

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



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
PRÓ-REITORA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**JOGO QUIZ EM APLICAÇÕES DE FÍSICA PARA SMARTPHONE:  
FENÔMENOS ONDULATÓRIOS E CORPUSCULARES DA LUZ**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MARCOS FÁBIO FERREIRA COSTA**

**MACEIÓ  
2021**

**MARCOS FÁBIO FERREIRA COSTA**

**JOGO QUIZ EM APLICAÇÕES DE FÍSICA PARA SMARTPHONE:  
FENÔMENOS ONDULATÓRIOS E CORPUSCULARES DA LUZ**

Dissertação de Mestrado apresentada no Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas como parte dos créditos para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física pelo programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

**Orientador:  
Dr. Antônio José Ornellas Farias**

**MACEIÓ  
2021**

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

C837j Costa, Marcos Fábio Ferreira.  
Jogo quiz em aplicações de física para *smartphone* : fenômenos ondulatórios e corpusculares da luz / Marcos Fábio Ferreira Costa. – 2021.  
110 f. : il. color.

Orientador: Antônio José Ornellas Farias.  
Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) –  
Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação  
em Física. Maceió, 2021.

Inclui produto educacional.

Bibliografia: f. 89-92.

Apêndices: f. 93-110.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Ondas (Física). 3. Quiz. 4. Aprendizagem. 5.  
*Smartphones*. 6. Digital. 7. Aula. I. Título.

CDU:372.853.143.5

*Com sublime amor, à tão amada e generosa avó Maria.*

*Com sereno amor, à minha tão amada mãe Maria.*

*Com carinho e gratidão a toda a minha família, em especial tios e primos.*

*Com amor, a Tamires.*

*Com ternura a minha filhota Meghan.*

*Com grande admiração, ao meu orientador Prof. Dr. Antônio Ornellas.*

*Ao meu herói, Prof. Dr. Kleber Serra.*

*Com apreço, a Fernando Santos.*

*Com muito rock'n roll, ao meu grande mestre José Cristiano da Costa Silva.*

## AGRADECIMENTOS

*“Deus te abençoe e lhe der sua saúde!”*

*Maria Miguel Ferreira.*

*“Dinheiro vem e vai, a gente sabe disso. A coisa mais importante na vida vão ser sempre as pessoas que estão aqui... Aqui e agora.” (Dominic Toretto). Posso adiantar-lhes que a presente seção é mais importante de que todo o trabalho, pelo menos para mim.*

*Como um gesto de extrema gratidão, cumprimento a Natureza (Deus) de todas as formas por ter aguçado a minha curiosidade, me fornecendo constantes doses de ânimo como combustível para que assim eu pudesse tentar entender o quão belo e elegante é o funcionamento das coisas que estão a nossa volta. Pois sem a sua divina maestria eu não teria, sequer existido... Reverencio a Mãe Natureza por ter me feito acreditar na pureza dos seus fenômenos, imperando e governando tudo o que ocorre nos mais longínquos e vastos céus com seus rígidos e serenamente belos mandamentos (leis da Natureza)!*

*É aqui que trago o mais especial e importante agradecimento de toda a minha vida. Em primeiro lugar, estendo o tapete em sua cor vermelho imperial para a minha suprema rainha e amada avó materna Maria, não há fortuna em todo esse universo que pague sua generosidade, seu carinho e seu amor sublime para comigo. Te amo mais que tudo neste tão belíssimo e vasto universo! Voinha, ainda lembro-me de quando sentado em seu colo, a senhora me dava bolinhos de feijão com farinha; era tão delicioso, regado de muito carinho e o mais puro amor que já conheci em toda a minha vida. Muito obrigado por todo amor sereno e carinho!*

*Ao meu adorado avô materno José, por seu carinho sendo um ilustre personagem de tantas boas histórias contadas por minha avó que alegravam minhas tardes enquanto estávamos sentados no sofá apreciando todas aquelas deliciosas frutas. Agradeço-o por toda a educação dada que nos serviu de suporte para vivermos felizes.*

*Com sereno amor e extremo carinho, agradeço a grande mulher que me educou com grande atenção sempre costurando ponto a ponto. A minha mãe Maria, sou grato por todo o seu apoio sempre atenta como uma águia do meu lado, me ensinando tudo o que é necessário para ser feliz. Mamãe te amo de montão!*

*Aqui, agradeço a meu pai, Alcides, que infelizmente não teve a oportunidade de me ver tornar-me um adulto. Agradeço-o pelos bons e raríssimos momentos que tivemos.*

*Agradeço ao casal que sempre alegrava nossas tardes com sua ilustre presença, Benedito Miguel Silva e sua esposa Maria José Silva, meu forte agradecimento por sempre se fazer presente em meus melhores sonhos. Sinto falta dessas tardes maravilhosas, que nunca esquecerei!*

*Também agradeço a meu tio Firmiano, por ter me ensinado uma forma simples de enxergar vida e os acontecimentos que podem vir a ocorrer. Muito obrigado por tudo tio!*

*À Minha tia Lúcia agradeço-a, pela educação que me deu, desde quando um moleque travesso. Muito obrigado tia!*

*A meu tio Manoel agradeço pela sua grande força sempre que precisei. Aquele grande abraço tio!*

*Agradeço à meu tio e “secretário particular” Antônio pelos excelentes momentos que tivemos, mesmo em digamos, “dias chuvosos”. Tá tudo “na medida”!*

*Agradeço a minha tia Leni por nossas conversas em momentos críticos de tomada de decisão e pelos dias festivos no lugar tão especial que é a casa da minha avó.*

*Agradeço ao mestre do futebol, meu tio José, que sempre esteve presente, marcando sempre um golaço nos momentos em que precisei. Obrigado por esse golaço!*

*Agradeço a Arnaldo Alves Pina, por sempre ter me auxiliado na vida. Meu amigão!*

*Com amor, agradeço a Tamires por seu carinho, compreensão e apoio em minhas escolhas e por ser essa mulher especial com quem sonho em formar uma grande família e vivermos felizes.*

*Agradeço a minha filhota Meghan, que me ajuda a não me atrasar para o trabalho, sendo o meu fiel despertador que desperta às três horas da manhã, contagiando todos com o seu sorriso. É tudo muito bom, ver e participar ativamente no seu desenvolvimento. Jamais imaginava o quão bom é acordar tão cedo, te vendo tentar aprender a falar ao conversar comigo. Não importa o momento em que eu esteja passando, você sempre me fará sorrir! Vou empenhar-me ao máximo para te educar da mesma maneira em que fui educado por nossa excepcional família a qual você faz parte!*

*Ao Prof. Dr. Kleber Cavalcante Serra, agradeço-lhe por ter se tornado meu herói científico e por estar sempre presente durante a graduação e agora no mestrado. Forte abraço meu herói!*

*Com cordialidade, reverencio e agradeço, ao Prof. Dr. Antônio José Ornellas Farias por seus impagáveis ensinamentos em minha graduação, e agora na pós-graduação, sempre disposto a debater os conteúdos abordados durante cada etapa. E como se ainda não bastasse é meu orientador na presente dissertação de Mestrado. Muito obrigado por sua grande força nas correções e sugestões no presente dissertação de mestrado. Ao meu mentor de Mestrado, aquele forte abraço!*

*É com grande felicidade que agradeço a professora Dr<sup>a</sup>. Maria Socorro Seixas Pereira, por fazer parte da minha banca avaliadora tecendo relevantes comentários e sugestões para possa melhorar o presente trabalho. Também sou grato por suas aulas e conhecimentos compartilhados com maestria, que me auxiliaram durante a minha graduação e também agora na minha pós-graduação na compreensão de temas variados relacionados à Física. Com reverência, muito obrigado por tudo!*

*É com um grande apreço que agradeço ao Prof. Dr. Sergio Henrique Albuquerque Lira por participar de minha banca avaliadora e também por seus comentários articulados de maneira a extrair o máximo de mim, tornando o meu trabalho ainda*

*melhor, fazendo com que eu consiga elaborar um trabalho aceitável ao nível de mestrado. Com um forte abraço, muito obrigado por me auxiliar nessa etapa meu grande amigo!*

*Quero registrar meu agradecimento ao Prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho, por ter sido tão presente, de maneira excepcional, durante minha graduação e mestrado, compartilhando todo o seu primoroso conhecimento, erguendo sempre grandes debates a respeito das teorias da Física de maneira geral, Filosofia e História da Ciência. Lembro-me vivamente de suas aulas, que para mim é um combustível, para continuar maravilhado com essa Ciência, mãe de todas as outras. Curvo-me para agradecê-lo por ser esse grande professor e amigo!*

*Quando lembro-me da Termodinâmica e da Mecânica Estatística, subitamente me vem a mente o nome do professor que quero expressar meu agradecimento por suas excelentes aulas. Prof. Dr. Elton Malta, agradeço-o por seu empenho em compartilhar seu valioso conhecimento, para que seus alunos tenham um rico aprendizado a respeito da Física, de maneira geral. Um forte abraço meu grande amigo!*

*E aqui é momento em que devo reverenciar os discípulos (corpo docente) da suprema Rainha Natureza, é com muito prazer que reverencio a realeza composta pelos Professores do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas (IF-UFAL) por terem me instigado dia após dia da melhor forma possível. A esses sábios guerreiros que lutam diariamente, compartilhando seus conhecimentos digno de pura excelência, que amam dedicar à maior parte de seu tempo alimentando o sonho de reestruturar e aguçar o senso crítico de seus alunos e isso faz com eu deva-lhes mais que todo o meu afeto! Muito obrigado a todos vocês pela honrada oportunidade de receber os seus serenos ensinamentos!*

*Agradeço ao meu primo Fernando Ferreira, pelo grande suporte computacional e estar sempre na luta fazendo o que gosta. Espero um dia termos tempo livre para podermos tirar a poeira do Playstation, organizar a coleção de jogos e por a jogatina em dias. Forte abraço meu parceiro!*



*Ao goleiro paredão, sou grato por tantas andanças que realizamos, sempre agarrando da melhor maneira possível os bons e festivos momentos. Cabe a você, realizar o meu sonho de receber uma camisa autografada do goleiro da Seleção Brasileira com o seu nome impresso “Matheus”. Saí que é tua paredão!*

*Agradeço ao meu time de elite, que é o time formado por primos. São eles: Edinauro, Mariana, Fabiana, Poliana, Paula, Miguel, Edgar, Tone, Antônio, Antonimylle e Anderson. Ao lado deles vivi excelentes momentos e agradeço de coração a esse time que permanecerá firme e forte!*

*Ao meu colega de curso Ricardo Henrique, agradeço pela sólida amizade forjada no fogo do calor da batalha, no IF – UFAL durante aulas de Física, idas ao restaurante universitário e momentos de descontração indo aos shoppings após o término das aulas, quando possível é claro (risos). Abraço meu amigão!*

*Em meio a risos e abraços, agradeço a meu grande mestre José Cristiano da Costa Silva por seu grande apoio com relação à escolha de Física.*

*Agradeço ao meu grande amigo José Carlos, pela nossa grande amizade que se formou em meio à vida “acelerada” dentro do IF – UFAL. Forte abraço!*

*Em meio a sadias gargalhadas, agradeço ao pessoal da turma do MNPEF, do ano de 2018 do polo 36 no IF – UFAL. São eles: Cristinne, Diogo, Eliane, Ivo, Josenilton, Nelson, Paulo e Philippe por tantos momentos bons que passamos antes, durante e após as aulas. Sou grato por nossa amizade e espero possamos nos reencontrar para resenhar bastante. Forte abraço meus parceiros!*

*Agradeço em especial a todos os alunos, que estudaram entre 2018 a 2019, da Escola Estadual José Correia da Silva Titara (localizada no Centro Educacional de Pesquisa Aplicada, CEPA) por ter contribuído de forma direta ou indiretamente com relação à aplicação de meu produto de mestrado. Um grande abraço a todos!*

*Agradeço aos meus amigos Marcos, Gilclebson, Jackson, Priscilla, João Paulo, Ronaldo, Everaldo, Edvan, Ednaldo e Flávio. Muito obrigado a todos vocês!*

## RESUMO

Diante da realidade de que grande parte dos alunos das escolas públicas possuem smartphone, de modo que são considerados como sendo nativos digitais, propomos a utilização de um aplicativo digital para estimular o aprendizado de Física dentro e fora da sala de aula. Um dos grandes questionamentos no ensino contemporâneo é sobre como utilizar aparelhos digitais em sala de aula. Nas escolas, é notável que boa parte dos alunos se distraem das aulas pelo uso indevido de aparelhos eletrônicos, tais como celulares e tablets. A presente dissertação tem como objetivo principal, analisar e investigar os possíveis benefícios pedagógicos que podem surgir devido ao uso do smartphone em sala de aula de maneira controlada e mediada pelo professor. Nesse caso, o smartphone passa a ser utilizado como sendo mecanismo propulsor, atraindo assim o interesse dos alunos, facilitando a aprendizagem de conteúdos de Física, tais como os assuntos abordados sobre fenômenos ondulatórios e corpusculares da luz. Por questões de conveniência escolhemos a escola estadual José Correia da Silva Titara para a realização de nossa aplicação, que mesmo sendo uma escola pública, mais de 95% dos alunos possuem smartphone. A nossa abordagem foi baseada em pesquisa-ação, a qual valeu-se das contribuições de grande pensadores das ciências, os quais podemos citar, Lev Vygotsky, David Ausubel, Isaac Newton, Thomas Young e etc. Nossa proposta aqui, como produto de nossa dissertação, é a criação de um aplicativo de smartphone, um jogo intitulado “Jogo quiz em aplicações de física para smartphone: Fenômenos ondulatórios e corpusculares da luz” o qual tem como características principais a competição saudável em que todos ganham, a cooperação entre os jogadores de maneira lúdica e associada ao uso de tecnologias gerando assim uma nova perspectiva da utilização de aparelhos eletrônicos durante as aulas de física, de maneira que o professor possa intervir como mediador da atividade atrativa. Também utilizamos um questionário, que foi aplicado aos alunos que nos possibilitou uma verificação do quão útil foi nosso jogo como ferramenta auxiliar no aprendizado.

**Palavras-chave:** Física, Ondas, Jogo, Quiz, Ensino, Aprendizado, Smartphone, Digital, Aula, Escola e Celular.

## ABSTRACT

Given the reality that most public school students have a smartphone, they are considered to be digital natives, we propose the use of a digital application to encourage the learning of Physics inside and outside the classroom. One of the biggest questions in contemporary education is how to use digital devices in the classroom. In schools, it is notable that most students are distracted from classes due to the misuse of electronic devices, such as cell phones and tablets. The main objective of this dissertation is to analyze and investigate the possible pedagogical benefits that can arise from the use of smartphones in the classroom in a controlled and mediated way by the teacher. In this case, the smartphone starts to be used as a propulsion mechanism, thus attracting the interest of students, facilitating the learning of Physics contents, such as the subjects covered on wave and corpuscular light phenomena. For convenience reasons, we chose the José Correia da Silva Titara state school to carry out our application, which, even though it is a public school, more than 95% of students have a smartphone. Our approach was based on action research, which drew on the contributions of great thinkers in science, which we can mention, Lev Vygotsky, David Ausubel, Isaac Newton, Thomas Young and etc. Our proposal here, as a product of our dissertation, is the creation of a smartphone application, a game entitled "Quiz game in smartphone physics applications: Wave and corpuscular phenomena of light" which has as main characteristics the healthy competition in which everyone wins, the cooperation between players in a playful way and associated with the use of technologies, thus generating a new perspective on the use of electronic devices during physics classes, so that the teacher can intervene as a mediator of the attractive activity. We also used a questionnaire, which was applied to the students, which enabled us to verify how useful our game was as an auxiliary tool in learning.

**Key words:** Physics, Waves, Game, Quiz, Teaching, Learning, Smartphone, Digital, Classroom, School and Mobile.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Lev Vygotsky .....	22
Figura 2 –	David Ausubel .....	25
Figura 3 –	Ondas mecânicas circulares .....	29
Figura 4 –	Ilustração de um pulso de onda propagando-se numa corda, da esquerda para a direita .....	30
Figura 5 –	Representação dos campos elétricos e magnéticos em uma onda eletromagnética .....	31
Figura 6 –	Onda progressiva para a direita .....	31
Figura 7 –	Onda harmônica .....	34
Figura 8 –	Período temporal $\tau$ .....	34
Figura 9 –	Reflexão de um pulso de onda por uma extremidade fixa .....	38
Figura 10 –	Reflexão de um pulso de onda por uma extremidade verticalmente livre.	38
Figura 11 –	Espectro visível da luz .....	39
Figura 12 –	Raio de luz incide num pedaço de vidro, e parte é refletido e outra parte é refratado .....	40
Figura 13 –	Difração de ondas .....	42
Figura 14 –	Ilustração do princípio de Huygens .....	42
Figura 15 –	Corda vibrante na direção “y” .....	43
Figura 16 –	Corda vibrante na direção “z” .....	43
Figura 17 –	Filtro polarizador .....	44
Figura 18 –	Thomas Young .....	45
Figura 19 –	Difração no experimento cuba de ondas .....	46
Figura 20 –	Diagrama do experimento de interferência .....	46
Figura 21 –	Padrão de interferência da luz .....	47
Figura 22 –	Diagrama de interferência de ondas originadas em duas fendas em um anteparo .....	48

<i>Figura 23 – Imagem ampliada da região nas proximidades das fendas .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 24 – Arranjo experimental para o estudo do efeito fotoelétrico .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 25 – Ilustração dos elétrons sendo ejetados .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 26 – Gráfico do efeito fotoelétrico .....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 27 – Página oficial do Kodular .....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 28 – Tela de login e criação de conta .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 29 – Ícones da página de criação de aplicativo .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 30 – Interface de criação de aplicativo .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 31 – Frame inicial .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 32 – Blocos lógicos da tela inicial do aplicativo .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 33 – Produção da tela de inicialização de jogo. (a) mostra o frame e (b) os componentes utilizados .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 34 – Blocos lógicos da tela inicial do aplicativo .....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 35 – Criando a tela de perguntas .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 36 – Blocos lógicos da tela de perguntas .....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 37 – Blocos lógicos da região central da tela de perguntas .....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 38 – Blocos lógicos da região direita da tela de perguntas .....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 39 – Blocos lógicos da região esquerda da tela de perguntas .....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 40 – Lista de questões ou afirmativas .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 41 – Lista de respostas corretas .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 42 – Lista de respostas erradas 1 .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 43 – Lista de respostas erradas 2 .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 44 – Lista de respostas erradas 3 .....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 45 – Construção da tela de exibição final .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 46 – Blocos lógicos da tela de exibição final .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 47 – Apresentação do aplicativo .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 48 – Apresentação da questão .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 49 – Apresentação da tela final .....</i>	<i>73</i>

<i>Figura 50 – Nosso Jogo publicado no Google Drive .....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 51 – Questionário avaliativo do jogo .....</i>	<i>80</i>

## LISTA DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1</i> –	Respostas obtidas das questões 3, 4, 5, 6 e 7.....	81
<i>Gráfico 2</i> –	Respostas obtidas da questão 8.....	82
<i>Gráfico 3</i> –	Respostas obtidas das questões 9, 10, 11, 12, 13 e 14.....	83
<i>Gráfico 4</i> –	Respostas obtidas da questão 15.....	84

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>2 – APORTE TEÓRICO</b> .....	22
2.1 – Lev Vygotsky.....	22
2.2 – Teoria Sociointeracionista.....	23
2.3 – David Ausubel.....	25
2.4 – Teoria da Aprendizagem Significativa.....	26
<b>3 – FENÔMENOS ONDULATÓRIOS</b> .....	29
3.1 – Ondas.....	29
3.2 – Ondas em uma Dimensão.....	31
3.3 – Ondas Harmônicas.....	33
3.4 – A Equação das Ondas Unidimensional.....	36
3.5 – Reflexão.....	37
3.6 – Refração.....	39
3.7 – Difração.....	41
3.8 – Polarização.....	43
<b>4 – EXPERIMENTOS DE YOUNG</b> .....	45
4.1 – Thomas Young.....	45
4.2 – Interferência da Luz.....	45
4.3 – Experimento de Dupla Fenda de Young.....	48
<b>5 – O FÓTON</b> .....	53
5.1 – Efeito Fotoelétrico.....	53
<b>6 – A PLATAFORMA KODULAR</b> .....	57
6.1 – O uso do Kodular.....	57
6.2 – Desenvolvendo o Jogo “Quiz Física” de Smartphone.....	59
6.3 – Apresentando o Jogo .....	71
6.4 – Publicação de Aplicativos na Play Store.....	73
6.5 – Publicando Nosso Aplicativo no Google Drive. ....	74
<b>7 – UMA EXPERIÊNCIA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	75
7.1 – Metodologia Empregada na Pesquisa.....	75
7.2 – Escolha dos Participantes.....	75
7.3 – Escolha do Tema Abordado.....	76
7.4 – Aplicação.....	76



7.5 – Coleta de Dados.....	76
<b>8 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>77</b>
8.1 – Metodologia das Aulas.....	77
<b>9 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>79</b>
<b>10 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE I .....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE II.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE III.....</b>	<b>102</b>
<b>APÊNDICE IV.....</b>	<b>102</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

Em 2018, quando trabalhava numa escola da rede estadual de alagoas, deparava-me, frequentemente, com alunos dispersos durante as aulas de Física. Posteriormente, em uma reunião pedagógica, verifiquei que isso ocorria também nas aulas de outras disciplinas. Logo, me fiz alguns questionamentos.

[...] se cada aluno puder acessar as redes sociais durante as aulas, ele será por si só capaz de se concentrar e, assim, controlar o vício da compulsão à conexão? De que modo o professor seria considerado uma figura de autoridade pelos alunos, se cada um deles interrompesse a aula para atender e responder a uma chamada dos pais por meio de seus celulares? (ZUIN e ZUIN, 2018, p.1).

Na Escola Estadual José Correia da Silva Titara, onde trabalhei, era proibido o uso de celular em sala de aula. Mesmo tratando-se de uma escola pública, mais de 95% dos alunos possuíam celulares e sempre que encontravam uma oportunidade, direcionavam sua atenção ao aparelho, distraíndo-se de tudo ao seu redor.

Em um estudo feito e apresentado pela UNESCO (2014, p.41), a maioria das pessoas veem os smartphones como aparelhos voltados a portais de diversões, não de educação, e isso faz com que as tecnologias sejam consideradas como uma perturbação nos ambientes escolares.

Consideramos o uso de dispositivos tecnológicos, smartphone, tablet e notebook como sendo ferramentas que podem auxiliar o aprendizado.

As tecnologias são só apoio, meios. Mas elas nos permitem realizar atividades de aprendizagem de formas diferentes às de antes. Podemos aprender estando em juntos em lugares distantes, sem precisarmos estar sempre juntos numa sala para que isso aconteça. (MORAN 2005, p. 2).

Proibir o uso de aparelhos móveis pode ser uma medida radical para o ensino de Física, acredito que o uso do smartphone em sala de aula é algo que requer muita reflexão, concordamos com (VALENTIM 2018) que diz que “o Smartphone é

uma das maiores invenções tecnológica do homem”, em uma aula que ministrou, onde eu era um dos alunos da pós-graduação.

Na contemporaneidade, a juventude utiliza dispositivos tecnológicos móveis a todo o momento, podemos até dizer que desde que nasceram estão conectados, assim denominamos esse grupo social de *Nativos Digitais*. Assim se torna necessário que o professor alie sua prática pedagógica ao uso de tecnologias móveis, como facilitadores do processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto de evolução das tecnologias de informação e comunicação, mais especificamente nos referimos aos aparelhos móveis, surge uma nova modalidade de Educação no ano de 2001, em uma produção no campo da Ciência, a qual denomina-se de *m-learning*, do inglês mobile learning (tradução livre: aprendizagem por dispositivo móvel). Neste viés de ensino e aprendizagem, há o uso de aparelhos tecnológicos móveis, que podem ser usados em tempos e espaços a critério do usuário, como smartphones, tablets, celulares, dentre outros. A abordagem educacional *m-learning*, é resultante da *e-learning*, do inglês electronic learning (tradução livre: aprendizagem eletrônica), que utiliza como instrumento pedagógico o computador. (Martins, Alevatto et al., 2018).

Lembrando que, a aprendizagem com atribuição de significados científicos não é uma propriedade extensiva do ensino por mais eficaz que seja o recurso metodológico utilizado. Um produto metodológico de ensino através de um jogo pode influenciar favoravelmente no aprendizado, entre outras variáveis, como a predisposição e a preparação cognitiva (uma prontidão em propriedades fundamentais e organizacionais em conhecimentos já adquiridos que precisam servir de base para aquisição do novo conhecimento que está sendo trabalhado pelo produto elaborado) (Ausubel et al, 1980, p.12 e 25; apud Ornellas Farias, 2018).

O uso de dispositivos móveis para fins educacionais é um aliado do professor e dos alunos, no que diz respeito ao tempo e espaços de aprendizagem, pois ambos podem estar conectados, para fins de troca de saberes e construção de conhecimentos em quaisquer ambientes, a critério dos mesmos, sendo uma grande vantagem trazida pela modalidade de ensino *m-learning*. Além disso, os dispositivos permitem ao professor disponibilizar aos seus alunos, momentos mais atrativos e interativos de construção de saberes, pois o avanço tecnológico, a cada dia trás

novas funções em som, áudio, vídeo e imagens, aos aparelhos móveis. Podendo assim, o professor utilizá-los a favor do processo de ensino e aprendizagem.

A interação entre estudantes e professores através de dispositivos móveis oferece maior liberdade e tempo de aprendizado, e também possibilita ao participante levar os estudos a ambientes e em períodos não alcançados pelo *e-learning*, como, por exemplo, na ida ou volta do trabalho ou no tempo de espera em consultórios e bancos. Outra vantagem dessa modalidade de ensino é a criação de materiais mais dinâmicos, levando ao aluno interatividade através de toques na tela, som ambiente e jogos de aprendizagem. (MARTINS, ALEVATTO et al., 2018, p.4).

A práxis docente baseada na modalidade *m-learning* se difere das demais abordagens tecnológicas de ensino, à medida que possibilita ao aluno a organização de seu tempo e espaço, numa perspectiva de consideração as suas necessidades e especificidades. “Devido à portabilidade, o aluno pode acessar o material de estudo no momento em que quiser e/ou sentir necessidade, possibilitando um modo de educação mais flexível, que se adapta às necessidades de cada um”. (FONSECA apud MARTINS, et al., 2018, p.4)

Muito mais importante que usar as tecnologias da informação e comunicação para fins pedagógicos, é se apropriar de todas as suas peculiaridades e funcionalidades, de modo que sejam usadas na consecução dos objetivos traçados. Portanto, o atual avanço tecnológico requer que o professor esteja capacitado a fazer o uso adequado das tecnologias da informação e comunicação, evitando assim o uso indiscriminado que resultaria no insucesso do desenvolvimento da aprendizagem dos alunos, assim se torna preponderante um estudo sistemático do caminho a ser percorrido na consecução da aprendizagem, das metodologias a serem empregadas e o uso do recurso tecnológico mais adequado, que facilite o alcance dos objetivos educacionais. (Kenski, 2003).

A interação e colaboração são aspectos que se fazem presente na construção e disseminação dos conhecimentos em meio à sociedade digital, a partir do advento e avanço acelerado das tecnologias. A todo instante os indivíduos sociais estão trocando informações, e estas se apresentam de forma dinâmica e não conclusas, pois a cada instante são resignificadas ou modificadas.

A informação disponibilizada na tela do computador é flexível, moldável, sujeita a alterações. Ao contrário do espaço de

transmissão oral de informações e mesmo do uso sistemático de livro impressos, o uso educacional das tecnologias digitais de informação e comunicação permite a realização de várias atividades visando ao desenvolvimento de novas habilidades de aprendizagem, atitudes e valores pessoais e sociais. (KENSKI, p. 6, 2003).

Assim, os indivíduos sociais sempre estão em constante aprendizagem, devido ao caráter mutável, inacabado e em constante produção por grupos sociais ou individuais que as informações e conhecimentos vêm assumindo na atualidade.

Podemos destacar alguns benefícios trazidos pelo uso de aparelhos móveis com fins pedagógicos para dinâmica da sala de aula, a saber:

- Há um maior interesse dos alunos pelo aprendizado, pois se sentem mais estimulados a interagir durante as aulas (THOMAS; O'BANNON; BOLTON *apud* ZUIN; ZUIN 2018);
- Os aplicativos e softwares educacionais trazem diferenciadas possibilidades para a construção de conhecimentos (BATISTA & BARCELOS; FONSECA; MAGUTH; KIM et al., *apud* ZUIN; ZUIN 2018);
- O uso de recursos audiovisuais das câmeras, incluindo dos aparelhos celulares (WEBB *apud* ZUIN; ZUIN 2018);
- Aumento da interação, aproximando alunos e professores (MAZER; MURPHY; SIMONDS, 2007; LONN & TEASLEY *apud* ZUIN; ZUIN 2018).

São inegáveis os benefícios trazidos pela adoção do uso dos smartphones e aparelhos móveis, no decorrer das atividades realizadas em sala de aula.

Diante do exposto, formulamos a seguinte questão de pesquisa que norteia nosso estudo: *Será que poderíamos construir um aplicativo de smartphone, de modo a atrair a atenção do aluno, fazendo com que o mesmo sinta-se instigado em interagir, melhorando significativamente seu aprendizado?*

Para responder essa pergunta, diante de o alunado considerar o smartphone como sendo uma parte “biônica” de si mesmo, o presente trabalho, visa procurar uma forma de usar o smartphone como uma ferramenta, facilitadora no processo de aprendizagem, de maneira proveitosa para o ensino de Física.

Nesse sentido, objetivamos desenvolver um aplicativo do tipo jogo, intitulado “*QUIZ FÍSICA*” de smartphone para o sistema *Android*. Esse jogo abordará os

conceitos relacionados aos “*fenômenos ondulatórios e corpusculares da luz*” de modo a ser disponibilizado gratuitamente no *Play Store*. Temos como objetivos específicos:

- Verificar se nosso jogo se será bem aceito pelos alunos da Escola Estadual José Correia da Silva Titara, como sendo uma ferramenta de auxílio ao aprendizado de fenômenos ondulatórios e corpusculares da luz.
- Analisar, por meio de *feed back* dos alunos o grau de importância do uso do smartphone em sala de aula.
- Coletar dados e possíveis sugestões para aprimoramento do jogo em eventuais versões futuras.

Essa dissertação está estruturada da seguinte maneira: No capítulo 2 apresentaremos o nosso aporte teórico pedagógico que será utilizado de modo a nortear a forma de abordagem de nosso trabalho e desenvolvimento do nosso produto educacional como fruto de nossa dissertação de mestrado. Nele abordaremos um pouco sobre a vida e a teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky, e também sobre a vida e a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. No capítulo 3, falaremos sobre fenômenos ondulatórios, que definirá parte dos conceitos associados no nosso jogo. No capítulo 4, abordaremos Thomas Young e seus experimentos interferência da luz e dupla fenda. O capítulo 5 é destinado à compreensão do fóton. Enquanto que capítulo 6, falamos do processo de desenvolvimento do nosso jogo usando a plataforma Kodular. No capítulo 7, abordaremos a nossa metodologia utilizada para a aplicação do nosso produto. No capítulo 8, é onde mostraremos a nossa sequência didática. Já no capítulo 9 é onde evidenciaremos nossos resultados e discussão. E por fim, no capítulo 10, é onde faremos nossas considerações finais.

## 2 – APORTE TEÓRICO

No presente capítulo, faremos uma breve explicação da vida de dois grandes teóricos e suas teorias. Iniciaremos com Lev Vygotsky e sua teoria Sociointeracionista. E posteriormente, David Ausubel e sua teoria da aprendizagem significativa. É importante ressaltar, que suas teorias nos dão grande suporte, justificando nossa dissertação juntamente com a criação de nosso produto educacional.

### 2.1 – Lev Vygotsky

**Figura 1** - Lev Vygotsky.



Fonte: [www.ufrgs.br](http://www.ufrgs.br).

Lev Semionovich Vygotsky<sup>1</sup> nasceu numa pequena povoação da Bielorrússia, em 17 de Novembro de 1896. Era o segundo filho de oito irmãos, seu pai era chefe do departamento de um banco e representante duma companhia de seguros. Sua mãe era professora, porém não exercia a profissão. Era considerado de família culta por ter um pai que deixava sua biblioteca particular disponível para ele e seus irmãos para que pudessem estudar e se reunirem a fim de debater sobre vários temas.

Em 1913 iniciou o curso de direito na Universidade de Moscou, formando-se em 1917. Também cursou história e filosofia na Universidade Popular de Shanyavskii.

Adquiriu uma notável formação no domínio das ciências humanas, como língua e linguística, estética e literatura. O mesmo escreveu um estudo sobre *Hamlet*. Antes de dedicar-se integralmente à pesquisa no ramo da psicologia, foi um homem que tinha um amplo interesse pela cultura, tendo se interessado por poesia, teatro e problemas de signos e significação, teorias sobre literatura, cinema, problemas de história e filosofia.

Objetivando compreender o funcionamento psicológico do homem, estudou medicina em Moscou e em Kharkov.

<sup>1</sup> Em nossa dissertação adotamos a grafia Vygotsky, no entanto, na literatura científica existe outras formas de grafia.

Vygotsky trabalhou como professor e pesquisador de diversas áreas: psicologia, pedagogia, filosofia, literatura, deficiência física e mental.

Podemos considerar que a primeira obra de Vygotsky que o levou definitivamente para a psicologia foi intitulada “*Psicologia da arte*” (1925).

Foi um renomado psicólogo russo. É o autor de uma teoria mundialmente reconhecida do desenvolvimento cultural e biossocial humano. A teoria de Vygotsky tornou-se particularmente pertinente nos últimos anos, revelando novas abordagens para questões familiares.

Casou-se com Roza Smekhova em 1924. Tiveram duas filhas. Desde 1920 conviveu com a tuberculose, que o levou à morte em 11 de Junho 1934, aos 37 anos de idade. Lev Vygotsky, por ter uma morte precoce, não teve a oportunidade de ver suas obras mais importantes serem publicadas ainda em vida.

## 2.2– Teoria Sociointeracionista

A teoria de Vygotsky é focada na interação social entre o homem e o meio no qual ele interage, é por essa interação que o ser humano adquire experiência.

[...] no **interacionismo** de Vigotsky esse foco *ocorre na interação entre o homem e o meio* no qual ocorre seu desenvolvimento na *prática social*. A interação social é um meio/recurso fundamental para aquisição de experiências tanto adquiridas introspectivamente na forma de ser de cada um, quanto para experiências adquiridas pelo que representa o pensamento e o comportamento do mundo exterior (Moreira apud Ornellas 2017, p. 49).

De acordo com Brito e Zanatta (2015. p.1) podemos entender as “[...] tecnológicas digitais como integrantes do conjunto das mediações culturais que caracterizam o processo de ensino e aprendizagem”. Na teoria de Vygotsky as tecnologias digitais são consideradas instrumentos tecnológicos, simbólicos e culturais de ensino e aprendizagem.

Para Vygotsky, a mediação é:

Mediação em termos genéricos é o processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação; a relação deixa, então, de ser



direta e passa a ser mediada por esse elemento (OLIVEIRA 2012, p. 9 apud MARTINS e MOSER).

É importante compreender que:

“[...] a mediação pode ocorrer por meio de um instrumento – ferramenta material, um signo – ferramenta psicológica, ou seres humanos. O instrumento tem a responsabilidade da regulamentação das ações sobre os objetos e o signo, das ações sobre o psiquismo das pessoas.” (COSTA, DUQUEVIZ e PEDRÓZA 2015, p. 2).

Na teoria de Vygotsky, os signos são considerados mediadores em que sua função se encontra na atividade psicológica, e por isso é denominado instrumento psicológico. O indivíduo realiza a construção de sistemas simbólicos, à medida que assimila os signos, conforme destacado por ROZA (2018. p. 3.).

Outro conceito importante relacionado ao interacionismo é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), o qual estar relacionado ao ato de verificar “[...] o desenvolvimento cognitivo e a própria aprendizagem na interação social a partir do ponto de vista dum outro sujeito próximo com mais experiência e maturidade em condições de contribuir na formação do menos experiente.” (ORNELLAS 2017. p. 51).

Para Vygotsky, o conceito de ZDP estabelecia uma relação entre a distância do Nível de Desenvolvimento Real (NDR), ou seja, o que o aluno consegue realizar sozinho, e o Nível de Desenvolvimento Proximal (NDP), que é aquilo que o aluno não consegue realizar sozinho, mas tem capacidade para isso, pois com a ajuda de alguém mais experiente, consegue fazê-lo (Vygotsky, 1994). Ele também afirma que aquilo aprendido com a ajuda de alguém mais experiente, mais tarde poderá realizar sozinho. Logo, a ZDP indica a possível trajetória do desenvolvimento, apontando caminhos pelos quais a o aluno pode evoluir.

Concordamos com Arruda e Filho (2018) quando diz que:

“Vygotsky (1994) considera a aprendizagem num contexto histórico-social, não necessariamente estudando o passado, mas no âmbito de seu desenvolvimento, segundo sua dinamicidade e suas transformações. Seus estudos não se baseiam apenas na objetivação da resposta, ou seja, no resultado, mas no caminhar desse processo de resolução, isto é, no processo de seu desenvolvimento.”.

“Analisando-se de maneira mais específica de que forma ocorre a aprendizagem, enfatizam-se as relações sociais como fator essencial.” (Meira; Spinillo, 2018 apud Arruda e Filho).

O conjunto de ideias aqui expostas são suficientes para justificar uma oportunidade de podermos intervir, realizando uma mediação pedagógica por meio do uso do celular como sendo um instrumento tecnológico de auxílio na aprendizagem. Favoreceremos a relação de ZDP, uma vez que pretendemos que os alunos interajam entre si, e com o smartphone a fim de concluir o jogo com uma pontuação aceitável que reflita um avanço em seu aprendizado. O nosso interesse, é no processo que o aluno usará para deduzir uma resposta adequada para cada etapa de nosso jogo.

### 2.3 – David Ausubel

**Figura 2** – David Ausubel.



Fonte: Referência [17].

David Paul Ausubel nasceu em Nova York no ano de 1918, no Brooklyn. Viveu uma infância difícil, por pertencer a uma família pobre. A época de sua infância foi marcada por um intenso movimento migratório judaico, o que levou a ele e sua família enfrentar problemas de preconceito e conflitos religiosos, por ser filho de família judia.

Ausubel dedicou-se aos estudos, tendo estudado medicina e psicologia, casou-se em 1943 com Pearl Leibowitz, em 1943, e foi pai por duas vezes.

Seu trabalho no meio militar iniciou-se no serviço de saúde pública dos EUA. Foi designado para a Administração de Assistência e Reabilitação das Nações Unidas em Stuttgart, Alemanha, onde trabalhou com pessoas deslocadas (Ausubel.org).

Na Universidade de Columbia, obteve um doutorado em psicologia do desenvolvimento. Lecionou psicologia em universidades como a de Illinois, Toronto e européias de Berna, Salesiana de Roma e a Escola de Treinamento de Oficiais de Munique (Ausubel.org).

Aposentou-se da vida acadêmica em 1973, e passou a dedicar-se de forma integral a psiquiatria. Tendo publicado vários livros e diversos artigos, foi agraciado

com o prêmio Thorndike da Associação Americana de Psicologia por “Distintas contribuições psicológicas para a educação” (Ausubel.org).

Em 1994, aposentou-se profissionalmente, passando a dedicar-se a escrita, onde escreveu quatro livros. O Dr. Ausubel faleceu no ano de 2008. Ele foi um notável discípulo de Jean Piaget.

“[...] Ausubel foi discípulo do suíço Jean Piaget, pois suas teorias tiveram como norte os relatos deste autor sobre epistemologia genética. Comparando as pesquisas, nota-se que Ausubel concentra-se mais na aprendizagem sistematizada, crê na aprendizagem por descoberta, como Piaget, mas seu foco de pesquisa valoriza mais a técnica expositiva, dentro de um universo prático do ensino.” (DISTLER 2015, p. 4).

Dentre suas teorias a mais conhecida é a teoria da aprendizagem significativa, nela é preciso levar em consideração as características do indivíduo.

## **2.4 – Teoria da Aprendizagem Significativa**

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel se encontra cada vez mais sendo incorporada em diferentes áreas da educação (Ornellas, 2017, p.66). David Ausubel foi um defensor do construtivismo, acreditando que o conhecimento prévio deve ser utilizado para a construção de novos conhecimentos. Foi também representante do cognitivismo e mostrou-se contrário à aprendizagem mecânica [20]. A aprendizagem mecânica é a qual se utiliza da assimilação dos conteúdos que se é passado para o aluno sem que o mesmo seja capaz de atribuir algum significado.

A aprendizagem significativa valoriza os conhecimentos já adquiridos pelo sujeito, concordamos com a citação abaixo, em que nos traz uma boa definição:

“Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.” (MOREIRA 2012, p. 2).

Essa aprendizagem pode ser realizada por duas maneiras: por descoberta ou por recepção. Considera-se por descoberta quando o estudante aprende sozinho ao descobrir algum princípio semelhante ao que acontece na solução de algum problema; enquanto que por recepção é quando o estudante recebe as informações por meio de diálogo e trabalha de modo ativo procurando relacionar essas informações com seus conhecimentos em seu cognitivo (SCHELLER et al, 2014, p. 3).

O indivíduo com uma estrutura cognitiva organizada terá uma maior facilidade de perceber as novas informações facilitando novas aprendizagens e terá uma maior autonomia na sua realidade.

A estrutura cognitiva de conhecimentos já existente do indivíduo recebe o nome de subsunçor, concordamos que:

“Segundo Ausubel, na aprendizagem significativa o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno tem disponível como necessário para elucidar um fato novo. De forma que, essa base de conhecimentos prévios precisa ser avaliada sua existência na estrutura cognitiva do aluno para ser levada em conta e se ensinar de acordo com a mesma. Assim uma nova informação precisa se relacionar com aspectos relevantes de uma estrutura de conhecimentos específico já existente na estrutura cognitiva denominada de **subsunçor** ou **conceito subsunçor**.” (ORNELLAS 2017, p. 70).

Um caso particular, é quando o indivíduo não possui uma estrutura cognitiva organizada de subsunçores que poderia servir de ancoradouro para novos conhecimentos a serem aprendidos de maneira significativa.

“Na ausência de subsunçores não se pode atribuir significados a novas ideias e a única alternativa é utilizar a retenção automática ou aprendizagem mecânica onde se assimila conceitos e proposições sem se ter a capacidade inicial de atribuir significados no que se aprende.” (ORNELLAS 2017, p. 70).

A aprendizagem pode torna-se mais, facilmente, significativa por meio da inserção do uso de mapas conceituais, facilitando assim as relações cognitivas do sujeito. Joseph Donald Novak teve essa ideia do uso de mapa conceitual relacionado à teoria da aprendizagem de Ausubel.

“O matemático e educador americano Joseph Donald Novak (1932 - ) refinou a teoria da aprendizagem significativa acrescentando a ela os mapas conceituais, que podem ser entendidos como uma estratégia facilitadora da aprendizagem significativa. Para ele, os mapas conceituais seriam como uma forma de organizar e representar o conhecimento, a partir da teoria da aprendizagem significativa. Sendo assim, os mapas conceituais reduzem de forma analítica, a estrutura cognitiva subjacente a um dado conhecimento aos seus elementos básicos” (MOREIRA, apud. SCHELLER *et al*, 2014, p. 4).

Buscando compreendermos a respeito de mapas conceituais, nos deparamos com a seguinte definição:

“Em um sentido amplo, mapas conceituais são apenas diagramas indicando relações entre conceitos. Mais especificamente, podem ser vistos como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte dela, ou seja, derivam sua existência da estrutura conceitual de uma área de conhecimento.” (MOREIRA 1986, p. 17).

Portanto, vemos que a aprendizagem significativa é facilitada por meio da ajuda do uso de mapas conceituais. É importante aqui, esclarecermos que o mapa é melhor interpretado e explicado por aquele que o construiu. Por isso, não existe um modelo padrão para um mapa de um determinado conteúdo de Física, o que mais nos importa é que o próprio aluno construa o mapa que melhor lhe convém para a sua aprendizagem e ampliação de sua estrutura cognitiva.

A teoria da presente secção, aqui exposta, nos serve para fortalecer ainda mais a nossa proposta do jogo o qual nos propusermos a construir. Pois, nosso produto educacional utiliza o “miolo” da ideia de aprendizagem significativa e em que ao invés de usarmos mapas conceituais, preferimos por meio de uma diversão, que os mesmos estabeleçam as relações entre os conceitos associados de forma hierarquiza usando o smartphone.

### 3 – FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

O presente capítulo é destinado à apresentação de parte da teoria de Física que propomos abordar em nosso jogo. No entanto, verificamos a necessidade em elaborar um material para servir de suporte de maneira a facilitar a compreensão dos alunos em relação aos conceitos que serão abordados em nosso jogo. O referido material encontra-se no **apêndice I**.

#### 3.1 – Ondas

“As ondas são relevantes em todos os ramos das ciências físicas e biológicas; na verdade o conceito de onda constitui um dos mais importantes fios unificadores que costura o tecido inteiro das ciências naturais” (Sears e Zemansky, p. 236) [24].

Sempre que pensamos sobre onda, o que logo me vem à mente são as ondas do mar, elas são as mais familiares. Uma boa definição é dada abaixo:

“Num sentido bastante amplo, uma onda é qualquer sinal que se transmite de um ponto a outro de um meio, com velocidade definida. Em geral, fala-se de onda quando a transmissão do sinal entre dois pontos distantes ocorre sem que haja transporte direto de matéria de um desses pontos a outro.” (Nussenzveig, p. 98.).

Para o caso da onda na superfície da água gerada pela perturbação da queda de uma gota, vemos uma crista circular, onde a elevação da água é máxima, que se propaga afastando-se do ponto central em que foi originada. Essa situação é ilustrada pela figura 3.

**Figura 3** – Ondas mecânicas circulares.



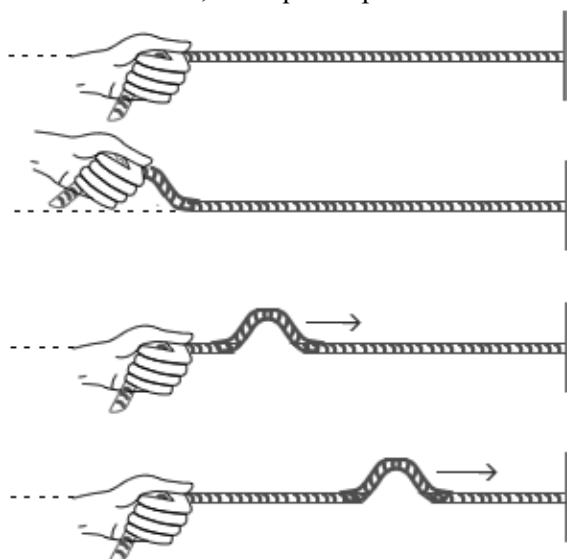
Fonte: <<https://www.daissen.org.br/reacao-iluminada-monge-gensho/>>.

Na figura 3, vemos várias ondas mecânicas circulares que são formadas devido a sucessivas perturbações causadas no centro do círculo. É importante frisar que cada perturbação provoca uma onda circular.

As ondas, na superfície da água transportam energia e momento. Sempre que tem um corpo boiando sobre a superfície da água e surge uma onda causada por alguma perturbação, este corpo sobe e desce verticalmente sem realizar movimento algum na horizontal, isto ocorre porque as ondas não transportam massa de água e, por isso, não transportam matéria.

O mesmo ocorre com uma onda se propagando numa corda, conforme a figura 4, ela também não transmite matéria.

**Figura 4** – Ilustração de um pulso de onda propagando-se numa corda, da esquerda para a direita.



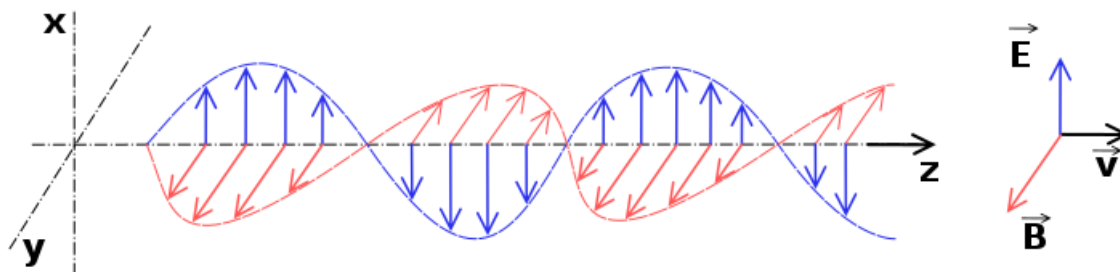
**Fonte:** <<https://www.educabras.com/enem/materia/fisica/optica/aulas/ondas>> (Adaptado).

Na figura acima, a qual tem uma corda presa na extremidade direita, e na extremidade esquerda provocamos um pulso na direção vertical, observa-se uma onda mecânica propagando-se na direção horizontal. Cada ponto da corda movimenta-se para cima e para baixo, que é perpendicular a direção de propagação da onda. Classificamos essa onda como sendo uma onda transversal.

Outro tipo de onda, que é importante destacar aqui, são as ondas eletromagnéticas como mostra a figura 5, que também são classificadas como sendo ondas transversais. Nelas, os campos elétricos " $\vec{E}$ " e magnéticos " $\vec{B}$ ", oscilam em cada ponto mantendo-se sempre perpendiculares à direção de propagação. Note

que na figura, a onda propaga-se na direção do eixo “z”. As ondas de rádio e de luz também são eletromagnéticas, e esse tipo de onda não precisa de um meio material para se propagar. Alguns exemplos desse tipo de onda são as ondas de televisão, raios X, raios laser e ondas de radar.

**Figura 5** – Representação dos campos elétricos e magnéticos em uma onda eletromagnética.



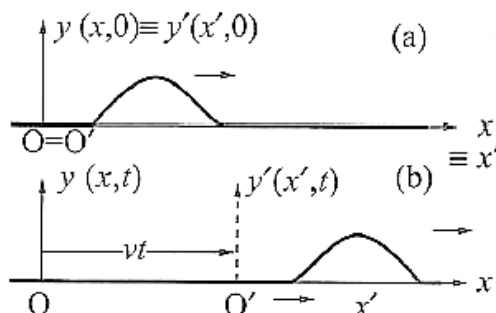
**Fonte:** <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o\\_eletromagn%C3%A9tica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica)>.

Outro tipo de onda que são estudadas em laboratórios são as *ondas de matéria* (que se trata do conceito de onda para partículas massivas em virtude da dualidade onda partícula), elas estão associadas às partículas elementares tal como elétrons, prótons, átomos e moléculas. Elas recebem esse nome porque normalmente pensamos nas partículas como elementos de matéria.

### 3.2 – Ondas em uma Dimensão

Na figura 6, temos a ilustração de uma onda progressiva que se desloca para a direita numa corda esticada. Ela representa o perfil da onda na corda num dado instante  $t$ , em que a forma da corda nesse instante é dada pela função  $y(x, t)$ .

**Figura 6** – Onda progressiva para a direita.



**Fonte:** Nussenzveig, H. Moysés, (p.99).



A parte superior da Figura 6, em (a), nos mostra que  $y(x, 0)$  para  $t = 0$ . Enquanto que em (b) representa o perfil para no instante  $t > 0$ . Essa perturbação é do tipo progressiva por desloca-se como um todo para a direita sem mudar sua forma com velocidade  $v$ .

Podemos visualizar a onda usando o referencial  $O'x'y'$ , em que vemos que coincide com  $Oxy$  para  $t = 0$ , e desloca-se com a mesma velocidade  $v$  ao longo de  $Ox$ , é notável que o perfil de onda permanece o mesmo no novo referencial, logo podemos afirmar que:

$$y'(x', t) = y'(x', 0) = f(x') \quad (3.1)$$

Em que a equação (3.1) é função somente de  $x'$ .

Usando a transformação de Galileu, podemos obter a relação entre os dois referenciais, conforme abaixo:

$$x' = x - vt, \quad y' = y \quad (3.2)$$

Onde, no referencial original, temos que:

$$y(x, t) = f(x - vt) \quad (3.3)$$

A equação (3.3) descreve a onda que se propaga para a direita com velocidade  $v$ . Onde  $y$ , através da equação (3.2), é função de  $x$  e  $t$  em que pode ser qualquer função de  $x'$ .

Uma outra informação que é dada pela equação (3.3), é a de que o perfil da corda no instante  $(t + \Delta t)$  é o mesmo que em  $t$  deslocado uma distância de  $\Delta x = v\Delta t$ .

De maneira semelhante, caso a onda se propagasse para a esquerda, bastaríamos trocar  $v$  por  $-v$ , e iríamos ter:

$$y(x, t) = g(x + vt) \quad (3.4)$$

Geralmente quando tratamos de ondas na corda, é natural nos referimos em ondas propagando-se em apenas uma direção ao longo da horizontal. Supondo-se o caso particular de ondas propagando-se numa corda finita, quando a onda atinge a extremidade da corda ela é refletida, logo poderemos ter ondas propagando-se nos dois sentidos, e por isso, temos a equação (3.5).

$$y(x, t) = f(x - vt) + g(x + vt) \quad (3.5)$$

### 3.3 – Ondas Harmônicas

O movimento harmônico simples (MHS) é definido como sendo o movimento de qualquer sistema que oscila periodicamente e indefinidamente sem atuação de forças externas [X1]. Quando as ondas são geradas por um movimento harmônico simples (MHS), dizemos que são ondas harmônicas, por isso, em dado ponto “ $x$ ” o perfil da onda é uma função senoidal:

$$f(x') = A \cos(kx' + \delta) \quad (3.6)$$

Na equação (3.6),  $k$  é um parâmetro chamado de número de onda que será mais explicado abaixo e  $x'$  é dado pela equação (3.2), caso em que a onda é progressiva propagando-se para a direita, e substituindo  $x$ , vamos ter:

$$y(x, t) = A \cos[k(x - vt) + \delta] \quad (3.7)$$

Em que a frequência angular de oscilação  $\omega$  num dado ponto “ $x$ ” é dada por:

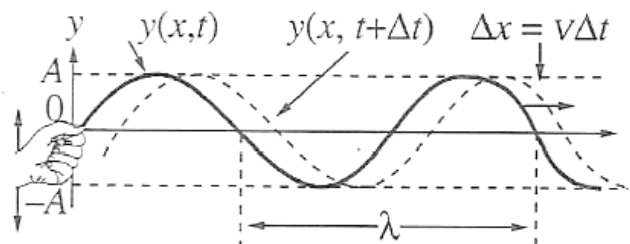
$$\omega = kv = 2\pi\nu = 2\pi/\tau \quad (3.8)$$

Substituindo-se a equação (3.8), em que  $\nu$  é a frequência e  $\tau$  é o período, na equação (3.7), observamos que:

$$y(x, t) = A \cos(kx - \omega t + \delta) \quad (3.9)$$

Uma onda harmônica é ilustrada na figura abaixo onde temos que na extremidade esquerda da corda realizamos várias oscilações em MHS.

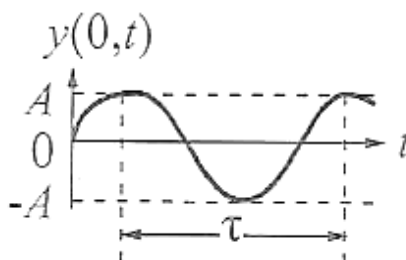
**Figura 7 – Onda harmônica.**



Fonte: Nussenzveig, H. Moysés, (p.101).

Nessa figura (7), note que, ela nos mostra o perfil da onda em diferentes instantes,  $t = t$  e  $t = t + \Delta t$  que é o instante em que ela terá sofrido um deslocamento  $\Delta x = v\Delta t$  para a direita. Em quanto que na figura (8), é mostrado  $y = (0, t)$  como sendo função do tempo.

**Figura 8 – Período temporal  $\tau$ .**



Fonte: Nussenzveig, H. Moysés, (p.101).

O perfil da onda harmônica representado pela figura (7) é periódico senoidal com período espacial  $\lambda$ , que é dado pela expressão abaixo:

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} \quad (3.10)$$

Sendo “ $k$ ” o número de onda e “ $\lambda$ ” o comprimento de onda, representa a distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos. E ao substituirmos a equação (3.10) em (3.8), vamos ter:

$$\lambda = v\tau \quad (3.11)$$

A equação (3.11) nos permite afirmar que a onda se desloca  $\Delta x = \lambda$  durante um período completo  $\Delta t = \tau$ .

A frequência  $\nu = 1/\tau$  nos dá o número de oscilações por unidade de tempo e de maneira semelhante, o número de onda  $\sigma = 1/\lambda$  nos dá o número de comprimentos de onda por unidade de comprimento. O análogo espacial da frequência angular é  $\omega = 2\pi\nu$  e  $k = 2\pi\sigma = 2\pi/\lambda$  é o número de onda angular. Entretanto o mais comum é chamar  $k$  de número de onda.

Na equação (3.9) temos um argumento cosseno que vamos representar como sendo a função abaixo.

$$\varphi(x, t) = kx - \omega t + \delta \quad (3.12)$$

A equação (3.12) é chamada de fase da onda, sendo  $\delta$  a constante de fase. No sistema internacional de unidades SI, a fase é medida em radianos (*rad*) e  $\lambda$  em metros (*m*), assim o número de onda  $k$  é medido em (*rad/m* ou  $m^{-1}$ ) e  $\omega$  em *rad/s* ou  $s^{-1}$ . Sendo a amplitude de oscilação  $A$  na equação (3.9) chamada de amplitude da onda.

Caso acompanhemos o deslocamento com o tempo de um ponto onde a fase é constante, vamos ter:

$$\varphi(x, t) = \varphi_0 = \text{constante} \quad (3.13)$$

Em que derivando-se a equação (3.13) em relação ao tempo, chegaremos na equação (3.14).

$$\frac{d\varphi}{dt} = k \frac{dx}{dt} - \omega = 0 \quad (3.14)$$

$$\Rightarrow \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} = v = \nu\lambda \quad (3.15)$$

A equação (3.15) nos permite afirmar que em um ponto onde a fase é constante desloca-se com velocidade  $v$  e por essa razão que  $v$  é chamado de velocidade de fase.

Uma observação importante é a de que podemos escrever a equação (3.9) na forma complexa, como mostrado abaixo.

$$y(x, t) = \text{Re}[Ae^{i(kx - \omega t + \delta)}] \quad (3.16)$$

A onda monocromática, na verdade é uma onda harmônica, pois para uma onda de luz, uma frequência ou comprimento de onda determinado corresponde a uma cor pura (Nussenzvieg, p. 102) [25].

### 3.4 – A Equação das Ondas Unidimensional

Para podemos deduzir a equação de onda unidimensional, partiremos da equação (3.2) e (3.3) de onda que se propaga para a direita:

$$y(x, t) = f(x'), \quad x' = x - vt \quad (3.17)$$

Precisamos encontrar a velocidade e a aceleração em  $x$ . Isso pode ser feito por meio do uso de derivadas parciais, por isso, fixaremos  $x$  e derivaremos em relação ao tempo, conforme abaixo na equação (3.18), onde mostramos a velocidade de deslocamento do ponto  $x$  na vertical no instante  $t$ .

$$v = \frac{\partial}{\partial t} y(x, t) \quad (3.18)$$

Derivando-se novamente em relação ao tempo, encontramos a aceleração.

$$a = \frac{\partial^2}{\partial t^2} y(x, t) \quad (3.19)$$

Na equação (3.17), observa-se que  $y$  depende de  $t$  através da variável  $x' = x - vt$  e isso nos permite perceber que para calcularmos as derivadas é preciso usar a regra da cadeia, em que:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{df}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial t} = -v \frac{df}{dx'} \quad (3.20)$$

Usando-se  $\partial x'/\partial t = \frac{\partial}{\partial t}(x - vt) = -v$ . Vamos ter:

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -v \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{df}{dx'} \right) = -v \frac{d}{dx'} \left( \frac{df}{dx'} \right) \frac{\partial x'}{\partial t} \quad (3.21)$$

Logo,

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = v^2 \frac{d^2 f}{dx'^2} \quad (3.22)$$

Como  $\partial x'/\partial x = \frac{\partial}{\partial x}(x - vt) = 1$ , teremos,

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{df}{dx'} \frac{\partial x'}{\partial x} = \frac{df}{dx'} \Rightarrow \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{d^2 f}{dx'^2} \frac{\partial x'}{\partial x} = \frac{d^2 f}{dx'^2} \quad (3.23)$$

Agora, por meio de uma comparação entre as equações (3.22) e (3.23), observamos que  $y(x, t)$  satisfaz a equação

$$\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \quad (3.24)$$

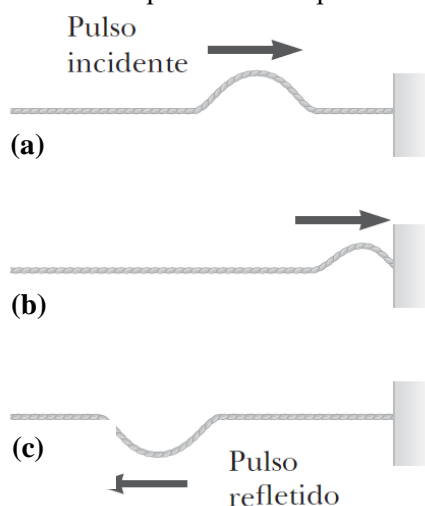
Chamamos a equação (3.24) de equação de ondas unidimensionais, ela é uma expressão que faz parte das equações fundamentais da Física.

### 3.5 – Reflexão

Quanto aos fenômenos ondulatórios que pretendemos abordar em nosso produto educacional iniciaremos com a reflexão.

Até o momento tratamos de ondas progressivas que se propagam em um meio uniforme, sem nenhuma interação pelo caminho. Vamos agora analisar uma situação em que a onda encontra uma mudança no meio, e por isso, é afetada conforme a figura 9.

**Figura 9** – Reflexão de um pulso de onda por uma extremidade fixa.



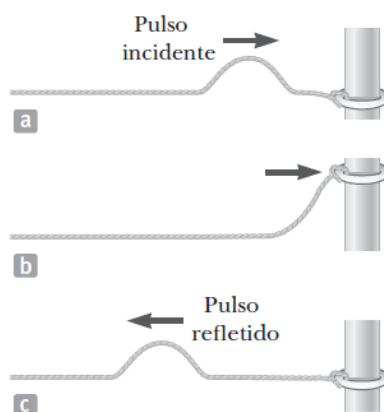
Fonte: Serway, R. A.; Junior, Jewett, W ( p.40).

Na figura 9, temos uma corda presa na extremidade direita em uma parede, em que vemos que quando um pulso atinge a extremidade direita em (b), a corda acaba e ocorre uma mudança no meio de propagação, resultando na reflexão do pulso em (c), ao longo da corda, em sentido oposto ao incidente.

Também observamos que o pulso refletido é invertido, pois quando o pulso atinge a extremidade fixa da corda, ela exerce uma força para cima na parede. A terceira lei de Newton garante que a parede exerce uma força de reação de mesmo módulo e sentido oposto, para baixo, na corda. Essa força para baixo é o que faz com que o pulso inverta em reflexão.

Agora vamos analisar um segundo caso, em que a corda na extremidade direita é livre para se mover na vertical, de acordo com a figura 10.

**Figura 10** – Reflexão de um pulso de onda por uma extremidade verticalmente livre.



Fonte: Serway, R. A.; Junior, Jewett, W. (p.40).

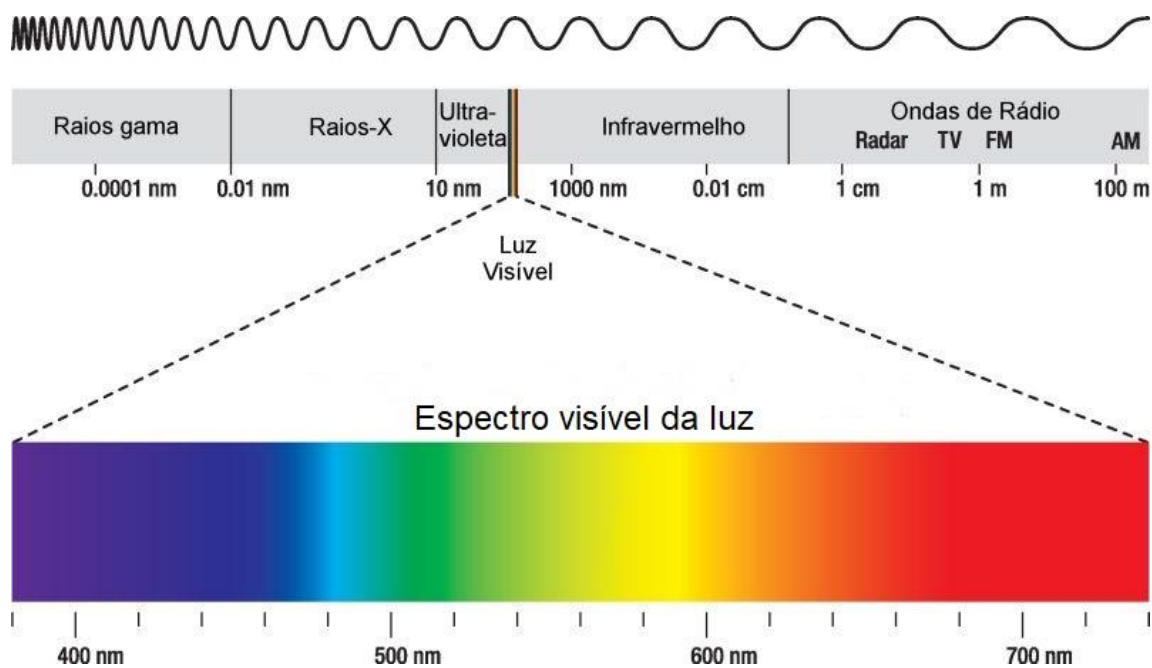
Na figura 10, a tensão é mantida na extremidade direita, isso porque a corda está ligada a um anel, de massa desprezível, esse anel é livre para deslizar de maneira suave na vertical em um suporte de atrito desprezível. Dessa maneira, o pulso é refletido, mas não é invertido.

Quando o pulso alcança o suporte, o mesmo aplica uma força na extremidade livre da corda e isso faz o anel sofrer uma aceleração para cima. O anel sobe até atingir a amplitude do pulso incidente, e, então, o componente descendente da força de tensão puxa o anel de volta para baixo. O movimento do anel resulta em um pulso refletido que não é invertido e tem a mesma amplitude do pulso de entrada.

### 3.6 – Refração

Por questões de conveniência, abordaremos o presente tópico por meio do uso de ondas eletromagnéticas, em nosso caso, as ondas luminosas. Uma onda luminosa é a que está contida no espectro visível do olho humano.

**Figura 11** – Espectro visível da luz.



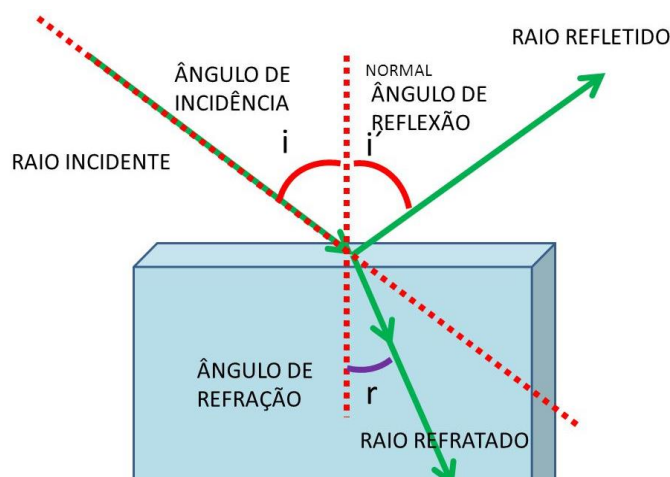
Fonte: <<https://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>> (adaptado).

Na figura 11, temos uma representação do espectro visível da luz, em que podemos ver que possui comprimento de onda entre 400 e 700 nanômetros (nm).



As ondas luminosas se espalham ao se afastarem de uma fonte, no entanto, a hipótese de que a luz se propaga em linha reta, é uma boa aproximação para feixes de luz num meio homogêneo. O estudo das propriedades das ondas luminosas usando essa aproximação é chamado de ótica geométrica.

**Figura 12** – Raio de luz incide num pedaço de vidro, e parte é refletido e outra parte é refratado.



Fonte: <<https://slideplayer.com.br/slide/5647240/>>.

A figura 12 nos mostra um raio de luz que incide em uma interface de separação entre dois meios, em que um deles é ar e outro é o vidro, em azul. Vemos que quando a luz atinge a superfície, parte da luz é refletida originando um raio refletido. Enquanto que o restante da luz penetra o vidro originando o raio refratado.

Define-se o fenômeno de refração como sendo a passagem da luz por uma superfície que separa dois meios distintos.

Medimos a orientação desses raios usando a direção normal, que é perpendicular a interface no ponto onde ocorre a reflexão e refração. O ângulo de incidência é  $i$ , o de reflexão é  $i'$  e o de refração é  $r$ . Chama-se de plano de incidência o plano que contém o raio incidente e a normal.

Quando a luz realiza a passagem um meio para outro, ela sofre um desvio que depende da velocidade da luz nos dois meios. Chamamos de índice de refração relativo ( $n_{21}$ ) a razão entre a velocidade luz no primeiro meio ( $V_1$ ) e a velocidade da luz no segundo meio ( $V_2$ ). No entanto, quando o primeiro meio é o vácuo ( $V_1 = C$ ), o índice de refração que relaciona a velocidade da luz no vácuo com a velocidade em outro meio ( $V$ ), é chamado de índice de refração absoluto ( $n = C/V$ ). [X2]

Pela lei da reflexão, que afirma que o raio refletido está no plano de incidência e possui um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência. É garantido que os ângulos:

$$i = i' \quad (3.25)$$

Enquanto que a lei de refração afirma que o raio refratado está no plano de incidência e tem um ângulo de refração  $r$  que tem relação com o ângulo de incidência  $i$  pela seguinte relação:

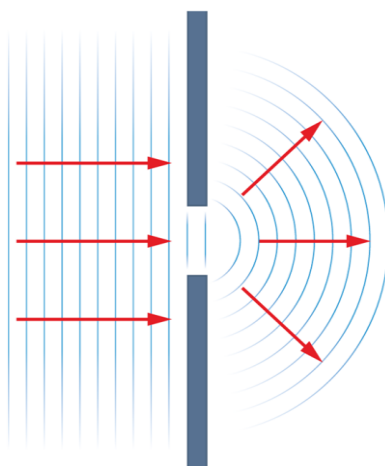
$$n_1 \text{sen}(i) = n_2 \text{sen}(r) \quad (3.26)$$

Onde  $n_1$  é o índice de refração do meio 1, que é o ar e o  $n_2$  é o índice de refração do meio 2, que é o vidro. A equação acima é chamada de lei de Snell.

Quando a luz passa de um meio menos refringente, com menor índice de refração, para um meio mais refringente como maior índice de refração, o raio refratado fica mais próximo de linha da reta normal, e por isso, tem ângulo de refração menor que o ângulo de incidência [28] (p.18).

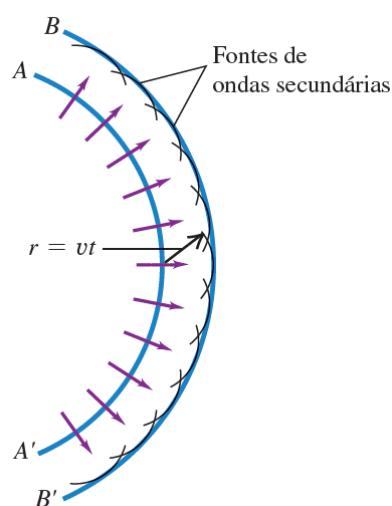
### 3.7 – Difração

A difração é o fenômeno em que a onda encontra e contorna um obstáculo, o qual possui uma fenda de dimensões de mesma ordem que o comprimento de onda incidente. Tem-se que parte da onda que atravessa pela fenda adquire uma nova configuração alargando-se na região após o obstáculo [28] (p.77). A figura abaixo, representa a difração de ondas planas tornando-se ondas circulares. Essa experiência pode ser facilmente visualizada por meio do experimento de cuba de ondas.

**Figura 13** – Difração de ondas.

**Fonte:** < [https://roguephysicist.com/wave\\_behaviour.htm](https://roguephysicist.com/wave_behaviour.htm)>. (adaptado).

Esse alargamento ocorre de acordo com o princípio de Huygens (figura 14), que afirma que cada ponto de uma frente de onda funciona como uma nova fonte e produz ondas que se propagam com mesma frequência, velocidade e mesma direção das ondas geradoras.

**Figura 14** – Ilustração do princípio de Huygens.

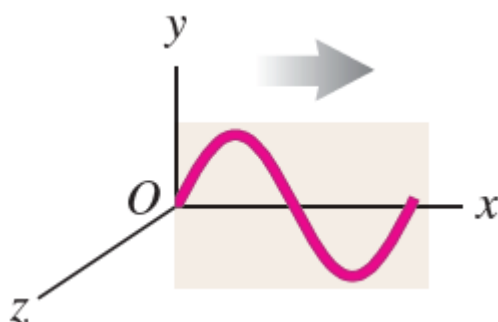
**Fonte:** Sears, Zemansky, Young e Freedman.

A difração pode ocorrer com ondas de todos os tipos, como as ondas mecânicas e eletromagnéticas.

### 3.8 – Polarização

A polarização é um fenômeno relacionado às ondas transversais, tais como ondas eletromagnéticas. No entanto, vamos relembrar a situação das ondas transversais propagando numa corda, para podermos introduzir o conceito de polarização. Quando temos uma corda vibrante ao longo do eixo “**y**”, e em equilíbrio no eixo “**x**”, tal como na figura 15.

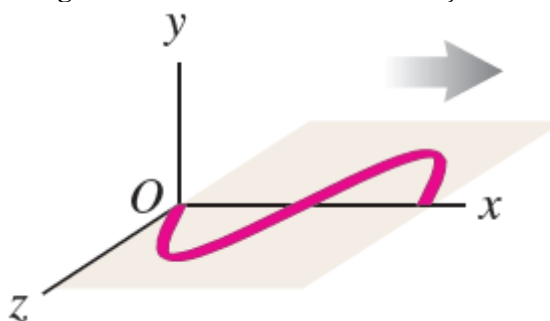
**Figura 15** – Corda vibrante na direção “**y**”.



Fonte: Sears, Zemansky, Young e Freedman.

Observamos na figura 15 que a corda fica sempre no plano “**xy**”. Entretanto, caso os deslocamentos ocorressem apenas ao longo do eixo “**z**”, como na figura 16, a corda sempre ficaria no plano “**xz**”.

**Figura 16** – Corda vibrante na direção “**z**”.

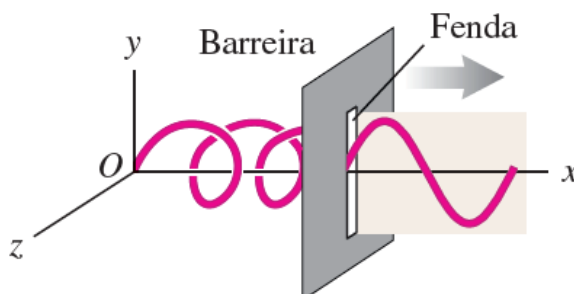


Fonte: Sears, Zemansky, Young e Freedman.

Quando uma onda possui deslocamento em uma única direção, dizemos que ela é linearmente polarizada nessa direção. Logo, na figura 15 temos uma onda linearmente polarizada na direção “**y**” e na figura 16, a onda é linearmente polarizada na direção “**z**”.

Podemos criar um filtro polarizador para as ondas mecânicas, esse filtro deixará apenas componentes da onda com polarização em determinada direção, tal como na figura 17.

**Figura 17** – Filtro polarizador.



**Fonte:** Sears, Zemansky, Young e Freedman.

Na figura 17, a corda desliza, na fenda sem atrito, somente na direção vertical “y”. A fenda na barreira funciona como um filtro polarizador deixando passar apenas as ondas polarizadas na direção y e bloqueando as ondas na direção “z”.

Conforme vimos anteriormente no, a onda eletromagnética é uma onda transversal, uma vez que os campos elétricos e magnéticos variam em direções perpendiculares entre si e também à direção de propagação da onda. A direção de polarização de onda eletromagnética é a direção do campo elétrico, pois quase todos os detectores de ondas eletromagnéticas realizam seu funcionamento pela ação da força elétrica sobre os elétrons do material. Logo, a onda eletromagnética descrita pela equação abaixo:

$$\begin{aligned}\vec{E}(x, t) &= \hat{j}E_{máx}\cos(kx - \omega t) \\ \vec{B}(x, t) &= \hat{k}B_{máx}\cos(kx - \omega t)\end{aligned}\quad (3.27)$$

é polarizada na direção “y”, isso porque o campo elétrico possui apenas o componente y.

## 4 – Experimentos de Young<sup>2</sup>

No presente capítulo, abordaremos o cientista Thomas Young de maneira breve e seus experimentos de grande contribuição para a comunidade científica a respeito da natureza da luz.

### 4.1 – Thomas Young

**Figura 18** – Thomas Young.



Fonte: Urrutia Hugo.

Thomas Young (1773 - 1829) foi de fundamental importância para a ciência. Por isso, seu nome foi adotado (como uma homenagem) para a criação do “Thomas Young Centre” ou Centro Thomas Young em Londres (que é uma forte aliança de grupos de pesquisa acadêmicos envolvidos na teoria e na simulação de materiais).

Seus experimentos de interferência da luz e de dupla fenda ajudaram na compreensão da dualidade da luz que pode comportar-se como onda e como matéria.

### 4.2 – Interferência da Luz

A motivação de Young ao investigar o que ocorre quando a luz passa por uma fenda estreita, enfatizou a difração da luz, que por sua vez, resultou na comprovação experimental da interferência luz.

A difração da luz, fenômeno que ocorre em todos os tipos de ondas, é pouco observada no cotidiano, porém pode ser largamente verificado em ondas mecânicas. Cotidianamente, escutamos o som produzido por uma fonte que se encontra por trás de algum objeto, como por exemplo, um rádio, que se encontra na sala e seu som que se propaga contornando a mobília e paredes, podem chegar até alguém na co-

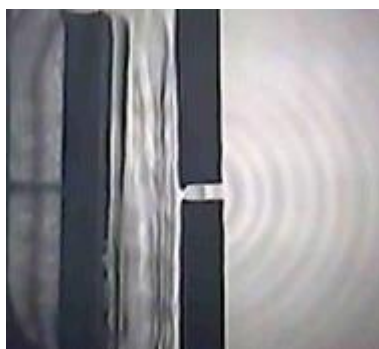
---

<sup>2</sup> O presente capítulo foi construído para o meu trabalho de conclusão de curso de graduação “Os dez mais belos experimentos da Física”, onde tive o privilégio de ser orientado pelo *Prof. Dr. Kleber Cavalcante Serra* do instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas no ano de 2013. No entanto, preferi adaptar para a presente dissertação de Mestrado ao invés de simplesmente anexar ao final da dissertação.

zinha da casa. Notamos assim a capacidade que a onda sonora tem em contornar objetos, semelhantemente as ondas mecânicas das águas do mar.

Num simples experimento de cubas de ondas, tal como mostrado na figura abaixo:

**Figura 19** – Difração no experimento cuba de ondas.



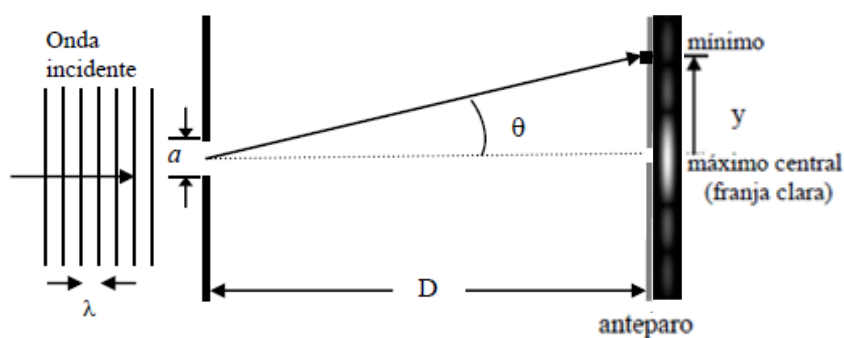
**Fonte:**

[https://www.researchgate.net/publication/228519267\\_Analise\\_digital\\_de\\_ondas\\_em\\_uma\\_cuba\\_de\\_ondas](https://www.researchgate.net/publication/228519267_Analise_digital_de_ondas_em_uma_cuba_de_ondas).

Na imagem acima temos o fenômeno de difração de uma onda mecânica por uma fenda, cuja largura é da ordem do comprimento de onda  $\lambda$  da onda incidente. É claramente notável que um feixe de ondas planas muda para uma configuração circular ao passar pela fenda. Quando a abertura da fenda é grande, a onda não sofre mudança em sua configuração, entretanto, para uma menor largura da fenda mais circular se tornará a configuração da onda ao contornar a mesma.

Agora considerando a luz como o nosso objeto de estudo, suponhamos que uma frente de onda de luz monocromática incida num obstáculo contendo uma fenda, como na figura 20.

**Figura 20** - Diagrama do experimento de interferência.

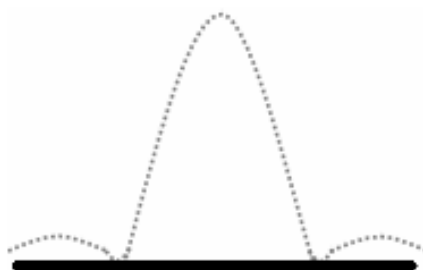


**Fonte:** Urrutia Hugo.

A figura 20 mostra um feixe luminoso que incide sobre uma barreira com uma pequena fenda estreita de largura  $a$  da ordem do comprimento de onda da luz  $\lambda_{Luz}$ . A fenda está afastada a uma distância  $D$  do anteparo. Young notou que na região compreendida de  $+y$  até  $-y$  havia pontos claros e escuros, em que constatou uma luminosidade central mais intensa que o restante. Tendo comprovado o fenômeno de interferência, Young imaginou que após a luz passar pela minúscula abertura originava novas frentes de onda que interferiam entre si, concordando assim, com o princípio de Huygens.

O princípio de Huygens, proposto no final do século XVII, afirma que cada ponto de uma frente de onda se comporta como uma nova fonte de ondas elementares, que se propaga para além da região já atingida pela onda original e com a mesma frequência que ela. Portanto, as ondas de Huygens originárias em cada ponto da abertura da fenda interferem entre si gerando, no anteparo, uma região de franjas claras e escuras que foi observada por Young no experimento de fenda dupla.

**Figura 21** – Padrão de interferência da luz.



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br> (adaptado).

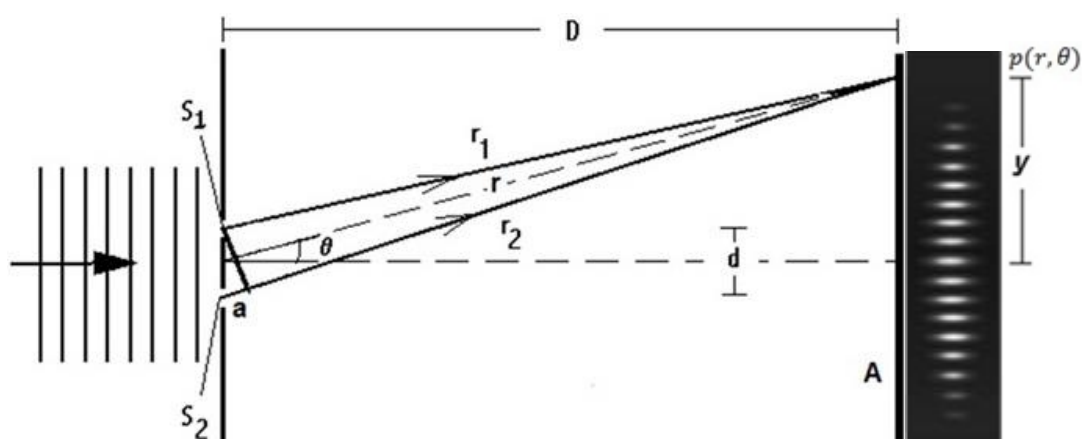
Na figura 21, temos uma ilustração da distribuição da intensidade da luz, do experimento de fenda única. Nesta figura, a intensidade da luz é distribuída mais fortemente na região central, compreendida entre franjas escuras seguidas de regiões luminosas com baixa intensidade.



### 4.3 – Experimento de Dupla Fenda de Young

A motivação de Young de fazer todos acreditarem que a luz é uma onda como qualquer outra, instigou a elaborar o experimento de dupla fenda. Esta experiência é descrita na figura 22. Nela, observamos uma frente de onda representada pelas linhas verticais que incide sobre um obstáculo contendo duas pequenas fendas idênticas  $S_1$  e  $S_2$ , separadas por uma distância  $d$ .

**Figura 22** - Diagrama de interferência de ondas originadas em duas fendas em um anteparo.



Fonte: < <http://www.if.ufrgs.br>; (adaptado).

As perturbações luminosas que os orifícios deixam passar têm as seguintes funções:

$$\begin{aligned}\psi_1 &= \psi_0(r_1)\text{sen}(kr_1 - \omega t) \\ \psi_2 &= \psi_0(r_2)\text{sen}(kr_2 - \omega t)\end{aligned}\quad (4.1)$$

Em que as amplitudes  $\psi_0(r_1)$  e  $\psi_0(r_2)$ , de mesma frequência  $\nu = \omega/2\pi$ , são funções de  $r_1$  e  $r_2$ . O comprimento de onda é definido por  $\lambda = 2\pi/k$ , sendo  $k$  o número de onda.

Esse experimento de Young é montado de modo que, na figura 22,  $r$ ,  $r_1$  e  $r_2$  sejam muito maiores que a distância entre as fendas  $d$ . Para qualquer ponto do anteparo vertical  $A$ , chamaremos de ponto  $p(r, \theta)$  o ponto que dista  $y$  do centro do

anteparo, as amplitudes e a diferença dos comprimentos  $r_1$  e  $r_2$  são dadas respectivamente por:

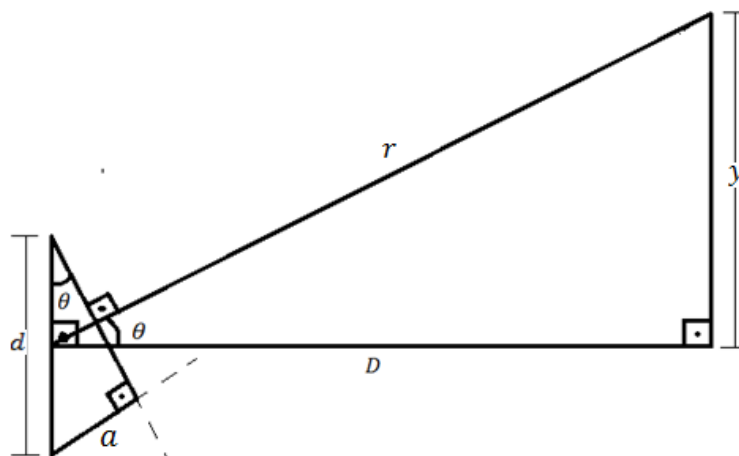
$$\psi_{0(r_1)} = \psi_{0(r_2)} = \psi_{0(r)} \simeq \psi_0 \quad (4.2)$$

$$a = r_2 - r_1 \simeq d \operatorname{sen} \theta \simeq d \operatorname{tg} \theta \simeq d \theta \quad (4.3)$$

As equações 4.1 e 4.2 foram determinadas apenas para o caso particular onde  $\theta$  tem um valor pequeno, essa condição é justificada para  $D \gg d$ .

Na equação 4.2 as amplitudes  $\psi_{0(r_1)}$ ,  $\psi_{0(r_2)}$  e  $\psi_{0(r)}$  são aproximadamente iguais a uma constante  $\psi_0$ . Já a diferença de percurso  $r_2 - r_1$  pode ser facilmente entendida de acordo com a imagem mostrada na figura 23 onde verificamos que o ângulo  $\theta$  é igual para ambos os triângulos considerados.

**Figura 23** - Imagem ampliada da região nas proximidades das fendas.



**Fonte:** Produção pessoal.

Ao somarmos as perturbações  $\psi_1$  e  $\psi_2$  das fendas teremos, a equação da perturbação resultante  $\psi$ , superposição linear, que será gerada no anteparo  $A$ .

$$\Rightarrow \psi = \psi_1 + \psi_2 \quad (4.4)$$

Definimos anteriormente que as ondas possuem a mesma frequência  $\nu$ . O porque das frequências serem iguais se deve à engenhosidade adotada por Young ao usar um feixe de luz gerado por uma só fonte que incide nas fendas. E como as

perturbações luminosas das fendas são geradas por um só feixe de luz, logo terão a mesma frequência  $\nu$ .

A intensidade  $I$  da luz que chega num determinado ponto do anteparo  $A$ , afastado paralelamente do plano das fendas por uma distância  $D$ , é proporcional à média temporal do quadrado da função da perturbação resultante, logo:

$$I \propto \langle \psi^2 \rangle_T = \langle [\psi_1 + \psi_2]^2 \rangle \quad (4.5)$$

Em que ao substituirmos as funções  $\psi_1$  e  $\psi_2$ , e de acordo com as equações 4.1 e 4.2 teremos que:

$$\begin{aligned} \psi^2 &= [\psi_1 + \psi_2]^2 \\ \psi^2 &= \psi_0^2 \text{sen}^2[kr_1 - \omega t] + 2\psi_0^2 \text{sen}[kr_1 - \omega t] \text{sen}[kr_2 - \omega t] + \psi_0^2 \text{sen}^2[kr_2 - \omega t] \end{aligned} \quad (4.6)$$

Devemos ser cuidadosos na expressão acima para não confundimos  $r_1$  com  $r_2$ , em que de acordo com a equação 4.3 verificamos que  $r_2 = r_1 + a$ . Então, substituindo  $r_2$  em 4.6 iremos ter:

$$\begin{aligned} \psi^2 &= \psi_0^2 \text{sen}^2[kr_1 - \omega t] + 2\psi_0^2 \text{sen}[kr_1 - \omega t] \text{sen}[k(r_1 + a) - \omega t] \\ &\quad + \psi_0^2 \text{sen}^2[k(r_1 + a) - \omega t] \end{aligned} \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \psi^2 &= \psi_0^2 \text{sen}^2[kr_1 - \omega t] + 2\psi_0^2 \text{sen}[kr_1 - \omega t] \text{sen}[kr_1 - \omega t + ka] \\ &\quad + \psi_0^2 \text{sen}^2[kr_1 - \omega t + ka] \end{aligned} \quad (4.8)$$

Como  $r_1 \cong r$ , e substituindo-se  $r_1$  por  $r$  encontramos:

$$\begin{aligned} \psi^2 &= \psi_0^2 \text{sen}^2[kr - \omega t] + 2\psi_0^2 \text{sen}[kr - \omega t] \text{sen}[kr - \omega t + ka] \\ &\quad + \psi_0^2 \text{sen}^2[kr - \omega t + ka] \end{aligned} \quad (4.9)$$

Substituindo-se a equação 4.9 em 4.5 encontramos a seguinte relação para a intensidade  $I$ :

$$\begin{aligned} I &\propto \langle \psi^2 \rangle_T \\ I &\propto \frac{1}{2}\psi_0^2 + \frac{1}{2}\psi_0^2 + \psi_0^2 \text{sen}[kr - \omega t] \text{sen}[kr - \omega t + ka] \end{aligned} \quad (4.10)$$

$$\Rightarrow I \propto \frac{1}{2}\psi_0^2 + \frac{1}{2}\psi_0^2 + \psi_0^2 \cos(ka) = \psi_0^2[1 + \cos(ka)] \quad (4.11)$$

A equação 4.11 nos diz que quando  $\cos(ka)$  for igual a  $-1$  a intensidade será nula resultando numa franja escura e quando  $\cos(ka)$  assumir valor igual a  $1$  a intensidade será máxima dando como resultado uma franja clara. Os pontos das franjas claras e escuras são resolvidos tais que, para valores inteiros de  $n$  temos:

$$ka = \begin{cases} 2n\pi & (\text{máximos}) \\ (2n + 1)\pi & (\text{mínimos}) \end{cases} \quad (4.12)$$

De acordo com a definição de comprimento de onda  $\lambda = 2\pi/k \Rightarrow k = 2\pi/\lambda$ . Notemos que para uma interferência construtiva entre as fontes  $S_1$  e  $S_2$  de mesma amplitude e frequência só será observada em pontos em que a diferença dos comprimentos dos caminhos seja um múltiplo do comprimento de onda, ou seja:

$$a = n\lambda ; n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4.13)$$

Reescrevendo a diferença entre as distâncias em termos da posição  $y \simeq D\theta$ , temos que:

$$a = \frac{d}{D}y \quad (4.14)$$

A intensidade  $I$  para qualquer ponto do anteparo será proporcional a:

$$I \propto \psi_0^2 \left( 1 + \cos \frac{2\pi d}{\lambda} \frac{y}{D} \right) \quad (4.15)$$

Que em outras palavras teremos que:

$$I = I_{max} \cos^2 \left( \frac{\pi d}{\lambda D} y \right) \quad (4.16)$$

E os pontos de máximos estarão localizados de modo a obedecer à seguinte expressão:

$$y_n = n \frac{\lambda}{d} D \quad ; \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (4.17)$$

Os resultados da experiência de dupla fenda confirmaram a crença de Thomas Young de que a luz se comporta como uma onda devido ao fenômeno de interferência ser de natureza ondulatória. Contrariando assim a teoria corpuscular de Newton que considera a luz como sendo um feixe de partículas de velocidades iguais, deslocando-se na mesma direção e sentido. De acordo com a teoria corpuscular, não seria observado nada no anteparo ao invés das franjas claras e escuras. Isto ocorreria porque os corpúsculos seriam aniquilados com o choque entre si.

## 5 – O FÓTON

Em 1905, Einstein idealizou que a radiação eletromagnética, ou seja, a luz é quantizada. Essa quantidade elementar da luz, chamamos de fóton. Então, para uma onda senoidal de comprimento de onda  $\lambda$ , frequência  $f$  e velocidade  $c$  (que é a velocidade da luz), teremos:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (5.1)$$

O fóton é compreendido como sendo “um pacote de energia” cuja massa é nula. Segundo Einstein, um quantum de luz de frequência  $f$  tem uma energia dada pela seguinte equação:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (5.2)$$

sendo  $h$ , a chamada constante de Planck cujo seu valor é de  $6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ . A menor energia que uma onda luminosa de frequência  $f$  pode ter  $hf$ , que é a energia de um único fóton.

Einstein sugeriu que em geral a luz é absorvida ou emitida por um corpo, essa absorção ou emissão ocorre nos átomos do corpo. Assim, quando um fóton de frequência  $f$  é absorvido por um átomo, a energia  $hf$  do fóton é transferida da luz para o átomo, um evento de absorção que envolve a aniquilação de um fóton. Quando um fóton de frequência  $f$  é emitido por um átomo, uma energia  $hf$  é transferida do átomo para a luz, um evento de emissão que envolve a criação de um fóton. Isso significa que os átomos de um corpo têm a capacidade de emitir e absorver fótons (Halliday, David Resnick, Robert; Walker, Jearl) (p. 179).

### 5.1 – Efeito Fotoelétrico

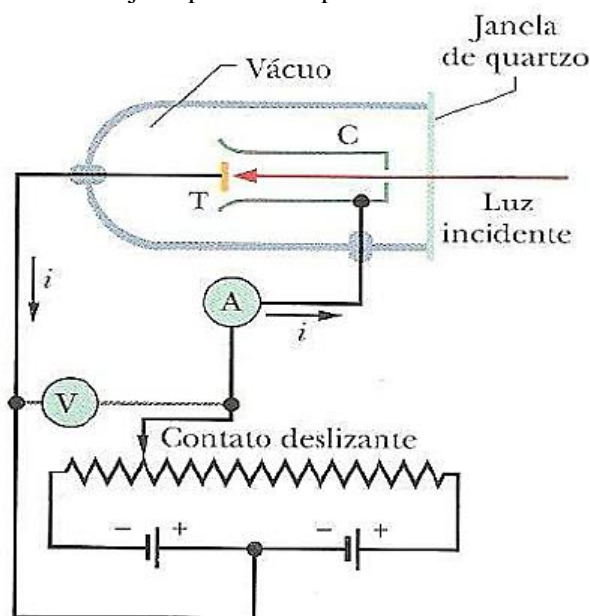
As experiências realizadas em 1886 e 1887 por Heinrich Hertz confirmaram a existência de ondas eletromagnéticas e a teoria de Maxwell a respeito da

propagação da luz. Hertz descobriu que uma descarga elétrica entre dois eletrodos ocorre mais facilmente quando se incide luz ultravioleta sobre um deles. Essa emissão de elétrons de uma superfície devido à incidência de luz sobre a mesma é chamada de efeito fotoelétrico.

Albert Einstein explicou esse efeito usando a ideia do fóton, uma vez que esse efeito não pode ser explicado usando a física clássica.

A figura 24 representa uma ilustração do experimento usado para estudo do efeito fotoelétrico. Nela, uma luz de frequência  $f$  incide em um alvo T, o qual elétrons são ejetados. Em C, os elétrons (chamamos esses elétrons de fotelétrons) são coletados, e entre o coletor C e T é mantida uma diferença de potencial  $V$ . Uma corrente fotelétrica  $i$  é produzida pelos elétrons ejetados e medida pelo amperímetro A.

**Figura 24** – Arranjo experimental para o estudo do efeito fotoelétrico.



Fonte: Halliday, David Resnick, Robert; Walker, Jearl.

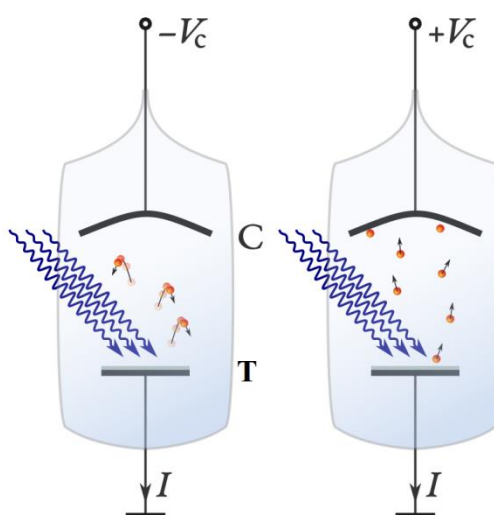
Usando o contato deslizante da figura 24, ajustamos o potencial  $V$  fazendo com que o coletor C fique ligeiramente negativo em relação ao alvo T. Esse ajuste fino causa uma redução na velocidade dos elétrons ejetados. Posteriormente, é realizado um aumento no valor negativo do potencial de modo que o potencial atinja um valor  $V_{Corte}$  denominado potencial de corte, de modo que a corrente medida pelo amperímetro tem valor nulo. Quando  $V = V_{Corte}$ , os elétrons ejetados de maior

energia são detidos antes de chegarem ao coletor. Logo, a energia cinética máxima  $K_{máx}$  desses elétrons é dada de acordo com a equação abaixo (Halliday, David Resnick, Robert; Walker, Jearl) (p. 181):

$$K_{máx} = eV_{Corte} \quad (5.3)$$

Sendo  $e$  a carga elementar.

**Figura 25** – Ilustração dos elétrons sendo ejetados.



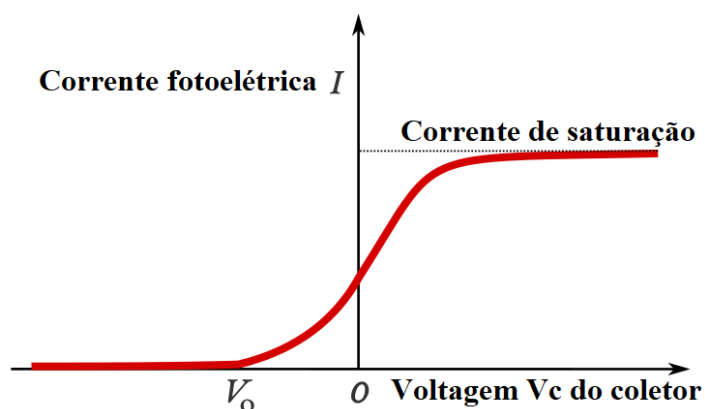
Fonte: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Photoelectric\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Photoelectric_effect)>; (adaptado).

A figura acima nos mostra os elétrons sendo ejetados, do lado esquerdo é observado que nem todos os elétrons ejetados conseguem chegar ao coletor de voltagem  $-V_c$ . No entanto quando invertemos essa voltagem para  $+V_c$ , todos os elétrons ejetados do alvo em T são coletados pelo coletor C. Em ambos os casos é gerada uma corrente elétrica representada por  $I$ .

Logo abaixo, trazemos uma ilustração do gráfico para o efeito fotoelétrico.



**Figura 26** – Gráfico do efeito fotoelétrico.



Fonte: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Photoelectric\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Photoelectric_effect)>; (adaptado).

Na imagem acima temos uma ilustração gráfica da corrente fotoelétrica  $I$  versus a voltagem  $V_c$  do coletor para o efeito fotoelétrico. Nela podemos observar que a medida que aumentamos diferença de potencial, ou seja, a voltagem do coletor, haverá um aumento de elétrons que serão capturados pelo coletor. Quando a voltagem for um pouco maior que 0 a corrente elétrica vai atingir uma corrente de saturação, ou seja, mesmo que aumentemos a voltagem a corrente elétrica não aumentará, pois o coletor capturará 100% dos elétrons ejetados.

Albert Einstein resumiu os resultados obtidos nos experimentos do efeito fotoelétrico na seguinte equação:

$$K_{m\acute{a}x} = hf - \Phi \quad (5.4)$$

A equação 5.4 é a aplicação da conservação de energia para emissão fotoelétrica dum elétron por um alvo e  $\Phi$  é a função trabalho, que representa a energia mínima necessária para que o elétron consiga escapar do alvo.

O experimento nos permite afirmar que, para uma luz de frequência conhecida  $f$ , o valor da energia cinética máxima  $K_{m\acute{a}x}$  não depende da intensidade da luz incidente no alvo, não importando se o mesmo for iluminado por uma luz ofuscante ou por uma luz fraca tal como a gerada por uma chama num palito de fósforo, a energia cinética máxima dos elétrons terá sempre o mesmo valor, desde que a frequência da luz permaneça a mesma (Halliday, David Resnick, Robert; Walker, Jearl).

## 6 – A PLATAFORMA KODULAR

Nosso jogo foi pensando de modo a ser desenvolvido usando alguma plataforma disponibilizada na internet, de forma gratuita, para a criação de aplicativos. Em uma pesquisa, a fim de encontrarmos a plataforma que iríamos escolher, nos deparamos com uma chamada Kodular, que atraiu nossa atenção por ter uma boa base de usuários (em meados de 2020, com 350 mil usuários ativos, com mais de 900 mil projetos de aplicativos, que são utilizados por mais de 15 milhões de pessoas).

Outra característica importante referente a essa plataforma é a de que não é necessário conhecimento relacionado à programação, conforme uma tradução das informações na página da Google Play<sup>3</sup> (2020) sobre o Kodular (Google Play).

“Kodular é uma ferramenta on-line que permite que qualquer pessoa no mundo crie seu próprio aplicativo sem precisar aprender nenhuma linguagem de codificação. Basta arrastar e soltar blocos e seu aplicativo está pronto.”

O Kodular trata-se de uma evolução do Makeroid, uma plataforma baseada na App Inventor, criada no *Instituto de tecnologia de Massachusetts* (MIT). Por ter sido criado numa renomada instituição, é notável a boa seriedade com relação a sua eficácia, característica que também nos auxiliou na sua escolha.

### 6.1 – O uso do Kodular

A plataforma Kodular, pode ser utilizada em computadores sem a necessidade de instalação de programa para isso, basta acessar por meio de um navegador. Outra forma de uso é por meio de instalação de aplicativo no smartphone.

A forma de uso do Kodular é bastante simples, de acordo a tradução da página do aplicativo no Google Play 2020, é visto que:

---

<sup>3</sup> Loja de aplicativos da Google disponível para aparelhos que usam o sistema Android.

“Basta fazer o download, conectá-lo ao construtor e seu aplicativo será mostrado neste aplicativo. Economize muito tempo testando seu aplicativo ao vivo. O aplicativo é como um espelho: se você alterar algo no construtor on-line, ele atualizará automaticamente o aplicativo, fornecendo uma visualização em tempo real dele.”

Onde entendemos que o construtor online é a página de desenvolvimento do aplicativo que funciona online, ou seja, se fizermos alguma alteração, imediatamente nosso aplicativo sofrerá a devida alteração em sua forma de funcionamento. Outra observação interessante é de que ela permite que os criadores testem seus aplicativos antes de publicar na Play Store.

Nos termos de serviços do Kodular, é possível ver a forma de como monetizar o aplicativo que desejamos desenvolver. Caso queiramos capitalizar, devemos utilizar banners de propaganda no nosso aplicativo e, com isso, o Kodular recebe uma porcentagem por esses banners. Como não temos interesse em capitalizar, não usaremos banners, logo nós e o Kodular não receberemos nada por isso. Para nós, não nos é interessante colocar qualquer tipo de barreira que impeça o uso, de forma livre, do nosso aplicativo.

Uma observação interessante da plataforma Kodular é a de que ela possibilita criarmos aplicativos que necessitam conexão com a internet durante o uso, ou seja, dessa maneira o aplicativo precisa constantemente checar a base dados que ficam armazenados na plataforma. O bom de construir um aplicativo dessa maneira é de que podemos atualizar o jogo inserindo e ou modificando algumas questões sempre que desejarmos, sem que o usuário precise baixar novamente. Entretanto, aqui encontra-se um pequeno empecilho, pois muitas das escolas públicas e também privadas não disponibilizam internet para os alunos. Logo, essa maneira, a nosso entender, não é viável, uma vez que tivemos que burlar esse problema usando a rede Wi-Fi (internet sem fio) da coordenação da escola, que a princípio não gostaram dessa ideia de conceder o acesso à rede para os alunos.

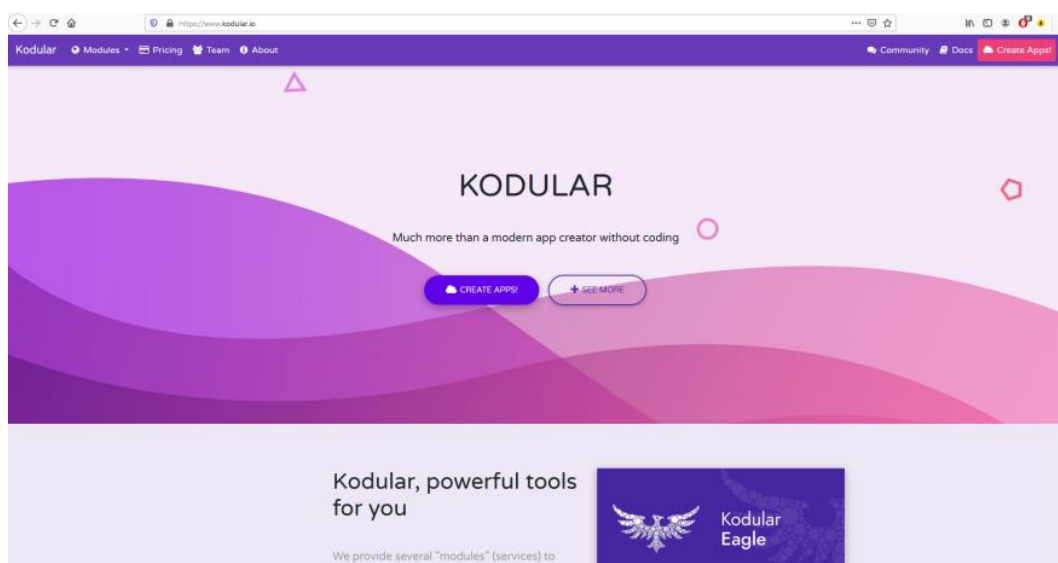
Outra observação de grande relevância é a de que o Kodular também nos permite criarmos aplicativos que independem da conexão com a internet para funcionarem corretamente. Desse modo, basta apenas instalarmos o aplicativo e pronto, ele já traz consigo toda a base de dados para o aplicativo funcionar sem nenhuma intercorrência. Essa maneira de criação de aplicativo é a qual preferimos adotar, pois o aluno não precisará usar a internet da escola, e isso é uma grande

justificava para escolhermos criar um aplicativo dessa maneira de funcionamento. Entretanto, desse modo, qualquer atualização que fizemos inserindo ou modificando alguma questão no jogo, o aluno terá que baixar novamente a versão mais recente.

## 6.2 – Desenvolvendo o Jogo “Quiz Física” de Smartphone

Para desenvolvermos nosso jogo, primeiramente acessamos a página oficial do Kodular localizada no endereço “<https://www.kodular.io/>”, conforme a figura 27.

**Figura 27** - Página oficial do Kodular.



**Fonte:** Autor [35].

Logo após, basta clicar no ícone “Create Apps!”, localizado na parte central ou no canto superior direito. Uma vez que clicamos, seremos direcionados para uma tela de login, figura 28, onde podemos clicar em “Create Account” para podermos criar uma conta.

**Figura 28** – Tela de login e criação de conta.

**Fonte:** Autor, 2021.

Depois que criamos a conta, fazemos o login e, no nosso caso, preferimos trabalhar usando nosso idioma. Por isso, clicamos “account” (conta) que é o ícone na extrema direita da figura 29, depois em “setting” (configurações) e selecionamos o idioma “Português do Brasil” e pronto, agora a conta está configurada para trabalharmos usando nosso idioma selecionado.

**Figura 29** - Ícones da página de criação de aplicativo.



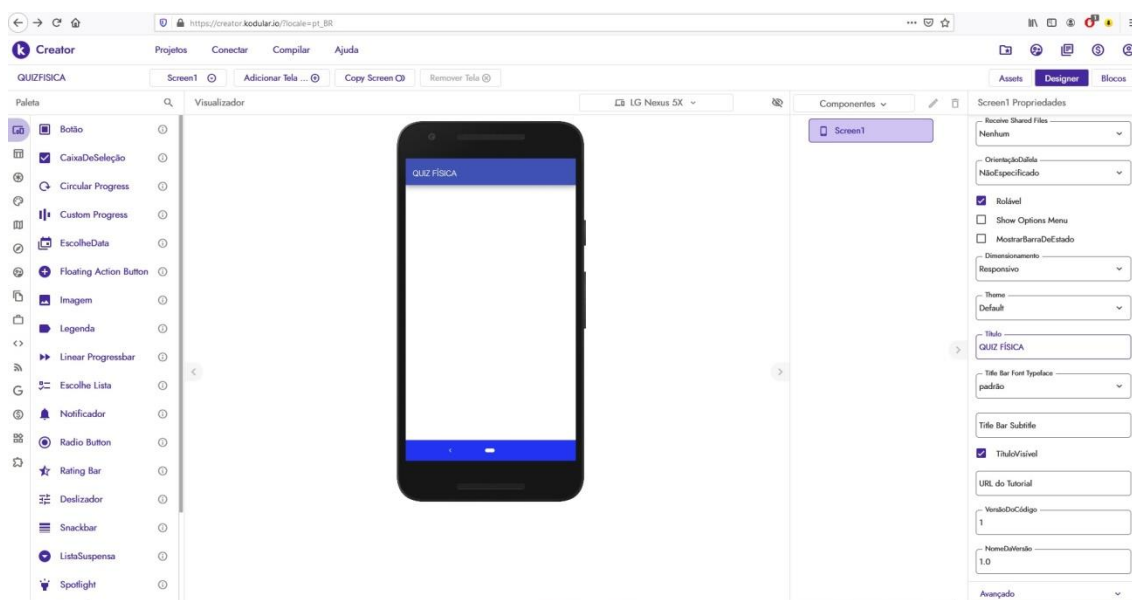
**Fonte:** Autor, 2021.

Feito essas etapas, estamos aptos a criar nosso aplicativo. Agora temos opção de criar um projeto e importar um projeto. Como nosso foco é criar um aplicativo do zero, vamos criar um novo projeto.

É oportuno aqui, evidenciarmos que escolhemos acessar a plataforma usando um computador, isso é por considerar que para nós é mais agradável de usar já que temos essa possibilidade. E também por uma questão de praticidade, uma vez que, à medida que iremos criando o jogo estamos, simultaneamente, estaremos digitando esta seção de nossa dissertação.

Na tela “creator” (criação do aplicativo) figura 30, temos a interface onde poderemos definir os elementos que serão usados no aplicativo.

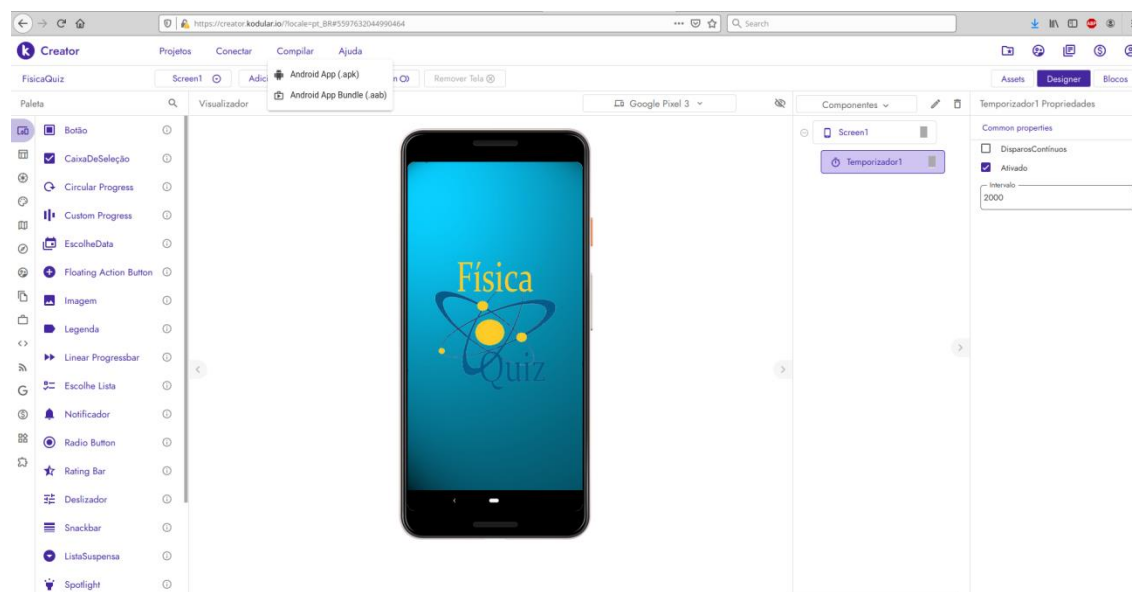
**Figura 30** - Interface de criação de aplicativo.



Fonte: Autor, 2021.

Inserimos uma imagem logo, que criamos utilizando o programa photoshop, de acordo com a figura 31.

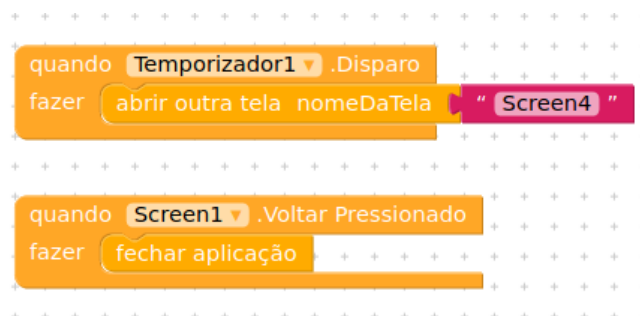
**Figura 31** – Frame inicial.



Fonte: Autor, 2021.

Na figura 31, é onde realizamos a escolha dos itens que conterà no presente frame. Quando clicamos em “blocos”, no canto superior direito, somos levados à tela que contém os blocos lógicos da figura 32.

**Figura 32** – Blocos lógicos da tela inicial do aplicativo.

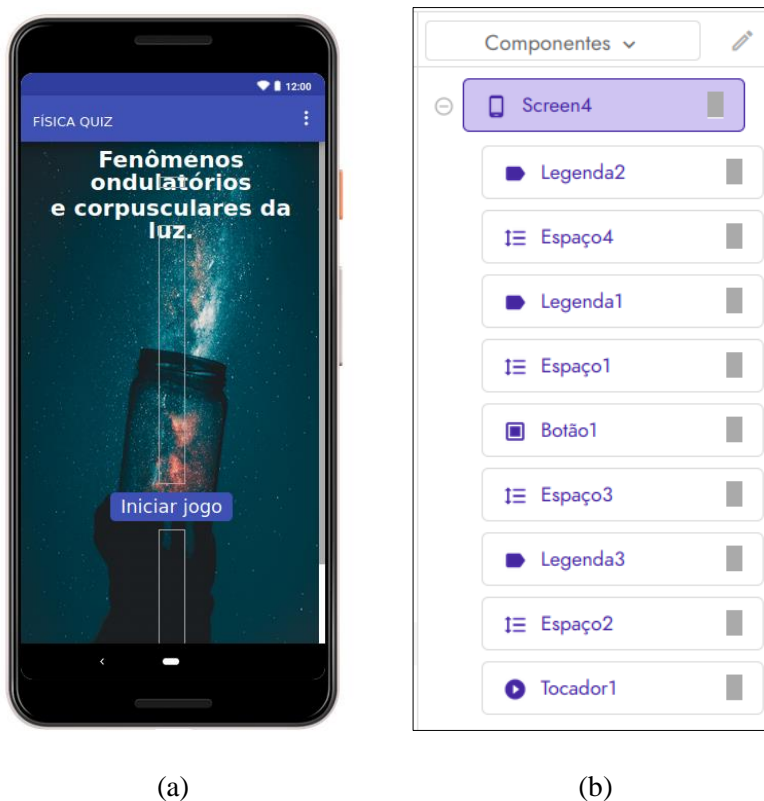


Fonte: Autor, 2021.

Na imagem acima, contém dois blocos, sendo o temporizador o arranjo superior que serve para animação de transição da tela logo do jogo para a tela de inicialização. E o arranjo inferior, serve para quando a tecla “voltar” for pressionada nesse frame, a aplicação seja fechada.

**Figura 33** – Produção da tela de inicialização de jogo.

(a) mostra o frame e (b) os componentes utilizados.



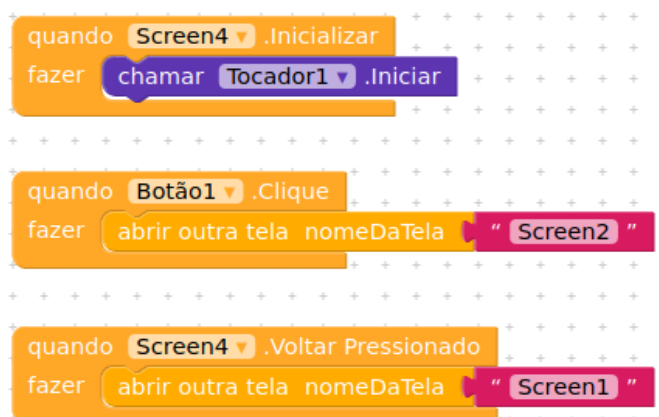
(a)

(b)

Fonte: Autor, 2021.

O lado esquerdo da figura 33 é o frame de inicialização de jogo, enquanto que o lado direito são os componentes utilizados para a produção deste quadro. Os blocos lógicos são mostrados na figura 34.

**Figura 34** – Blocos lógicos da tela inicial do aplicativo.



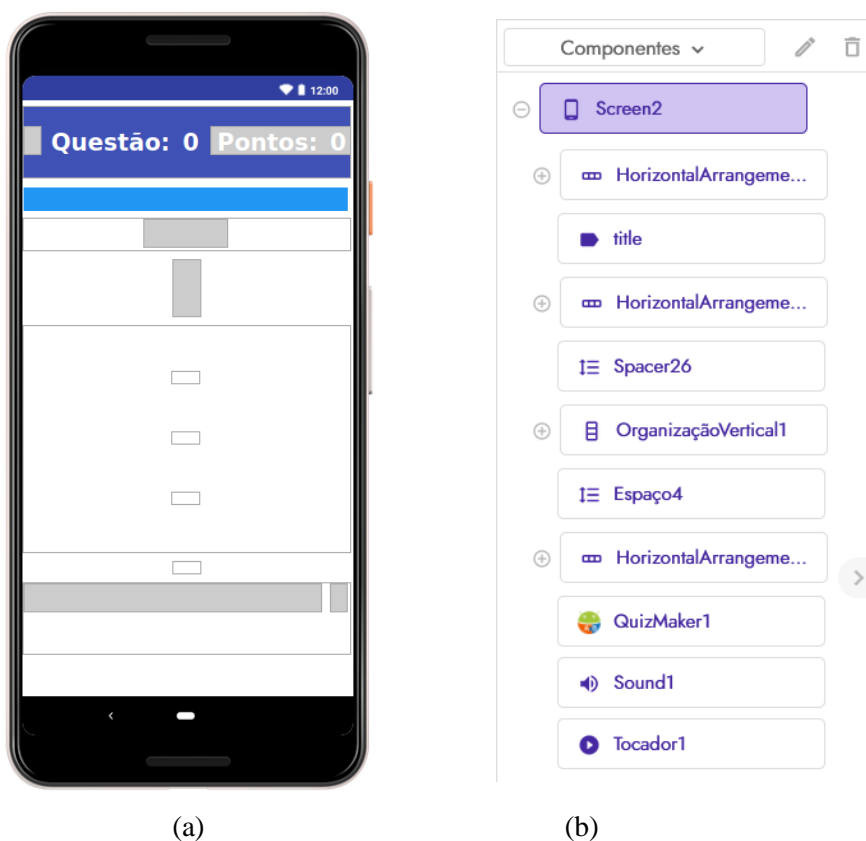
Fonte: Autor, 2021.

Na imagem acima, temos que a região de cima serve para chamar a inicialização do aplicativo. O bloco do centro trata-se do botão “iniciar jogo”, em que quando clicado, somos levados às perguntas de números, que se inicia na pergunta de número 1 e vai até a de número 25 mesclando entre perguntas e afirmativas. A parte inferior é a que fará com que o jogo seja reiniciado caso o jogador clique em voltar ou retornar.

Quando selecionamos “iniciar jogo”, a tela de perguntas passa a ser apresentada, a figura 35 nos mostra como a criamos.



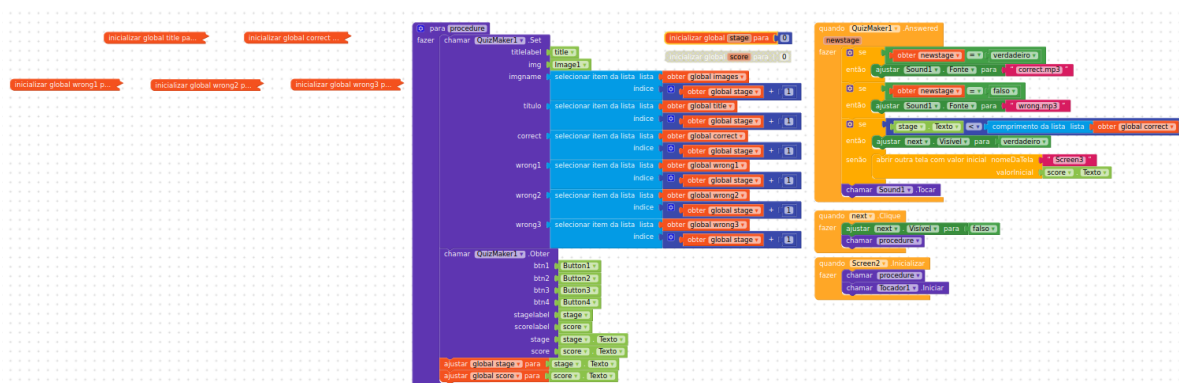
**Figura 35** – Criando a tele de perguntas.



Fonte: Autor, 2021.

Na imagem acima, em 35 (a) temos a tela de questões e afirmativas, que foi criada por meio do uso dos componentes mostrados em 35 (b). Aqui, é onde tivemos o maior trabalho na construção do nosso aplicativo. Pois, mostramos os blocos lógicos, de maneira geral, dessa parte na figura abaixo.

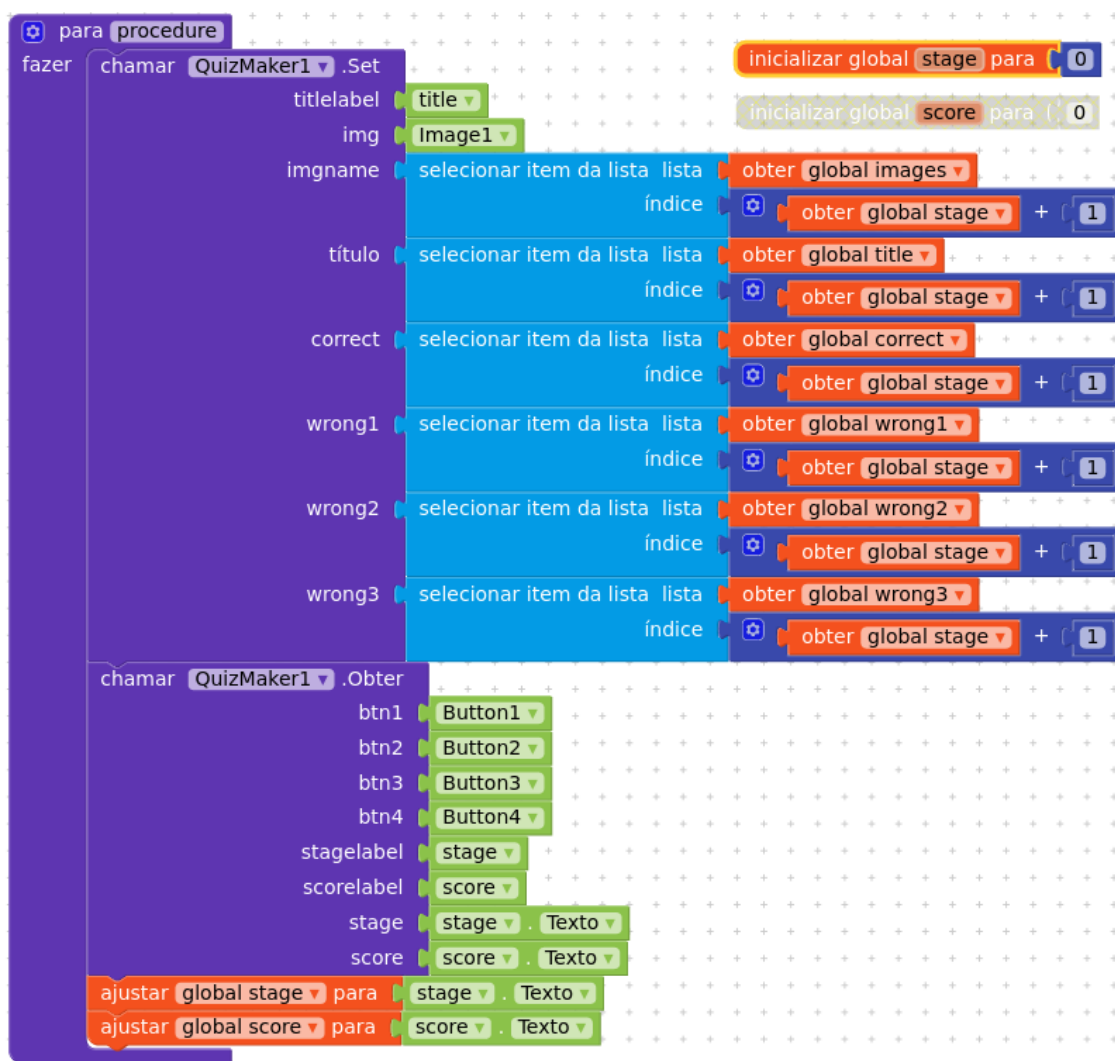
**Figura 36** – Blocos lógicos da tela de perguntas.



Fonte: Autor, 2021.

Em figuras posteriores mostraremos, de maneira ampliada, as partes da figura 36. Começando pela imagem abaixo, mostrando, a região central da figura.

**Figura 37** – Blocos lógicos da região central da tela de perguntas.



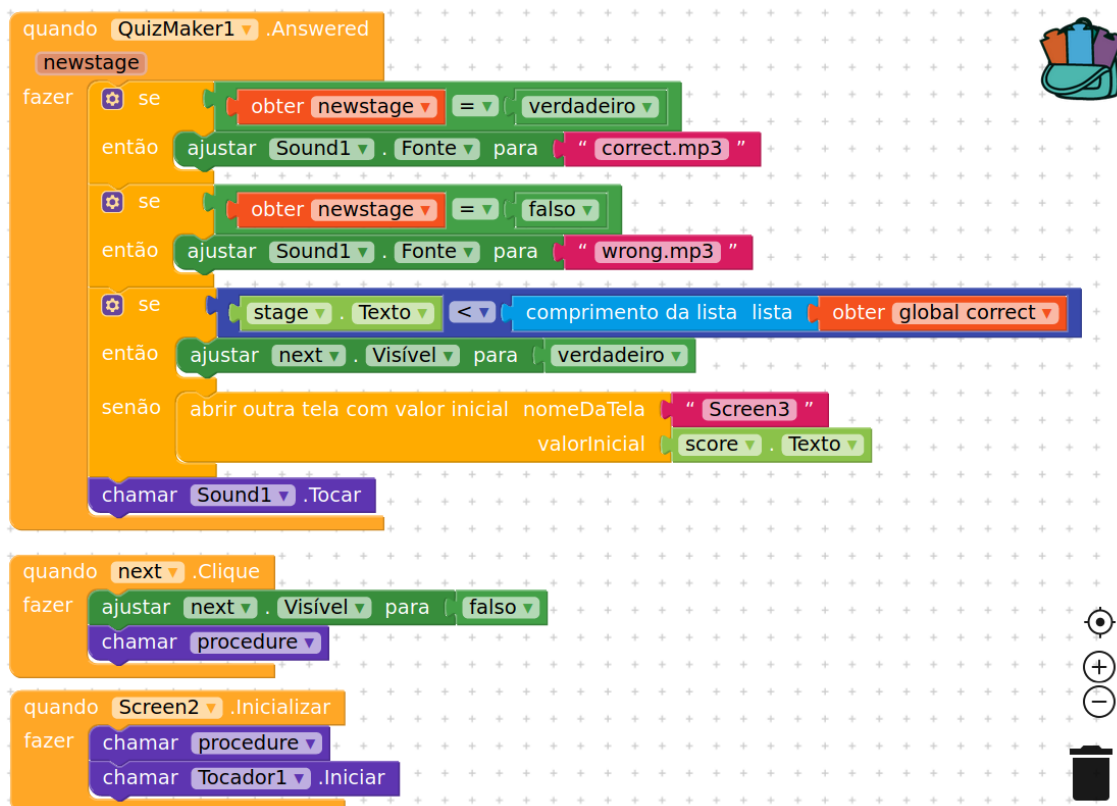
Fonte: Autor, 2021.

A foto acima se trata de um índice que é popularmente usado na programação e que serve para fazer a contagem tanto das questões quanto da pontuação. Cada questão respondida de forma correta é acrescido 5 pontos na pontuação que inicia-se em 0. Ao responder cada questão de maneira certa ou errada poderemos avançar para o próximo estágio. Caso determinada questão seja respondida errada, o jogador não ganha a pontuação da questão. Esses blocos também são responsáveis pelos botões responsivos das alternativas e também serve para verificar se a questão foi respondida de maneira correta ou errada, uma

vez que ele verifica as listas de questões, alternativas corretas, de erros 1, 2 e 3 já que em toda questão temos apenas 1 correta e 3 erradas.

Agora mostramos na foto abaixo, a região dos blocos da direita.

**Figura 38** – Blocos lógicos da região direita da tela de perguntas.



Fonte: Autor, 2021.

Na figura 38, vemos os blocos da região direita da produção da tela de perguntas. Aqui temos os blocos de comparação entre respostas certas e erradas, que na programação seria o “se e então” e também temos o som que é executado quando selecionado a resposta correta e outro som quando marcamos alguma resposta errada.

**Figura 39** – Blocos lógicos da região esquerda da tela de perguntas.



Fonte: Autor, 2021.

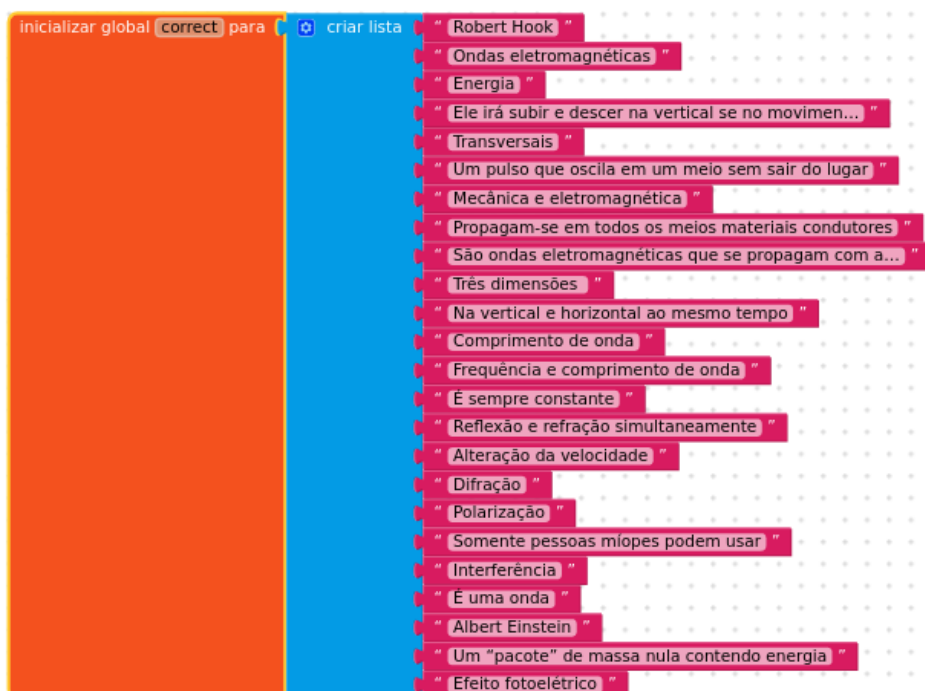
A figura 39, nos mostra os blocos minimizados ou ocultados que são as listas de questões ou afirmativas, alternativas corretas e as três listas de alternativas erradas. A sucessão de imagens a seguir, mostra em detalhes as cinco listas.

**Figura 40** – Lista de questões ou afirmativas.



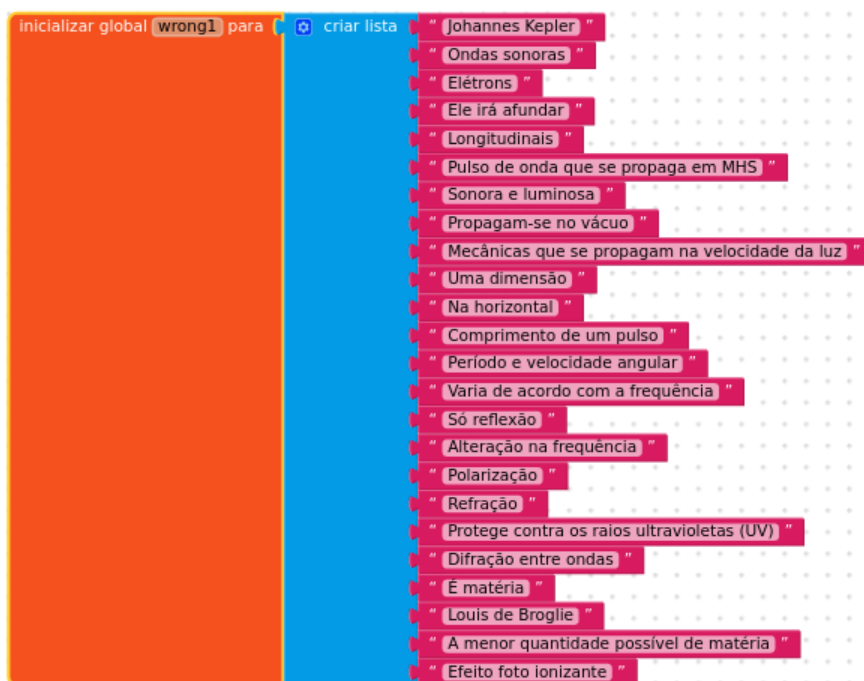
Fonte: Autor, 2021.

**Figura 41** – Lista de respostas corretas.



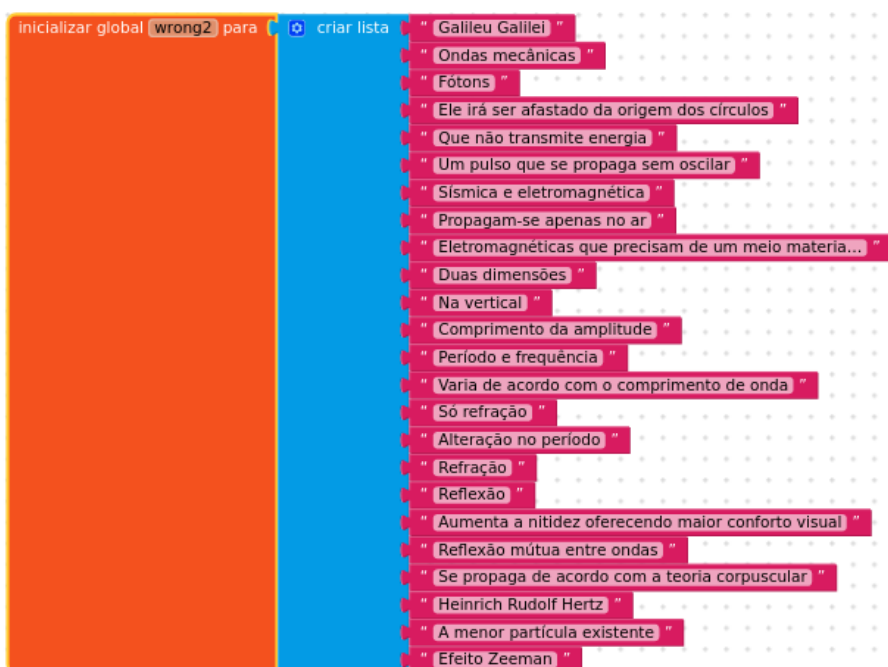
Fonte: Autor, 2021.

**Figura 42** – Lista de respostas erradas 1.



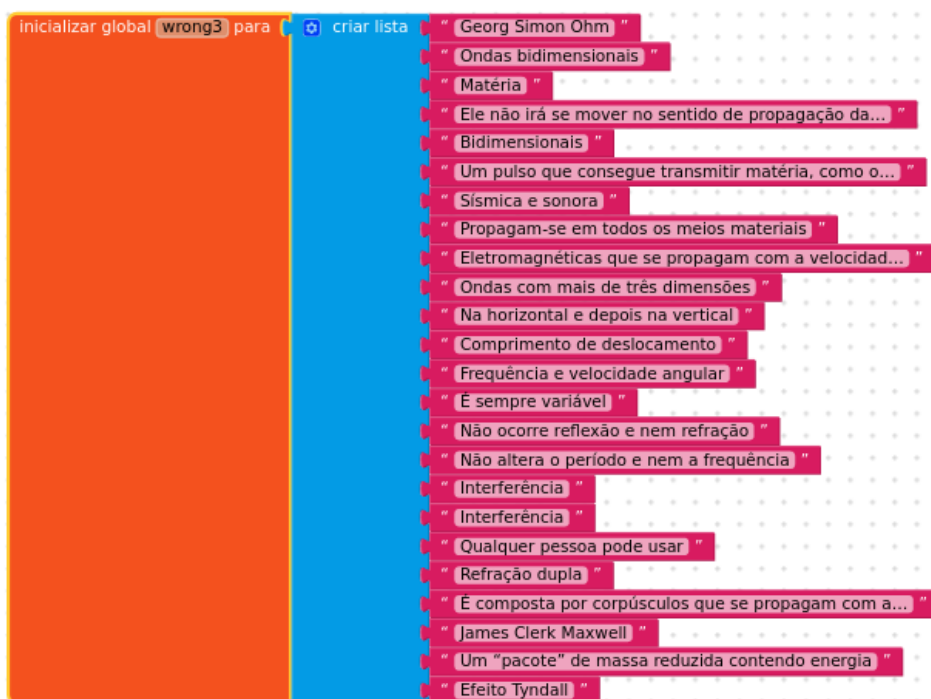
Fonte: Autor, 2021.

**Figura 43** – Lista de respostas erradas 2.



Fonte: Autor, 2021.

**Figura 44** – Lista de respostas erradas 3.



**Fonte:** Autor, 2021.

Faremos agora a construção da tela de exibição final do jogo, que exibirá a pontuação máxima alcançada pelo jogador. A figura 45 exibe a criação e os componentes que foram utilizados.

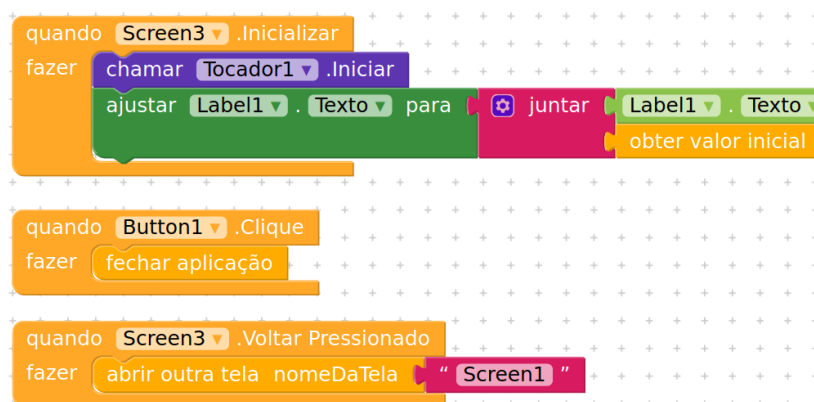
**Figura 45** – Construção da tela de exibição final.



Fonte: Autor, 2021.

A imagem 45 (a) é onde nos baseamos em como está ficando a exibição. Enquanto que a imagem 45 (b) é os componentes que selecionamos que serão úteis. Os blocos lógicos dessa parte são mostrados na figura 46.

**Figura 46** – Blocos lógicos da tela de exibição final.



Fonte: Autor, 2021.

Na imagem 46, o bloco superior é responsável por fazer com que a música de fim de jogo seja executada e também a contagem da pontuação final. O bloco do centro é do botão de “fim” que quando clicado faz com que a aplicação seja

encerrada. E o bloco de inferior é o que faz com que o jogo seja reiniciado quando a tecla retornar do aparelho é pressionada.

Com essas etapas realizadas, basta clicar em compilar para que o aplicativo seja gerado e depois fazer o download que pode ser feito clicando em “download APK” no computador ou, se por acaso pelo smartphone é só ler o “QR Code” que a aplicação é baixada quando autorizada. Por fim basta realizar a instalação, permitindo a instalação de aplicativos de “fontes desconhecidas”, uma vez que aplicativo ainda não tá disponível na loja de aplicativos Google.

Dessa maneira, podemos testar a vontade o aplicativo para verificação de algum eventual erro. E caso encontrado, podemos realizar a correção na plataforma e baixar uma nova versão sem erros. Com isso já somos capazes de fazer uso do aplicativo em sala de aula ou em casa. No entanto, podemos ir além e publicar na loja de aplicativos do Google para que qualquer pessoa tenha acesso ao nosso fruto, produto final, da presente dissertação de mestrado.

### **6.3 – Apresentando o Jogo**

Aqui, mostraremos o nosso jogo depois de confeccionado. Ele contém 25 perguntas ou sentenças. As imagens abaixo mostram algumas telas do nosso jogo.



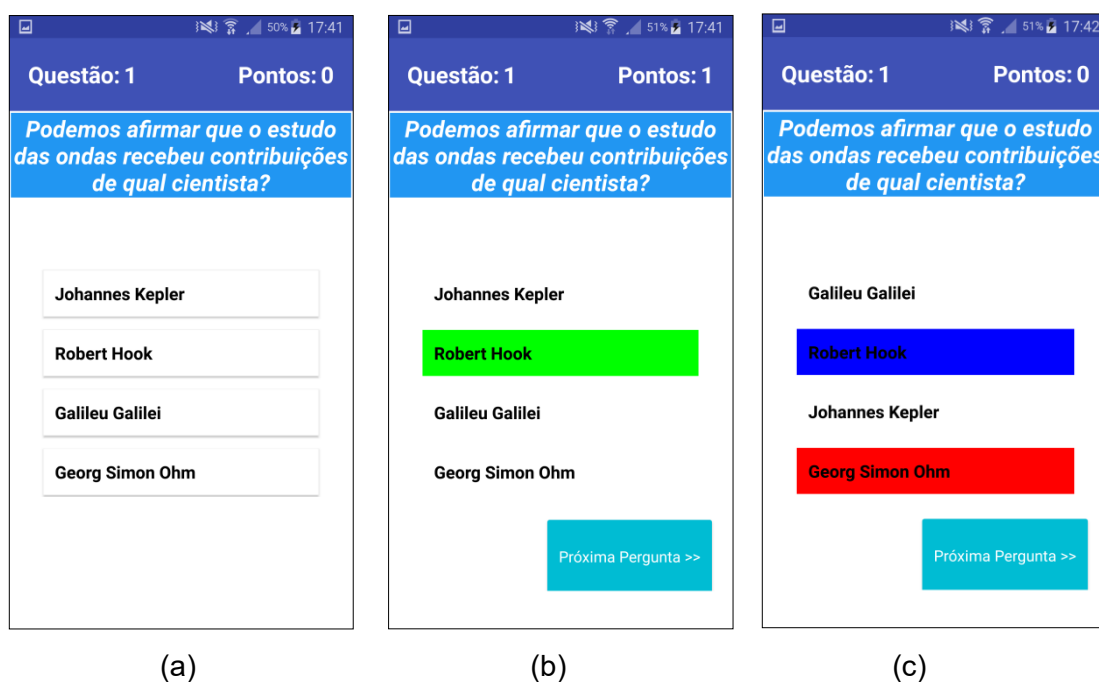
**Figura 47** – Apresentação do aplicativo.



Fonte: Autor, 2021.

Na figura 47 (a), temos a apresentação da tela de abertura do jogo, que aparece assim que clicamos no aplicativo. Enquanto que, em 47 (b), vemos a tela de início do jogo, que é onde clicamos em iniciar jogo para começarmos a jogar.

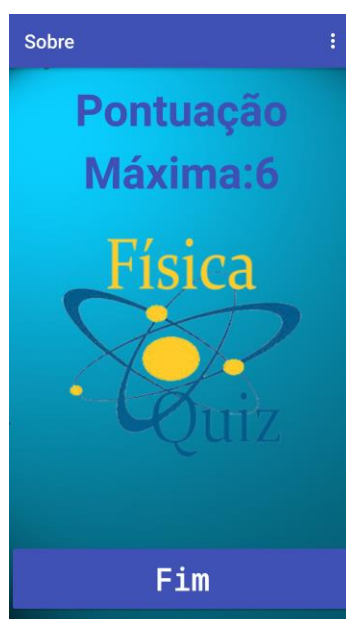
**Figura 48** – Apresentação da questão.



Fonte: Autor, 2021.

A figura 48 nos mostra três situações. Em 48 (a), vemos o número da questão ou estágio no canto superior esquerdo, quantos pontos o jogador tem no canto superior direito e como a questão é apresentada para o jogador. Na imagem 48 (b) é mostrada a animação que aparece quando o jogador marca a alternativa correta, que fica marcada na cor verde, e aparece na região inferior a opção “próxima pergunta”. Enquanto que a figura 48 (c) é observada a animação, que marca em vermelho a alternativa errada selecionada e também é marcada na cor azul a alternativa correta que deveria a ser marcada pelo jogador.

**Figura 49** – Apresentação da tela final.



**Fonte:** Autor 2021.

Na imagem 49 vemos a apresentação da tela final que é apresentada quando o jogador termina o jogo, mostrando a pontuação alcançada pelo mesmo e a opção “Fim”, que quando selecionada fecha a aplicação.

As questões e alternativas inseridas em nosso jogo estão disponíveis no **apêndice II**, sendo as alternativas corretas marcadas na cor verde.

#### **6.4 – Publicação de Aplicativos na Play Store**

Para que possamos publicar um aplicativo na *Play Store*, é necessário fazer uma inscrição para uma conta de desenvolvedor do Google Play. Para a criação

dessa conta, conforme a página de ajuda do Play Console diz que devemos seguir quatro etapas:

Etapa 1: inscrever-se para uma conta de desenvolvedor do Google Play;

Etapa 2: aceitar o contrato de distribuição do desenvolvedor;

Etapa 3: pagar a taxa de inscrição única de 25 Dólares (R\$ ~ 133,69);

Etapa 4: inserir os detalhes da sua conta.

Ao realizar essas quatro etapas, estaremos aptos para fazer a publicação. No entanto, qualquer pessoa poderá baixar o nosso aplicativo de forma gratuita para usar. E se preferir, ainda podem enviar sugestões para que possamos, no futuro, atualiza-lo, minimizando erros e melhorando o aplicativo.

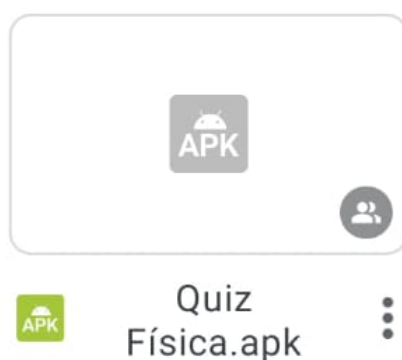
## 6.5 – Publicando Nosso Aplicativo no Google Drive

A publicação do nosso aplicativo foi toda planejada para ser na loja Play Store. No entanto, para fins de apresentação de nossa dissertação de mestrado, optamos por publicar no Google Drive, para que assim os membros da banca possam ter o acesso antecipado ao jogo. Caso tudo ocorra bem, posteriormente publicaremos na Play Store como o planejado.

O link abaixo é onde o aplicativo pode ser baixado no Google Drive:

<https://drive.google.com/file/d/1uEM9hOtZtc4Wg0d5Knd5n1AprAi0Vj20/view?usp=sharing>

**Figura 50** – Nosso Jogo publicado no Google Drive.



**Fonte:** Autor, 2021.

## **7 – UMA EXPERIÊNCIA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

No presente capítulo descrevemos a metodologia empregada em nossa pesquisa, cujo nosso objetivo é apresentar uma proposta viável de ensino de conteúdos relacionada aos fenômenos ondulatórios e corpusculares da luz para alunos de turmas do 2º ano do Ensino Médio Regular. Para tanto, nos propomos a realizar uma mescla entre uma boa estratégia pedagógica de ensino com o auxílio do uso de tecnologias.

Para alcançarmos o nosso objetivo, adotamos a abordagem qualitativa, uma vez que concordamos com a definição dada por Gil (2007, p.17):

(...) procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados.

Logo, compreendemos que devemos comprovar se a nossa maneira de abordagem de conteúdos relacionados às ondas é ou não melhor de ser trabalhado com o auxílio de nosso jogo. Queremos introduzir tópicos de Física de uma maneira mais divertida com o uso do jogo “Quiz Física”, pois desejamos relacionar as estratégias pedagógicas aos recursos tecnológicos tal como smartphones, tablets e notebook.

### **7.1 – Metodologia Empregada na Pesquisa**

Usaremos a abordagem qualitativa já que nos preocuparemos com o entendimento dos conteúdos de uma maneira mais divertida e atrativa.

Esta pesquisa tem como ideia central a percepção da realidade da dinâmica em sala de aula acerca do impacto que a ferramenta “Quiz Física” venha a contribuir significativamente no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

### **7.2 – Escolha dos Participantes**

Nosso principal interesse foi de buscar participantes de escolas públicas de turmas do 2º ano do nível médio da modalidade regular, de faixa etária entre 15 a 17 anos. Os nossos participantes são alunos da Estadual José Correia da Silva Titara, localizada no Centro Educacional de Pesquisa Aplicada (CEPA), que é um complexo escolar composto por 11 escolas estaduais, localizado no município de Maceió, AL.

### **7.3 – Escolha do Tema Abordado**

Escolhemos o tema Fenômenos Ondulatórios e Corpusculares da Luz por ser de grande importância na tecnologia e também pelos alunos não gostarem tanto desse conteúdo de Física. Logo, é uma boa oportunidade para tentarmos atrair a atenção dos mesmos para este tema que a nosso ver, é maravilhoso de ser estudado. E com a nossa abordagem descontraída e divertida, pretendemos viabilizar uma maneira onde o aprendizado possa ser alcançado de maneira menos cansativa e mais atrativa.

### **7.4 – Aplicação**

A nossa aplicação foi dividida em 8 encontros de 45 minutos cada. Elaboramos nossos seis primeiros encontros com aulas sobre o tema e nos dois últimos encontros usamos nosso jogo como sendo uma ferramenta de apoio para o aprendizado e posteriormente aplicamos um questionário para sondarmos a viabilidade de nosso aplicativo Quiz Física. Descreveremos de maneira detalhada no capítulo posterior.

### **7.5 – Coleta de Dados**

Para a nossa coleta de dados fizemos uso de questionário, contendo 15 questões, que visam nos fornecer dados para podermos traçar e interpretar o grau de satisfação e aceitação dos alunos com o uso de nossa proposta. O questionário utilizado encontra-se em *apêndice III*.

## 8 – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

No presente capítulo evidenciaremos a nossa sequência didática referente à nossa aplicação do produto educacional, de nosso curso de Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, organizado pela Sociedade Brasileira de Física, no qual o polo de número 36 é o da Universidade Federal de Alagoas.

### 8.1 – Metodologia das Aulas

Em nossos momentos de aplicação de nosso produto, usamos como material didático base para nossas aulas o livro ***Física para o Ensino Médio, Volume 2, dos autores KAZUHITO e FUKU***, uma vez que todos os alunos tinham o livro por ser o adotado pela Escola, isso ajudou no acompanhamento dos conteúdos das aulas. No entanto, não nos predemos apenas a ele e, por isso, também foram utilizados os livros ***Física Novo Fundamental, Volume único dos autores BONJORNO e CLINTON***, e o livro ***Os Fundamentos da Física, Volume 2, dos autores RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO*** para a preparação de nossas aulas.

O nosso primeiro encontro foi iniciado por meio de uma abordagem sobre o conceito de ondas, em que realizamos uma sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos. Observou-se que alguns alunos tinham uma vaga ideia do que é uma onda e, a partir disso, introduzimos o conceito de onda para eles estarem aptos e assim podermos dar prosseguimento, expondo as contribuições de grandes cientistas tais como: Christian Huygens, Robert Hooke, Isaac Newton, Hertz, Doppler dentre outros. Finalizamos esse encontro fornecendo o material de estudo (*apêndice I*) digital, em formato pdf, contendo uma explanação dos tópicos previstos para as próximas aulas, os alunos que não tinha smartphome receberam uma versão impressa.

Também discutimos sobre as aplicações dos conhecimentos de ondas em aparelhos domésticos como televisão, rádio e forno micro-ondas e outros aparelhos não domésticos, a saber: as telecomunicações via satélite, radar, aparelhos de raios-X, de ultrassom e de ressonância (Kazuhito e Fuku).

No segundo encontro, trabalhamos a classificação das ondas quanto a sua natureza, quanto à direção de propagação e direção de vibração das ondas.

O terceiro encontro foi marcado com os tópicos de velocidade e comprimento de onda, onde realizamos algumas atividades como exemplos para facilitar a compreensão dos alunos.

Em nossa quarta aula, introduzimos os fenômenos ondulatórios de reflexão e refração.

Na quinta aula, explicamos os conceitos de polarização e interferência das ondas.

A aula de número 6 foi utilizada para darmos início ao estudo do experimento de dupla fenda de Young e verificar que a teoria corpuscular da luz não se sustenta quando confrontada com os resultados obtidos por Young em seu experimento de dupla fenda.

Na penúltima aula de número 7, trabalhamos os conteúdos de efeito fotoelétrico e a dualidade da luz.

A nossa tão esperada aula final de número 8, foi o momento que apresentamos o nosso aplicativo, o **Jogo Quiz em aplicações de Física para smartphone: Fenômenos ondulatórios e corpusculares da luz**, que contém 25 perguntas e ou afirmativas.

Organizamos as mesas e cadeiras formando grupos contendo duas duplas.

Regras da nossa aplicação em sala:

Colocamos uma dupla contra a outra, a dupla que responder corretamente ganharia 1 ponto, a dupla que responder errado não pontua na questão e a dupla que não soubesse responder teria direito a apenas três ajudas distintas:

Ajuda 1 – Perguntar para outra dupla da sala;

Ajuda 2 – Perguntar para outro grupo da sala;

Ajuda 3 – Consultar livro didático, material que receberam ou internet.

No final da aula, distribuimos um questionário com 15 perguntas de nossa pesquisa para podermos analisar e ter ciência se a nossa metodologia e o nosso jogo foi satisfatório para a aprendizagem dos alunos.

No **apêndice IV**, é possível conferir os nossos planos de aula utilizados.

## 9 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo é destinado para a apresentação dos resultados obtidos nesta pesquisa, realizada com os alunos das turmas de 2º ano do ensino médio, da Escola Estadual José Correia da Silva Titara realizada no ano de 2019.

Conforme detalhamos a nossa aula de número 8, momento em que utilizamos o nosso jogo Quiz Física. Abaixo temos a imagem do formulário, que também se encontra no **apêndice III**, contendo as 15 perguntas que foram aplicadas para os alunos, após terminarem de jogar.



**Figura 51** – Questionário avaliativo do jogo.

<b>UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS</b> <b>INSTITUTO DE FÍSICA</b> <b>MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA</b>	
<b>FENÔMENOS ONDULATÓRIOS E CORPUSCULARES DA LUZ</b>	
Questionário avaliativo referente ao jogo "Quiz Física" de smartphone desenvolvido pelo professor Marcos Costa da Escola Estadual José Correia da Silva Titara.	
<p>1. Qual é o seu nome? (Opcional)</p> <hr style="border: 0.5px solid black;"/> <p>2. Qual é a sua série?</p> <p style="text-align: center;">2º ( )      ou      3º ( )</p> <p>3. Você gosta das aulas de Física?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>4. Você gostou das aulas referente ao tema abordado no aplicativo?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>5. O material de apoio ao estudo sobre o referente conteúdo lhe foi útil?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>6. Você gostou do material de apoio?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>7. Você utiliza o celular ou tablet para estudo durante a aula?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>8. O que você achou a respeito do uso de celular como uma ferramenta de apoio pedagógico?</p> <p style="text-align: center;">Ruim ( )    Regular ( )    Bom ( )    Ótimo ( )</p> <p>9. Você já usou algum aplicativo para o aprendizado de alguma disciplina?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p>	<p>10. Já usou algum aplicativo para o estudo de Física?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>11. Você gostou de usar, em sala de aula, o aplicativo Quiz Física?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>12. Você pretende usar o aplicativo individualmente em casa?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>13. O aplicativo instigou você a procurar outras fontes na literatura para uma compreensão mais apurada a respeito do conteúdo abordado?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>14. Foi divertido o uso do aplicativo em sala de aula?</p> <p style="text-align: center;">Sim ( )      ou      Não ( )</p> <p>15. Qual o seu grau de satisfação com relação ao aplicativo?</p> <p style="text-align: center;">Ruim ( )    Regular ( )    Bom ( )    Ótimo ( )</p> <p style="text-align: right; font-weight: bold; margin-top: 20px;">MUITO OBRIGADO!</p>

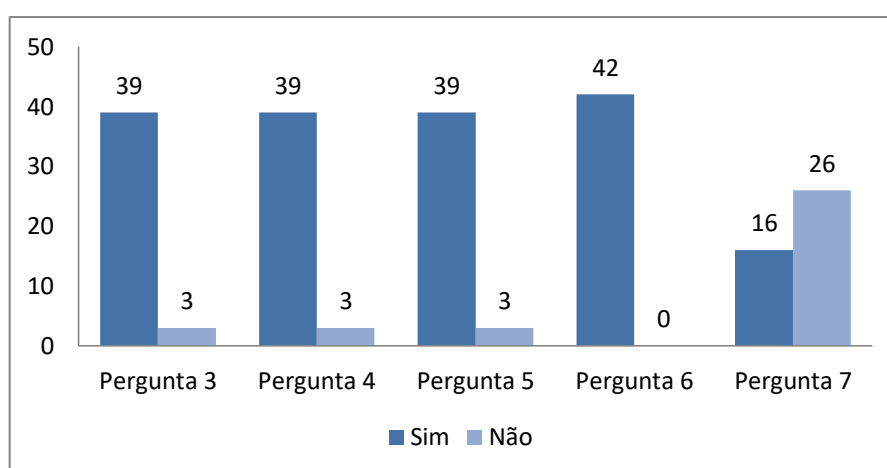
Fonte: Autor, 2021.

Nosso questionário de avaliação do grau de satisfação foi aplicado para um total 42 alunos, sendo o nosso público alvo das turmas de 2º ano do ensino médio.

Separamos os últimos 10 minutos para o preenchimento desse questionário composto de 15 perguntas, sendo a primeira delas o nome do aluno que é opcional, já que não pretendemos identificar os alunos, e 14 delas de marcar “x”.

A segunda pergunta de nosso questionário é referente à turma a qual o aluno faz parte. Como já evidenciamos o nosso quantitativo de alunos, faremos uma análise dos dados obtidos por meio do uso de gráficos, partindo-se da terceira pergunta do formulário aplicado em sala.

**Gráfico 1** – Respostas obtidas das questões 3, 4, 5, 6 e 7.



**Fonte:** Autor, 2021.

Ao observar o gráfico 1, vemos que dos 42 alunos, 39 deles gostam das aulas de Física e 3 não gostam. A pergunta de número 4, visa saber quantos alunos gostaram das aulas referente ao conteúdo de teoria ondulatória da luz e fenômenos corpusculares, em que 39 afirmaram que gostaram e apenas 3 não gostaram. Aqui, já podemos notar algo interessante, que é a maioria dos alunos gostarem de Física e do tema abordado.

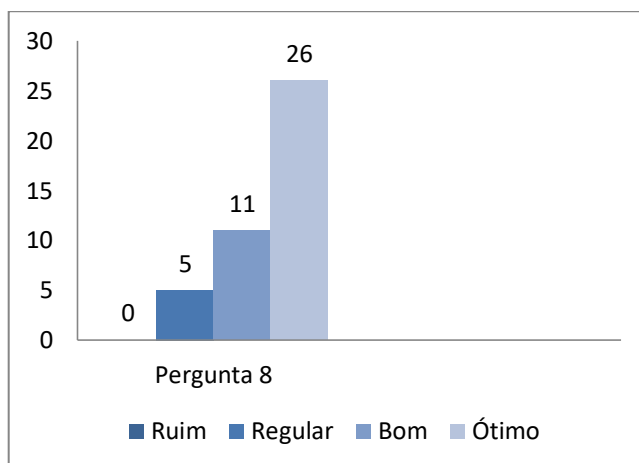
Com relação ao material de apoio ao estudo que foi distribuído em sala, 39 pessoas responderam que foi útil como um complemento ao estudo e 3 afirmaram que não foi útil. 42 pessoas gostaram do material. A grande maioria, 26 alunos não usa celular ou tablet para estudo durante as aulas enquanto que 16 utilizam para esse fim.

O material de complemento ao aprendizado foi elaborado visando ser prático e de fácil consulta para o caso de alguma eventual dúvida relacionada ao nosso

jogo. E por isso, a maioria considerou útil e 100% da amostra gostaram do nosso material.

Também podemos notar que aproximadamente 62% não utilizam o celular como sendo uma ferramenta de apoio aos estudos. Acreditamos que isso é um reflexo do posicionamento da escola ou dos professores, não acreditarem que o celular possa ser útil como uma ferramenta para o aprendizado.

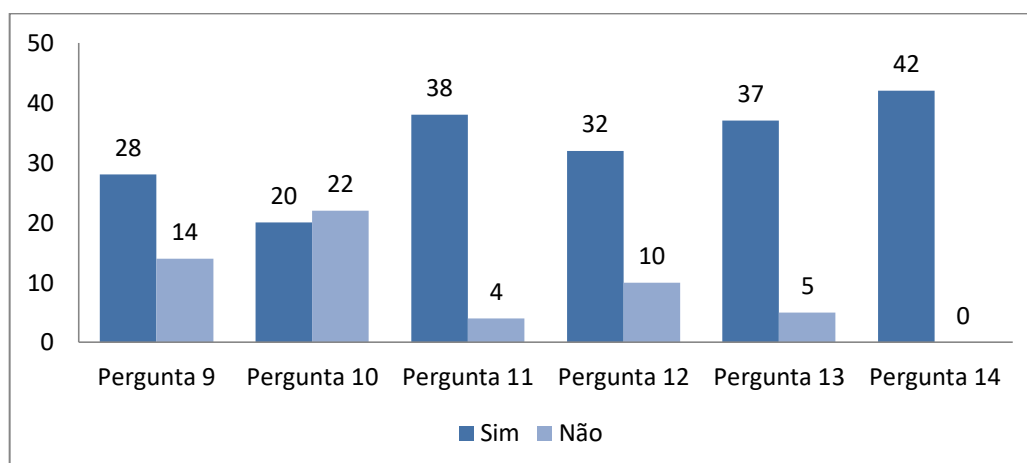
**Gráfico 2** – Respostas obtidas da questão 8.



**Fonte:** Autor, 2021.

O gráfico 2 representa o grau de satisfação dos alunos em relação ao uso do celular como sendo uma ferramenta de apoio pedagógico para aulas de Física, 26 pessoas afirmam ser uma ótima ideia, 11 afirmam ser bom, 5 marcaram que é regular e nenhum aluno afirma ser ruim.

Com isso, podemos considerar que a adoção do uso do celular em sala, tendo o professor como sendo o mediador, para o direcionamento do uso adequado as necessidades das aulas, possibilitaria o smartphone ser muito bem aceito pela grande maioria, ou sendo mais otimista, para 100% dos alunos.

**Gráfico 3** – Respostas obtidas das questões 9, 10, 11, 12, 13 e 14.

**Fonte:** Autor, 2021.

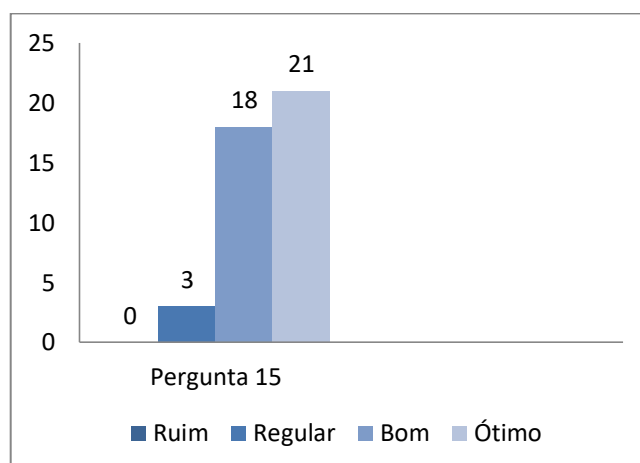
Com relação ao gráfico 3, na pergunta 9, 28 pessoas, que corresponde a 67 %, afirmam já terem usado algum aplicativo para auxiliar o aprendizado de alguma disciplina e 14 alunos, ou seja, 33% afirmaram que nunca usaram. Na pergunta 10, temos que 20 alunos já buscaram usar algum aplicativo para o aprendizado em Física, e 22 alunos, representando 52%, nunca procuraram.

Na questão 11, 90% deles afirmam terem gostado de usar em sala de aula o nosso aplicativo/jogo Quiz Física e apenas 4 pessoas não gostaram de usar. Para nós, é surpreendente ter conseguido agradar 90% com o nosso jogo, acreditamos que isso foi possível, por se tratar de uma maneira diferente, divertida e mais atrativa.

Dentre os alunos, 76% disseram que pretendiam usar o aplicativo individualmente em casa, enquanto que 10 não pretendiam usar.

Um total de 37 participantes, ou seja, 88% marcaram que o aplicativo instigou-os a procurar outras fontes na literatura para uma melhor compreensão sobre o tema abordado em nosso jogo, e 5 afirmam não terem sido instigados. Na pergunta 14, 100% dos alunos afirmam terem se divertido com uso do aplicativo em sala de aula.

Para nós, é animador saber que conseguimos fazer com que os alunos sejam instigados ao ponto de dar um passo à frente na procura de outra literatura, de maneira a construírem um aprendizado mais sólido. Também nos anima, saber que conseguimos construir um aplicativo que é considerado como divertido por 100% dos alunos que testaram.

**Gráfico 4** – Respostas obtidas da questão 15.

**Fonte:** Autor, 2021.

No gráfico 4, temos os dados obtidos de nossa última pergunta da enquete. Dentre os 42 participantes, 21 deles afirmam ser ótimo o grau de satisfação do aplicativo, 18 afirmaram ser bom, 3 marcaram que é regular e nenhum marcou ser ruim.

Aqui notamos algo interessante que é o fato de que conseguimos satisfazer uma grande fatia dos alunos com nosso aplicativo. Isso justifica que ele, constitui-se em uma boa ferramenta de apoio durante as aulas.

## 10 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do cenário atual, no qual os indivíduos estão cada vez mais imersos no mundo digital, em diversos tempos e espaços, nos propomos a utilizar o smartphone como recurso pedagógico. Assim, foi notório que o recurso tecnológico citado, veio a contribuir de maneira satisfatória no desenvolvimento das aulas de Física, sendo também apreciado pelos alunos, fator preponderante na apropriação dos conhecimentos difundidos durante as aulas.

Para tanto, é importante que a instituição educacional abra espaço para que seja inserido em suas ações pedagógicas, o uso das tecnologias, neste caso o smartphone/tablet, com fins pedagógicos.

No que concerne ao nosso jogo Quiz de Física, este foi pensado e criado com o intuito de fazer o aluno, construir e se apropriar dos conhecimentos científicos do campo da Física, atrelando os diversos conceitos da Teoria Ondulatória da Luz e Fenômenos Corpusculares, interligando-os e atentando para a relação existente entre eles.

Desenvolvemos um trabalho articulado ao nosso produto educacional, tendo como uma das premissas, a interação social entre o homem e o meio no qual ele interage, em que consideramos o smartphone como sendo um dos instrumentos tecnológicos e culturais do ensino aprendizagem. Com isso, demonstramos a importância da utilização da teoria Vygotskyana sociointeracionista. E também, não podemos deixar de citar, que utilizamos um conceito importante dessa teoria, que é a zona de desenvolvimento proximal (ZDP), já que a organização dos alunos em grupos de até 4 componentes nos garante a ocorrência dessa interação.

O nosso trabalho também estar ancorado no uso da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, isso foi evidenciado por termos valorizado os conhecimentos prévios dos alunos durante nossas aulas de Física. Fizemos isso por meio de debates ocorridos sobre os conceitos abordados de maneira em que, compartilhamos novas informações, de modo a relacionar com o subsunçor do aluno para que os mesmos atribuíssem significados aos temas abordados. Por meio da diversão atrelada ao nosso jogo, conseguimos com esse trabalho, instigar os alunos a estabelecer relações entre os conceitos relacionados de maneira hierarquizada.

Todo o conteúdo de Física utilizado na presente dissertação de mestrado nos serviu de amparo não só para a elaboração de nosso **“Jogo Quiz em Aplicações de Física para Smartphone: Fenômenos Ondulatórios e Corpusculares da Luz”**, como também para a criação do nosso material de apoio ao estudo que pode ser utilizado para sanar dúvidas dos alunos de maneira coerente.

Para nós, a plataforma Kodular, revelou-se satisfatória para a criação de aplicações de smartphone para fins de apoio ao aprendizado. Lá é possível criar aplicativos de todo tipo, e o melhor, de graça e de maneira fácil em que não há a necessidade de conhecimento sobre programação.

Por ser mais popular e por possibilitar que smartphones de diversas marcas possam utilizar o sistema Android, justificamos a adoção do Android por se tratar de alunos de escolas públicas que nem sempre dispõem de quantias acima de um salário mínimo para a compra de um aparelho celular.

Portanto, a nossa dissertação de mestrado, contribui para fortalecer a adoção do uso de dispositivos móveis, tendo o professor de Física como um sujeito mediador e norteador para que os alunos consigam trilhar seus caminhos rumo à compreensão dos fenômenos abordados durante as aulas.

Além disso, esta pesquisa oportuniza ao professor, a adoção deste jogo, como mais um recurso pedagógico a ser adotado em suas metodologias desenvolvidas em sala de aula e instigando o desenvolvimento de jogos de sua própria autoria. E permite que haja um aprofundamento teórico e posterior reflexão acerca do uso do smartphone em sala de aula.

## REFERÊNCIAS

**ARRUDA, J, S; FILHO, J, A, C.** TECNOLOGIAS DIGITAIS E A APRENDIZAGEM: PERSPECTIVAS PARA EMERGÊNCIA DE ZONAS DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL. CINTED – UFRGS. Novas Tecnologias na Educação. V. 16 Nº 2, dezembro, 2018.

**BONJORNO e CLINTON.** FÍSICA NOVO FUNDAMENTAL, Volume único. Editora FTD, 1998.

**COSTA, S, R, S; DUQUEVIZ, B, C; PEDROZA, R, L, S.** TECNOLOGIAS DIGITAIS COMO INSTRUMENTOS MEDIADORES DA APRENDIZAGEM DOS NATIVOS DIGITAIS. Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional, SP. Volume 19, Número 3, Setembro/Dezembro de 2015: 603-610.

DAVID P. AUSUBEL. Disponível em: <<http://www.davidausubel.org/>>. Acesso em 28. Jul. 2020.

DAVID AUSUBEL. Alchetron, 2020. Disponível em: <<https://alchetron.com/David-Ausubel>>. Acesso em: 27. JUL. 2020.

**DISTLER, R, R.** CONTRIBUIÇÕES DE DAVID AUSUBEL PARA A INTERVENÇÃO PSICOPEDAGÓGICA. Rev. Psicopedagogia 2015.

**DRELICH JAROSLAW.** Disponível em: <[https://www.researchgate.net/figure/Thomas-Young-and-the-first-page-of-his-essay-on-the-cohesion-of-fluids-Thomas-Young-13\\_fig1\\_331962183](https://www.researchgate.net/figure/Thomas-Young-and-the-first-page-of-his-essay-on-the-cohesion-of-fluids-Thomas-Young-13_fig1_331962183)>. Acesso em: 20 Nov. 2021.

**GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T.** MÉTODOS DE PESQUISA. 1ª Edição. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 2009.

**HALLIDAY, DAVID; RESNICK, ROBERT; WALKER, JEARL.** FUNDAMENTOS DE FÍSICA, VOLUME 2: GRAVITAÇÃO, ONDAS E TERMODINÂMICA, Editora: Livros Técnicos e Científicos, 9ª Edição, Rio de Janeiro. 2012.

**HALLIDAY, DAVID; RESNICK, ROBERT; WALKER, JEARL.** FUNDAMENTOS DE FÍSICA, VOLUME 4: ÓPTICA E FÍSICA MODERNA, Editora: Livros Técnicos e Científicos, 9ª Edição, Rio de Janeiro. 2012.



INTERFERÊNCIA E DIFRAÇÃO. Disponível em: <  
<http://www.if.ufrgs.br/fis01038/interfdifracao.pdf>>. Acesso em: 20 Nov. 2021.

**IVIC, IVAN.** LEV SEMIONOVICH VYGOTSKY. Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana – Recife 2010. Disponível em:  
<<http://livros01.livrosgratis.com.br/me4685.pdf>>. Acesso em: 25. Mai 2020.

**KAZUHITO e FUKE.** FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO, VOLUME 2. Editora Saraiva. São Paulo, 2016.

**KENSKI, VANI MOREIRA.** APRENDIZAGEM MEDIADA PELA TECNOLOGIA. Revista Diálogo Educacional. Curitiba, v. 4, n.10, p.47-56, set./dez. 2003. Disponível em:<<https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/6419/632>>. Acesso em: 06. Mai. 2020.

**KODULAR.** Disponível em: < <https://www.kodular.io/>>. Acesso em: 17. Fev. 2021

**KODULAR COMPANION.** Disponível em:  
<[https://play.google.com/store/apps/details?id=io.makeroid.companion&hl=pt\\_BR&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=io.makeroid.companion&hl=pt_BR&gl=US)>. Acesso em 17. Fev. 2021.

**LE MOS, E. S.** A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: ESTRATÉGIAS FACILITADORAS E AVALIAÇÃO. 1º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa, Campo Grande, 2006.

**MARTINS, O, B; MOSER, A.** CONCEITO DE MEDIAÇÃO EM VYGOTSKY, LEONTIEV E WERTSCH. Revista Intersaberes vol. 7 n.13, p. 8 – 28. Jan. – Jun. 2012.

**MARTINS, WESLEY DA SILVA** et al. M-LEARNING COMO MODALIDADE DE ENSINO: A UTILIZAÇÃO DO APLICATIVO ESTATÍSTICA FÁCIL NO ENSINO MÉDIO. Ensino da Matemática em Debate. São Paulo, v. 5, n. 1, p. 1 - 17, 2018. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/emd/article/view/32882/25612>>. Acesso em: 06. Mai. 2020.

**MORAN, JOSÉ MANOEL.** A CONTRIBUIÇÃO DAS TECNOLOGIAS PARA UMA EDUCAÇÃO INOVADORA. Contrapontos - volume 4 - n. 2 - p. 347-356 - Itajaí, maio/ago. 2004. Disponível em: <  
<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rc/article/view/785>>. Acesso em: 03. Mai. 2020.

**MOREIRA, M. A.** O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?. Qurrriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

**MOREIRA, M. A; ROSA, P.** Mapas Conceituais. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, Abril, 1986.

**NUSSENZVEIG, H. MOYSÉS** . Curso de Física Básica, Volume 2: Fluidos, Oscilações, Ondas e Calor, 4ª Edição, Editora: Blucher.

**ORNELLAS FARIAS, A, J.** FUNDAMENTOS PEDAGÓGICOS À UMA EDUCAÇÃO INTEGRADA: A SATISFAÇÃO EM CONHECER. 2017.

**ORNELLAS FARIAS, A, J.** A PSICOLOGIA EDUCACIONAL DA PRENDIZAGEM SIGNIFICAATIVA APLICADA A PROGRAMAÇÃO ESCOLAR. Psicologia & Saberes, v. 7, N. 8, 2018, ISSN 2318-1124.

QUEM FOI VYGOTSKY. Disponível em:  
<<https://www.ufrgs.br/psicoeduc/chasqueweb/vygotsky/biografiavygotsky.htm>>.  
Acesso em: 24. Mai. 2020.

**ROZA, R, H.** TICS NA APRENDIZAGEM SOB A PERSPECTIVA SOCIOINTERACIONISTA. Revista on line de Política e Gestão Educacional, Araraquara, v. 22, n. 2, p. 498-506, maio/ago., 2018.

**SANTOS, C. A.** FENDA DUPLA. Disponível em:  
<<http://www.if.ufrgs.br/historia/young.html>>. Acesso em: 20 Nov. 2021.

**SHELLER, M; VIALI, L; LAHM, R. A.** A APRENDIZAGEM NO CONTEXTO DAS TECNOLOGIAS: UMA REFLEXÃO PARA OS DIAS ATUAIS. CINTED- Novas Tecnologias na Educação. V. 12 Nº 2, dezembro, 2014.

**SEARS, ZEMASNKY, YOUNG e FREEDMAN.** FÍSICA II: TERMODINÂMICA E ONDAS, 10ª Edição, Editora: Pearson Addison Wesley, São Paulo, 2006 3ª Reimpressão.

**SEARS, ZEMASNKY, YOUNG e FREEDMAN.** FÍSICA IV: ÓTICA E FÍSICA MODERNA, 14ª Edição, Editora: Pearson Education do Brasil, São Paulo, 2016.

**SERWAY, RAYMOND, A.; JUNIOR, JEWETT, W.** PRINCÍPIOS DE FÍSICA. VOLUME 2: OSCILAÇÕES, ONDAS E TERMODINÂMICA. 5ª Edição. Editora: Cengage Learning, 2014.

**SILVA, CLACI CLAIR RÖPKE DA; PORTO, MARCELO DUARTE; MEDEIROS, WILTON DE ARAÚJO.** A TEORIA VYGOTSKYANA E A UTILIZAÇÃO DAS NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO APRENDIZAGEM: UMA REFLEXÃO SOBRE O USO DO CELULAR. Revista online de Magistro de Filosofia, Ano X, no. 21, 1º. Semestre de 2017. Disponível em: <<https://www.catolicadeanapolis.edu.br/revistamagistro/wp-content/uploads/2017/04/a-teoria-vygotskyana-e-a-utiliza%C3%A7%C3%A3o-das-novas-tecnologias-no-ensino-aprendizagem-uma-reflex%C3%A3o-sobre-o-uso-do-celular.pdf>>. Acesso em: 02. Mai. 2020.

THE 19TH INTERNATIONAL CONFERENCE IN HONOUR OF LEV VYGOTSKY. Moscow City University. Moscow City University. Disponível em: <<https://en.mgpu.ru/the-19th-international-conference-in-honour-of-lev-vygotsky/>>. Acesso em: 25. Mai. 2020>.

**UNESCO.** DIRETRIZES DE POLÍTICAS PARA A APRENDIZAGEM MÓVEL. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002277/227770por.pdf4>>. Acesso em 02. Mai. 2020.

**URRUTIA HUGO. THOMAS YOUNG.** Disponível em: <<https://html.rincondelvago.com/thomas-young.html>>. Acesso em: 20 Nov. 2021.

**ZANATTA, B, A; BRITO, M, A, C.** MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA COM O USO DAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO. Educativa, Goiânia, v.18, n. 1, Jan./Jun. 2015.

**ZUIN, VÂNIA GOMES; ZUIN, ANTÔNIO ÁLVARO SOARES.** O CELULAR NA ESCOLA E O FIM PEDAGÓGICO. Educ. Soc., Campinas, v. 39, nº. 143, p.419-435, abr.-jun., 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/es/v39n143/1678-4626-es-39-143-419.pdf>>. Acesso em: 01. Mai. 2020.

## APÊNDICE I

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

## FENÔMENOS ONDULATÓRIOS E CORPUSCULARES DA LUZ

Conteúdos de estudo para auxílio à atividade referente ao jogo “Quiz Física” de smartphone desenvolvido pelo professor Marcos Costa da Escola Estadual José Correia da Silva Titara.

### INTRODUÇÃO

O ser humano é fascinado em ver o mar, observar suas ondas e ouvir o som que é produzido no choque entre suas ondas. Estamos rodeados por diversos tipos de ondas. Ondas mecânicas, sonoras, luminosas, ondas de rádio, eletromagnéticas, etc. [1].

O estudo das ondas recebeu contribuições de relevância de autores renomados, dentre eles, Christian Huygens, Robert Hooke, Isaac Newton, Hertz, Doopler [1].

Graças à compressão e aplicação das leis Física relacionada às ondas é que existem muitas maravilhas do mundo moderno, como a televisão, o rádio, as telecomunicações via satélite, o radar, o forno micro-ondas, entre outras [1]. As ondas têm larga aplicação na medicina para diagnosticar fraturas, tumores, ou males, em aparelhos de raios X, de ultrassom, de ressonância etc. [2].

### ONDAS

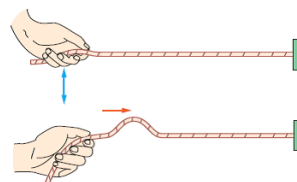
Existem ondas dos mais variados tipos quanto à origem e à natureza, todas elas possuem um fenômeno comum: propagam apenas energia e não transportam matéria. Por exemplo, ao jogarmos um objeto na superfície de um lado, formam-se círculos concêntricos que se propagam (Figura 1). E essa perturbação se propaga transportando energia; se houver um corpo boiando na superfície, ele apenas executa um movimento de sobe e desce na vertical, sem se descolar da onda. O mesmo ocorre quando movimentamos para cima e para baixo a extremidade de uma corda esticada: enquanto a perturba-

ção passa, cada ponto da corda oscila, mas volta a seu estado inicial no equilíbrio (Figura 2) [2].



**Figura 1.** Ondas no lago.

**Fonte:** <jornalggn.com.br/>.



**Figura 2.** Pulso numa corda (adaptado).

**Fonte:** <http://fisicacontextoaplicacoes.blogspot.com/>.

Denomina-se onda o movimento causado por uma perturbação que se propaga através de um meio [1].

### CLASSIFICAÇÃO

As ondas podem ser classificadas de três modos; quanto à sua natureza; quanto à direção de propagação e quanto à direção de vibração.

#### ➤ Quanto à natureza

As ondas podem ter natureza mecânica ou eletromagnética.

As ondas mecânicas resultam de deformações provocadas em meios materiais elásticos, transportando apenas energia. Por isso não se propagam no vácuo e precisam de um meio material para se propagar [2]. Exemplos, ondas em cor-

das, ondas sonoras e na superfície de um líquido.

As ondas eletromagnéticas são geradas por cargas elétricas oscilantes e não necessitam de um meio material para se propagar, podendo se propagar no vácuo. Exemplos, ondas de rádio, de televisão, de luz, raios X, raios laser, ondas de radar etc. [1].

➤ Quanto à direção de propagação

*Unidimensionais:* São ondas que se propagam em uma única direção. Exemplo, ondas em cordas.

*Bidimensionais:* São aquelas que se propagam num plano. Exemplo, ondas na superfície de um lago.

*Tridimensionais:* são aquelas que se propagam em todas as três direções espaciais. Exemplo, ondas sonoras.

➤ Quanto à direção de vibração

Ondas transversais: são ondas em que a direção de propagação da onda é perpendicular a direção de vibração. Exemplo, ondas em cordas.

Ondas longitudinais: são aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. Exemplo, ondas em uma mola (Figura 3).

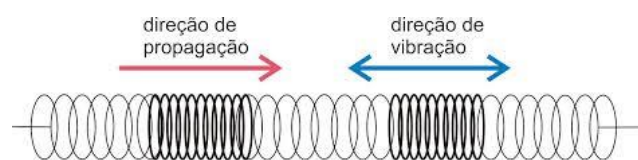


Figura 3. Onda longitudinal em uma mola.

Fonte: <[www.lsdiores.com.br](http://www.lsdiores.com.br)>.

Ondas mistas: são aquelas em que as partículas do meio vibram transversalmente e longitudinalmente, ao mesmo tempo (Figura 4). Exemplo, ondas na superfície de um líquido [3].

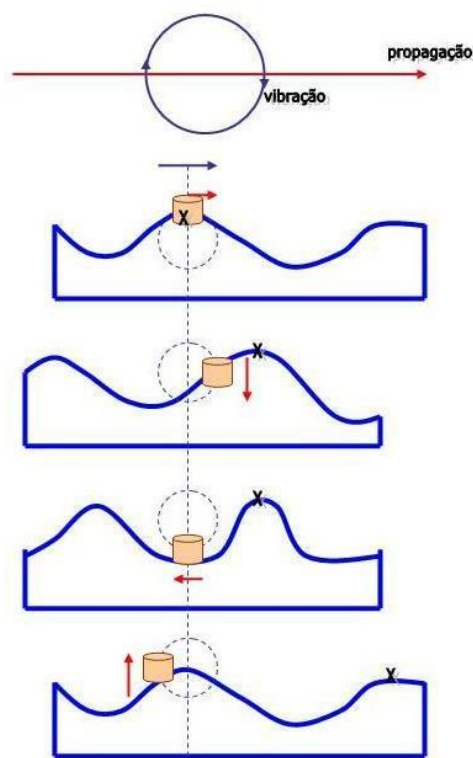


Figura 4. Uma rolha de cortiça flutuando, ao ser atingida pela onda, vibra transversalmente e longitudinalmente.

Fonte: <[www.laife.com](http://www.laife.com)>.

## COMPRIMENTO E VELOCIDADE DE ONDA

Ao executarmos um movimento harmônico simples (MHS) vertical continuamente numa corda esticada, e presa horizontalmente em extremidade numa parede, produzimos uma onda harmônica periódica que se propaga com uma velocidade " $v$ " constante (Figura 5).

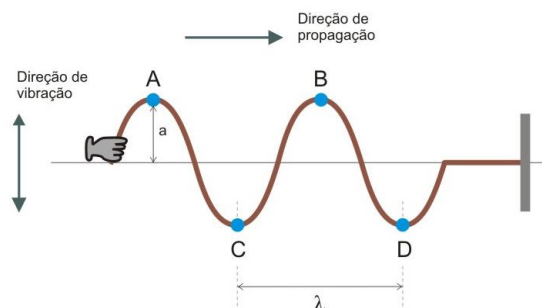


Figura 5. Ondas periódicas.

Fonte: <<http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/>>.

Na figura acima, os pontos "A" e "B" estão localizados na máxima altura possível, e por isso, os chamamos de crista da onda. Enquanto os pontos "C" e "D" estão localizados no ponto mais baixo possível da corda, e por isso, os chamamos



de vale da onda. A amplitude “ $a$ ” da onda é a distância da linha horizontal de equilíbrio até uma crista ou vale da onda.

A distância entre duas cristas ou dois vales consecutivos é nomeada de comprimento de onda, sendo representada por “ $\lambda$ ”. Uma definição mais geral de comprimento de onda é a de que corresponde a menor distância entre dois pontos da onda em concordância de fase, na direção de propagação [2].

Como uma crista ou vale se propaga com velocidade constante, vale a expressão:

$$S = vt$$

Fazendo  $S = \lambda$ , temos  $t = T \Rightarrow \lambda = v \frac{1}{f}$

Onde  $S$  é deslocamento duma crista ou vale, e  $T$  é o período de um MHS completo de um ponto qualquer da onda harmônica, e  $f$  a frequência de oscilação.

$$\Rightarrow v = \lambda f \quad (1)$$

A equação (1) é chamada de equação fundamental das ondas. É válida para todas as ondas periódicas, tanto para ondas mecânicas quanto para ondas eletromagnéticas. Para ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo, a velocidade é sempre  $v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$ ; em outros meios materiais tem valores menores característicos.

A amplitude da onda está relacionada com a quantidade de energia transportada pela onda; amplitudes pequenas ou grandes indicam apenas que a energia transportada pela onda é menor ou maior e o seu tamanho é determinado pela fonte, que é o agente causador do movimento.

## FENÔMENOS ONDULATÓRIOS

Os fenômenos ondulatórios mais comuns são: Reflexão, refração, difração, polarização e interferência.

### ➤ Reflexão

A reflexão acontece quando uma

só depende do meio), nem na frequência (que só depende da fonte geradora de MHS). Assim, o comprimento de onda da onda incidente é igual ao comprimento de onda da onda refletida (Figura 6) [2].

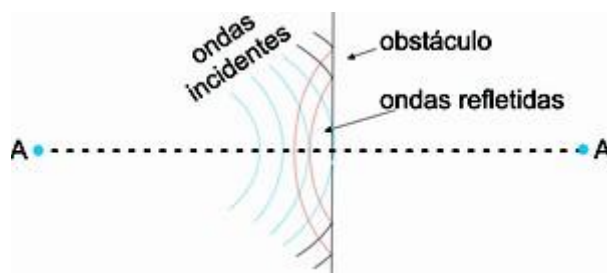


Figura 6. Reflexão de ondas.

Fonte: Referência [1].

Na Fig. 6, as ondas incidentes circulares são originadas no ponto A, e as refletidas tem uma configuração de como se fossem originadas em A'.

### ➤ Refração

Ocorre quando uma onda passa de um meio para outro, e isso causa alteração na velocidade e sua frequência é mantida.

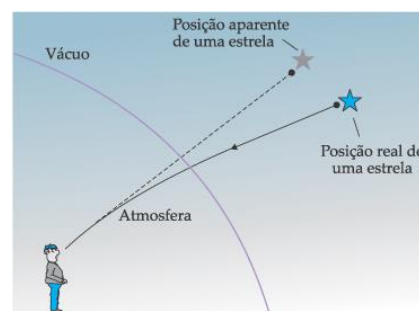


Figura 7. Refração da luz.

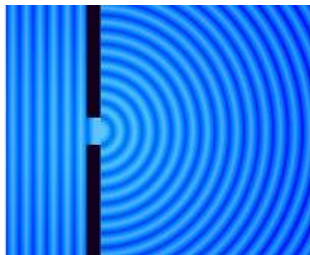
Fonte:

<<https://interna.coceducacao.com.br/ebook/pages/619.htm>>.

A figura acima representa a refração da luz emanada por uma estrela que passa do vácuo para a atmosfera e chega ao observador, o qual enxerga como se ela estivesse numa posição mais acima (posição aparente de uma estrela).

### ➤ Difração

É o fenômeno em que a onda consegue contornar um obstáculo ou abertura da ordem do comprimento de onda.



**Figura 8.** Difração de ondas (adaptado).

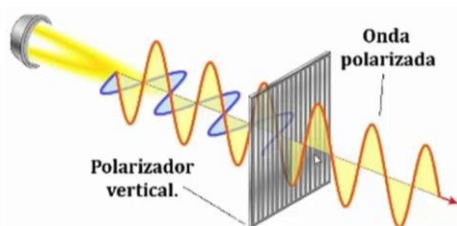
**Fonte:**

<<https://alunosonline.uol.com.br/fisica/difracao.html>>.

A figura acima trata-se de uma ilustração da difração de ondas em uma cuba d'água. As ondas planas originadas do lado esquerdo ultrapassam um obstáculo por um orifício de tamanho de mesma ordem do comprimento da onda incidente, e logo após o orifício as ondas adquirem um padrão circular.

### ➤ Polarização

Polarização é a propriedade de ondas transversais que especifica a orientação geométrica das oscilações em relação à direção de propagação da onda [2].



**Figura 9.** Polarização (adaptado).

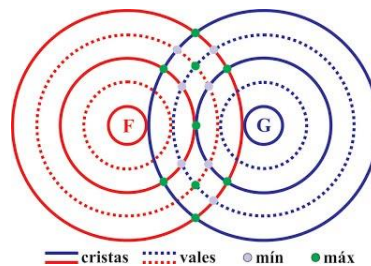
**Fonte:**

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

A figura 9 trata-se de uma onda vibrando em duas direções e ao passar por um filtro polarizador, vibra em apenas uma direção. Esse fenômeno é largamente utilizado na confecção de óculos escuros a fim de dar mais conforto e proteger a visão do usuário.

### ➤ Interferência

Ocorre quando duas ondas se encontram e se superpõem. Essa superposição pode ser construtiva ou destrutiva.



**Figura 10.** Difração de ondas (adaptado).

**Fonte:** <

<https://sites.google.com/site/1anofisicacoltecufmg/materials-de-apoio-1/imagens/imagens-interessantes>>.

A figura acima nos mostra ondas circulares sendo geradas nos pontos F e G, com mesma frequência. As cristas são representadas pelos círculos fechados e os vales pelos círculos pontilhados. Os pontos em verde representam interferências construtivas e os pontos em cinza representam interferências destrutivas.

## A TEORIA CORPUSCULAR DA LUZ

A teoria corpuscular de Newton (século XVII) considera a luz como sendo um feixe de partículas de velocidades iguais, deslocando-se na mesma direção e sentido.

A ideia de partícula agradou muito a Newton, pois se encaixava em sua concepção de mundo, isto é, um modelo mecânico, determinista, de corpos materiais em movimento, onde seria possível determinar várias grandezas ao mesmo tempo. Além disso, com esse modelo, Newton conseguia explicar fenômenos físicos como a reflexão e a refração, já conhecidos na época. Entretanto, essa teoria mostrou-se equivocada.

## O EXPERIMENTO DE DUPLA FENDA DE YOUNG

A teoria corpuscular de Newton não consegue explicar o fenômeno de interferência da luz. Isso foi demonstrado por Thomas Young em seu experimento de dupla fenda (Figura 11).



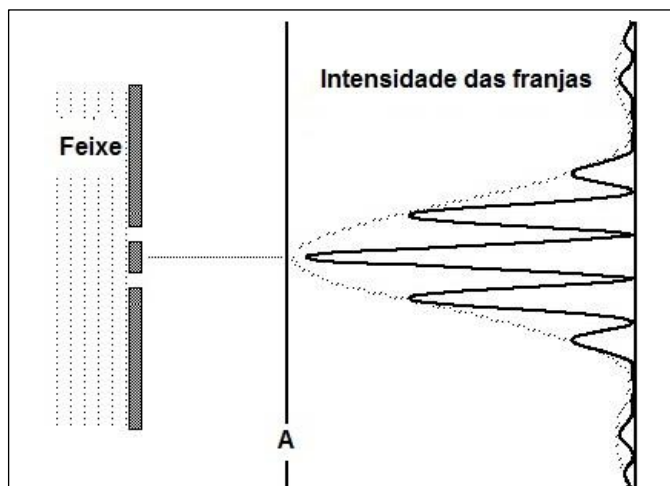


Figura 11. Experimento de dupla fenda de Young.

Fonte:

< <http://www.electronics.wups.lviv.ua>; adaptado >.

Na figura 11, temos um feixe de luz incidente num obstáculo contendo dois orifícios da mesma ordem do comprimento de onda. Em um anteparo A é visto franjas de interferência.

Logo, este experimento nos permite concluir que a luz é uma onda.

## EFEITO FOTOELÉTRICO

O fóton é um “pacote” de energia de massa nula. O efeito fotoelétrico foi descoberto casualmente por Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894), quando verificava experimentalmente a existência de ondas eletromagnéticas previstas por James Clerk Maxwell (1831–1879) [4].

O efeito fotoelétrico ocorre quando uma placa metálica é exposta a uma radiação eletromagnética de frequência alta, por exemplo, um feixe de luz, e este arranca elétrons da placa metálica.

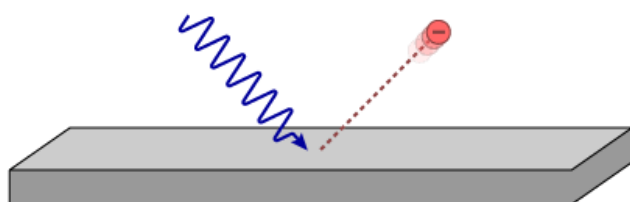


Figura 12. Efeito fotoelétrico.

Fonte: Referência [5].

O efeito fotoelétrico parece simples, mas intrigou bastantes cientistas. Somente em 1905, Einstein explicou devidamente este efeito e com isso ganhou o Prêmio Nobel

Uma das dúvidas que se tinha a respeito era que quanto mais se diminuía a intensidade do feixe de luz o número de elétrons ejetados diminuía, mas a velocidade dos elétrons ejetados permanecia a mesma. E a respeito da frequência da fonte luminosa também intrigava muito os cientistas, pois ao reduzir a frequência da fonte abaixo dum certo valor, o efeito desaparecia (chamado de frequência de corte), ou seja, para frequências abaixo deste valor independentemente de qualquer que fosse a intensidade, não implicava na saída de nenhum único elétron que fosse da placa metálica.

Mais tarde Einstein com a teoria dos fótons explicou que, a intensidade de luz é proporcional ao número de fótons e que como consequência determina o número de elétrons a serem arrancados da superfície da placa metálica e, quanto maior a frequência maior é a energia adquirida pelos elétrons assim que eles saem da placa e abaixo da frequência de corte, os elétrons não energia o suficiente para se desprender da placa metálica, assim não saem da placa [5].

Com o sucesso da explicação do efeito fotoelétrico, ficou provado que a luz tem um caráter dualístico. Dependendo das circunstâncias, poderia ser vista como onda (apresentando, p.ex. o fenômeno da interferência e da difração), ou como partícula (apresentando o efeito fotoelétrico).

## A DUALIDADE DA LUZ

Completando o ciclo da dualidade partícula-onda, Louis de Broglie sugeriu que uma partícula material (como um elétron) poderia apresentar comportamento ondulatório. De modo análogo ao caso da luz, o caráter ondulatório de uma partícula deveria ser comprovado através de uma experiência de difração ou interferência. O trabalho de De Broglie foi publicado em 1923, e já em 1927, Davisson e Germer realizaram uma experiência na qual se observava a difração de um feixe de elétrons através de um cristal de níquel.

periência só foi realizada com elétrons em 1961, por Claus Jönsson [7].

## REFERÊNCIAS

- [1] BONJORNO e CLINTON. Física Novo Fundamental, Volume único. Editora FTD, 1998.
- [2] KAZUHITO e FUKE. Física para o Ensino Médio, Volume 2. Editora Saraiva, São Paulo, 2016.
- [3] RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO. Os Fundamentos da Física. Volume 2. Editora Moderna, 2007.
- [4] Disponível em: <<https://medium.com/@eltonwade/cap%C3%ADtulo-3-efeito-fotoel%C3%A9trico-3de7f9fd9416>>. Acesso em: 23. Nov. 2019.
- [5] Disponível em: <<https://www.infoescola.com/fisica/efeito-fotoeletrico/>>. Acesso em: 23. Nov. 2019.
- [6] Disponível em: <<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>>. Acesso em 20. Nov. 2019.
- [7] Disponível em: <[https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n25\\_Alvarenga/teoria\\_corpuscular.htm](https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n25_Alvarenga/teoria_corpuscular.htm)>. Acesso em: 02. Dez. 2019.

## APÊNDICE II

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**FENÔMENOS ONDULATÓRIOS E CORPUSCULARES DA LUZ**

Questões ou sentenças usadas no jogo Quiz Física:  
 Fenômenos Ondulatórios e Teoria Corpuscular da Luz.

1. Podemos afirmar que o estudo das ondas recebeu contribuições de qual cientista?

- a) Robert Hook.
- b) Johannes Kepler.
- c) Galileu Galilei.
- d) Georg Simon Ohm.

2. As telecomunicações via satélite estão relacionadas às:

- a) Ondas sonoras.
- b) Ondas mecânicas.
- c) Ondas bidimensionais.
- d) Ondas eletromagnéticas.

3. É correto afirmar que as ondas transmitem pulsos de:

- a) Elétrons.
- b) Fótons.
- c) Energia.
- d) Matéria.

4. Ao atirmos uma pedra na superfície de um lago, forma-se um círculo que se propaga. Caso exista um objeto boiando na superfície:

- a) Ele irá afundar.
- b) Ele irá ser afastado da origem dos círculos.
- c) Ele não irá se mover no sentido de propagação da frente de onda.
- d) Ele irá subir e descer na vertical, se no movimento subindo e descendo, for perpendicularmente à direção de propagação do pulso.

5. Em uma corda, presa numa extremidade, ao executarmos uma oscilação na outra extremidade formará pulsos de ondas:

- a) Longitudinais.
- b) Que não transmitem energia.
- c) Transversais.
- d) Bidimensionais.

6. Uma perturbação causada em um meio elástico provoca um fenômeno denominado:

- a) Pulso de onda que se propaga em MHS.
- b) Um pulso que oscila em um meio sem sair do lugar.

c) Um pulso que se propaga sem oscilar.

d) Um pulso que consegue transmitir matéria, como o surfista.

7. Quanto à natureza das ondas elas podem ser classificadas como:

- a) Sonora e luminosa.
- b) Sísmica e eletromagnética.
- c) Sísmica e sonora.
- d) Mecânica e eletromagnética.

8. Com relação às ondas mecânicas:

- a) Propagam-se em todos os meios materiais condutores.
- b) Propagam-se no vácuo.
- c) Propagam-se apenas no ar.
- d) Propagam-se em todos os meios materiais.

9. Os raios X são ondas:

- a) Mecânicas que se propagam na velocidade da luz.
- b) Eletromagnéticas que precisam de um meio material para se propagar.
- c) São ondas eletromagnéticas que se propagam com a velocidade da luz.
- d) Eletromagnéticas que se propagam com a velocidade do som.

10. Com relação à direção de propagação, é correto afirmar que podemos considerar na prática ondas com até:

- a) Uma dimensão.
- b) Duas dimensões.
- c) Três dimensões.
- d) Ondas com mais de três dimensões.

11. Quanto à direção de vibração podemos dizer que uma onda mista é quando as partículas vibram:

- a) Na horizontal.
- b) Na vertical.
- c) Na horizontal e depois na vertical.
- d) Na vertical e horizontal ao mesmo tempo.

12. A distância entre duas cristas consecutivas

de uma onda na corda é chamada:

- a) Comprimento de um pulso.
- b) Comprimento de onda.**
- c) Comprimento da amplitude.
- d) Comprimento de deslocamento.

**13.** Qual alternativa relaciona grandezas que juntas podem determinar a velocidade da onda?

- a) Período e velocidade angular.
- b) Período e frequência.
- c) Frequência e velocidade angular.
- d) Frequência e comprimento de onda.**

**14.** A velocidade de propagação da onda eletromagnética em um meio não dispersivo:

- a) Varia de acordo com a frequência.
- b) Varia de acordo com o comprimento de onda.
- c) É sempre constante.**
- d) É sempre variável.

**15.** Um feixe de luz quando atinge a superfície plana de separação de dois meios refringentes pode ocorrer:

- a) Reflexão e refração simultaneamente.**
- b) Só reflexão.
- c) Só refração.
- d) Não ocorre reflexão e nem refração.

**16.** Na refração da luz ocorre:

- a) Alteração na frequência.
- b) Alteração no período.
- c) A velocidade é a mesma da luz incidente.
- d) Alteração da velocidade.**

**17.** O fenômeno para o qual um feixe de luz, que incide frontalmente sobre a fenda de um obstáculo, da ordem de um comprimento de onda do feixe incidente é denominado:

- a) Polarização.
- b) Refração.
- c) Difração.**
- d) Interferência.

**18.** O fenômeno para o qual um feixe de luz ao passar por um filtro reduz sua intensidade luminosa é denominado:

- a) Refração.
- b) Polarização.**
- c) Reflexão.
- d) Interferência.

**19.** No uso de lentes polarizadas para confecção de óculos escuros é incorreto afirmar:

- a) Somente pessoas míopes podem usar.**
- b) Protege contra os raios ultravioletas (UV).

- c) Aumenta a nitidez oferecendo maior conforto visual.
- d) Qualquer pessoa pode usar.

**20.** Quando duas ondas se superpõem, podemos chamar esse fenômeno de:

- a) Difração entre ondas.
- b) Reflexão mútua entre ondas.
- c) Refração dupla.
- d) Interferência.**

**21.** O experimento de dupla fenda, desenvolvido por Thomas Young demonstra que a luz:

- a) É matéria.
- b) É uma onda.**
- c) Se propaga de acordo com a teoria corpuscular.
- d) É composta por corpúsculos que se propagam com a velocidade limite "c".

**22.** O Prêmio Nobel de Física de 1921 foi concebido a qual cientista devido à contribuição no efeito fotoelétrico?

- a) Louis de Broglie.
- b) Albert Einstein.**
- c) Heinrich Rudolf Hertz.
- d) James Clerk Maxwell.

**23.** O fóton é?

- a) A menor quantidade possível de matéria.
- b) A menor partícula existente.
- c) Um "pacote" de massa nula contendo energia.**
- d) Um "pacote" de massa reduzida contendo energia.

**24.** O fenômeno descoberto por Heinrich Hertz, em que um elétron é arrancado de uma placa metálica por uma radiação eletromagnética de alta frequência recebe que nome?

- a) Efeito foto ionizante.
- b) Efeito fotoelétrico.**
- c) Efeito Zeeman.
- d) Efeito Tyndall.

**25.** A luz branca incide sobre um meio transparente cujo índice de refração é igual a 1,2. Assinale a alternativa correta em relação à velocidade da luz nesse meio.

- a) A velocidade da luz nesse meio é 1,2 vezes mais rápida que no vácuo.
- b) A velocidade da luz nesse meio é 1,2 vezes mais lenta do que no vácuo.**
- c) A velocidade da luz nesse meio é igual à velocidade da luz no vácuo.

d) A velocidade da luz nesse meio depende da velocidade do seu observador.

## APÊNDICE III

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**INSTITUTO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**FENÔMENOS ONDULATÓRIOS E CORPUSCULARES DA LUZ**

Questionário avaliativo referente ao jogo “Quiz Física” de smartphone desenvolvido pelo professor Marcos Costa da Escola Estadual José Correia da Silva Titara.

1. Qual é o seu nome? (Opcional)

---

2. Qual é a sua série?

2º ( )      ou      3º ( )

3. Você gosta das aulas de Física?

Sim ( )      ou      Não ( )

4. Você gostou das aulas referente ao tema abordado no aplicativo?

Sim ( )      ou      Não ( )

5. O material de apoio ao estudo sobre o referente conteúdo lhe foi útil?

Sim ( )      ou      Não ( )

6. Você gostou do material de apoio?

Sim ( )      ou      Não ( )

7. Você utiliza o celular ou tablet para estudo durante a aula?

Sim ( )      ou      Não ( )

8. O que você achou a respeito do uso de celular como uma ferramenta de apoio pedagógico?

Ruim ( )    Regular ( )    Bom ( )    Ótimo ( )

9. Você já usou algum aplicativo para o aprendizado de alguma disciplina?

Sim ( )      ou      Não ( )

10. Já usou algum aplicativo para o estudo de Física?

Sim ( )      ou      Não ( )

11. Você gostou de usar, em sala de aula, o aplicativo Quiz Física?

Sim ( )      ou      Não ( )

12. Você pretende usar o aplicativo individualmente em casa?

Sim ( )      ou      Não ( )

13. O aplicativo instigou você a procurar outras fontes na literatura para uma compreensão mais apurada a respeito do conteúdo abordado?

Sim ( )      ou      Não ( )

14. Foi divertido o uso do aplicativo em sala de aula?

Sim ( )      ou      Não ( )

15. Qual o seu grau de satisfação com relação ao aplicativo?

Ruim ( )    Regular ( )    Bom ( )    Ótimo ( )

**MUITO OBRIGADO!**



## APÊNDICE IV

Plano da aula 1 e 2:**Dados de Identificação**

<b>Instituição:</b> Escola Estadual José Correia da Silva Titara		
<b>Professor:</b> Marcos Fábio Ferreira Costa		
<b>Disciplina:</b> Física	<b>Turma:</b> 2º Ano	<b>Carga Horária:</b> 90 minutos
<b>Assunto/Tema:</b> Ondas		

**Objetivos**

**Objetivo Geral:** Apresentar a definição de ondas

**Objetivos específicos:** Sondar os conhecimentos prévios, evidenciar os cientistas que deram contribuições importantes, debater sobre aplicações relacionadas ao conhecimento de ondas e distribuir material de apoio para o estudo.

**Conteúdos**

Introdução às ondas; Classificação das ondas; Natureza das ondas; Direção de propagação e direção de vibração das ondas.

**Procedimentos metodológicos**

Aula expositiva e dialógica.

**Recursos**

Quadro branco, caneta para quadro branco e livro didático e material de apoio.

**Avaliação**

Participação do aluno.

**Bibliografia**

**KAZUHITO** e **FUKE**. Física para o Ensino Médio, Volume 2. Editora Saraiva, São Paulo, 2016.  
**BONJORNIO** e **CLINTON**. Física Novo Fundamental, Volume Único. Editora FTD, 1998.  
**RAMALHO, NICOLAU** e **TOLEDO**. Os Fundamentos da Física. Volume 2. Editora Moderna, 2007.

Plano da aula 3 e 4:**Dados de Identificação**

<b>Instituição:</b> Escola Estadual José Correia da Silva Titara		
<b>Professor:</b> Marcos Fábio Ferreira Costa		
<b>Disciplina:</b> Física	<b>Turma:</b> 2º Ano	<b>Carga Horária:</b> 90 minutos
<b>Assunto/Tema:</b> Ondas		

**Objetivos**

**Objetivo Geral:** Saber determinar comprimento e velocidade de onda.

**Objetivos específicos:** Introduzir os fenômenos ondulatórios

**Conteúdos**

Comprimento, velocidade de ondas, fenômenos ondulatórios, reflexão e refração das ondas.

**Procedimentos metodológicos**

Aula expositiva e dialógica, contendo atividade em sala.

**Recursos**

Quadro branco, caneta para quadro branco e livro didático e material de apoio.

**Avaliação**

Participação do aluno.

**Bibliografia**

**KAZUHITO** e **FUKE**. Física para o Ensino Médio, Volume 2. Editora Saraiva, São Paulo, 2016.  
**BONJORNO** e **CLINTON**. Física Novo Fundamental, Volume Único. Editora FTD, 1998.  
**RAMALHO, NICOLAU** e **TOLEDO**. Os Fundamentos da Física. Volume 2. Editora Moderna, 2007.

Plano da aula 5 e 6:

### Dados de Identificação

<b>Instituição:</b> Escola Estadual José Correia da Silva Titara		
<b>Professor:</b> Marcos Fábio Ferreira Costa		
<b>Disciplina:</b> Física	<b>Turma:</b> 2º Ano	<b>Carga Horária:</b> 90 minutos
<b>Assunto/Tema:</b> Ondas		

### Objetivos

**Objetivo Geral:** Compreender o experimento de dupla fenda de Young.

**Objetivos específicos:** Conhecer os fenômenos ondulatórios e a teoria de corpuscular de Newton.

### Conteúdos

Polarização, interferência, teoria corpuscular da luz e experimento de dupla fenda de Young.

### Procedimentos metodológicos

Aula expositiva e dialógica.

### Recursos

Quadro branco, caneta para quadro branco e livro didático e material de apoio.

### Avaliação

Participação do aluno.

### Bibliografia

**KAZUHITO** e **FUKE**. Física para o Ensino Médio, Volume 2. Editora Saraiva, São Paulo, 2016.

**BONJORNO** e **CLINTON**. Física Novo Fundamental, Volume Único. Editora FTD, 1998.

**RAMALHO**, **NICOLAU** e **TOLEDO**. Os Fundamentos da Física. Volume 2. Editora Moderna, 2007.

Plano da aula 7 e 8:

### Dados de Identificação

<b>Instituição:</b> Escola Estadual José Correia da Silva Titara		
<b>Professor:</b> Marcos Fábio Ferreira Costa		
<b>Disciplina:</b> Física	<b>Turma:</b> 2º Ano	<b>Carga Horária:</b> 90 minutos
<b>Assunto/Tema:</b> Ondas		

### Objetivos

<p><b>Objetivo Geral:</b> Compreender a dualidade da luz e analisar nosso aplicativo <i>Quiz Física: Fenômenos Ondulatórios e Corpusculares da Luz</i>.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> Saber como ocorre o efeito fotoelétrico.</p>
---

### Conteúdos

Ondas, fenômenos ondulatórios, efeito fotoelétrico e dualidade da luz.
--

### Procedimentos metodológicos

<p>45 minutos de aula expositiva e dialógica.  35 minutos de aula lúdica e divertida com o uso do nosso jogo.  10 minutos para preenchimento do nosso questionário de satisfação.</p>
---

### Recursos

Quadro branco, caneta para quadro branco e livro didático.
--

### Avaliação

Participação do aluno.
------------------------

### Bibliografia

<p><b>KAZUHITO</b> e <b>FUKE</b>. Física para o Ensino Médio, Volume 2. Editora Saraiva, São Paulo, 2016.</p> <p><b>BONJORNIO</b> e <b>CLINTON</b>. Física Novo Fundamental, Volume Único. Editora FTD, 1998.</p> <p><b>RAMALHO, NICOLAU</b> e <b>TOLEDO</b>. Os Fundamentos da Física. Volume 2. Editora Moderna, 2007.</p>
--