 2015) *A Importância da Simulação Computacional como Material Potencialmente Significativo para o Ensino da Física*. Nesta dissertação são aplicadas atividades de simulação computacional com “software” didático Interactive Physics. A teoria educacional relevante aplicada neste trabalho é a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

O autor reforça a importância da simulação computacional em Física e no ensino de Física:

A área de Física Computacional ocupa hoje um lugar de destaque na Física, em igualdade com áreas mais tradicionais como a Física Teórica e a Física Experimental. Muitos problemas reais da Física podem ser resolvidos numericamente ou através de simulações computacionais. Na área de Ensino a simulação computacional pode ser um poderoso aliado do professor de Física, despertando interesse e motivação no seu alunado.

(MUSIAU., 2015) *Elaboração de uma Sequência Didática Sobre Conceitos de Física Moderna e Contemporânea num DVD*. O trabalho teve como objetivo verificar junto a professores, alunos e livros didáticos, como os tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) são trabalhados no Ensino de Física do Ensino Médio. Neste trabalho foram abordados três tópicos de FMC: Radiação de Corpo, Efeito Fotoelétrico e Espectroscopia, usando uma sequência didática constituída de questionários, palavra cruzada, caça palavra, simulados, vídeos, texto, roteiro de atividades para orientar

no manuseio da simulação computacional, experimentos de baixo custo, vídeos dos experimentos propostos, teatro abordando a bibliografia de Hertz, Planck e Einstein.

(CARVALHO JÚNIOR, 2016) O simulador PhET no ensino de física: Aprendizagem significativa e movimento de projéteis. Neste trabalho, foi realizada uma investigação quali-quantitativa sobre a utilização da simulação computacional no Ensino de Física frente à Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

(LEAL, 2017) Uma Proposta de Sequência Didática Sobre o Efeito Fotoelétrico para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica. O trabalho descreve uma proposta de material didático, que permite abordar a Física Moderna e Contemporânea, o efeito fotoelétrico, onde o material didático pode ser usado, articulando-se esse fenômeno com algumas aplicações tecnológicas vivenciadas pelos alunos no seu cotidiano.

(GOMES, 2018) Experimentos de Óptica – Com Ênfase na Física Contemporânea e Ondulatória. O trabalho é centrado na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e moldado na forma de UEPS, o autor elabora um Manual de Experimentos de Óptica – Com Ênfase na Física Contemporânea e Ondulatória, na experimentação prática de atividades envolvendo os fenômenos ópticos, tanto em suas características ondulatórias bem como corpusculares.

(FRIES, 2018) Objeto de aprendizado baseado no uso de simuladores virtuais como ferramenta de ensino de conceitos ondulatórios. Foi desenvolvido e aplicado em um produto educacional de um objeto virtual de aprendizagem, utilizando simuladores virtuais em linguagem Java, da plataforma PhET.

A autora buscou estabelecer uma origem histórica para o ensino tradicional de física com ênfase em matemática:

No caso da Física, essa forma tradicional de ensino foi moldada no Brasil, segundo suas Diretrizes Curriculares, página 46, em meados do século XVIII, quando foi criado no Rio de Janeiro o Colégio Pedro II para servir de modelo para as demais escolas. Neste, estabeleceu-se que a Física deveria ser repassada de maneira matematizada, de forma quantitativa, ensinada através de manuais franceses onde o aluno seria o ouvinte e o professor transmissor deste conhecimento.

(SANTANA., 2019) Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como Instrumento de Aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas. O trabalho apresentado tem como objetivo contribuir para o ensino de Ondas Eletromagnéticas, através da criação, implementação e avaliação de uma sequência didática nos moldes da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), tendo como base a Aprendizagem Significativa de David Ausubel e o modelo proposto por Marco Antonio Moreira.

## 2.3 Ondas, Ótica e Física Moderna

Na construção desta seção, utilizamos como referencial os textos dos livros: Física II e Física IV dos autores YOUNG & FREEDMAN. De acordo com (HUGH D. YOUNG; ROGER A. FREEDMAN, 2016a; HUGH D. YOUNG; ROGER A. FREEDMAN, 2016b) temos:

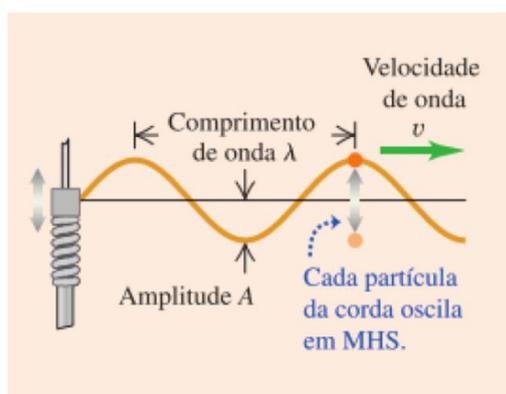
### 2.3.1 Ondas Mecânicas

Uma onda surge quando um sistema é deslocado de sua posição de equilíbrio e a perturbação se desloca ou se propaga de uma região para outra do sistema. Quando uma onda se propaga, ela transporta energia.

Uma onda mecânica sempre se propaga no interior de um material denominado meio. A velocidade de onda  $v$  depende do tipo de onda e das propriedades do meio. Em uma onda periódica, o movimento de cada ponto do meio é periódico, com frequência  $f$  e período  $T$ . O comprimento de onda  $\lambda$  é a distância em que o padrão da onda se repete, e a amplitude  $A$  é o deslocamento máximo de uma partícula no meio. O produto de  $\lambda$  e  $f$  fornece a velocidade da onda, equação 2.1. Uma onda senoidal é uma onda periódica especial em que cada ponto se move em MHS. (Veja o Exemplo figura 1).

$$v = \lambda \cdot f \quad (2.1)$$

Figura 1 – Onda senoidal



Fonte: HUGH D. YOUNG; ROGER A. FREEDMAN, 2016a;

Superposição de onda:

Uma onda é refletida quando atinge a fronteira (ou o limite) do meio onde se propaga. Em qualquer ponto onde duas ou mais ondas se superpõem, o deslocamento total é igual à soma dos deslocamentos das ondas individuais (princípio da superposição).

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) \quad (2.2)$$

Ondas estacionárias em uma corda:

Quando uma onda senoidal é refletida em uma extremidade livre ou fixa de uma corda esticada, as ondas incidente e refletida se combinam, formando uma onda estacionária que contém nós e ventres. A distância entre dois nós adjacentes ou entre dois ventres consecutivos é igual a  $\lambda/2$ . Quando as duas extremidades de uma corda de comprimento  $L$  são mantidas fixas, as ondas estacionárias só podem ocorrer quando  $L$  for um múltiplo inteiro de  $\lambda/2$ . Cada frequência com seu padrão de vibração associado constitui um modo normal.

$$y(x, t) = (A_{ES} \text{sen} kx) \text{sen} \omega t \quad (2.3)$$

$$f_n = n \frac{v}{2L} = n f_1 \quad (2.4)$$

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{F/\mu} \quad (2.5)$$

Ondas sonoras:

O som consiste em ondas longitudinais que se propagam em um meio. Uma onda sonora senoidal é caracterizada por uma frequência  $f$ , um comprimento de onda  $\lambda$  (ou frequência angular  $\omega$  e número de onda  $k$ ) e uma amplitude de deslocamento  $A$ . A amplitude da pressão  $P_{máx}$  é diretamente proporcional à amplitude do deslocamento, ao número de onda e ao módulo de compressão  $B$  do meio ondulatório. A velocidade da onda sonora em um fluido depende do módulo de compressão  $B$  e da densidade  $\rho$ . Se o fluido é um gás ideal, a velocidade pode ser expressa em função da temperatura  $T$ , da massa molar  $M$  e da razão das capacidades caloríficas  $\gamma$  do gás. A velocidade de ondas longitudinais em uma barra sólida depende da densidade e do módulo de Young,  $Y$ .

$$P_{MX} = BkA \quad (2.6)$$

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2.7)$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (2.8)$$

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \quad (2.9)$$

Interferência:

Quando duas ou mais ondas se superpõem na mesma região do espaço, os efeitos resultantes constituem o fenômeno da interferência. A amplitude resultante pode ser maior ou menor que a amplitude da onda individual, dependendo se as ondas estão em fase (interferência construtiva) ou fora de fase (interferência destrutiva).

Efeito Doppler:

O efeito Doppler do som é o deslocamento da frequência que ocorre quando uma fonte sonora, um ouvinte ou ambos se movem em relação ao meio. A frequência da fonte do som  $f_s$  e a frequência do ouvinte  $f_o$  estão relacionadas à velocidade da fonte  $v_s$  e à velocidade do ouvinte  $v_o$  em relação a um meio e à velocidade do som  $v$ .

$$f_o = \frac{v + v_o}{v + v_s} f_s \quad (2.10)$$

### 2.3.2 A natureza e propagação da luz

Até a época de Isaac Newton (1642-1727), a maioria dos cientistas imaginava que a luz era constituída por feixes de partículas (chamadas corpúsculos) emitidas pelas fontes de luz. Galileu e outros pesquisadores tentaram (sem êxito) medir a velocidade da luz. Por volta de 1665, surgiram as primeiras evidências das propriedades ondulatórias da luz. No início do século XIX, as evidências de que a luz é uma onda tinham se tornado bastante convincentes.

Em 1873, James Clerk Maxwell previu a existência das ondas eletromagnéticas e calculou a velocidade de propagação dessas ondas. Esse desenvolvimento, com o trabalho experimental de Heinrich Hertz iniciado em 1887, mostrou de maneira irrefutável que a luz realmente é uma onda eletromagnética.

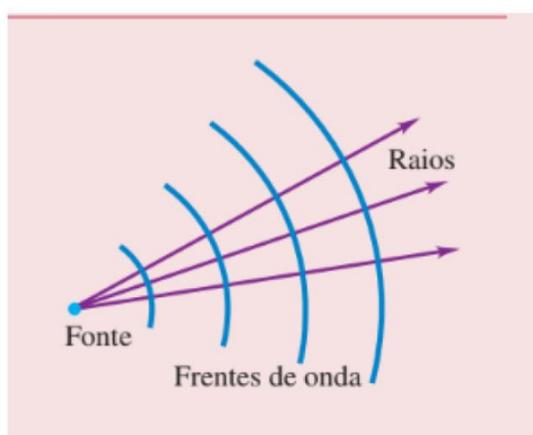
A natureza ondulatória da luz, entretanto, não é suficiente para explicar tudo. Diversos efeitos associados à emissão e absorção da luz revelam a natureza corpuscular da luz, no sentido de que a energia transportada pela onda luminosa é concentrada em pacotes distintos conhecidos como fótons ou quanta. Os aspectos ondulatórios e corpusculares da luz aparentemente contraditórios foram conciliados em 1930, com o desenvolvimento da eletrodinâmica quântica, uma teoria abrangente que explica simultaneamente essas duas propriedades. A propagação da luz pode ser mais bem descrita usando-se um modelo ondulatório; porém, para explicar a emissão e a absorção da luz, é necessário considerar sua natureza corpuscular.

A luz e suas propriedades:

A luz é uma onda eletromagnética. Quando emitida ou absorvida, também demonstra propriedades corpusculares. Ela pode ser emitida por cargas elétricas aceleradas.

Uma frente de onda é uma superfície cujos pontos possuem uma fase constante; as frentes de onda se movem com velocidade igual à da propagação da onda. Um raio (figura 2) é uma linha perpendicular à superfície da frente de onda indicando a direção de sua propagação.

Figura 2 – Frente de onda



Fonte: HUGH D. YOUNG; ROGER A. FREEDMAN, 2016b

Quando a luz é transmitida de um material para outro, a frequência da luz não se altera, mas o comprimento e a velocidade da onda podem mudar. O índice de refração  $n$  de um material é a razão entre a velocidade da luz no vácuo  $c$  e a velocidade da onda  $v$  no material. Se  $\lambda_0$  é o comprimento de onda no vácuo, a mesma onda possui um comprimento de onda  $\lambda$  menor em um meio que apresenta índice de refração  $n$ .

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.11)$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} \quad (2.12)$$

Reflexão e refração:

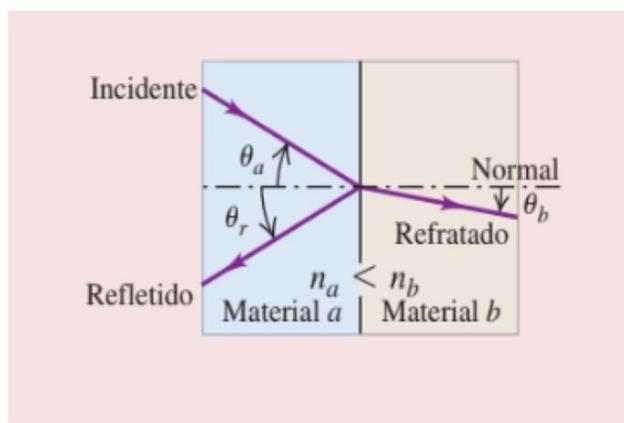
Sobre uma superfície lisa que separa dois materiais transparentes, o raio incidente, o raio refletido e a normal da superfície estão contidos em um mesmo plano denominado plano de incidência (figura 3). A lei da reflexão afirma que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. A lei da refração relaciona os ângulos de inci-

dência e de refração aos índices de refração dos materiais. Os ângulos de incidência, de reflexão e de refração são sempre medidos a partir da normal à superfície.

$$\theta_r = \theta_a \quad (2.13)$$

$$n_a \text{sen}\theta_a = n_b \text{sen}\theta_b \quad (2.14)$$

**Figura 3 – Reflexão e refração**



Fonte: HUGH D. YOUNG; ROGER A. FREEDMAN, 2016b

Reflexão interna total:

Quando um raio se propaga de um material com índice de refração maior ( $n_a$ ) no sentido de um material com índice de refração menor ( $n_b$ ), ocorre uma reflexão interna total na interface quando o ângulo de incidência supera o valor de um certo ângulo crítico  $\theta_{cr}$ .

$$\text{sen}\theta_{cr} = \frac{n_b}{n_a} \quad (2.15)$$

Polarização da luz:

A direção da polarização de uma onda eletromagnética linearmente polarizada é a direção do campo  $\vec{E}$ . Um filtro polarizador deixa passar ondas linearmente polarizadas na direção paralela a seu eixo e bloqueia as ondas linearmente polarizadas na direção perpendicular a ele. Quando a luz linearmente polarizada com intensidade  $I_{máx}$  incide sobre um filtro polarizador usado como analisador, a intensidade  $I$  da luz

transmitida através do analisador depende do ângulo  $\phi$  entre a direção de polarização da luz incidente e a do eixo do analisador.

$$I = I_{mx} \cos^2 \phi \quad (2.16)$$

Polarização por reflexão:

Quando a luz não polarizada incide sobre a interface entre dois materiais, a lei de Brewster afirma que a luz refletida é totalmente polarizada na direção perpendicular ao plano de incidência (paralela à interface) se o ângulo de incidência é igual ao ângulo de polarização  $\vartheta_p$ .

$$\tan \theta_p = \frac{n_b}{n_a} \quad (2.17)$$

Princípio de Huygens:

O princípio de Huygens diz que, quando conhecemos a posição de uma frente de onda em um dado instante, a posição da frente de onda em um instante posterior pode ser construída imaginando-se cada ponto da frente de onda como uma fonte de ondas secundárias. O princípio de Huygens pode ser aplicado na dedução das leis de reflexão e refração.

Interferência e fontes coerentes:

A luz monocromática contém apenas uma frequência. A coerência é uma relação de fase definida e invariável entre duas ondas ou duas fontes de ondas. A superposição de ondas provenientes de duas fontes de luz monocromáticas coerentes produz um padrão de interferência. O princípio da superposição afirma que a perturbação ondulatória total em qualquer ponto é igual à soma das perturbações das ondas individuais.

Interferência produzida por duas fontes de luz:

Quando duas fontes estão em fase, ocorre interferência construtiva em pontos nos quais a diferença de caminho ótico dos raios provenientes das fontes é igual a zero ou a um número inteiro de comprimentos de onda; a interferência destrutiva ocorre em pontos nos quais a diferença de caminho ótico é igual a um número semi-inteiro de comprimentos de onda. Se as duas fontes estão separadas por uma distância  $d$  e estão ambas muito afastadas de um ponto  $P$  e a linha que liga a fonte com o ponto  $P$  forma um ângulo  $\vartheta$  com a reta perpendicular ao segmento que une as fontes, então a condição para interferência construtiva em  $P$  é a Equação 2.31. A condição para interferência destrutiva é a Equação 2.32. Quando  $\vartheta$  é um ângulo muito pequeno, a posição  $y_m$  da franja brilhante de ordem  $m$  está localizada sobre a tela a uma distância

R da fonte dada pela Equação 2.33.

$$d \operatorname{sen} \theta = m \lambda \quad (2.18)$$

$$d \operatorname{sen} \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad (2.19)$$

$$\gamma_m = R \frac{m \lambda}{2} \quad (2.20)$$

Intensidade em padrões de interferência:

Quando duas ondas de mesma amplitude  $E$  apresentam a mesma diferença de fase  $\phi$  e se superpõem, a amplitude resultante  $E_p$  é dada pelas equações 2.34 e 2.35, respectivamente. Se as duas fontes emitem ondas em fase, a diferença de fase  $\phi$  em um ponto P (localizado a uma distância  $r_1$  da fonte 1 e a uma distância  $r_2$  da fonte 2) é diretamente proporcional à diferença dos caminhos  $r_2 - r_1$ .

$$E_p = 2E \left| \cos \frac{\phi}{2} \right| \quad (2.21)$$

$$I = I_0 \cos^2 \frac{\phi}{2} \quad (2.22)$$

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (r_2 - r_1) = k(r_2 - r_1) \quad (2.23)$$

Difração em uma fenda simples:

Uma luz monocromática que passa por uma fenda estreita com largura  $a$  produz uma figura de difração sobre uma tela distante. A Equação 2.37 fornece a condição para a interferência destrutiva (uma franja escura) em um ponto P que corresponde a um ângulo  $\theta$ . A Equação 2.38 fornece a intensidade na figura em função de  $\theta$ .

$$\operatorname{sen} \theta = \frac{m \lambda}{a} \quad (2.24)$$

$$I = I_0 \left\{ \frac{\operatorname{sen}[\pi a (\operatorname{sen} \theta) / \lambda]}{\pi a (\operatorname{sen} \theta) / \lambda} \right\}^2 \quad (2.25)$$

Redes de difração:

Uma rede de difração é constituída por um grande número de fendas paralelas estreitas separadas por uma distância  $d$ . A condição para que ocorra uma intensidade máxima na figura de interferência é a mesma que para uma figura de interferência em fenda dupla, mas os máximos para as redes são muito agudos e estreitos.

$$d \operatorname{sen} \theta = m \lambda \quad (2.26)$$

### 2.3.3 Fótons: Ondas de luz se comportando como partículas

Maxwell, Hertz e outros estabeleceram que a luz é uma onda eletromagnética. Fenômenos como a interferência, a difração e a polarização, forneceram novas comprovações da natureza ondulatória da luz.

No entanto, quando observamos de perto a emissão, a absorção e o espalhamento da radiação eletromagnética, descobrimos um aspecto completamente diferente da luz. Verificamos que a energia de uma onda eletromagnética é quantizada; ela é emitida e absorvida em pacotes semelhantes a partículas com energias definidas, chamados de fótons ou quanta. A energia de um único fóton é proporcional à frequência da radiação.

Veremos que a luz e outra radiação eletromagnética exibem uma dualidade onda-partícula: às vezes a luz age como onda e outras vezes, como partícula. Interferência e difração demonstram comportamento ondulatório, ao passo que emissão e absorção de fótons demonstram comportamento de partículas.

Fótons:

A radiação eletromagnética se comporta tanto como onda quanto como partícula. A energia de uma onda eletromagnética é transportada em pacotes chamados fótons. A energia  $E$  de um fóton é proporcional à frequência  $f$  e inversamente proporcional ao comprimento de onda  $\lambda$ , e é proporcional à grandeza universal  $h$ , chamada constante de Planck. O momento linear de um fóton apresenta módulo  $E/c$ .

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.27)$$

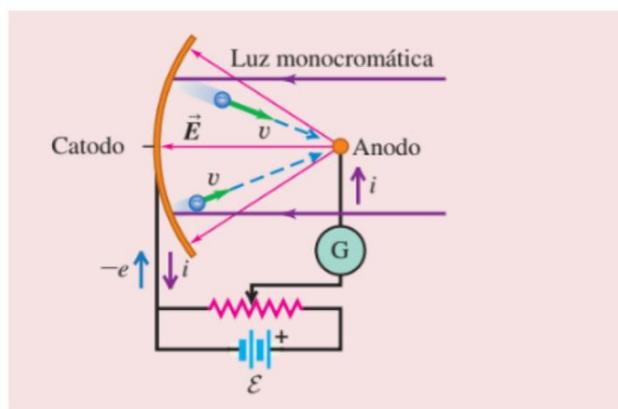
$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (2.28)$$

Efeito fotoelétrico:

No efeito fotoelétrico, uma superfície pode emitir um elétron absorvendo um fóton cuja energia  $hf$  seja maior ou igual ao valor da função trabalho  $\Phi$  do material. O potencial de corte  $V_0$  é a voltagem necessária para impedir que uma corrente de elétrons emitidos atinja um anodo (figura 4).

$$eV_0 = hf - \phi \quad (2.29)$$

Figura 4 – Efeito Fotoelétrico



Fonte: HUGH D. YOUNG; ROGER A. FREEDMAN, 2016b

### 3 Referencial Teórico e Metodológico

#### 3.1 Aprendizagem Significativa

Uma aprendizagem significativa proposta por Ausubel (1963) , <sup>1</sup> , é uma teoria cognitivista, por se basear na existência de uma estrutura cognitiva. Para Ausubel, a aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva (MOREIRA; MASINI, 2001) .

Ausubel segue uma perspectiva construtivista por considerar que o processo de aprendizagem se dá de forma ativa, no qual o aluno constrói seu próprio conhecimento, não sendo apenas um receptor de informações. Ele destaca ainda como o fator mais importante a influenciar a aprendizagem o conhecimento prévio, ou seja, aquilo que o aluno já sabe e traz consigo antes de entrar em contato com um novo conhecimento. (MOREIRA; MASINI, 2001) .

A aprendizagem significativa ocorreria quando a nova informação se apoia no conhecimento preexistente na estrutura cognitiva, resultando desse processo na modificação dos conceitos iniciais, esses conceitos preexistentes na estrutura, ao entrar em contatos com o novo conceito são por eles modificados (MOREIRA; MASINI, 2001) .

Segundo (MOREIRA, 2013), as principais condições para que ocorra a aprendizagem significativa são: uma disposição para aprender e a presença de materiais potencialmente armazenados. Em uma situação de ensino-aprendizagem, deve-se exibir uma disposição para aprender, além do fato de que o material a ser aprendido tenha algum significado lógico para o aprendiz, e assim usar os seus conhecimentos prévios para incorporar ou obter novos conhecimentos.

#### 3.2 Diferenciação progressiva e reconciliação integradora

A *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora* são processos que fundamentam a aprendizagem significativa, quando tratados como são programados os conteúdos de ensino (MOREIRA, 2013) .

Segundo o princípio da *diferenciação progressiva* deve-se apresentar como ideias gerais, mais abrangentes, e então, no segundo estágio, progressivamente diferenciar os conteúdos em termos mais detalhados, sempre descendo e subindo nessa

<sup>1</sup> David Paul Ausubel nasceu em 1918, em Nova Iorque. Frequentou as Universidades de Pensilvânia e Middlesex e se graduou em Psicologia e Medicina. Fez três residências em diferentes centros de Psiquiatria, doutorado em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia, onde foi professor por muitos anos na Faculdade de Professores. Foi professor também das Universidades de Illinois, Toronto, Berna, Munique e Salesiana de Roma. Ao aposentar-se voltou à Psiquiatria. Nos últimos anos de vida, dedicou-se a escrever uma nova versão de sua obra básica Psicologia Educacional: uma visão cognitiva. Faleceu em 2008. (MOREIRA, 2013)

hierarquia, ou seja, logo que se apresenta o específico, deve-se sempre relacionar novamente com o geral inicial, observando diferenças e semelhanças das partes com o todo novamente, quanto teríamos a *reconciliação integradora* (MOREIRA, 2013) .

Assim, os processos de diferenciação e integração são usados ao mesmo tempo, na medida em que são detalhados e reproduzidos nos novos conteúdos também reconciliados, na redução geral ou no nível de complexidade dado à visão geral do conteúdo publicado no início (MOREIRA, 2013) .

### 3.3 Os mapas conceituais

De acordo com (MOREIRA, 2013) , Joseph Novak<sup>2</sup> defende que o ensino deve buscar o engajamento de experiências positivas e afetivas dos alunos. Na aprendizagem significativa deve-se buscar uma sensação de crescimento cognitivo do aprendiz, contrariando uma aprendizagem mecânica que produz apenas um ensino para a testagem.

Novak desenvolveu uma técnica de mapas conceituais, em meados da década de setenta, junto com seus colaboradores, na Universidade de Cornell, e apesar de Ausubel nunca ter falado sobre mapas conceituais em sua teoria, existe uma relação entre os mapas conceituais e a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2010) .

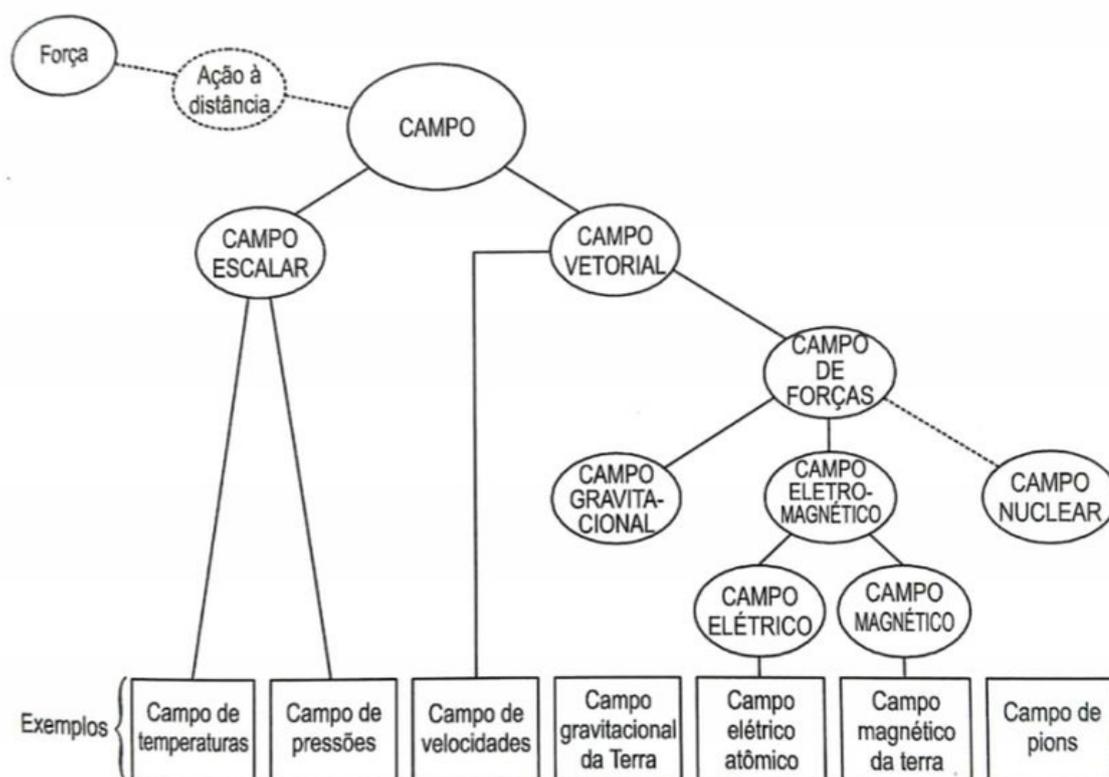
Os Mapas Conceituais são diagramas que apresentam relações entre conceitos, ou entre palavras que se usam para interpretar conceitos (MOREIRA, 2010). Isoladamente, eles podem ser vistos como diagramas hierárquicos que refletem a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina (MOREIRA; MASINI, 2001) .

Um mapa conceitual pode traduzir uma relação entre conceitos, onde os conceitos podem ser ancorados em outros e, exibir uma visão mais abrangente de como foi criado um aprendizado significativo na perspectiva de indivíduos que produzem um mapa conceitual, na figura 5, temos um exemplo de mapa conceitual como estratégia didática.

---

<sup>2</sup> Nascido nos EUA em 1930, com formação inicial em Biologia, fez seu doutorado em resolução de problemas nesta área. Na busca de um referencial teórico para fundamentar suas pesquisas, chegou-se à teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel e o logotipo passou a ser um grande divulgador desta teoria, inclusive dando-lhe uma visão humanista. Foi professor na Universidade Cornell durante muitos anos. É considerado o criador da técnica de mapas conceituais e hoje dedica-se a ela. Atualmente é pesquisador sênior no Instituto de Cognição Humana e Mecânica, em Pensacola, Flórida (MOREIRA, 2013) .

Figura 5 – Um mapa conceitual para o campo



Fonte: (Moreira, 1979, 1997 apud Moreira, (Marco Antonio Moreira, Elcie F. Salzano Masini, 2001) )

Deve se destacar que os mapas não são um “método” ou “receita” rígida, e segundo (MOREIRA, 2010) seu maior valor reside no fato de que deve ser explicado pelos autores, dando oportunidade ao aluno de perceber os significados, podendo ser usado como recurso de aprendizagem e / ou instrumento de avaliação da aprendizagem.

### 3.4 Visão crítica da aprendizagem significativa de Marco Antonio Moreira

De acordo com (MOREIRA, 2013) a aprendizagem deve ser significativa e crítica. Para ele, educar é desenvolver uma crítica e curiosidade. Embora a crítica no ensino não seja uma novidade, ainda é necessária em razão de uma prática de aprendizagem mecânica que reproduz as práticas da sociedade atual.

O autor destaca que é essencial na sociedade atual aprender, considerando a crítica e o questionamento, mas que o conhecimento não é algo definitivo. Afirma de forma metafórica que é necessário deixar o livro e o quadro de lado para estimular o diálogo, o questionamento e o ensino centrado no aluno. Assim, uma “aprendizagem

significativa crítica envolve captação de significados com questionamento” (MOREIRA, 2013).

Segundo o autor, os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica são:

- Consciência semântica - entender que os significados estão nas pessoas, nos usuários desses significados, não nos objetos, fenômenos ou eventos;
- Diversidade de materiais e estratégias de ensino - uso de materiais distintos e diferentes estratégias didáticas;
- Perguntas e respostas sobre questões - conhecimento humano sobre as respostas às perguntas sobre o mundo e as respostas são sempre provisórias, nunca definitivas;
- Incerteza do conhecimento - o conhecimento produzido pelo homem não é definitivo, não é único, ou seja, outras explicações existem e novas existirão;
- Conhecimento como linguagem - praticamente tudo o que chama conhecimento é linguagem e essa é a chave para a compreensão de um conhecimento, ou um conteúdo, é conhecer sua linguagem.

### **3.5 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**

De acordo com (MÁRCIA GORETTE LIMA DA SILVA, ), UEPS são sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para aprendizagem significativa que podem estimular uma pesquisa aplicada no ensino, voltada diretamente para a sala de aula.

Segundo (MOREIRA; MASSONI, 2016) a UEPS, pode ser construído de acordo com os seguintes aspectos sequenciais ou passos:

- 1) Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentos como aceitos no contexto da matéria de ensino;
- 2) Criar / propor situação (ções) - discussão, questionamento, 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 (pauta);
- 3) Propor situações-problema, em nível bem introdutório, considerando o conhecimento prévio do aluno, que prepare o terreno para a introdução do conhecimento 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; essas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano;

- 4) Apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, começando com aspectos mais gerais, 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, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;
- 5) Retomar os aspectos mais gerais, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.); as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; após essa segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; essa atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual, 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; isso deve ser feito por meio 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 audiovisual, etc.; após essa 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) Uma avaliação da aprendizagem deve ser feita ao longo da implementação do UEPS, registrando tudo o que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo; uma avaliação de desempenho do aluno na UEPS, que pode estar focada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa como na avaliação somativa;
- 8) Uma UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa.

### 3.6 Simulações interativas PhET

De acordo com (UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER, ), fundado em 2002 pelo Prêmio Nobel Carl Wieman, o projeto PhET Simulações Interativas da Universidade do Colorado Boulder cria simulações interativas gratuitas de matemática e ciências.

Como simulações, o PhET baseia-se em pesquisa em educação e envolve os alunos através de um ambiente intuitivo, estilo de jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e descoberta (UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER, )

As simulações são testadas e avaliadas para assegurar a eficácia educacional e estes testes incluem entrevistas de estudantes e a observação do uso de simulação em salas de aula (UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER, ) .

Escritas em Java, Flash ou HTML5, as simulações podem ser executadas online ou copiadas para um computador, possuindo código aberto. Como existe uma quantidade significativa de patrocinadores que apoiam o projeto PhET, isso permite que esses recursos sejam liberados de forma gratuita para todos os alunos e professores.

De acordo com (ARAÚJO et al., 2015) apud ARANTES; MIRANDA; ESTUDART, 2010), um dos pontos positivos do uso de simulações computacionais consiste em sua

introdução nas aulas expositivas e nesse caso, a principal contribuição está em visualizar conceitos abstratos. As simulações computacionais ajudam a fazer com que o professor atue como mediador do conhecimento, contribuindo para uma aprendizagem significativa, lembrando sempre que não devem abdicar de experimentos práticos por simulações.

A simulação pode ser usada para auxiliar no entendimento dos conceitos físicos, principalmente quando os experimentos práticos são complicados de serem executados ou têm custo elevado. Deve-se ressaltar ainda que o PhET pode ser usado de forma generalizada para o ensino de ciências.

### 3.7 Metodologia e público alvo

Optou-se pela utilização da pesquisa-ação como metodologia da pesquisa, pois, segundo (TRIPP, 2005) *“Uma pesquisa-ação educacional é principalmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam usar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, ou o aprendizado de seus alunos”*.

Fizemos uso da observação em sala de aula, mapas conceituais, questionários, debates e formulários “google” como instrumentos de aquisição dos dados.

A pesquisa foi desenvolvida entre os meses de novembro e dezembro de 2019, em uma turma composta por 23 alunos do 2º ano A, turno matutino, do Colégio Estadual Professora Almerinda Meira do Carmo, localizada no município de Manoel Vitorino - Bahia.

#### 3.7.1 Quadro de composição das aulas na UEPS

A UEPS teve uma duração de 10 aulas de 50 minutos cada, foram utilizadas diversas ferramentas pedagógicas, incluindo mapas conceituais, vídeos, textos, aplicativos para celular, 'slides' e experimentos didáticos, dando destaque para o uso do simulador computacional (hipermídia) PhET.

Quadro de Aulas 1

Aulas	Objetivos	Atividades elaboradas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 e 2 (100 min)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criar organizadores prévios;</li> <li>• Identificar o perfil da turma;</li> <li>• Organizar como tarefas diárias: melhorar a comunicação e aumentar a colaboração e o acesso aos materiais e recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentação de situação-problema (“Charge”) a ser discutida de forma espontânea e compartilhada por todos os alunos;</li> <li>• Apresentação do vídeo;</li> <li>• Aplicação de questionário socioeconômico;</li> <li>• Apresentar e solicitar à turma que acesse, após o término das aulas o aplicativo Google Sala de Aula - “Classroom”.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 e 4 (100 min)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantar as concepções alternativas dos estudantes sobre o assunto,</li> <li>• construir um mapa conceitual;</li> <li>• Introduzir os conceitos iniciais de ondulatória;</li> <li>• Verificar como a alteração da frequência e a amplitude afetam as características da onda;</li> <li>• Realizar uma etapa da avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de atividades individuais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Breve explicação sobre a construção de um mapa conceitual, solicitando em seguida que os alunos (em dupla) construa um primeiro mapa de conceitos relacionados a ideias que tiveram ao assistir a vídeo da aula anterior junto com as concepções prévias de cada aluno;</li> <li>• Explicação através de “slides” sobre conceitos iniciais de ondulatória (ondas, natureza, perturbação, comprimento, amplitude, período, frequência, equação fundamental da ondulatória).</li> <li>• Durante a apresentação fazer uso do simulador(hipermídia) para demonstrar as características das ondas, colocando situações problemas;</li> <li>• No final da aula, solicitar da turma que acessem e respondam, em casa, um exercício utilizando o aplicativo google sala de aula.</li> </ul>

---

Aulas	Objetivos	Atividades elaboradas
• 5 e 6 (100 min)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Compreender o modelo de transmissão de energia por radiação; explicar o funcionamento de uma estufa de vidro transparente;</li><li>• Compreender o funcionamento de uma estufa de vidro transparente; discutir o processo de absorção da radiação pela matéria.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Na primeira parte da aula, foi discutido o texto “FORMAS DE ENERGIA”. Dando sequência será discutido o texto “A radiação solar”.</li><li>• Será feito uso de um simulador que mostra o funcionamento similar à de uma estufa à medida que são alteradas as placas de vidro. Também será utilizado outro simulador que demonstra a absorção da radiação da luz visível e da radiação infravermelha por gases presentes na natureza. Durante a manipulação e observação do simulador os alunos deverão responder a um questionário com questões abertas resultantes da análise dos fenômenos simulados no “software”.</li></ul>

---

---

Aulas	Objetivos	Atividades elaboradas
• 7 e 8 (100 min)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Introduzir os conceitos de ondas mecânicas e eletromagnéticas, espectro eletromagnético, refração, reflexão, difração, polarização, ressonância e interferência;</li><li>• Analisar o comportamento corpuscular da luz;</li><li>• Realizar uma etapa da avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de atividades individuais.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nesta parte da aula será feita uma explanação através de “slides” apresentando o espectro eletromagnético, reflexão, refração, difração, polarização, ressonância e interferência;</li><li>• Fazer a leitura e discussão do texto: Um pouco sobre a teoria quântica da luz e o Efeito Fotoelétrico. Leitura e discussão compartilhada com a realização de uma simulação computacional;</li><li>• No final da aula, solicitar da turma que acessem e respondam, em casa, um exercício utilizando o aplicativo “google” sala de aula.</li></ul>

---

---

Aulas	Objetivos	Atividades elaboradas
• 9 e 10 (100 min)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analisar o comportamento ondulatório da luz, observar o fenômeno da interferência e difração da luz;</li><li>• Observar o comportamento corpuscular da luz;</li><li>• Realizar etapa da avaliação da aprendizagem dos alunos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Montar e apresentar o experimento “Comportamento ondulatório da luz, Interferência e difração utilizando um laser e fio de cabelo”;</li><li>• Realização de experimento sobre o efeito fotoresistor, interação da radiação(fóton) com a matéria;</li><li>• Cada aluno deverá criar um mapa conceitual que contemple os conteúdos trabalhados até aqui.</li></ul>

---

## **4 Resultados e Discussão**

### **4.1 Perfil da turma**

Fizemos a aplicação de questionário socioeconômico, cujos resultados nos ajudou a fazer o perfil (turma): a maior parte da turma declarou ser do sexo feminino (56,5%); a maioria se considera preto (30,4%), branco (21,7%), pardo (21,7%), amarelo (8,7%), indígena (8,7%) e não declara (8,7%); com 30,4% residente na zona rural do município. Quanto ao grau de escolarização do pai, os alunos apontaram 30,4% dos pais com o ensino médio, 34,8% com fundamental, 21,7% não alfabetizados, 4,3% pós-graduados e 8,7% não souberam responder.

Quanto ao grau de escolarização da mãe, os alunos apontaram 30,4% das mães com o ensino médio, 56,5% com fundamental, 4,3% não alfabetizados, 4,3% pós-graduados e 4,3% não souberam responder. Com relação à renda mensal do seu grupo familiar, 30% com menos de 1 salário mínimo, 65% de 1 à 3 salários mínimos e 5% de 3 à 6 salários mínimos.

### **4.2 Organizador prévio**

Foi iniciada a aula 01 com a apresentação de uma “charge”, figura 6, colocada como situação- problema inicial, que levou os alunos a interagir, discutindo de forma espontânea e compartilhada por todos, numa tentativa de explicar e entender a situação, os alunos externalizam seus conhecimentos prévios, aceitos ou não aceitos pelo contexto da matéria de ensino.

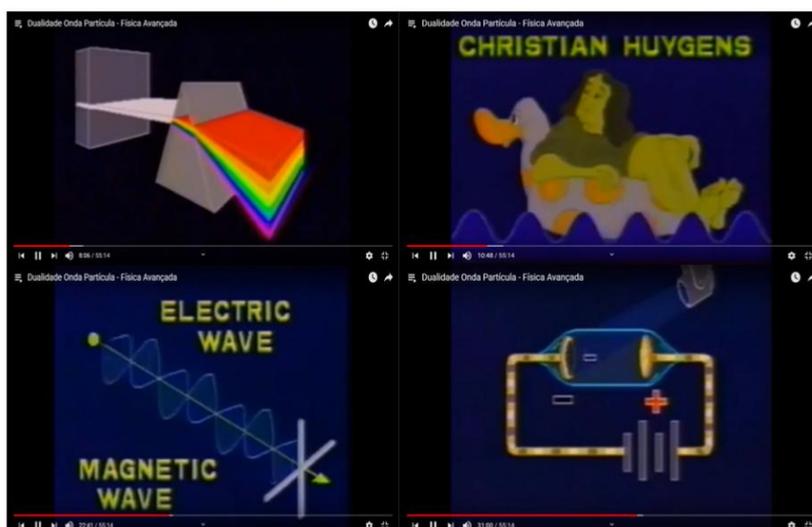
Figura 6 – Situação problema: “Charge”



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

A apresentação de parte (até o minuto 36) do vídeo, figura 7, produzido pela TV Educativa Pública da província de Ontário, Canadá, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Mhdj1X0H2Vc&list=WL&index=2&t=0s>.

Figura 7 – Vídeo - Dualidade onda partícula



Fonte: <https://youtu.be/Mhdj1X0H2Vc>

Na apresentação do vídeo, foi orientado para que os alunos anotassem algumas palavras que eles julgassem parecer mais importante e destacamos alguns aspectos

do vídeo em cada parte como: Parte 1- origens e tentativas de explicar o que é luz, cálculo da velocidade da luz, Newton e o modelo de partícula; Parte 2 - o modelo de onda, difração, reflexão e interferência; Parte 3 - a luz e o modelo eletromagnético; Parte 4 - a ideia do “quantum” de Planck e o efeito fotoelétrico.

Com a apresentação do vídeo foi possível dar uma visão inicial do todo ou pelos menos dos aspectos mais gerais dos conteúdos e assim buscamos atender aos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora durante o processo.

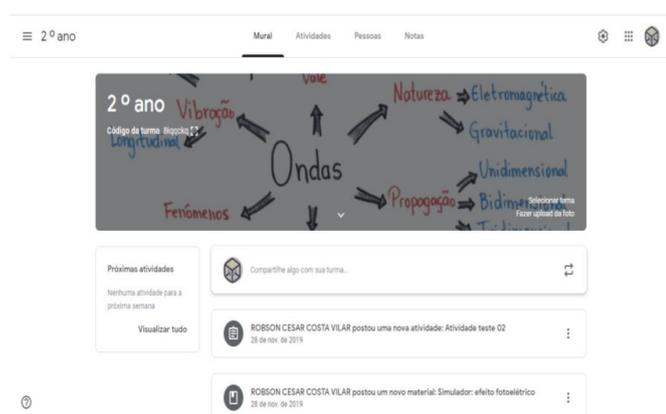
### 4.3 Google sala de aula

No final da aula 02, foi realizada uma breve explanação sobre o aplicativo Google Sala de Aula (google classroom) e foi orientado para que os alunos anotassem o código da turma e ao retornarem para suas casas, instalassem e acessassem o aplicativo em seus celulares ou computadores.

Todos os alunos disseram estar tento o primeiro contato com o aplicativo “Google Sala de Aula”, e ao final do primeiro dia de aula cerca de um terço já haviam se cadastrado no aplicativo.

No “google sala de aula”, figura 8, foi disponibilizado todos os materiais utilizados em todas as aulas, além de exercícios, o que permitiu que os alunos fizessem uma consulta nesses materiais antes e após as aulas.

**Figura 8 – Aplicativo - Google Sala de Aula**



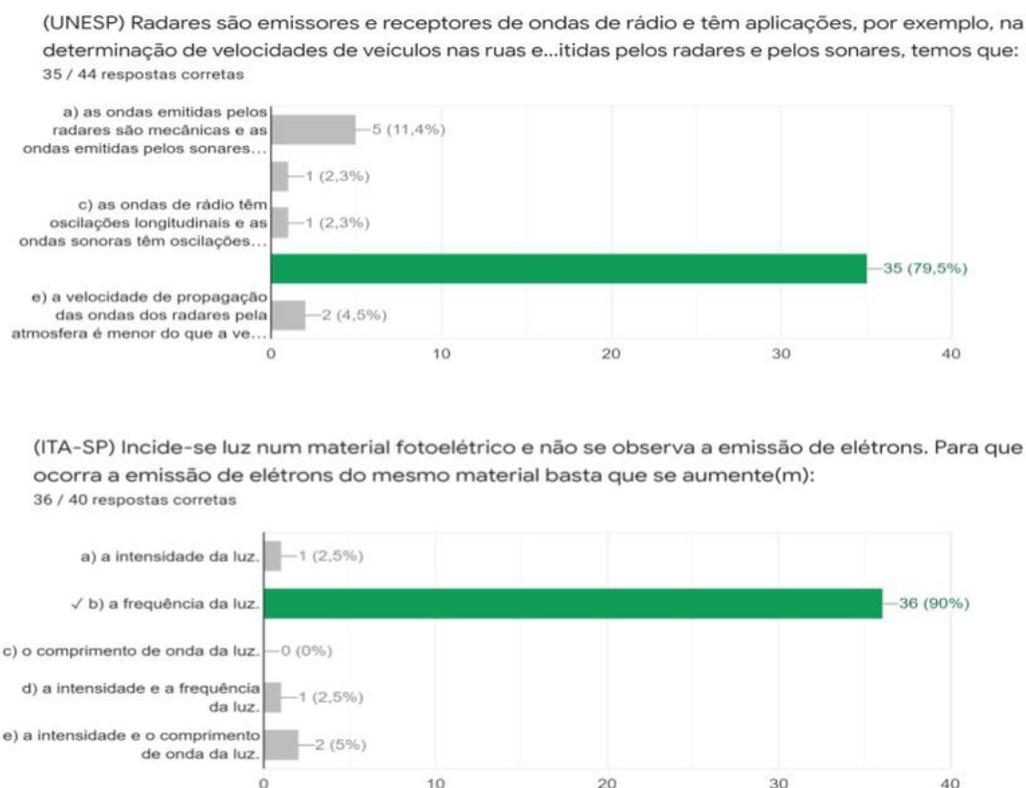
Fonte: <https://classroom.google.com/>

Dentro da plataforma do aplicativo “Google Sala de Aula”, foi utilizado o “Formulários Google”, onde adicionamos exercícios para que alunos respondessem como

atividade para casa, o que nos permitiu um ganho de tempo em sala de aula para dedicar a outras atividades.

O uso do “google” formulários nos ajudou a avaliar o desempenho dos alunos ao longo do processo, de forma individual e coletiva, uma vez que esta ferramenta dispõe de gráficos que fornecem taxa de acertos e erros em cada questão, conforme observamos nas figuras 9.

**Figura 9 – Formulários google**



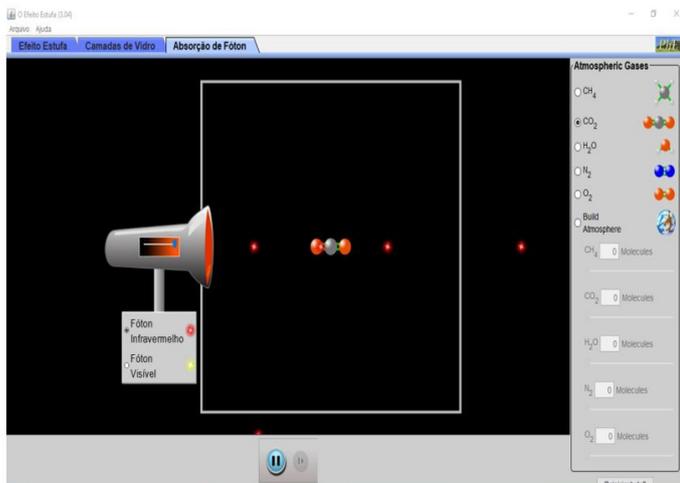
Fonte: <https://docs.google.com/forms/u/0/>

#### 4.4 Simulador PhET

Em 6 das 10 aulas foi utilizado o simulador PhET, sempre projetando a simulação na parede da sala, foi possível observar que uso do simulador ajudou no detalhamento e aprofundamento dos conceitos simulados. Em alguns momentos o simulador foi utilizado junto com textos e questionários.

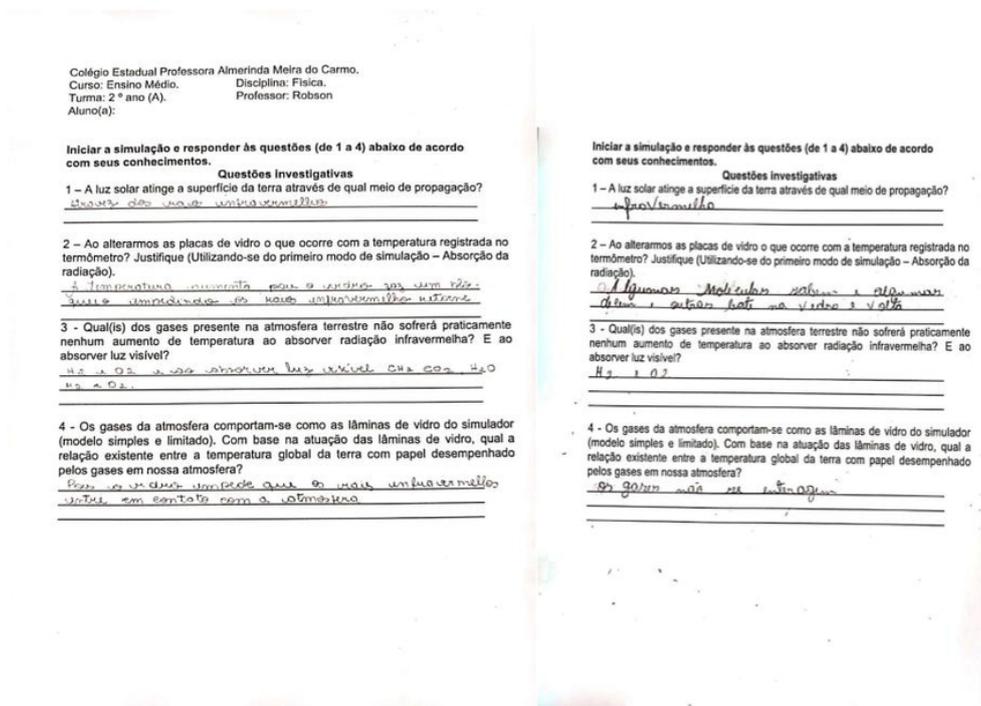
Na figura 10 temos um simulador que foi utilizado para demonstrar a absorção da radiação da luz visível e da radiação infravermelha por gases presentes na natureza, durante a manipulação e observação do simulador, os alunos responderam a um questionário (figura 11) com questões abertas, resultantes da análise dos fenômenos.

Figura 10 – Simulador PhET: Absorção do fóton



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

Figura 11 – Questões investigativas: Simulador PhET - Absorção de fóton



Fonte: Próprio autor (2019)

Em outro momento também utilizamos um texto , retratando o contexto histórico e tecnológico que envolveu a explicação para o Efeito Fotoelétrico. Fizemos a leitura e

discussão compartilhada com a realização da simulação, de forma simultânea.

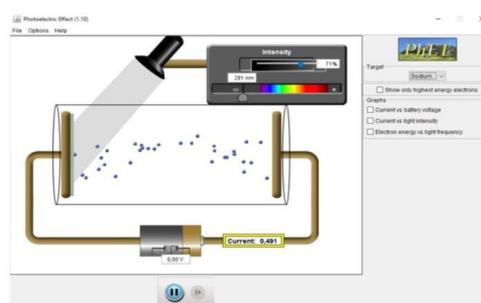
Enquanto os alunos faziam a leitura de partes do texto (figura 12) como: “ *aumentando-se a intensidade da luz violeta incidente sobre o metal, a energia cinética dos elétrons arrancados permanecia constante*”(SANTOS, 2015), pausava-se o texto e verificava-se a observação do fenômeno no simulador PhET, figura 13.

**Figura 12 – Fragmento do texto: Efeito Fotoelétrico**

aumento na intensidade de luz sobre o metal provocaria um aumento proporcional da energia cinética dos elétrons arrancados. A prática, contudo, não confirmou a teoria:  **aumentando-se a intensidade da luz violeta incidente sobre o metal, a energia cinética dos elétrons arrancados permanecia constante**. Aliás, uma luz com pouca intensidade produzia o mesmo efeito, ainda que o número de elétrons arrancados fosse menor. Mas se, em vez de violeta, a luz incidente fosse amarela ou vermelha, a energia cinética dos elétrons era menor. Por isso,

Fonte: Próprio autor (2019)

**Figura 13 – Simulador: Efeito fotoelétrico**



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

Nos chamou a atenção que o simulador ajudou o aluno na compreensão, entendimento e detalhamento dos fenômenos, contribuindo para visualizar conceitos mais abstratos, além de despertar a participação, facilitando assim, que os alunos relacionassem os fenômenos com os conceitos simulados.

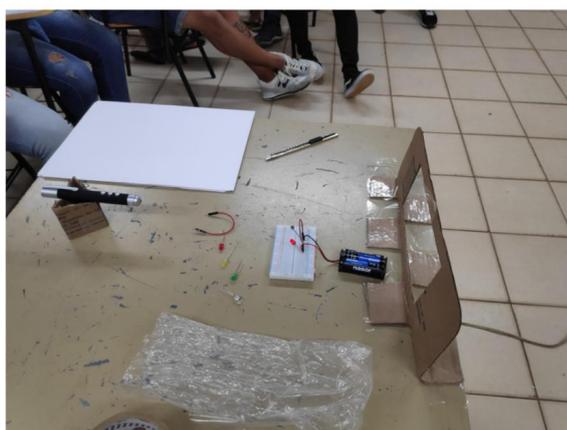
## 4.5 Experimentos práticos

Foi disponibilizado pelo professor, todo o material necessário e com a ajuda dos alunos, foi feita a montagem e apresentação de um experimento, utilizando um laser e um fio de cabelo, figura 14, com o objetivo de verificar o comportamento ondulatório da luz, onde foi possível observar o fenômeno da interferência e difração.

Em seguida foi realizado mais um experimento com o intuito de demonstrar a interação da radiação (fóton) com a matéria no efeito fotocondutor, com a utilização de um circuito alimentado por duas baterias de 1,5 V, um LED (light-emitting diode) e um LDR (light-dependent resistor), figura 15.

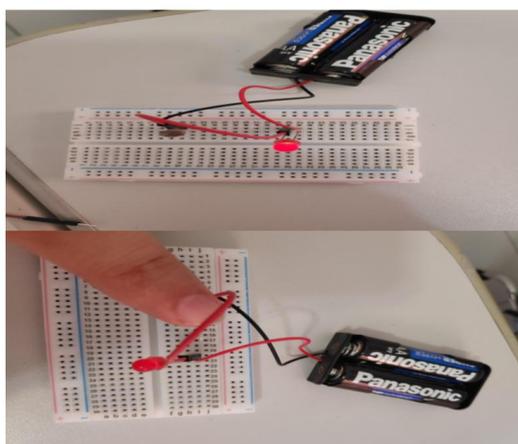
Percebemos que não se deve abdicar totalmente de experimentos práticos por simulações e que a realização dos experimentos foi capaz de promover maior interação social entre os alunos.

**Figura 14 – Experimento: Laser e fio de cabelo**



Fonte: Próprio autor (2019)

**Figura 15 – Experimento: Interação da radiação(fóton) com a matéria**



Fonte: Próprio autor (2019)

### 4.6 Mapa conceitual

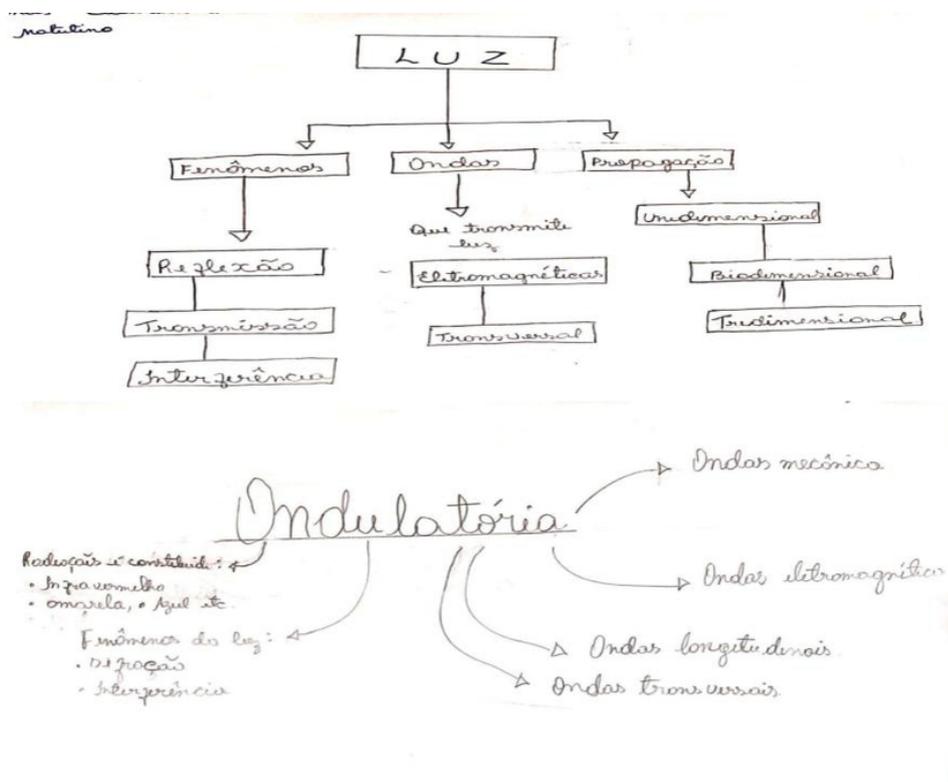
Na aula 3, os alunos construíram um mapa conceitual relacionando as ideias que tiveram ao assistir o vídeo da aula anterior, junto com as concepções prévias de cada aluno. Nesta aula, divididos em duplas, após a construção do primeiro mapa, foi feita a discussão e apresentação de cada dupla, com uma boa participação dos alunos durante esta atividade.

Na aula 10, após uma discussão sobre os fenômenos físicos observados nos experimentos práticos, os alunos se reuniram em duplas e construíram novamente um mapa conceitual sobre os temas trabalhados durante a UEPS.

Foi possível fazer uma comparação entre os mapas feitos pelas mesmas duplas de alunos, nas aulas 3 e 10, conforme figuras 16, 17 e 18, identificamos principalmente a substituição de conceitos e/ou preposições mais particulares como “LUZ” por mais gerais e mais inclusivos como “ONDAS/ONDULATÓRIA”.

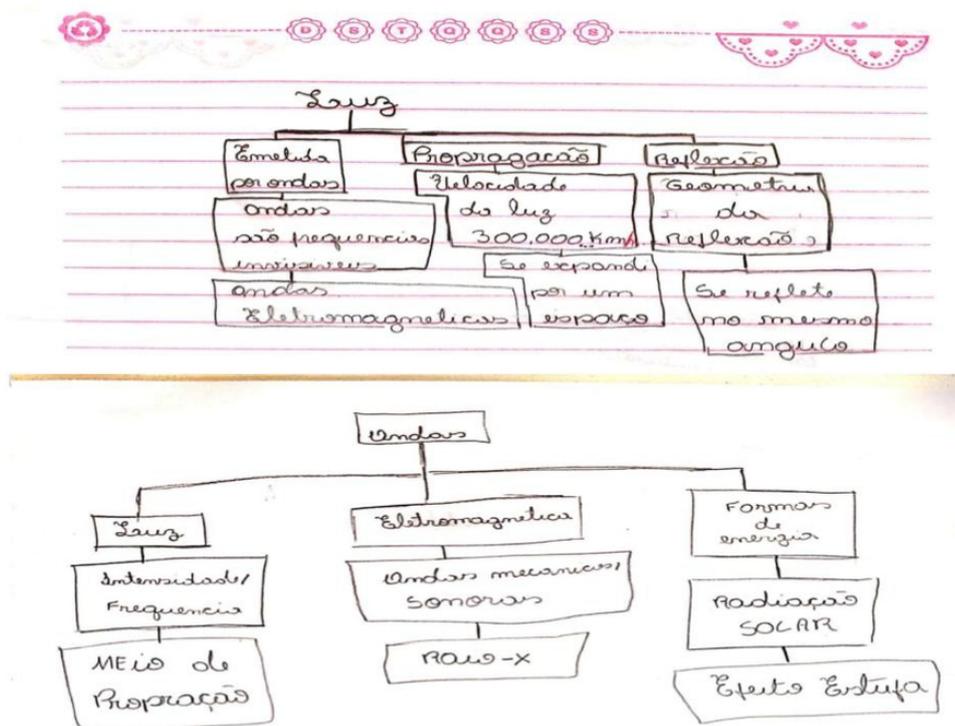
Nos últimos mapas (aula 10), também foi possível verificar que os alunos acrescentaram elementos como o comportamento da luz como onda eletromagnética (difração, interferência) e como partícula (efeito fotoelétrico/fotodiodo).

Figura 16 – Mapas comparativos - Alunos A e B - aulas 3 (acima) e 10 (abaixo).



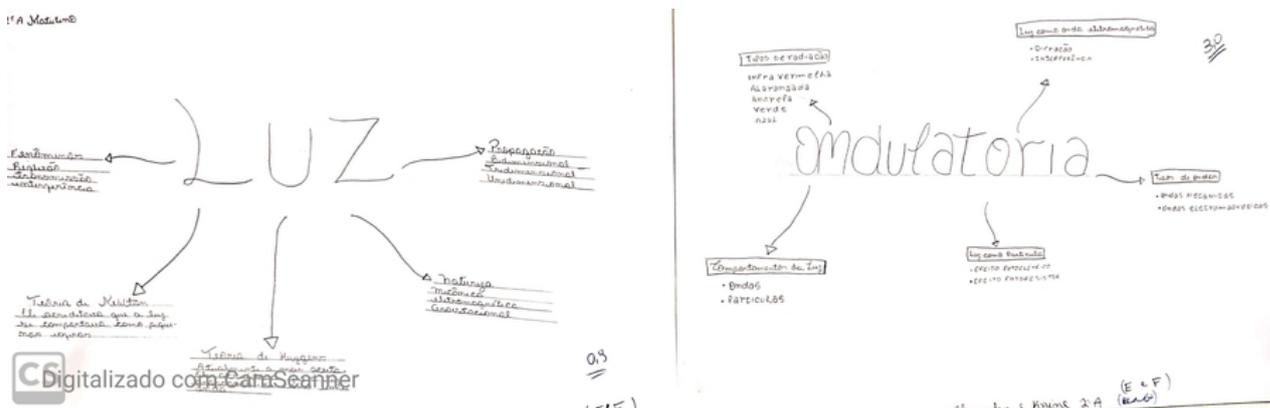
Fonte: Próprio autor

Figura 17 – Mapas comparativos - Alunos C e D - aulas 3 (acima) e 10 (abaixo)



Fonte: Próprio autor

Figura 18 – Mapas comparativos - Alunos E e F - aulas 3 (esquerda) e 10 (direita).



Fonte: Próprio autor (2019)

## 5 Considerações finais

A nossa expectativa ao desenvolver uma UEPS consistiu na possibilidade de apresentar um ensino de física com a utilização de metodologias variadas como alternativa ao modelo “tradicional” de ensino que de acordo com ((BRASIL, 2000):

Enfatiza a utilização de fórmulas, em situações artificiais, desvinculando a linguagem matemática que essas fórmulas representam seu significado físico efetivo. Insista na solução de exercícios repetitivos, pretendendo que o aprendizado ocorra pela automação ou memorização e não pela construção do conhecimento através das competências adquiridas

Neste aspecto, foi utilizado a UEPS cuja característica principal tem foco no ensino de um tópico específico, não no currículo todo, por isso tem duração relativamente curta, permitindo adaptações ou modificações a critério dos professores usuários, ou criadores da UEPS (MOREIRA; MASSONI, 2016, 134,135) .

Ao utilizar como pressuposto teórico a temática da aprendizagem significativa, não estamos necessariamente defendendo que esta seja a única possível, mas sim, uma teoria capaz de criar uma relação dos alunos com os conhecimentos da Física pautada na curiosidade e reflexão.

A utilização da pesquisa-ação como metodologia de trabalho para investigar a ação prática, possibilitou registrar o trabalho e constatar que ensino de Física feito apenas por aulas expositivas, pode estar totalmente deslocado da realidade do aluno, o remetendo a assumir um papel passivo de apenas copiar e decorar informações.

Foi possível encontrar evidências da importância de introduzir novas tecnologias de ensino, numa busca por métodos e formas de inovar e deixar as aulas de Física menos abstratas e mais dinâmicas.

A utilização das estratégias pedagógicas e tecnológicas diversificadas, nos remeteu a um ensino para a compreensão dos conceitos físicos, com foco no entendimento do significado dos problemas e equações, constituindo elementos capazes de aproximar o conhecimento científico da realidade do educando e melhorar o diálogo entre professor e o aluno.

Foi constatado que quando o aluno já tem um conhecimento prévio acerca de um determinado assunto, esse conhecimento deve ser considerado e confrontado com o novo, e ao usarmos estratégias diversificadas, como as simulações interativas, a soma destes esforços nos fez chegar um resultado satisfatório.

Por fim, espera-se que a experiência desenvolvida nesse trabalho possa trazer contribuições e reflexões sobre o ensino de física.

## Referências

- ARAÚJO, F. V. de et al. Uma Aplicação do Software Educacional PhET Como Ferramenta Didática no Ensino da Eletricidade. **Informática na educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 145 – 161, jul/dez 2015. ISSN 1982-1654. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/view/51778/36452>.
- BERNARDO, N. A. R. **A Importância da Simulação Computacional como Material Potencialmente Significativo para o Ensino da Física**. 2015. 76 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio. **Parte III Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, MEC, Brasília, p. 1 – 58, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>.
- CARDOSO, S. O. de O.; DICKMAN, A. G. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL ALIADA À TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA FERRAMENTA PARA ENSINO E APRENDIZAGEM DO EFEITO FOTOELÉTRICO. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 891 – 934, out 2012.
- CARVALHO JÚNIOR, C. A. de. **O SIMULADOR PHET NO ENSINO DE FÍSICA: APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O MOVIMENTO DE PROJÉTEIS**. 2016. 72 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Regional do Cariri.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. UMA OFICINA DE FÍSICA MODERNA QUE VISE A SUA INSERÇÃO NO ENSINO MÉDIO. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 3, p. 372 – 389, dezembro 2001.
- EBERHARDT, D. et al. Experimentação no ensino de Física Moderna: efeito fotoelétrico com lâmpada néon e LEDs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 928 – 950, dezembro 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n3p928>.
- EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008. 244 p.
- FRIES, F. **OBJETO DE APRENDIZAGEM BASEADO NO USO DE SIMULADORES VIRTUAIS COMO FERRAMENTA DE ENSINO DE CONCEITOS DA ONDULATÓRIA**. 2018. 108 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Tecnológica Federal de Paraná.
- GOMES, P. M. **Experimentos de Óptica: Com Ênfase na Física Contemporânea e Ondulatória**. 2018. 66 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Federal do Mato Grosso.
- HUGH D. YOUNG; ROGER A. FREEDMAN. **Física II: Termodinâmica e Ondas**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016a. 394 p.
- HUGH D. YOUNG; ROGER A. FREEDMAN. **Física IV: Ótica e Física Moderna**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016b.

LEAL, J. D. S. **Uma Proposta De Sequência Didática Sobre O Efeito Fotoelétrico Para O Ensino De Física Moderna E Contemporânea Na Educação Básica**. 2017. 87 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Estadual de Santa Cruz.

MÁRCIA GORETTE LIMA DA SILVA. **TEMAS DE ENSINO E FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS**, Natal.

MEDEIROS, R. F. de; SANTOS, F. M. T. dos. Introdução à Física das Radiações. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, UFRGS, Porto Alegre, v. 22, n. 5, 2011. ISSN 1807-2763. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/textos\\_apoio](http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/textos_apoio). Acesso em: 18 dez 2019.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999. ISBN 85-12-32140-7.

MOREIRA, M. A. MAPAS CONCEITUAIS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. In: UFRGS (Ed.). **XV SNEF**. Curitiba: [s.n.], 2003. p. 1 – 11.

MOREIRA, M. A. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. 1. ed. São Paulo: Centauro, 2010. 80 p.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa em mapas conceituais. **Textos de Apoio ao Professor de Física**, UFRGS, Porto Alegre, v. 24, n. 6, 2013. ISSN 1807-2763. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/textos\\_apoio](http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/textos_apoio).

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2001. 111 p.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T. **Noções básicas de Epistemologia e Teorias de Aprendizagem**: como subsídios para a organização de Sequências de Ensino-Aprendizagem em Ciências/Física. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016. 220 p.

MUSIAU., P. M. **Elaboração De Uma Sequência Didática Sobre Conceitos De Física Moderna E Contemporânea Num Dvd**. 2015. 183 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Federal de Rondônia.

OLIVEIRA, T. E. de; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Sala de aula invertida (Flipped Classroom): Inovando nas aulas de física. **Física na Escola**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 4 – 13, out 2016.

SANTANA., J. D. S. **Unidade de Ensino Potencialmente Significativa como Instrumento de Aprendizagem de Ondas Eletromagnéticas**. 2019. 181 p. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

SANTOS, C. A. dos. **O FÍSICO E O FÓTON**. 2015. Disponível em: <http://cienciahoje.org.br/coluna/o-fisico-e-o-foton>. Acesso em: 1 nov 2019.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução a metodologia: uma introdução a metodologia. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443 – 466, set/dez 2005.

UNIVERSITY OF COLORADO BOULDER. **PhET Interactive Simulations**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu>. Acesso em: Acesso em 11 de nov de 2019.

VALADARES, E. de C.; MOREIRA, A. M. ENSINANDO FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: EFEITO FOTOELÉTRICO, LASER E EMISSÃO DE CORPO NEGRO. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 359 – 372, agosto 1998.

## **Apêndices**

**APÊNDICE A**

## Questionário de Perfil Socioeconômico

- 1) Você é do sexo:  
a)  Masculino      b)  Feminino.
- 2) Você se considera:  
a)  Branco      c)  Pardo e)  Indígena  
b)  Preto      d)  Amarelo f)  Não declarado
- 3) Estado Civil:  
a)  Solteiro(a);      c)  Viúvo(a);  
b)  Divorciado(a);      d)  Casado(a);
- 4) Local da sua residência:  
a)  Zona Urbana;      b)  Zona Rural: região \_\_\_\_\_.
- 5) Você possui alguma deficiência?  
a)  Sim;      b)  Não.  
5.1. Em caso afirmativo, indique o tipo:  
a)  Deficiência Física.  
b)  Deficiência visual.  
c)  Deficiência auditiva.  
e)  Outro: especificar \_\_\_\_\_
- 6) Você tem filhos?  
a)  Não.      b)  Sim. Quantidade: \_\_\_\_\_
- 7) Meio de Transporte utilizado para vir a escola?  
a)  A pé;      c)  ônibus;  
b)  carro ou moto;      d)  bicicleta.
- 8) Sua residência é:  
a)  Própria.      b)  Alugada. c)  Outros: \_\_\_\_\_
- 9) Qual o grau de escolaridade de seu pai?  
a)  Não alfabetizado;  
b)  Ensino Fundamental;  
c)  Ensino Médio;  
d)  Ensino Superior;  
e)  Pós graduação;  
f)  Não sei.
- 10) Qual o grau de escolaridade de sua mãe?  
a)  Não alfabetizada;  
b)  Ensino Fundamental;  
c)  Ensino Médio;  
d)  Ensino Superior;

e) ( ) Pós graduação;

f) ( ) Não sei.

11) Qual a renda mensal do seu grupo familiar? (Soma do rendimento de todos que contribuem com a renda)

a) ( ) Menos de 1 Salário Mínimo.

d) ( ) De 6 a 10 Sal. Mínimos.

b) ( ) De 1 a 3 Sal. Mínimos.

e) ( ) Mais de 10 Sal. Mínimos.

c) ( ) De 3 a 6 Sal. Mínimos.

12) Quantas pessoas contribuem com a renda familiar?

a) ( ) 1 a 2 pessoas.

b) ( ) 3 a 5 pessoas.

c) ( ) Mais de 5 pessoas.

13) Você trabalha?

a) ( ) Sim. b) ( ) Não

Se a resposta for positiva do item anterior responda a questão 14

14) Qual sua jornada de trabalho semanal

a) ( ) Menos de 10 horas;

b) ( ) Entre 10 e 20 horas;

c) ( ) Entre 20 e 30 horas;

d) ( ) Entre 30 e 40 horas;

e) ( ) 40 horas ou mais.

15) Com que idade você começou a trabalhar?

a) ( ) Antes dos 14 anos;

b) ( ) Entre 14 e 16 anos;

c) ( ) Entre 17 e 18 anos;

d) ( ) Após os 18 anos;

e) ( ) Nunca Trabalhei.

## APÊNDICE B

Slides: Aulas 3 e 4

Figura 19 – Slide 01

# Ondulatória



### O que é onda?

Ondas são perturbações que se propagam de um lugar para outro através de um meio ou até mesmo no vácuo, transportando energia.

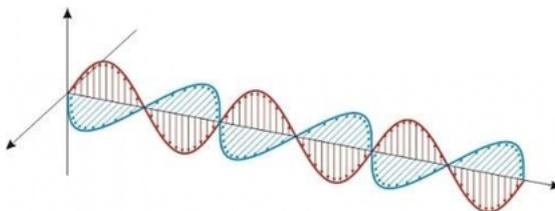
Fonte:Próprio Autor (2019)

Figura 20 – Slide 02

### Natureza da onda

As ondas podem ter natureza **mecânica**, **eletromagnética**

- **Ondas mecânicas:** Essas ondas não se propagam no vácuo, tratam-se de perturbações que só podem propagar-se em algum meio preenchido por matéria, como água, ar, metais e etc. **Exemplos:** sons e terremotos.
- **Ondas eletromagnéticas:** são ondas que não necessitam de um meio para se propagar. São formadas pela oscilação de campos elétricos e magnéticos. **Exemplo:** luz, infravermelho, ultravioleta.



As ondas eletromagnéticas são produzidas pela oscilação de campos elétricos e magnéticos

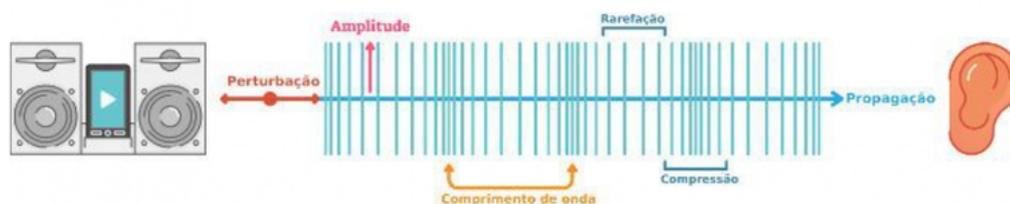
Fonte:Próprio Autor (2019)

Figura 21 – Slide 03

### Perturbação

De acordo com a relação entre a direção da perturbação que origina uma onda e a direção que essa onda irá propagar-se, é possível classificar as ondas como **longitudinais** ou **transversais**.

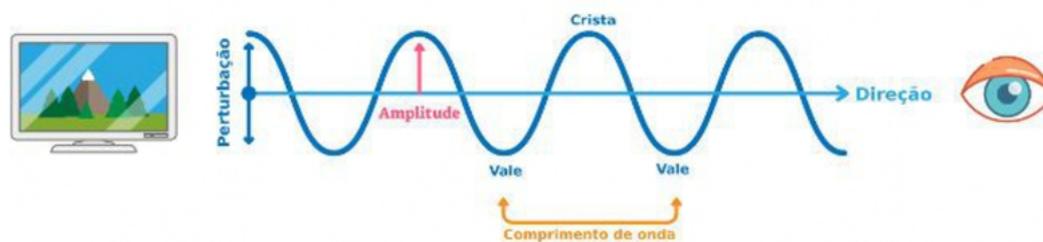
**Ondas longitudinais:** ondas que se propagam na mesma direção que a perturbação que as gerou. **Exemplo:** o som é uma onda **longitudinal** gerada pela compressão e rarefação das moléculas de um meio como ar, regiões onde a **densidade** do ar fica **maior** e **menor**, respectivamente. Observe a figura abaixo:



Fonte: Próprio Autor (2019)

Figura 22 – Slide 04

**Ondas transversais:** ondas que se propagam em direções perpendiculares à direção da perturbação que as gerou. **Exemplo:** uma onda que é produzida em uma corda sendo balançada ou ainda a luz sendo produzida pela oscilação dos campos elétrico e magnético. Observe a figura:

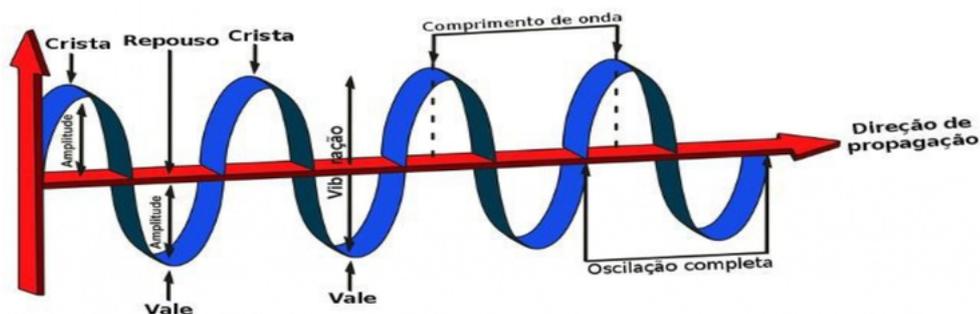


Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 23 – Slide 05

### Propriedades das ondas

Independente de qual for a natureza, forma de propagação ou perturbação, todas as ondas apresentam as mesmas propriedades: **frequência**, **comprimento de onda**, **amplitude**, **velocidade** e **período**. A figura abaixo apresenta uma onda e seus elementos. Observe:



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 24 – Slide 06

O **comprimento de onda** é representado pelo símbolo  $\lambda$  e equivale ao espaço que as ondas percorrem até que realizem **uma oscilação completa**. O comprimento de onda também é definido como a **distância entre dois vales consecutivos, duas cristas consecutivas** ou **três nós consecutivos**. Nós são posições do meio que permanecem em repouso durante a propagação da onda. No Sistema Internacional de Unidades (SI), o comprimento de ondas é uma grandeza definida em metros (m).

A **amplitude** da onda está relacionada à sua **intensidade**. Por exemplo, quando o volume do som está alto, as ondas sonoras estão sendo produzidas com altas amplitudes. A amplitude é medida como a distância da posição de equilíbrio até a altura de uma crista ou de um vale. **Por exemplo:** quando uma gota d'água cai sobre a superfície de um lago, forma-se uma pequena onda. Os pontos dessa onda que se encontram na mesma altura que o resto do lago são **posições de equilíbrio**, também chamados **nós**.

Fonte: Próprio Autor (2019)

Figura 25 – Slide 07

A **frequência** da onda é dada pelo **número de oscilações** que ela realiza **a cada segundo**. No Sistema Internacional, essa grandeza é medida em **s<sup>-1</sup>** (inverso de segundo), que é equivalente a **hertz (Hz)**. **Por exemplo:** uma onda de **20 Hz** realiza **vinte oscilações completas a cada segundo**.

O **período** de uma onda é o **intervalo de tempo** que ela leva para realizar **uma oscilação completa**. No SI, essa grandeza é medida em **segundos (s)**. Além disso, as propriedades **período** e **frequência** podem ser relacionadas pela seguinte expressão:

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

**T** = período (s)

**f** = frequência (Hz)

Fonte:Próprio Autor (2019)

Figura 26 – Slide 08

## Simulador Phet

Aumente e diminua a configuração de amplitude. O que acontece com as gotas reais de líquido E as ondas criadas à medida que você aumenta e diminui a amplitude?

Aumente e diminua a configuração de frequência. O que acontece com as gotas reais de líquido E as ondas à medida que você aumenta e diminui a frequência?

Fonte:Próprio Autor (2019)

Figura 27 – Slide 09

## Equação fundamental da Ondulatória

A **velocidade da onda depende** do **meio** em que ela se propaga. No Sistema Internacional de Unidades, ela é medida em **metros por segundo** (m/s). Além disso, essa grandeza guarda uma relação matemática com as grandezas frequência (ou período) e comprimento de onda:

$$v = \lambda f$$

**v** = velocidade de propagação da onda (m/s)

**$\lambda$**  = comprimento de onda (m)

**f** = frequência (Hz)

Fonte:Próprio Autor (2019)

Figura 28 – Slide 10

## Para casa!

1. (Udesc) Analise as proposições com relação às ondas eletromagnéticas e às ondas sonoras.

I. As ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo e as ondas sonoras necessitam de um meio material para se propagar.

II. As ondas eletromagnéticas são ondas transversais e as ondas sonoras são ondas longitudinais.

III. Ondas eletromagnéticas correspondem a oscilações de campos elétricos e de campos magnéticos perpendiculares entre si, enquanto as ondas sonoras correspondem a oscilações das partículas do meio material pelo qual as ondas sonoras se propagam.

IV. As ondas eletromagnéticas sempre se propagam com velocidades menores do que as ondas sonoras.

V. As ondas eletromagnéticas, correspondentes à visão humana, estão na faixa de frequências de 20Hz a 20.000Hz, aproximadamente, e as ondas sonoras, correspondentes à região da audição humana, estão na faixa de frequência 420THz a 750THz, aproximadamente.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras. b) Somente as afirmativas III, IV e V são verdadeiras. c) Somente as afirmativas II, IV e V são verdadeiras. d) Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras. e) Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.

Fonte:Próprio Autor (2019)

**Figura 29 – Slide 11**

2. (UNESP) Radares são emissores e receptores de ondas de rádio e têm aplicações, por exemplo, na determinação de velocidades de veículos nas ruas e rodovias. Já os sonares são emissores e receptores de ondas sonoras, sendo utilizados no meio aquático para determinação da profundidade dos oceanos, localização de cardumes, dentre outras aplicações. Comparando-se as ondas emitidas pelos radares e pelos sonares, temos que:

- a) as ondas emitidas pelos radares são mecânicas e as ondas emitidas pelos sonares são eletromagnéticas.
- b) ambas as ondas exigem um meio material para se propagarem e, quanto mais denso for esse meio, menores serão suas velocidades de propagação.
- c) as ondas de rádio têm oscilações longitudinais e as ondas sonoras têm oscilações transversais.
- d) as frequências de oscilação de ambas as ondas não dependem do meio em que se propagam.
- e) a velocidade de propagação das ondas dos radares pela atmosfera é menor do que a velocidade de propagação das ondas dos sonares pela água.

Fonte:Próprio Autor (2019)

**Figura 30 – Slide 12****Referências:**

BONJORNNO, José Roberto; RAMOS, Clinton Marcico; PRADO, Eduardo de Pinho; BONJORNNO, Valter; BONJORNNO, Mariza Azzolini; CASEMIRO, Renato; BONJORNNO, Regina de Fátima Souza Azenha. **Física: Termologia, óptica, ondulatória**. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016. 384 p.

HELERBROCK, Rafael. "O que é onda?"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-onda.htm>. Acesso em 04 de novembro de 2019.

Fonte:Próprio Autor (2019)

## APÊNDICE C

Texto: Aulas 5 e 6

Colégio Estadual Professora Almerinda Meira do Carmo.

Curso: Ensino Médio.

Disciplina: Física.

Turma: 2<sup>o</sup> ano (A).

Professor: Robson

Aluno(a):

### FORMAS DE ENERGIA

A origem do termo energia é a palavra grega “érgon”, que significa trabalho. Assim, “en + érgon” quer dizer, na Grécia Antiga, “em trabalho”, “em atividade”, “em ação”. Energia é um termo muito usado nos meios de comunicação e tem um significado especial para a ciência e a tecnologia. É comum ouvirmos frases do tipo: “as crianças têm muita energia”, “a energia dos cristais”, “aquela pessoa tem uma energia negativa”, “algumas plantas trazem energia positiva para a casa”. Na ciência, o termo energia tem um significado um pouco diferente que, na maioria das vezes, pode não coincidir com o uso cotidiano. A energia é uma grandeza particularmente importante, porque está relacionada com os mais diversos fenômenos. Na verdade, todos os fenômenos que ocorrem na natureza envolvem transformações de energia. Enquanto caminhamos ou lemos um livro, estamos transformando energia. Para o nosso organismo manter as funções vitais, como por exemplo, pulsar o coração, respirar ou manter a temperatura corporal constante, estamos também transformando energia. Até o momento o termo “energia” foi usado várias vezes sem, no entanto, apresentarmos uma definição para ele. Mesmo sendo um dos conceitos mais importantes da Física, ele é abstrato, o que o torna de difícil definição pois abrange fenômenos extremamente diferentes entre si. A energia afeta tudo que existe na natureza e as leis que governam seu comportamento estão entre as mais importantes e abrangentes da ciência. Podemos pensar em energia como algo que se transforma continuamente e que pode ser usado para realizar trabalho. Segundo Moreira (1998): “Se tivéssemos que citar um único conceito físico como o mais importante para a Física, e para toda a Ciência de um modo geral, este seria o conceito de energia. De maneira análoga, se tivéssemos que citar qual o mais útil princípio físico para toda a Ciência a escolha, certamente, recairia sobre o princípio da conservação da energia. Aliás, não, é difícil perceber que estas escolhas estão relacionadas” (MOREIRA, 1998, p.2). Estamos acostumados a ouvir falar em “energia elétrica”, “energia elástica”, “energia eólica”, “energia química”, “energia nuclear”, mas, na realidade, todas essas formas estão incluídas nas três formas fundamentais de energia: a cinética, devido ao movimento; a potencial, devido ao efeito das forças de interações; e a energia devido a massa, dada pela equação de Einstein,  $E = mc^2$  (MOREIRA, 1988, p.2). Existe um princípio que se aplica a qualquer processo físico até hoje conhecido, e para o qual não se conhece exceções: o princípio

da conservação da energia. A energia, em qualquer processo físico, apenas pode ser transformada e a sua quantidade total sempre permanece constante. E, precisamente nisso reside sua importância, ou seja, em um sistema físico isolado existem várias formas de energia, podendo umas se transformarem nas outras porém, no geral, a energia não pode ser criada nem destruída.

### **A radiação solar**

A radiação solar (raios de sol ou raios solares) é constituída de radiações: infravermelha, vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil, violeta e outras. Essas radiações se propagam no espaço em forma de ondas (ondas eletromagnéticas), como as ondas de rádio e, portanto, vibram com certa frequência. A radiação infravermelha, também denominada ondas de calor, pode ser de alta ou baixa frequência. A radiação infravermelha de alta frequência é aquela que vem do Sol, atravessa a atmosfera e aquece a superfície da Terra, ou atravessa o vidro e aquece, por exemplo, o estofamento do carro. A radiação infravermelha de baixa frequência é aquela irradiada pela superfície da Terra ou, por exemplo, pelo estofamento do carro; grande parte dessa radiação não atravessa os gases estufa e o vidro, portanto, contribui para aquecer o planeta Terra, o interior do carro e estufas de plantas.

FONTES:

MARQUES, N. L. R. & ARAUJO, I. S. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 20, n. 5.

UENO, P. T. et al. O Cotidiano da Física: Leituras e atividades: guia do professor. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

## APÊNDICE D

Questões investigativas - Simulador PhET: Aulas 5 e 6

Colégio Estadual Professora Almerinda Meira do Carmo.

Curso: Ensino Médio.

Disciplina: Física.

Turma: 2<sup>o</sup> ano (A).

Professor: Robson

Aluno(a):

Iniciar a simulação e responder às questões (de 1 a 4) abaixo de acordo com seus conhecimentos.

1 – A luz solar atinge a superfície da terra através de qual meio de propagação?

2 – Ao alterarmos as placas de vidro o que ocorre com a temperatura registrada no termômetro? Justifique (Utilizando-se do primeiro modo de simulação – Absorção da radiação).

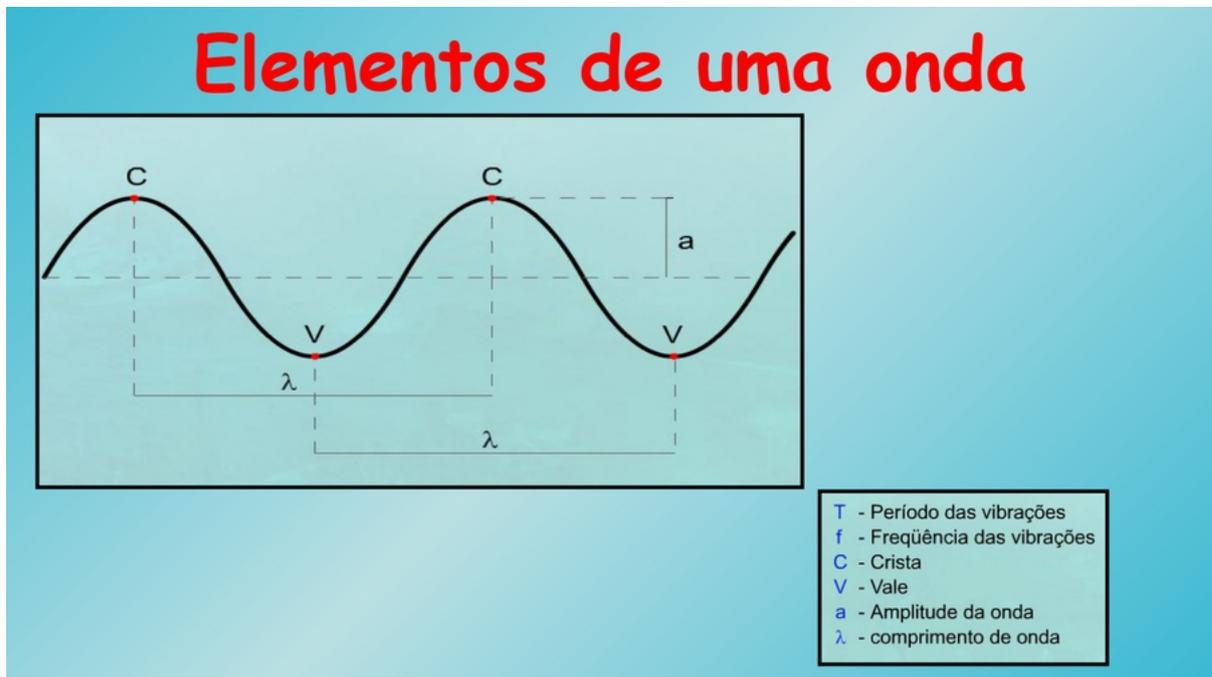
3 - Qual(is) dos gases presente na atmosfera terrestre não sofrerá praticamente nenhum aumento de temperatura ao absorver radiação infravermelha? E ao absorver luz visível?

4 - Os gases da atmosfera comportam-se como as lâminas de vidro do simulador (modelo simples e limitado). Com base na atuação das lâminas de vidro, qual a relação existente entre a temperatura global da terra com papel desempenhado pelos gases em nossa atmosfera?

## APÊNDICE E

Slides: Aulas 7 e 8

Figura 31 – Slide 13



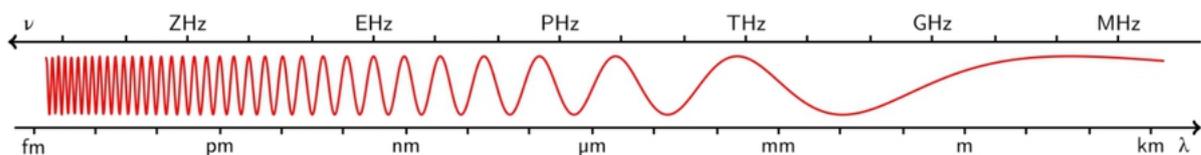
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 32 – Slide 14

# Ondas eletromagnéticas

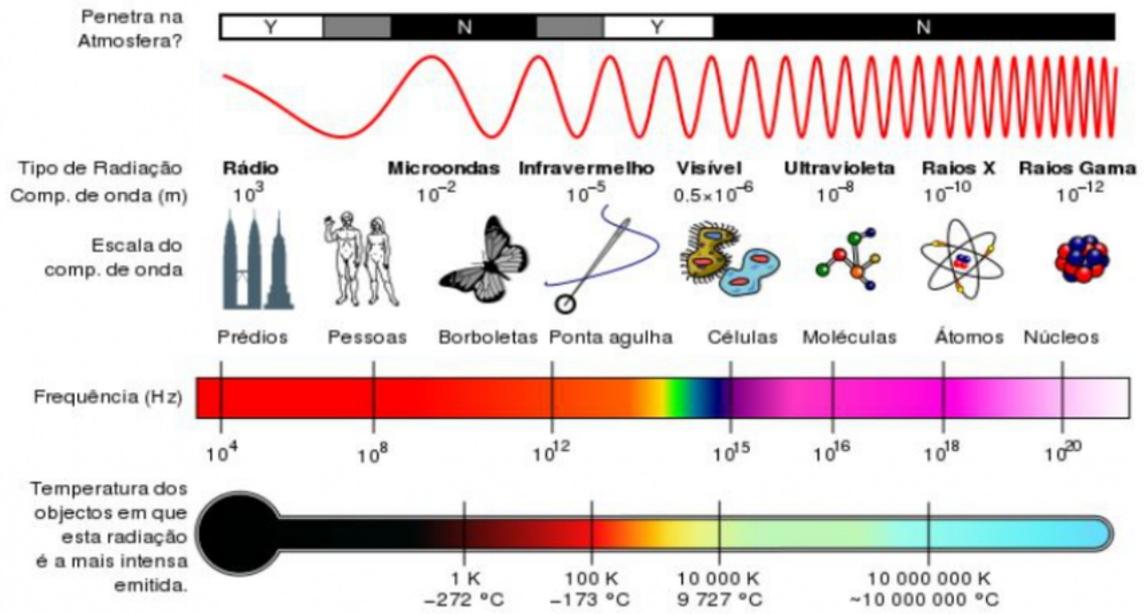
As ondas eletromagnéticas são ondas transversais produzidas quando cargas elétricas realizam movimento acelerado.

No vácuo, toda onda eletromagnética se propaga com uma velocidade de  $3 \times 10^8$  m/s. Luz, onda de rádio e raio X, por exemplo, são ondas eletromagnéticas que diferem por suas frequências. O conjunto de todas as ondas eletromagnéticas, baseado na frequência e no comprimento de onda, constitui o espectro eletromagnético.



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 33 – Slide 15



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 34 – Slide 16

# FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 35 – Slide 17

## FENÔMENOS

As ondas durante sua propagação podem sofrer alguns fenômenos, entre eles:

- ▣ REFLEXÃO
- ▣ REFRAÇÃO
- ▣ DIFRAÇÃO
- ▣ INTERFERÊNCIA
- ▣ RESSONÂNCIA
- ▣ POLARIZAÇÃO

Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 36 – Slide 18

## REFLEXÃO

- ▣ As ondas quando atingem uma superfície e retornam ao meio de origem, sofrem reflexão.

$\hat{i} = \hat{r}$

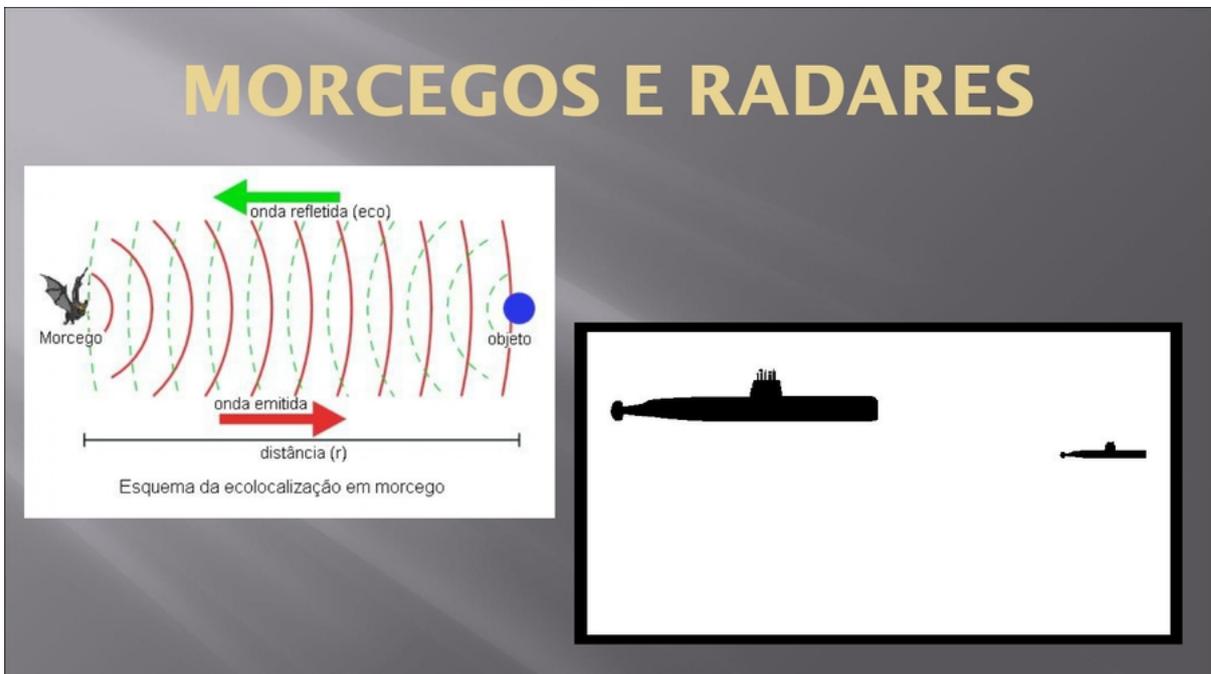
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 37 – Slide 19



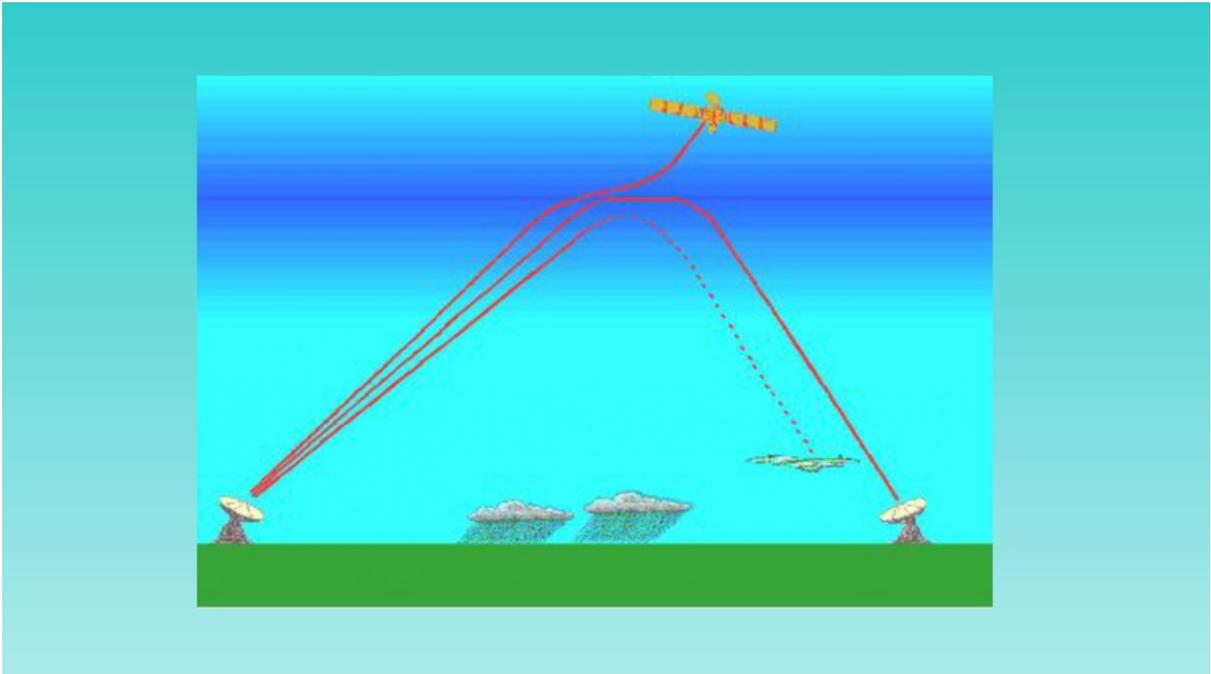
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 38 – Slide 20



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 39 – Slide 21

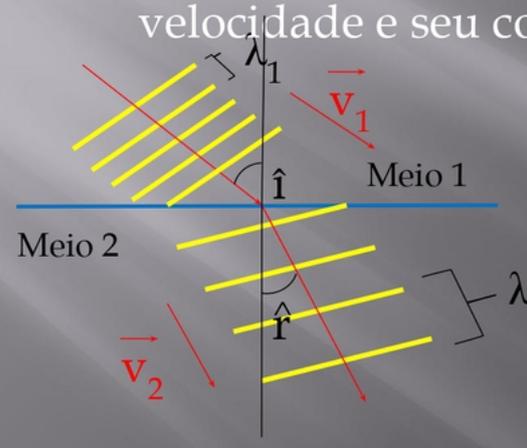


Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 40 – Slide 22

## REFRAÇÃO

Fenômeno em que ondas passam de um meio para outro, alterando sua direção, sua velocidade e seu comprimento de onda.



$$\frac{\text{sen } \hat{i}}{\text{sen } \hat{r}} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

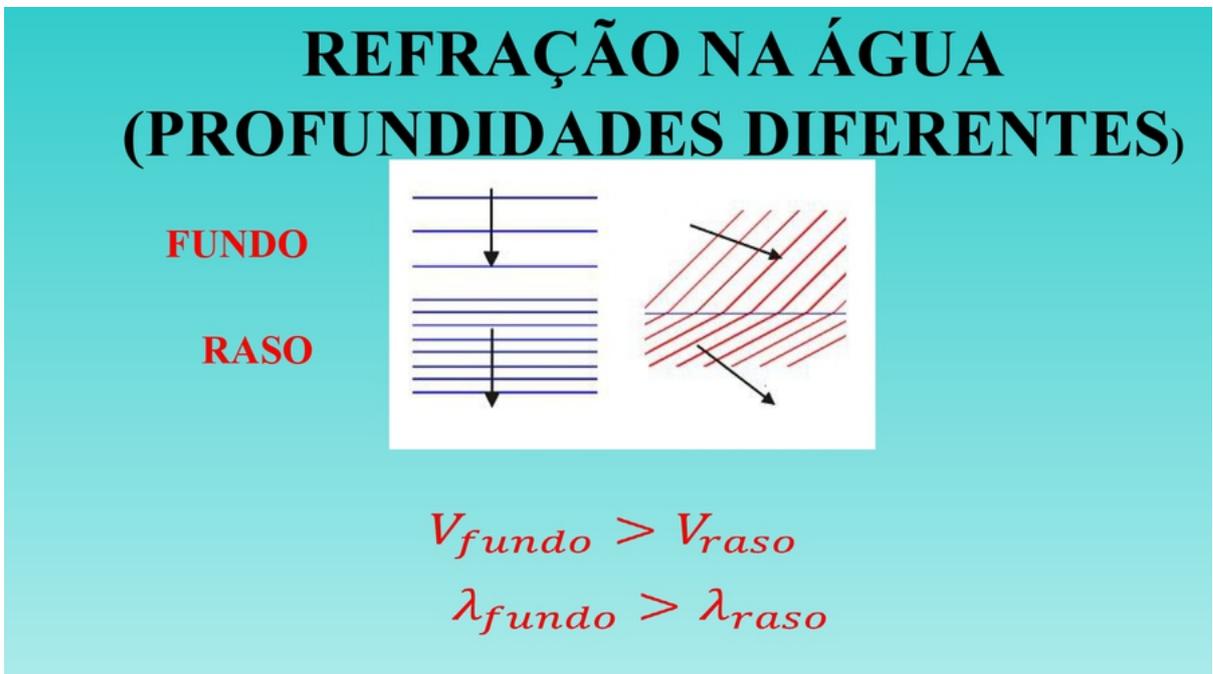
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 41 – Slide 23



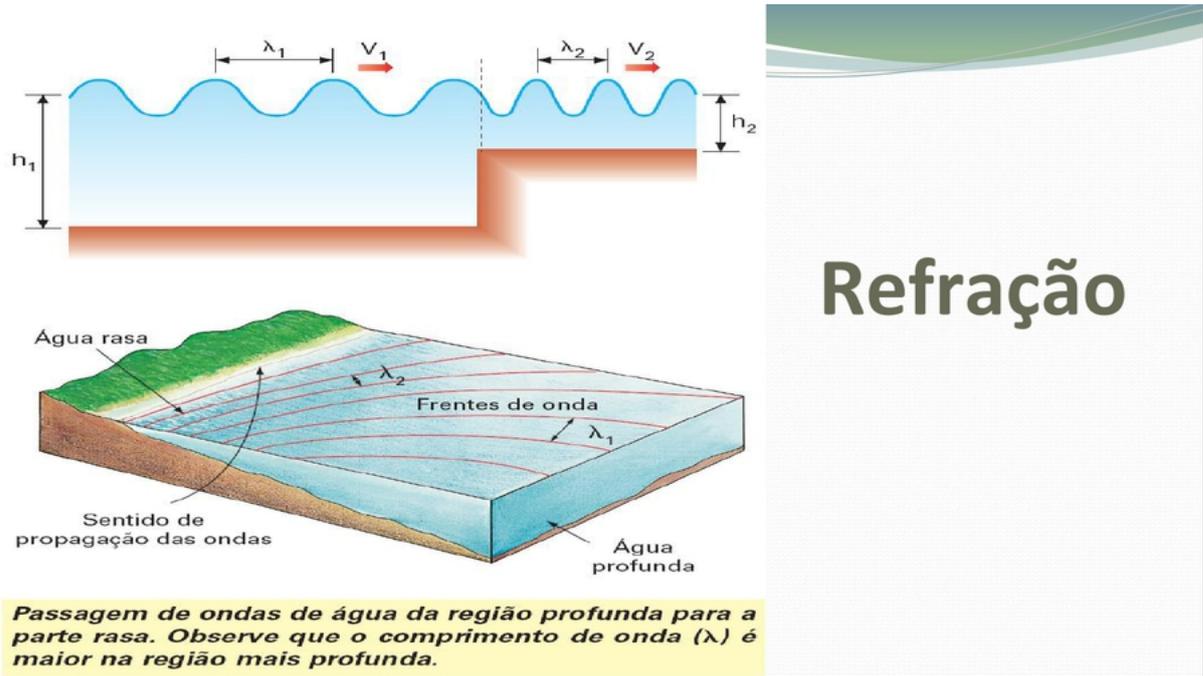
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 42 – Slide 24



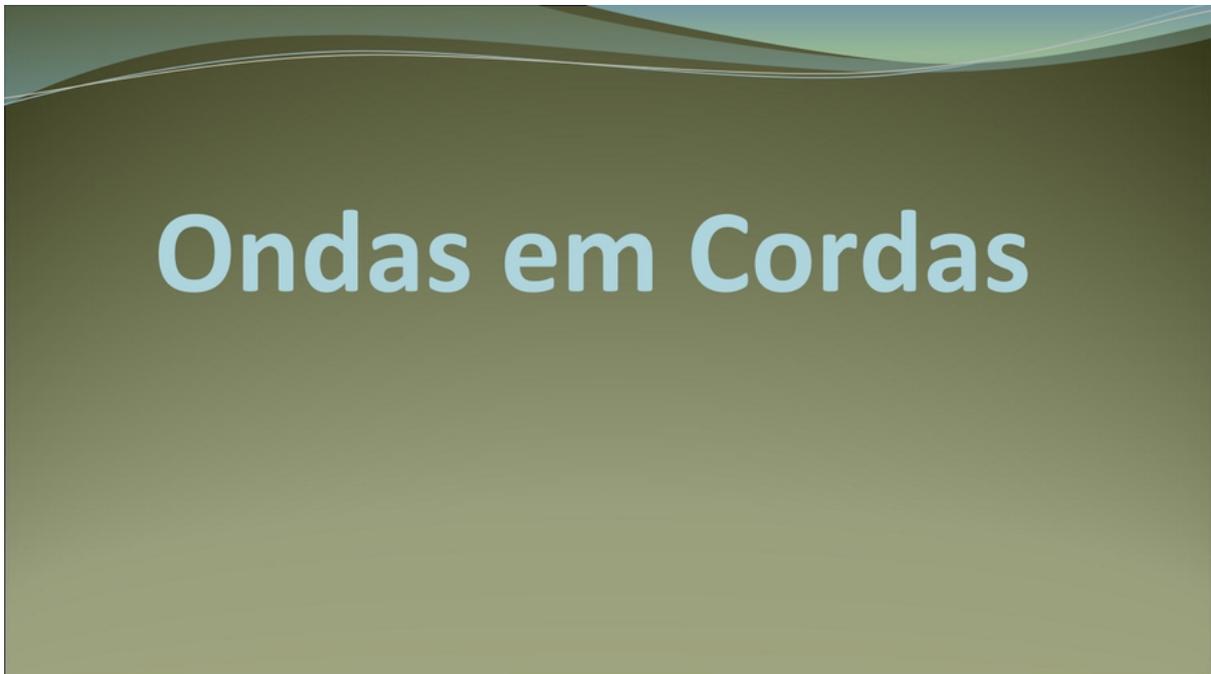
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 43 – Slide 25



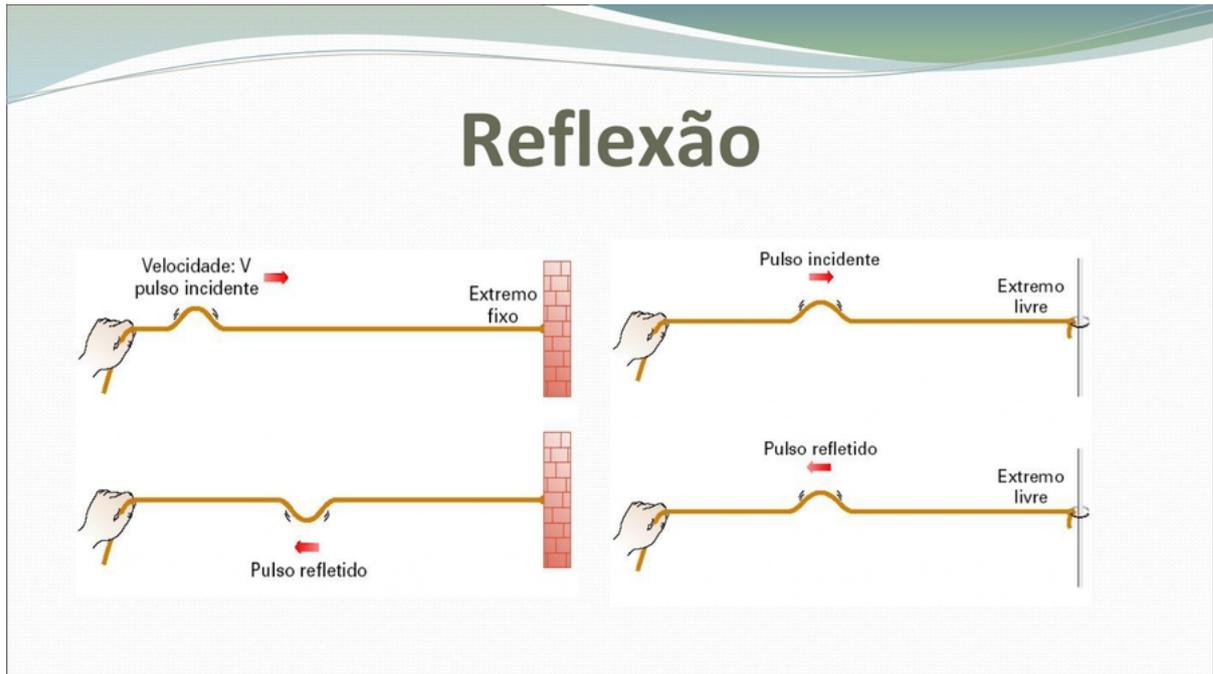
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 44 – Slide 26



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 45 – Slide 27



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 46 – Slide 28



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 47 – Slide 29

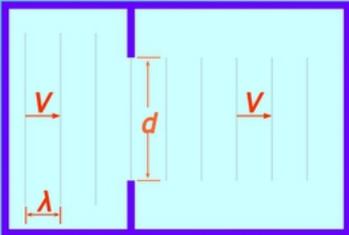
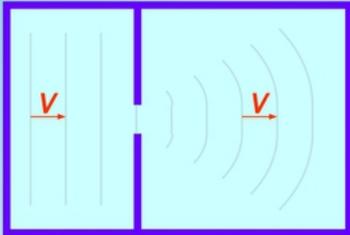
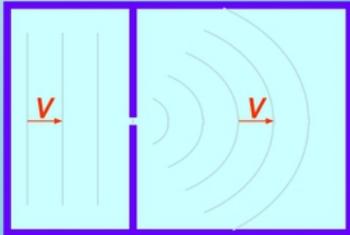
## Difração

É o fenômeno que caracteriza a onda por sua capacidade de contornar obstáculos desviando de sua trajetória reta.

Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 48 – Slide 30

## Difração em uma fenda

$\lambda \ll d$	$\lambda \approx d$	$\lambda \gg d$
		
Não ocorre difração	Ocorre difração	Ocorre difração acentuada

Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 49 – Slide 31

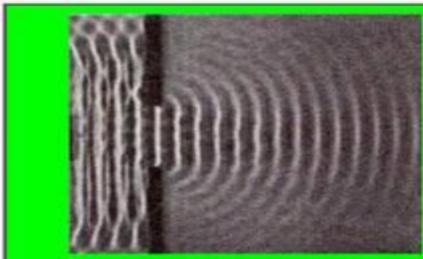


Fonte: Próprio autor (2019)

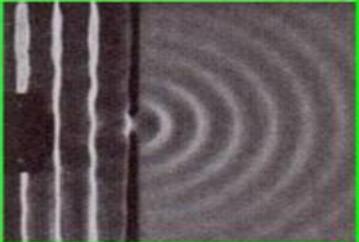
Figura 50 – Slide 32

## DIFRAÇÃO

- Contorno feito pela onda ao passar por um obstáculo ou por uma fenda.



abertura da fenda aproximadamente 5 vezes maior que o comprimento de onda



abertura da fenda aproximadamente igual ao comprimento de onda

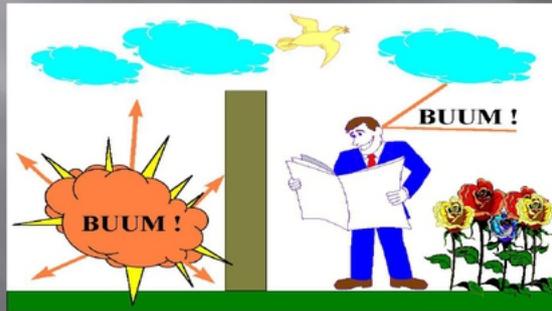
NÃO OCORRE DIFRAÇÃO QUANDO O COMPRIMENTO DE ONDA É MUITO MAIOR QUE A LARGURA DA FENDA OU OBSTÁCULO.

Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 51 – Slide 33

- ▣ Para que uma onda possa sofrer difração, o comprimento de onda da onda tem que ser próximo ou igual ao tamanho do obstáculo ou fenda.

$$\lambda \approx h$$

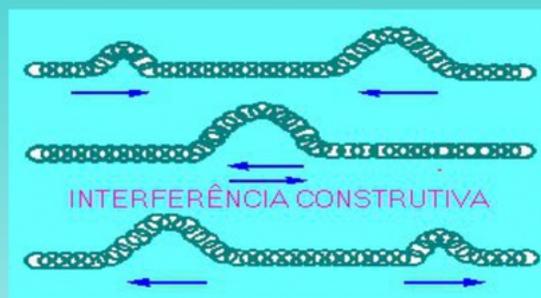


Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 52 – Slide 34

# INTERFERÊNCIA

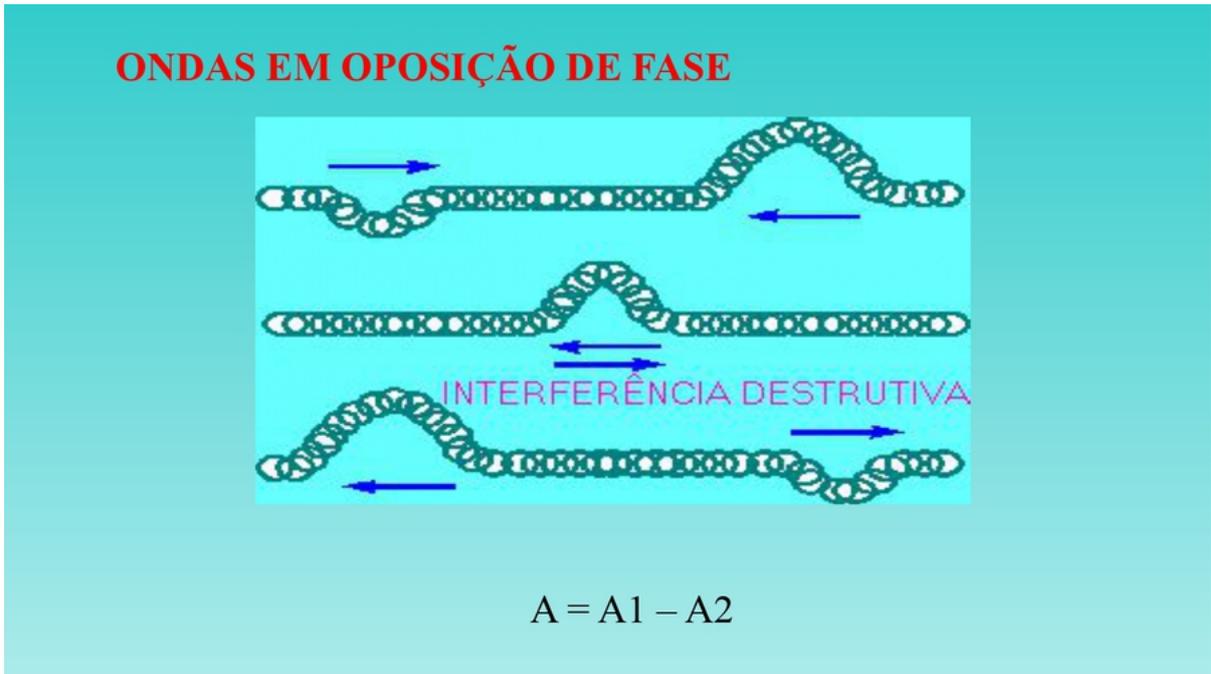
## ONDAS EM FASE



$$A = A_1 + A_2$$

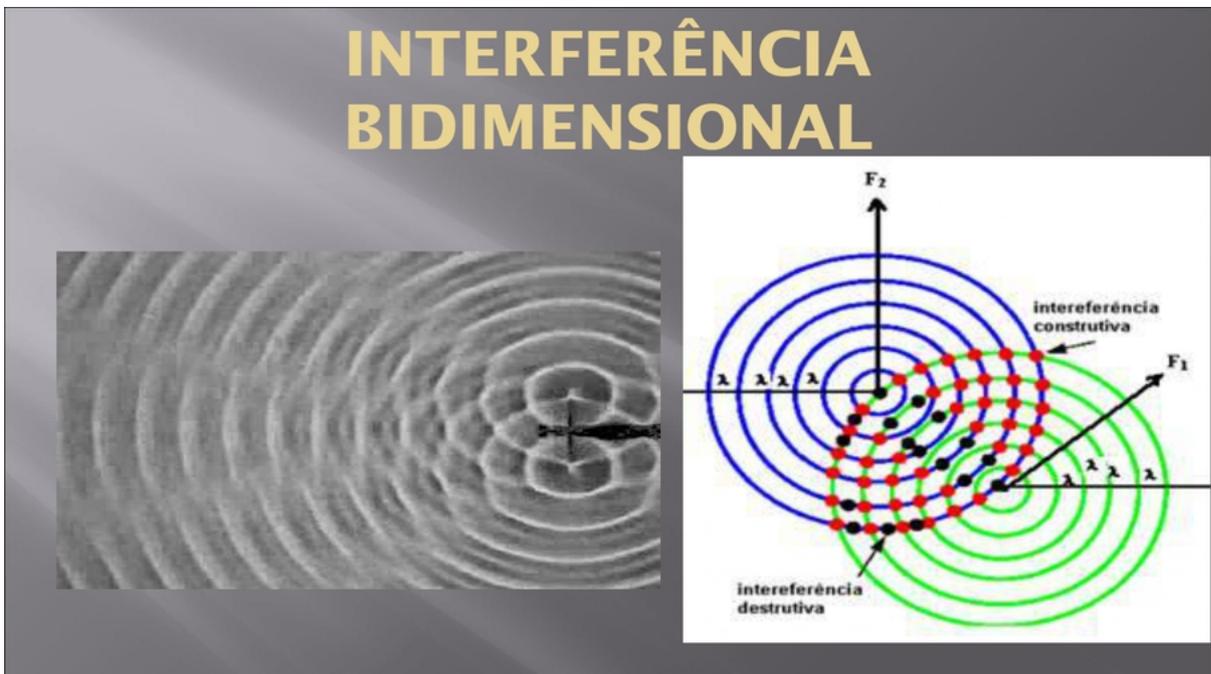
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 53 – Slide 35



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 54 – Slide 36



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 55 – Slide 37

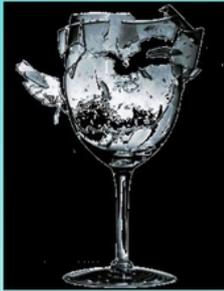


Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 56 – Slide 38

**RESSONÂNCIA**

**Quando um objeto se encontra próximo de uma fonte de ondas que vibra com a mesma frequência natural de vibração deste objeto, ela passa a transmitir energia para ele, aumentando a amplitude de vibração de suas moléculas.**




Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 57 – Slide 39

- ▣ Um copo fino de cristal pode ser quebrar se entrar em ressonância com a frequência da voz de um cantor.
- ▣ As ondas emitidas por um aparelho de micro ondas tem frequência específica que provocam ressonância com as moléculas do alimento, principalmente água, provocando seu cozimento de dentro para fora.



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 58 – Slide 40



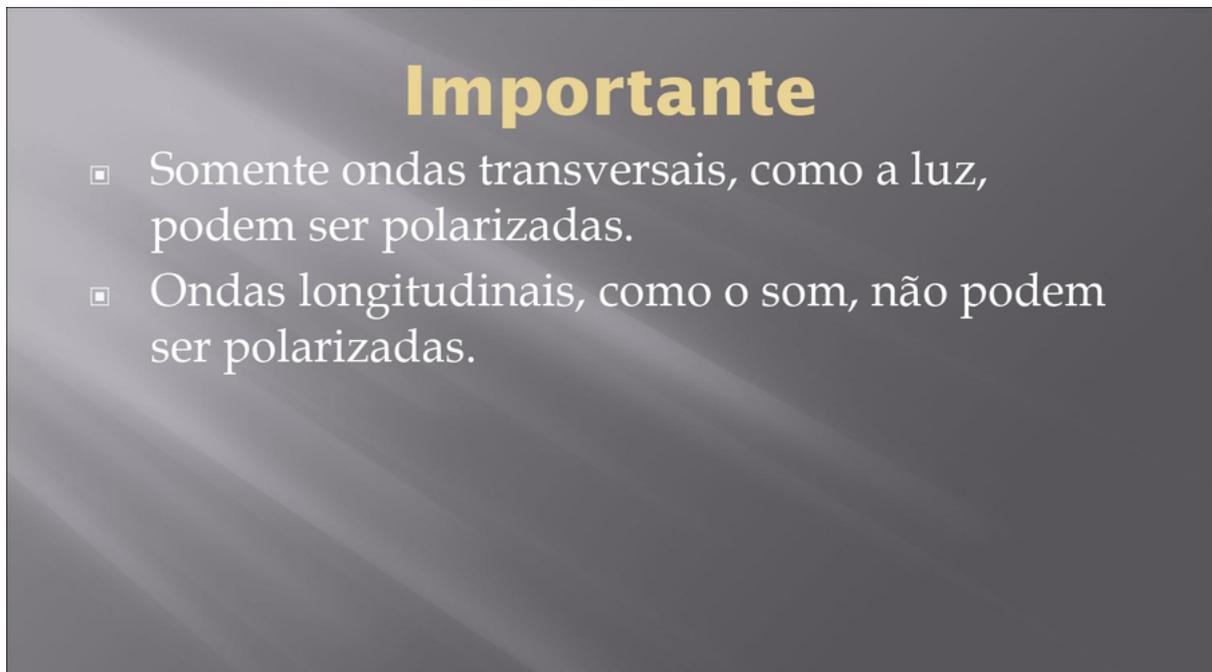
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 59 – Slide 41



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 60 – Slide 42



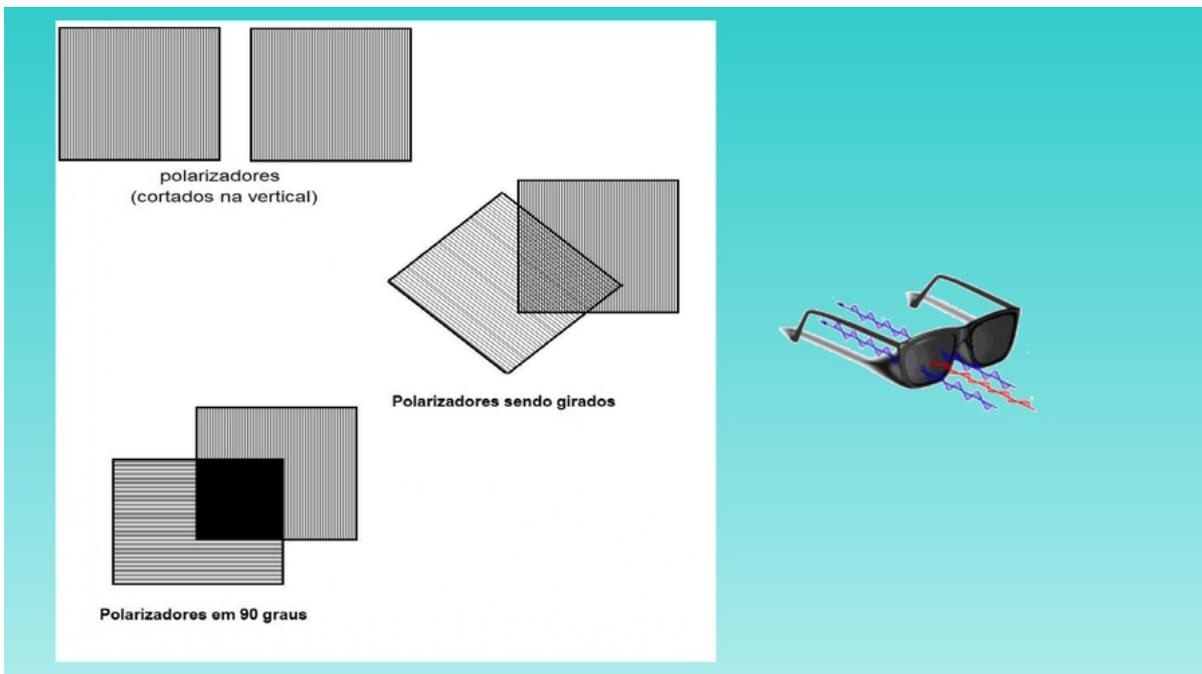
Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 61 – Slide 43



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 62 – Slide 44



Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 63 – Slide 45

Vantagens de lentes polarizadas:

- Elimina a os raios refletidos;
- Elimina o ofuscamento;
- Proporciona visão mais nítida;
- Melhor visão das cores.

Lentes sin polarizar, dejan pasar el deslumbramiento o reflejo

Lentes polarizadas, bloquean deslumbramiento o reflejo

Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 64 – Slide 46

## EFEITO DOPPLER

O efeito Doppler, para ondas (SONORAS OU LUMINOSAS), constitui o fenômeno pelo qual um observador percebe uma frequência diferente daquela emitida por uma fonte, devido ao movimento relativo entre eles (observador e fonte).

Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 65 – Slide 47

**– Observador      Fonte**

**+**

**Aproximação:** frequência observada maior  
Vê-se mais violeta  
Ouve-se mais agudo

**Afastamento:** frequência observada menor  
Vê-se mais vermelho  
Ouve-se mais grave

$$\frac{f_o}{v \pm v_o} = \frac{f_F}{v \pm v_F}$$

Fonte: Próprio autor (2019)

Figura 66 – Slide 48

## LUZ: DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA

Hipótese de partícula (Newton): pequenas esferas se movendo a altas velocidades.

“Prova”: formação de sombra de objetos.

Hipótese de onda (Hygens): a luz vibra  
o meio

Prova: experiência de young - franjas

Fonte: Próprio autor (2019)

## APÊNDICE F

Texto: Aulas 7 e 8

Colégio Estadual Professora Almerinda Meira do Carmo.

Curso: Ensino Médio.

Disciplina: Física.

Turma: 2<sup>o</sup> ano (A).

Professor: Robson

Aluno(a):

### **Um pouco sobre a teoria quântica da luz**

Fazem parte do nosso dia a dia portas que abrem automaticamente, luzes de postes que se acendem automaticamente e calculadoras que funcionam com “bateria solar”. Não pretendemos detalhar o funcionamento desses aparelhos, porque ainda não temos conhecimento suficiente sobre o eletromagnetismo. Porém, é possível ter uma ideia de sua construção e seu funcionamento analisando dois trabalhos científicos: um elaborado por Albert Einstein (1879 - 1955) em 1905, que diz respeito à teoria “quântica” da luz, e outro publicado oito anos depois pelo físico dinamarquês Niels Bohr (1886 - 1961), que apresenta uma teoria “quântica” para a matéria. Os dois trabalhos foram desenvolvidos considerando uma tese introduzida pelo físico alemão Max Planck (1858 - 1947), Planck sugeriu a existência de uma quantidade mínima de energia, que chamou de “pacote” de energia ou quantum.

### **Efeito Fotoelétrico**

Einstein baseou-se na ideia dos pacotes de energia para explicar um fenômeno que tinha sido descoberto em 1887 por outro físico alemão, chamado Heinrich Rudolf Hertz (1857 - 1894). Hertz observou, pela primeira vez, que a incidência de luz violeta sobre os metais tornava-os eletricamente carregados. Para Einstein, alguns elétrons eram “arrancados” do metal por causa da transformação da energia luminosa em energia cinética. Por envolver luz e carga elétrica, o fenômeno recebeu o nome de efeito fotoelétrico. A teoria ondulatória da luz previu que um aumento na intensidade de luz sobre o metal provocaria um aumento proporcional da energia cinética dos elétrons arrancados. A prática, contudo, não confirmou a teoria: aumentando-se a intensidade da luz violeta incidente sobre o metal, a energia cinética dos elétrons arrancados permanecia constante. Aliás, uma luz com pouca intensidade produzia o mesmo efeito, ainda que o número de elétrons arrancados fosse menor. Mas se, em vez de violeta, a luz incidente fosse amarela ou vermelha, a energia cinética dos elétrons era menor. Por isso, concluiu-se que a energia cinética dos elétrons arrancados depende da cor da luz incidente e não de sua intensidade. Einstein interpretou esses resultados experimentais, admitindo que a própria luz “carrega” seus pacotes de energia, que ele chamou de quanta de luz. Para ele, a luz incidente corresponde a uma “chuva” de fótons (quanta de luz) sobre o metal. A ação da luz sobre o metal equivale ao “choque” dos fótons com alguns elétrons dos átomos do metal, resultando num aumento

da sua energia cinética. É justamente por causa do aumento de energia que esses elétrons são arrancados dos átomos. De acordo com a teoria de Einstein, o aumento da intensidade da luz corresponde a um aumento da quantidade de fótons que colidem com o metal. O resultado dessas colisões é um aumento da quantidade de elétrons arrancados e não de sua energia cinética. Pela teoria quântica, cada frequência de luz corresponde a fótons cuja a energia tem valores diferentes. Isso explica a diferença da energia cinética dos elétrons arrancados quando se incide luz violeta ou amarela. O fóton correspondente a luz violeta tem maior energia que o correspondente a luz amarela. Admitindo-se que cada fóton consegue arrancar apenas um único elétron do metal e que sua energia depende apenas da frequência de sua cor - quanto maior a frequência da luz, maior a energia -, explica-se o fenômeno. Einstein propôs ainda que a energia do fóton da luz é diretamente proporcional à frequência da luz e pode ser escrita como  $E = h \cdot f$ , em que  $h$  é denominada constante de Planck ( $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{J.s}$ ). De certa maneira, os fótons de luz de Einstein são uma reinvenção dos corpúsculos da teoria da luz de Newton, o que acabou retornando nossa conhecida questão: afinal, a luz é uma onda ou uma partícula? Hoje os físicos admitem uma teoria que concilia os dois aspectos: na interação com a matéria, a luz visível age, em certas condições, como uma onda e, em outras, como uma partícula. Isso significa que só podemos falar sobre o comportamento da luz quando determinamos que tipo de interação com a matéria ela terá. O efeito fotoelétrico, por exemplo, constitui-se numa manifestação do aspecto corpuscular da luz; já a difração e a interferência luminosas revelam seu aspecto ondulatório. Portanto, a teoria quântica da luz admite a dualidade onda e partícula nas diferentes possibilidades de sua interação com a matéria.

Fontes:

GONÇALVES FILHO, Aurelio; TOSCANO, Carlos. Física 2: Interação e Tecnologia. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016. 304 p. v.2.

DOS SANTOS, Carlos Alberto. O FÍSICO E O FÓTON. Ciência Hoje, [s. l.], 7 ago. 2015. Disponível em:<http://cienciahoje.org.br/coluna/o-fisico-e-o-foton/>. Acesso em: 1 nov. 2019.

## APÊNDICE G

### Aplicativo Google Sala de Aula: Aulas 7 e 8

Questões –

1. O famoso físico alemão Albert Einstein, em 1905, usando um argumento idealizado por seu compatriota, o físico Max Plank, explicou o fenômeno em que elétrons são arrancados de metais quando estes são expostos a ondas eletromagnéticas de determinadas frequências (efeito fotoelétrico). Esse feito contribuiu para o surgimento de uma nova área da Física denominada:

- a) Teoria da Relatividade Geral
- b) Mecânica Quântica
- c) Física Nuclear
- d) Teoria da Relatividade Restrita
- e) Teoria de Cordas

2. (PUC-MG) O efeito fotoelétrico é um fenômeno pelo qual:

a) elétrons são arrancados de certas superfícies quando há incidência de luz sobre elas.

b) as lâmpadas incandescentes comuns emitem um brilho forte.

c) as correntes elétricas podem emitir luz.

d) as correntes elétricas podem ser fotografadas.

e) a fissão nuclear pode ser explicada.

3. (ITA-SP) Incide-se luz num material fotoelétrico e não se observa a emissão de elétrons. Para que ocorra a emissão de elétrons do mesmo material basta que se aumente(m):

a) intensidade da luz.

b) a frequência da luz

c) o comprimento de onda da luz.

d) a intensidade e a frequência da luz.

e) a intensidade e o comprimento de onda da luz.

## APÊNDICE H

### Proposta Experimental: Aulas 9 e 10

- Comportamento ondulatório da luz, Interferência e difração utilizando um laser e fio de cabelo

Materiais necessários: Laser; Fio de Cabelo; Pedaco de Papelão retangular (Largura 20 cm x Altura 15 cm); Fita Gomada; Folha de Papel A4. Tesoura; Estilete.

Para a montagem do experimento precisamos cortar com uma tesoura um pedaco de papelão nas dimensões (largura 20 cm x altura 15cm). No meio do papelão abrimos com um estilete um retângulo de dimensões (largura 10 cm x altura 6cm) e para fixar o fio de cabelo utilizamos pequenos pedacos de fita gomada, que também serve para deixar o aparato preso numa superfície plana. A folha de Papel A4 cola-se em parede a uma distância de aproximadamente um ou dois metros do aparato e na mesma horizontal. Incide-se então a luz do laser sobre o fio de cabelo de modo que a imagem apareça na folha de papel o os alunos possam ver os dois fenômenos ocorrendo. Podemos com esse experimento mostrar aos alunos o fenômeno da interferência construtiva nos pontos de luminosidade máxima formados na imagem e a interferência destrutiva nos pontos de mínimo. Mostra-se também o fenômeno da difração ocorrendo quando a luz consegue contornar o obstáculo (fio de cabelo). Logo abaixo segue o link do video de acesso a realização do experimento. vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HMI779PZ8EU&t=15s>.

- Interação da radiação(fóton) com a matéria.

#### Montagem e funcionamento

Material: um fotoresistor (LDR), um led, uma placa protoboard, um suporte de duas baterias de 1,5V, duas baterias de 1,5V.

Na perna positiva do LED conecte o resistor. Na perna negativa do LED conecte o fotoresistor. Ligue o positivo da bateria no resistor ligado ao LED e o negativo da bateria no fotoresistor ligado ao led. Como esse circuito é muito simples de montar a protoboard é opcional, você pode ligar os componentes diretamente um ao outro usando uma solda, ou pedacos de fios. Após terminar a montagem e colocar a bateria o LED acenderá. Aproxime o dedo sobre a superfície do fotoresistor (ou apague a luz da sala) de modo que a luz seja impedida de incidir sobre ele e observe que o brilho do LED irá diminuir.



## **APÊNDICE I**

### **PRODUTO**

**Uma estratégia de ensino diferenciada para o estudo de tópicos de física moderna**

**ROBSON CESAR COSTA VILAR**

Vitória da Conquista – Bahia

2019

## 1) Introdução

Apresentamos uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino de conteúdos de ondulatória com a introdução de tópicos de física moderna presentes no cotidiano dos alunos, articulando-os com vistas a uma aprendizagem significativa. Para tanto, fazemos uso de diversas estratégias pedagógicas como a apresentação de vídeos, construção de mapas conceituais, leitura e discussão de textos, utilização de um simulador (hipermídia) e a realização de experimento didático.

### 2. Objetivo Geral

Desenvolver uma UEPS para o ensino de alguns conceitos da Ondulatória com a introdução de tópicos de Física Moderna numa perspectiva da aprendizagem significativa como alternativa ao método “tradicional” de aulas teóricas e aplicação de listas de exercícios.

### 3. Objetivos Específicos

Utilizar estratégias pedagógicas e tecnológicas diversificadas como a apresentação de vídeos, construção de mapas (e ou diagramas) conceituais, leitura e discussão de textos, utilização de simulador (hipermídia), ‘software’ aplicativo de celular e a realização de experimentos didáticos.

### 4. Referencial Teórico-Metodológico

Segundo (MOREIRA; MASSONI, 2016) a UEPS, pode ser construída de acordo com seguintes aspectos (sequenciais ou passos):

4.1 Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino;

4.2 Criar/propor situação(ções) – discussão, questionamento, 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;

4.3 Propor situações-problema, em nível bem introdutório, considerando o conhecimento prévio do aluno, que prepare o terreno para a introdução do conhecimento 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; essas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano;

4.4 Apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, começando com aspectos mais gerais, 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, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

4.5 Retomar os aspectos mais gerais, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.); as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; após essa segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; essa atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

4.6 Concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão; isso deve ser feito por meio 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 audiovisual, etc.; após essa 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;

4.7 A avaliação da aprendizagem deve ser feita ao longo da implementação da UEPS, 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; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa como na avaliação somativa;

4.8 A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa.

## 5. Público Alvo

Estudantes do 2º ano do ensino médio.

## 6. Descrição da proposta

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) poderá ser aplicada durante 10 aulas. Serão utilizadas diversas estratégias pedagógicas incluindo questionários, mapas conceituais, vídeo, simulação computacional (hipermídia) e experimento didático. A UEPS será organizada em 10 aulas descritas da seguinte forma:

6.1 AULAS 1 e 2: Tempo: Duas aulas – 100 minutos

Objetivo: Criar organizadores prévios.

Atividade: Apresentação de situação-problema a ser discutida de forma espontânea e compartilhada por todos os alunos.

Objetivo: Criar organizadores prévios.

Atividade: Apresentação de parte (até o minuto 36) do vídeo produzido pela TV Educativa Pública da província de Ontário, Canadá, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Mhdj1X0H2Vc&list=WL&index=2&t=0s>.

Objetivo: Identificar o perfil da turma.

Atividade: Nesta parte da aula será utilizado um questionário de perfil socioeconômico com questões de múltipla escolha.

Questionário de Perfil Socioeconômico

1) Você é do sexo:

- a)  Masculino      b)  Feminino.

2) Você se considera:

- a)  Branco      c)  Pardo e)  Indígena  
b)  Preto      d)  Amarelo f)  Não declarado

3) Estado Civil:

- a)  Solteiro(a);      c)  Viúvo(a);  
b)  Divorciado(a);      d)  Casado(a);

4) Local da sua residência:

- a)  Zona Urbana;      b)  Zona Rural: região \_\_\_\_\_.

5) Você possui alguma deficiência?

- a)  Sim;      b)  Não.

5.1. Em caso afirmativo, indique o tipo:

- a)  Deficiência Física.  
b)  Deficiência visual.  
c)  Deficiência auditiva.  
e)  Outro: especificar \_\_\_\_\_

6) Você tem filhos?

- a)  Não.      b)  Sim. Quantidade: \_\_\_\_\_

7) Meio de Transporte utilizado para vir a escola?

- a)  A pé;      c)  ônibus;  
b)  carro ou moto;      d)  bicicleta.

8) Sua residência é:

- a)  Própria.      b)  Alugada. c)  Outros: \_\_\_\_\_

9) Qual o grau de escolaridade de seu pai?

- a)  Não alfabetizado;  
b)  Ensino Fundamental;  
c)  Ensino Médio;  
d)  Ensino Superior;

e) ( ) Pós graduação;

f) ( ) Não sei.

10) Qual o grau de escolaridade de sua mãe?

a) ( ) Não alfabetizada;

b) ( ) Ensino Fundamental;

c) ( ) Ensino Médio;

d) ( ) Ensino Superior;

e) ( ) Pós graduação;

f) ( ) Não sei.

11) Qual a renda mensal do seu grupo familiar? (Soma do rendimento de todos que contribuem com a renda)

a) ( ) Menos de 1 Salário Mínimo.

d) ( ) De 6 a 10 Sal. Mínimos.

b) ( ) De 1 a 3 Sal. Mínimos.

e) ( ) Mais de 10 Sal. Mínimos.

c) ( ) De 3 a 6 Sal. Mínimos.

12) Quantas pessoas contribuem com a renda familiar?

a) ( ) 1 a 2 pessoas.

b) ( ) 3 a 5 pessoas.

c) ( ) Mais de 5 pessoas.

13) Você trabalha?

a) ( ) Sim. b) ( ) Não

Se a resposta for positiva do item anterior responda a questão 14

14) Qual sua jornada de trabalho semanal

a) ( ) Menos de 10 horas;

b) ( ) Entre 10 e 20 horas;

c) ( ) Entre 20 e 30 horas;

d) ( ) Entre 30 e 40 horas;

e) ( ) 40 horas ou mais.

15) Com que idade você começou a trabalhar?

a) ( ) Antes dos 14 anos;

b) ( ) Entre 14 e 16 anos;

c) ( ) Entre 17 e 18 anos;

d) ( ) Após os 18 anos;

e) ( ) Nunca Trabalhei.

Objetivo: organizar as tarefas diárias, melhorar a comunicação e aumentar a colaboração e o acesso aos materiais e recursos.

atividade: Apresentar e solicitar da turma que acessem, após o término das aulas, o aplicativo Google Sala de Aula - Classroom.

6.2 AULAS 3 e 4 : Tempo: Duas aulas – 100 minutos

Objetivo: Compreender as concepções alternativas dos estudantes sobre o assunto, construir um mapa conceitual.

Atividades: Será feita uma breve explanação sobre a construção de um mapa conceitual, solicitando em seguida que os alunos (em dupla) construam um primeiro mapa de conceitos relacionando as ideias que tiveram ao assistir ao vídeo da aula anterior junto com as concepções prévias de cada aluno.

Objetivo: Introduzir os conceitos iniciais de ondulatória; Verificar como a alteração da frequência e amplitude afeta as características da onda.

Atividades: Na segunda parte da aula será feita uma explanação através de slides os conceitos iniciais de ondulatória (ondas, natureza, perturbação, comprimento, amplitude, período, frequência, equação fundamental da ondulatória). Durante a apresentação fazer uso do simulador(hipermídia) disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/waves-intro](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/waves-intro) para demonstrar as características das ondas, colocando as situações problemas: Aumente e diminua a configuração de amplitude. O que acontece com as gotas reais de líquido. E as ondas criadas à medida que você aumenta e diminui a amplitude? Aumente e diminua a configuração de frequência. O que acontece com as gotas reais de líquido. E as ondas à medida que você aumenta e diminui a frequência?

Objetivo: Realizar uma etapa da avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de atividades individuais.

Atividades: Após a aula responder na plataforma google sala de aula um questionário com duas questões.

Questões -

1. (Udesc) Analise as proposições com relação às ondas eletromagnéticas e às ondas sonoras.

I. As ondas eletromagnéticas podem se propagar no vácuo e as ondas sonoras necessitam de um meio material para se propagar.

II. As ondas eletromagnéticas são ondas transversais e as ondas sonoras são ondas longitudinais.

III. Ondas eletromagnéticas correspondem a oscilações de campos elétricos e de campos magnéticos perpendiculares entre si, enquanto as ondas sonoras correspondem a oscilações das partículas do meio material pelo qual as ondas sonoras se propagam.

IV. As ondas eletromagnéticas sempre se propagam com velocidades menores do que as ondas sonoras.

V. As ondas eletromagnéticas, correspondentes à visão humana, estão na faixa de frequências de 20Hz a 20.000Hz, aproximadamente, e as ondas sonoras, correspondentes à região da audição humana, estão na faixa de frequência 420THz a 750THz, aproximadamente.

Assinale a alternativa correta.

Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.

Somente as afirmativas III, IV e V são verdadeiras.

Somente as afirmativas II, IV e V são verdadeiras.

Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras.

Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.

2. (UNESP) Radares são emissores e receptores de ondas de rádio e têm aplicações, por exemplo, na determinação de velocidades de veículos nas ruas e rodovias. Já os sonares são emissores e receptores de ondas sonoras, sendo utilizados no meio aquático para determinação da profundidade dos oceanos, localização de cardumes, dentre outras aplicações. Comparando-se as ondas emitidas pelos radares e pelos sonares, temos que:

a) as ondas emitidas pelos radares são mecânicas e as ondas emitidas pelos sonares são eletromagnéticas.

b) ambas as ondas exigem um meio material para se propagarem e, quanto mais denso for esse meio, menores serão suas velocidades de propagação.

c) as ondas de rádio têm oscilações longitudinais e as ondas sonoras têm oscilações transversais.

d) as frequências de oscilação de ambas as ondas não dependem do meio em que se propagam.

e) a velocidade de propagação das ondas dos radares pela atmosfera é menor do que a velocidade de propagação das ondas dos sonares pela água.

### 6.3 AULAS 5 e 6: Tempo: Uma aula – 100 minutos

Objetivos: Compreender o modelo de transmissão de energia por radiação; explicar o funcionamento de uma estufa de vidro transparente. A discussão desse texto tem por finalidade apresentar a constituição da radiação solar, forma de propagação, frequência, destacando a radiação infravermelha e o efeito estufa.

Atividades: Na primeira parte da aula, será discutido o texto “FORMAS DE ENERGIA” (Adaptado de MARQUES, N. L. R. & ARAUJO, I. S. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 20, n. 5). Dando sequência será discutido o texto “A radiação solar” (Adaptado de UENO, P. T. et al. O Cotidiano da Física: Leituras e atividades: guia do professor. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015).

#### FORMAS DE ENERGIA

A origem do termo energia é a palavra grega “érgon”, que significa trabalho. Assim, “en + érgon” quer dizer, na Grécia Antiga, “em trabalho”, “em atividade”, “em ação”. Energia é um termo muito usado nos meios de comunicação e tem um significado especial para a ciência e a tecnologia. É comum ouvirmos frases do tipo: “as crianças têm muita energia”, “a energia dos cristais”, “aquela pessoa tem uma energia negativa”, “algumas plantas trazem energia positiva para a casa”. Na ciência, o termo energia tem um significado um pouco diferente que, na maioria das vezes, pode não coincidir com

o uso cotidiano. A energia é uma grandeza particularmente importante, porque está relacionada com os mais diversos fenômenos. Na verdade, todos os fenômenos que ocorrem na natureza envolvem transformações de energia. Enquanto caminhamos ou lemos um livro, estamos transformando energia. Para o nosso organismo manter as funções vitais, como por exemplo, pulsar o coração, respirar ou manter a temperatura corporal constante, estamos também transformando energia. Até o momento o termo “energia” foi usado várias vezes sem, no entanto, apresentarmos uma definição para ele. Mesmo sendo um dos conceitos mais importantes da Física, ele é abstrato, o que o torna de difícil definição pois abrange fenômenos extremamente diferentes entre si. A energia afeta tudo que existe na natureza e as leis que governam seu comportamento estão entre as mais importantes e abrangentes da ciência. Podemos pensar em energia como algo que se transforma continuamente e que pode ser usado para realizar trabalho. Segundo Moreira (1998): “Se tivéssemos que citar um único conceito físico como o mais importante para a Física, e para toda a Ciência de um modo geral, este seria o conceito de energia. De maneira análoga, se tivéssemos que citar qual o mais útil princípio físico para toda a Ciência a escolha, certamente, recairia sobre o princípio da conservação da energia. Aliás, não ,é difícil perceber que estas escolhas estão relacionadas” (MOREIRA, 1998, p.2). Estamos acostumados a ouvir falar em “energia elétrica”, “energia elástica”, “energia eólica”, “energia química”, “energia nuclear”, mas, na realidade, todas essas formas estão incluídas nas três formas fundamentais de energia: a cinética, devido ao movimento; a potencial, devido ao efeito das forças de interações; e a energia devido a massa, dada pela equação de Einstein,  $E = mc^2$  (MOREIRA, 1988, p.2). Existe um princípio que se aplica a qualquer processo físico até hoje conhecido, e para o qual não se conhece exceções: o princípio da conservação da energia. A energia, em qualquer processo físico, apenas pode ser transformada e a sua quantidade total sempre permanece constante. E, precisamente nisso reside sua importância, ou seja, em um sistema físico isolado existem várias formas de energia, podendo umas se transformarem nas outras porém, no geral, a energia não pode ser criada nem destruída.

#### A radiação solar

A radiação solar (raios de sol ou raios solares) é constituída de radiações: infravermelha, vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil, violeta e outras. Essas radiações se propagam no espaço em forma de ondas (ondas eletromagnéticas), como as ondas de rádio e, portanto, vibram com certa frequência. A radiação infravermelha, também denominada ondas de calor, pode ser de alta ou baixa frequência. A radiação infravermelha de alta frequência é aquela que vem do Sol, atravessa a atmosfera e aquece a superfície da Terra, ou atravessa o vidro e aquece, por exemplo, o estofamento do carro. A radiação infravermelha de baixa frequência é aquela irradiada pela superfície da Terra ou, por exemplo, pelo estofamento do carro; grande parte dessa radiação não

atravessa os gases estufa e o vidro, portanto, contribui para aquecer o planeta Terra, o interior do carro e estufas de plantas.

Objetivos: Compreender o funcionamento de uma estufa de vidro transparente; discutir o processo de absorção da radiação pela matéria.

Atividades: Será feito uso de um simulador que mostra o funcionamento similar à de uma estufa à medida que são alteradas as placas de vidro. Também será utilizado outro simulador que demonstra a absorção da radiação da luz visível e da radiação infravermelha por gases presentes na natureza. Durante a manipulação e observação do simulador os alunos deverão responder a um questionário com questões abertas resultantes da análise dos fenômenos simulados no software disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/greenhouse](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/greenhouse).

Iniciar a simulação e responder às questões (de 1 a 4) abaixo de acordo com seus conhecimentos.

#### Questões investigativas

1 – A luz solar atinge a superfície da terra através de qual meio de propagação?

2 – Ao alterarmos as placas de vidro o que ocorre com a temperatura registrada no termômetro? Justifique (Utilizando-se do primeiro modo de simulação – Absorção da radiação).

3 - Qual(is) dos gases presente na atmosfera terrestre não sofrerá praticamente nenhum aumento de temperatura ao absorver radiação infravermelha? E ao absorver luz visível?

4 - Os gases da atmosfera comportam-se como as lâminas de vidro do simulador (modelo simples e limitado). Com base na atuação das lâminas de vidro, qual a relação existente entre a temperatura global da terra com papel desempenhado pelos gases em nossa atmosfera?

#### 6.4 AULAS 7 e 8: Tempo: Duas aulas – 100 minutos

Objetivo: Introduzir os conceitos de ondas mecânicas e eletromagnéticas, espectro eletromagnético, refração, reflexão, difração, polarização, ressonância e interferência.

Atividades: Nesta parte da aula será feita uma explanação através de slides apresentando o espectro eletromagnético, reflexão, refração, difração, polarização, ressonância e interferência.

Objetivos: analisar o comportamento corpuscular da luz.

Atividades: Nesse encontro entregar aos alunos um texto (segue abaixo o texto) retirado e adaptado da referência: GONÇALVES FILHO, Aurelio; TOSCANO, Carlos. Física 2: Interação e Tecnologia. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016. 304 p. v. 2., retratando o contexto histórico e tecnológico que envolveu a descoberta do Efeito Fotoelétrico. Leitura e discussão compartilhada com a realização de uma simulação computacional. O simulador computacional escolhido para a atividade experimental virtual foi referente

ao Efeito Fotoelétrico e que está disponível em:<[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric)> Acesso em: 01/11/2019.

Texto: Um pouco sobre a teoria quântica da luz

Fazem parte do nosso dia a dia portas que abrem automaticamente, luzes de postes que se acendem automaticamente e calculadoras que funcionam com “bateria solar”. Não pretendemos detalhar o funcionamento desses aparelhos, porque ainda não temos conhecimento suficiente sobre o eletromagnetismo. Porém, é possível ter uma ideia de sua construção e seu funcionamento analisando dois trabalhos científicos: um elaborado por Albert Einstein (1879 - 1955) em 1905, que diz respeito à teoria “quântica” da luz, e outro publicado oito anos depois pelo físico dinamarquês Niels Bohr (1886 - 1961), que apresenta uma teoria “quântica” para a matéria. Os dois trabalhos foram desenvolvidos considerando uma tese introduzida pelo físico alemão Max Planck (1858 - 1947), Planck sugeriu a existência de uma quantidade mínima de energia, que chamou de “pacote” de energia ou quantum.

Efeito Fotoelétrico: Einstein baseou-se na ideia dos pacotes de energia para explicar um fenômeno que tinha sido descoberto em 1887 por outro físico alemão, chamado Heinrich Rudolf Hertz (1857 - 1894). Hertz observou, pela primeira vez, que a incidência de luz violeta sobre os metais tornava-os eletricamente carregados. Para Einstein, alguns elétrons eram “arrancados” do metal por causa da transformação da energia luminosa em energia cinética. Por envolver luz e carga elétrica, o fenômeno recebeu o nome de efeito fotoelétrico. A teoria ondulatória da luz previu que um aumento na intensidade de luz sobre o metal provocaria um aumento proporcional da energia cinética dos elétrons arrancados. A prática, contudo, não confirmou a teoria: aumentando-se a intensidade da luz violeta incidente sobre o metal, a energia cinética dos elétrons arrancados permanecia constante. Aliás, uma luz com pouca intensidade produzia o mesmo efeito, ainda que o número de elétrons arrancados fosse menor. Mas se, em vez de violeta, a luz incidente fosse amarela ou vermelha, a energia cinética dos elétrons era menor. Por isso, concluiu-se que a energia cinética dos elétrons arrancados depende da cor da luz incidente e não de sua intensidade. Einstein interpretou esses resultados experimentais, admitindo que a própria luz “carrega” seus pacotes de energia, que ele chamou de quanta de luz. Para ele, a luz incidente corresponde a uma “chuva” de fótons (quanta de luz) sobre o metal. A ação da luz sobre o metal equivale ao “choque” dos fótons com alguns elétrons dos átomos do metal, resultando num aumento da sua energia cinética. É justamente por causa do aumento de energia que esses elétrons são arrancados dos átomos. De acordo com a teoria de Einstein, o aumento da intensidade da luz corresponde a um aumento da quantidade de fótons que colidem com o metal. O resultado dessas colisões é um aumento da quantidade de elétrons arrancados e não de sua energia cinética. Pela teoria quântica, cada frequência de luz corresponde a fótons cuja a energia tem valores diferentes. Isso explica a diferença

da energia cinética dos elétrons arrancados quando se incide luz violeta ou amarela. O fóton correspondente a luz violeta tem maior energia que o correspondente a luz amarela. Admitindo-se que cada fóton consegue arrancar apenas um único elétron do metal e que sua energia depende apenas da frequência de sua cor - quanto maior a frequência da luz, maior a energia -, explica-se o fenômeno. Einstein propôs ainda que a energia do fóton da luz é diretamente proporcional à frequência da luz e pode ser escrita como  $E = h \cdot f$ , em que  $h$  é denominada constante de Planck ( $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{J.s}$ ). De certa maneira, os fótons de luz de Einstein são uma reinvenção dos corpúsculos da teoria da luz de Newton, o que acabou retornando nossa conhecida questão: afinal, a luz é uma onda ou uma partícula? Hoje os físicos admitem uma teoria que concilia os dois aspectos: na interação com a matéria, a luz visível age, em certas condições, como uma onda e, em outras, como uma partícula. Isso significa que só podemos falar sobre o comportamento da luz quando determinamos que tipo de interação com a matéria ela terá. O efeito fotoelétrico, por exemplo, constitui-se numa manifestação do aspecto corpuscular da luz; já a difração e a interferência luminosas revelam seu aspecto ondulatório. Portanto, a teoria quântica da luz admite a dualidade onda e partícula nas diferentes possibilidades de sua interação com a matéria.

Objetivo: Realizar uma etapa da avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de atividades individuais.

Atividades: Após a aula responder na plataforma google sala de aula um questionário com três questões.

Questões –

1. O famoso físico alemão Albert Einstein, em 1905, usando um argumento idealizado por seu compatriota, o físico Max Plank, explicou o fenômeno em que elétrons são arrancados de metais quando estes são expostos a ondas eletromagnéticas de determinadas frequências (efeito fotoelétrico). Esse feito contribuiu para o surgimento de uma nova área da Física denominada:

- a) Teoria da Relatividade Geral
- b) Mecânica Quântica
- c) Física Nuclear
- d) Teoria da Relatividade Restrita
- e) Teoria de Cordas

2. (PUC-MG) O efeito fotoelétrico é um fenômeno pelo qual:

- a) elétrons são arrancados de certas superfícies quando há incidência de luz sobre elas.
- b) as lâmpadas incandescentes comuns emitem um brilho forte.
- c) as correntes elétricas podem emitir luz.
- d) as correntes elétricas podem ser fotografadas.
- e) a fissão nuclear pode ser explicada.

3. (ITA-SP) Incide-se luz num material fotoelétrico e não se observa a emissão de elétrons. Para que ocorra a emissão de elétrons do mesmo material basta que se

aumente(m):

a) a intensidade da luz.

b) a frequência da luz

c) o comprimento de onda da luz.

d) a intensidade e a frequência da luz.

e) a intensidade e o comprimento de onda da luz.

### 6.5 AULAS 9 e 10: Tempo: Duas aulas – 100 minutos

Objetivos: analisar o comportamento ondulatório da luz, observar o fenômeno da interferência e difração da luz.

Atividades: Montar e apresentar o experimento “Comportamento ondulatório da luz, Interferência e difração utilizando um laser e fio de cabelo” disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HMI779PZ8EU&t=15s>. (OBS.: O professor deverá viabilizar os materiais necessários para a realização deste experimento).

#### Proposta Experimental

Comportamento ondulatório da luz, Interferência e difração utilizando um laser e fio de cabelo

Materiais necessários:

Laser; Fio de Cabelo; Pedaco de Papelão retangular (Largura 20 cm x Altura 15 cm); Fita Gomada; Folha de Papel A4. Tesoura; Estilete.

Para a montagem do experimento precisamos cortar com uma tesoura um pedaco de papelão nas dimensões (largura 20 cm x altura 15cm). No meio do papelão abrimos com um estilete um retângulo de dimensões (largura 10 cm x altura 6cm) e para fixar o fio de cabelo utilizamos pequenos pedacos de fita gomada, que também serve para deixar o aparato preso numa superfície plana. A folha de Papel A4 cola-se em parede a uma distância de aproximadamente um ou dois metros do aparato e na mesma horizontal. Incide-se então a luz do laser sobre o fio de cabelo de modo que a imagem apareça na folha de papel o os alunos possam ver os dois fenômenos ocorrendo. Podemos com esse experimento mostrar aos alunos o fenômeno da interferência construtiva nos pontos de luminosidade máxima formados na imagem e a interferência destrutiva nos pontos de mínimo. Mostra-se também o fenômeno da difração ocorrendo quando a luz consegue contornar o obstáculo (fio de cabelo). Logo abaixo segue o link do video de acesso a realização do experimento. vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HMI779PZ8EU&t=15s>

Objetivos: observar o comportamento corpuscular da luz.

Atividade: Realização de experimento sobre o efeito fotoresistor, interação da radiação(fóton) com a matéria.

Montagem e funcionamento

Material

um fotoresistor (LDR),

um led,

uma protoboard,

um suporte de duas baterias de 1,5V,

duas baterias de 1,5V.

Na perna positiva do LED conecte o resistor. Na perna negativa do LED conecte o fotoresistor. Ligue o positivo da bateria no resistor ligado ao LED e o negativo da bateria no fotoresistor ligado ao led. Como esse circuito é muito simples de montar a protoboard é opcional, você pode ligar os componentes diretamente um ao outro usando uma solda, ou pedaços de fios.

Após terminar a montagem e colocar a bateria o LED acenderá. Aproxime o dedo sobre a superfície do fotoresistor (ou apague a luz da sala) de modo que a luz seja impedida de incidir sobre ele e observe que o brilho do LED irá diminuir. (Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HHE-KbuNgRE&feature=youtu.be>).

Objetivo: Realizar a segunda etapa da avaliação da aprendizagem dos alunos a partir de atividades individuais.

Atividades: Cada aluno deverá criar um mapa conceitual que contemple os conteúdos trabalhados até aqui.

7. Resultados esperados:

Esperamos que após a aplicação desta UEPS sejam criadas as condições necessárias para a ocorrência da aprendizagem significativa e crítica como alternativa ao método “tradicional” de resolução de problemas com a aplicação de fórmulas decoradas.

## **Anexos**

**ANEXO I****TERMO DE CONSENTIMENTO E ANUÊNCIA DO GESTOR**

Manoel Vitorino – BA , \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ 2019

Eu, Robson Cesar Costa Vilar, discente do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) do Programa de Pós-Graduação na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, estarei desenvolvendo Produto educacional Unidade de Ensino Potencialmente Significativa(UEPS) no Colégio Estadual Professora Almerinda Meira do Carmo, tendo como orientadora Prof. Dr. Ferdinand Martins da Silva. Sendo que a UEPS esta vinculadas às atividades educacionais e consistem num encadeamento de etapas ligadas entre si, sendo utilizada como recurso para o ensino com o objetivo de facilitar a aprendizagem. Fugir da abordagem tradicional, como estratégia de ensino, como recurso pedagógico para tornar o ensino dinâmico, atrativo e motivador. Caso necessite esclarecer alguma dúvida em relação ao estudo estou à disposição para prestar quaisquer esclarecimentos. Se vossa senhoria estiver de acordo, posso garantir que as informações fornecidas serão confidenciais, e os dados utilizados apenas para fins de análises científicas.

Eu \_\_\_\_\_ fui esclarecido(a) sobre a pesquisa citada acima e concordo com estes dados sejam utilizados na realização da mesma, considerando seu mérito e caráter científico.

---

Assinatura do Responsável (com carimbo se tiver)

**ANEXO II****TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE CAPTURA E USO DE IMAGEM**

Eu \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_,  
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, o pesquisador Robson Cesar Costa Vilar do produto educacional intitulado “Um saber significativo: Introdução a ondulatória com tópicos de física moderna” a realizar as fotos e filmagens 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 e destes vídeos e/ou depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor do pesquisador, acima especificado, 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 Nº 3.298/1999, alterado pelo Decreto Nº 5.296/2004).

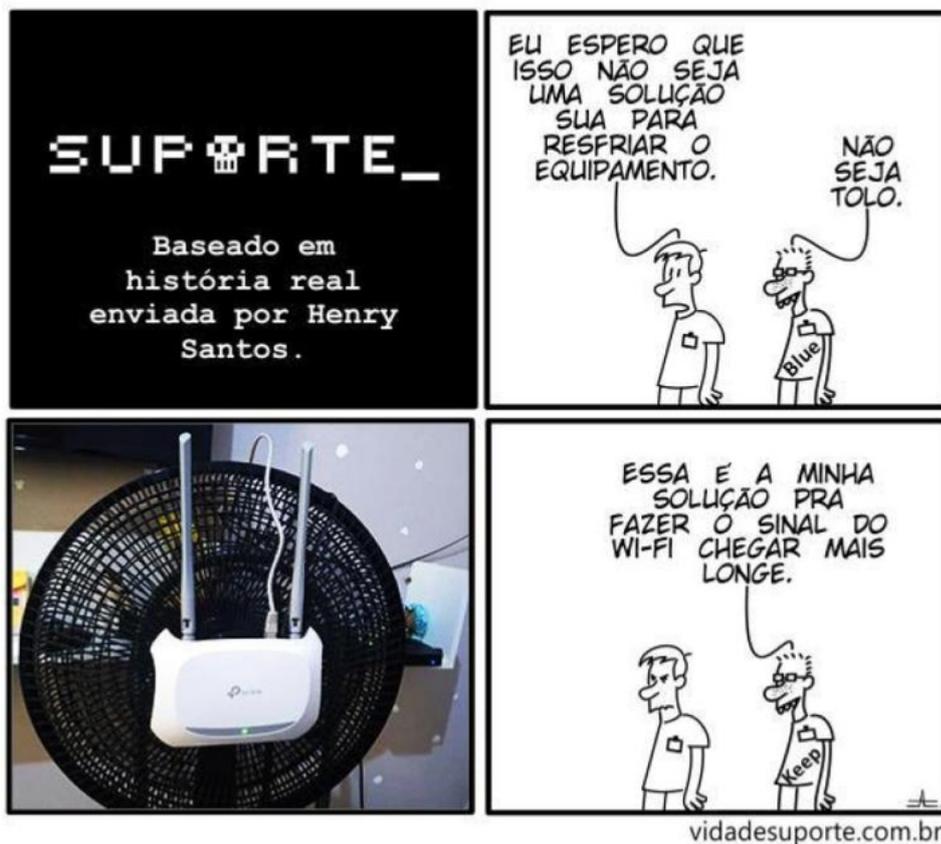
Manoel Vitorino , \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

\_\_\_\_\_  
Robson Cesar Costa Vilar

\_\_\_\_\_  
Sujeito da Pesquisa (estudante)

## ANEXO III

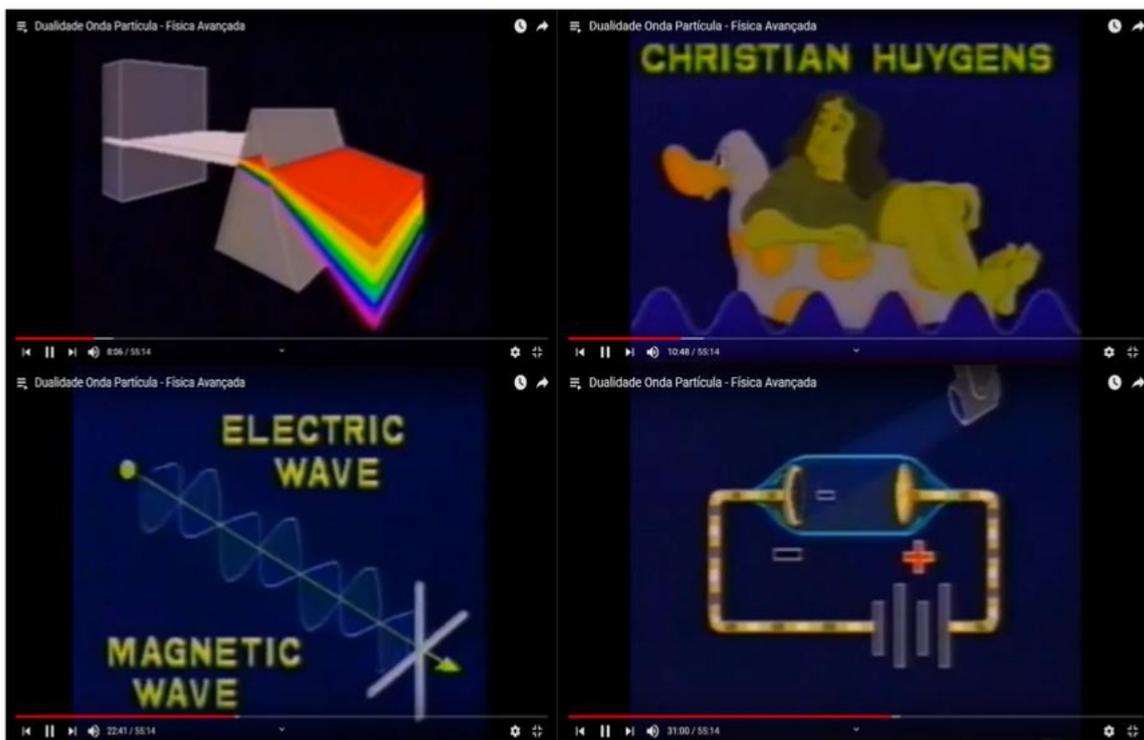
Figura 67 – “Charge - Sinal de Wi-Fi”



Fonte: <https://vidadesuporte.com.br/>

## ANEXO IV

Figura 68 – Vídeo - Dualidade Onda Partícula



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=Mhdj1X0H2Vc&list=WL&index=42&t=2201s>

## ANEXO V

Figura 69 – Aplicativo - Google sala de aula

2º ano

Mural Atividades Pessoas Notas

2º ano

Vibração

Longitudinal

Ondas

Fenômenos

Propagação

Natureza

Eletromagnética

Gravitacional

Unidimensional

Bidimensional

Selecionar tema

Fazer upload da foto

Próximas atividades

Nenhuma atividade para a próxima semana

Visualizar tudo

Compartilhe algo com sua turma...

ROBSON CESAR COSTA VILAR postou uma nova atividade: Atividade teste 02

28 de nov. de 2019

ROBSON CESAR COSTA VILAR postou um novo material: Simulador: efeito fotoelétrico

28 de nov. de 2019

Fonte: <https://classroom.google.com>

## ANEXO VI

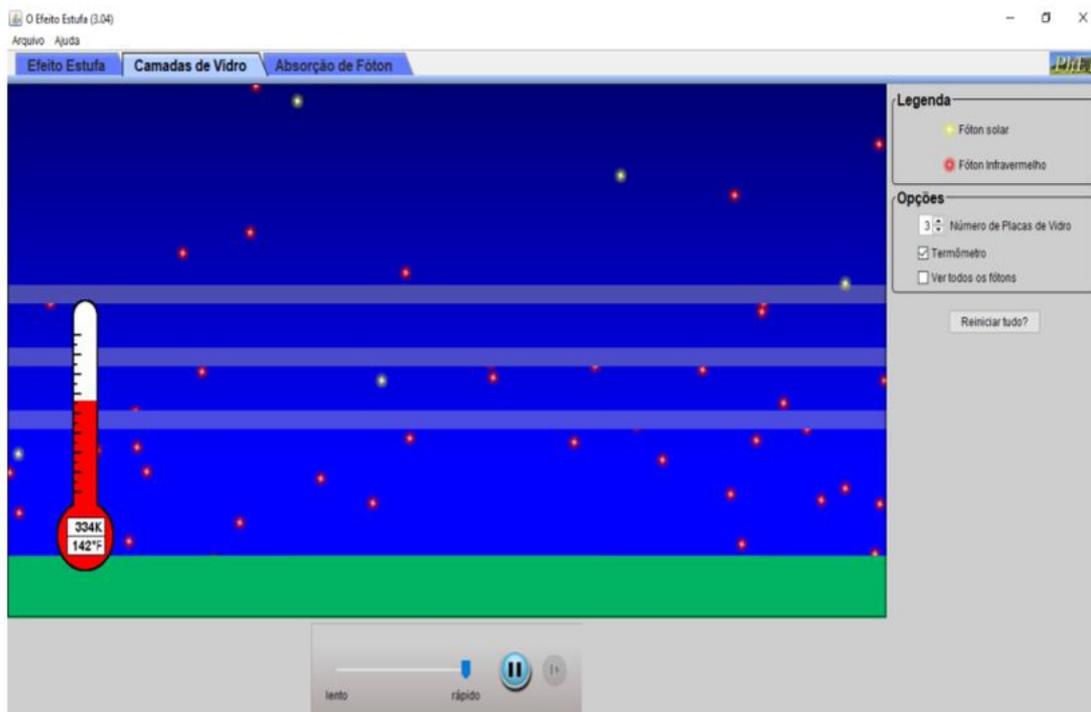
Figura 70 – Simulador - Introdução as ondas



Fonte: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/waves-intro>

## ANEXO VII

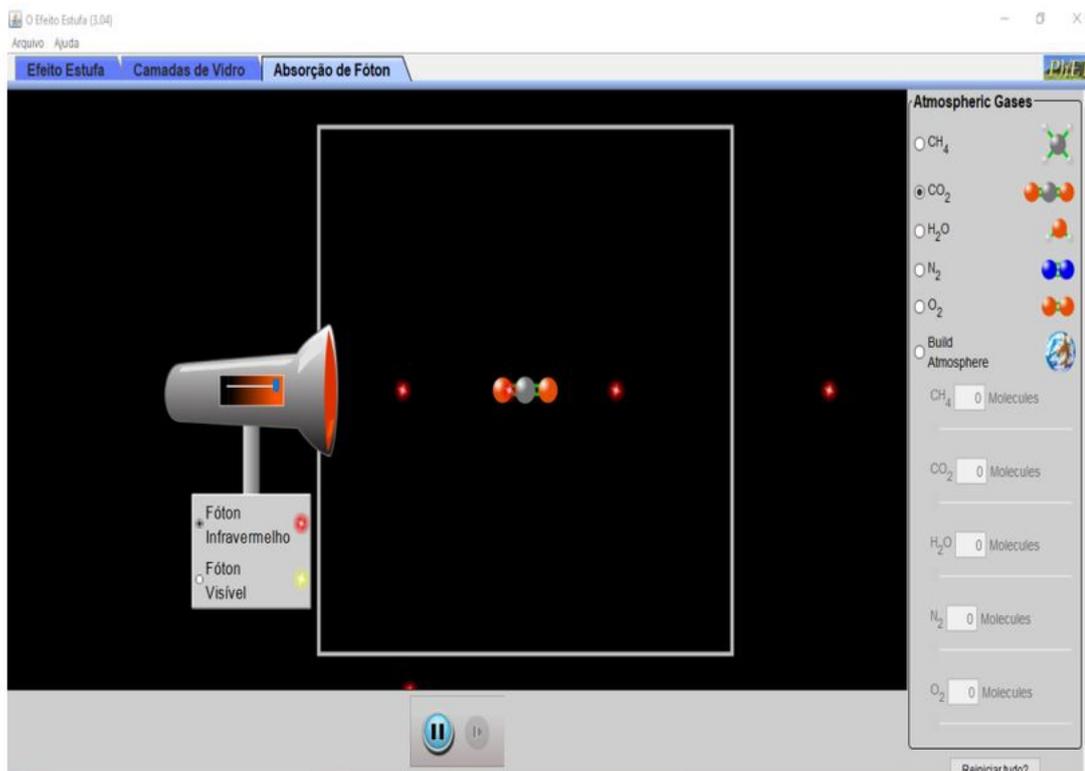
Figura 71 – Simulador - O efeito estufa



Fonte: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/greenhouse>

## ANEXO VIII

Figura 72 – Simulador - Absorção de fóton



Fonte: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/greenhouse>

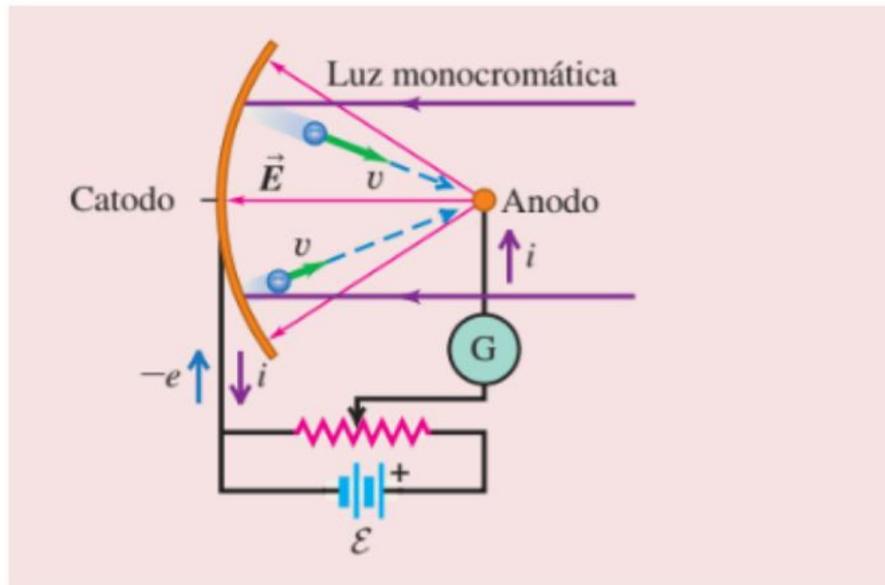


**ANEXO X****Figura 74 – Vídeo - Ponte de Tacoma**

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=VRriSY-FUEc&feature=youtu.be>

## ANEXO XI

Figura 75 – Simulador - Efeito fotoelétrico



Fonte: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric>