

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



**LUDO NEWTON-HUYGENS: UMA PROPOSTA LÚDICA PARA O
ENSINO DE ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO**
**LUDO NEWTON-HUYGENS: A PLAYFUL PROPOSAL FOR THE TEACHING OF OPTICS IN HIGH
SCHOOL**

SARA RAQUEL DE SOUZA SILVA

MACEIÓ
2022



LUDO NEWTON-HUYGENS: UMA PROPOSTA LÚDICA PARA O ENSINO DE ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO

**LUDO NEWTON-HUYGENS: A PLAYFUL PROPOSAL FOR THE TEACHING OF OPTICS IN HIGH
SCHOOL**

SARA RAQUEL DE SOUZA SILVA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Alex Emanuel Barros Costa.

MACEIÓ

2022

Universidade Federal de Alagoas

Biblioteca Central Divisão de
Tratamento Técnico

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

S586l Silva, Sara Raquel de Souza.

Ludo Newton-Huygens : uma proposta lúdica para o ensino de óptica no ensino médio / Sara Raquel de Souza Silva. – 2022.

107 f. : il. color.

Orientador: Alex Emanuel Barros Costa.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós-Graduação em Física. Maceió, 2022.

Inclui produto educacional.

Título em inglês: Ludo Newton-Huygens: a playful proposal for the teaching of optics in high school.

Bibliografia: f. 92-96.

Apêndices: f. 96-107.

1. Óptica. 2. Recursos e instrumentos psico-pedagógicos. 3. Luz. 4. Jogos no ensino de física. I. Título.

CDU:372.853.5

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a “DEUS”, por tudo que já conquistei e a Nossa Senhora, por ter abençoado minha vida.

A minha mãe, Maria do Socorro de Souza Silva, pois sem ela eu não estaria aqui e minha maior inspiração.

Ao meu pai, José Manoel da Silva, pelas lições de vida que me foram dadas e sempre presente em minha vida.

Agradeço à minha família, principalmente minhas primas Maria Girleide e Daniele Nunes

Agradeço aos meus amigos, em especial Wechily Stanely

A Meu orientador, Professor Dr. Alex Emanuel Barros Costa, pela árdua tarefa de orientar-me nessa etapa e ter paciência comigo.

Agradeço aos meus irmãos, Rivaldo Nunes, Reinaldo Nunes, Saulo Roberto e Salvaro Emanuel.

Agradeço aos meus avós, que não se encontram mais no plano material, mas continuam vivos em minha memória.

Agradeço ao Professor Dr. Kleber Cavalcanti Serra, que não se encontra mais no plano material, mas continua vivo em minha memória

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil) que em meio a tempos difíceis, realizou sumo suporte para realização do presente trabalho- Código de Financiamento 001.

RESUMO

As dificuldades no ensino de Física no Brasil estão intimamente relacionadas às metodologias adotadas para tal. Dentre as diversas estratégias através das quais pode se dar o aprendizado, no ensino de Física brasileiro, a mais empregada é o método tradicional através de aulas em formato de monólogo expositivo. Nesse cenário, o presente trabalho buscou uma maneira alternativa de ensino, que pudesse não só complementar as práticas pedagógicas da sala de aula de maneira construtiva, bem como suscitar habilidades sociais e cognitivas úteis ao ensino-aprendizagem de Física. Para tanto, examinamos sistematicamente teorias psicopedagógicas de ensino-aprendizagem, fundamentação empírica das atividades recreativas educacionais e produtos educacionais do gênero que lograram êxito em sua aplicação. Assim, a partir da pesquisa realizada criamos um jogo de tabuleiro objetivando o ensino da Óptica Geométrica aos alunos do Ensino Médio e o aplicamos em sala de aula para uma turma do segundo ano do Ensino Médio de uma Escola Pública Estadual, na cidade de Santana do Mundaú – AL. Os resultados da aplicação do jogo foram analisados a partir de um questionário aplicado antes e depois da aplicação do produto educacional e mostraram que os alunos desenvolveram conhecimentos e habilidades da disciplina de Física, além de possuírem uma maior compreensão do conteúdo em detrimento da memorização e replicação mecânica.

Palavras-chave: Ensino-aprendizagem; óptica; instrumento pedagógico; luz; jogo.

ABSTRACT

The difficulties in teaching Physics in Brazil are closely related to the methodologies adopted for this purpose. Among the different strategies through which learning can take place, in the teaching of Physics in Brazil, the most used is the traditional method through classes in the form of an expository monologue. In this scenario, the present work sought an alternative way of teaching, which could not only complement the pedagogical practices of the classroom in a constructive way, as well as raise social and cognitive skills useful to the teaching-learning of Physics. In order to do so, we systematically examine psychopedagogical theories of teaching and learning, the empirical foundation of educational recreational activities and also educational products of the genre that were successful in their application. Thus, from the research carried out, we created a board game aimed at teaching Geometric Optics to high school students and applied it in the classroom to a second year high school class at Escola Pública Estadual, in the city of Santana do Mundaú – AL. The results of the application of the game were analyzed from a questionnaire applied before and after the application of the educational product and showed that students developed knowledge and skills of the Physics discipline, in addition to having a greater understanding of the content to the detriment of memorization and replication mechanics.

Keywords: Teaching-learning; optics; pedagogical instrument; light; game.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro de ondas de comprimento variando entre 10-14m até 106m, com destaque para frequências de luz visível ao olho humano.....	31
Figura 2 - Representação ilustrativa da propagação de uma onda eletromagnética em um plano tridimensional xyv.....	32
Figura 3 - Ilustração representativa de uma onda eletromagnética não polarizada sob a ótica de um plano perpendicular à direção de propagação desta.....	34
Figura 4 - Representação ilustrativa de uma onda eletromagnética atravessando um polarizador.....	34
Figura 5 - ilustração esquemática de sombra projetada em um anteparo de um objeto opaco diante de uma fonte luminosa puntiforme.....	36
Figura 6 – ilustração esquemática de sombra e penumbra projetadas em um anteparo de um objeto opaco diante de uma fonte luminosa extensa.....	37
Figura 7 – Ilustração esquemática da reflexão e refração da luz na passagem de um meio para outro.....	37
Figura 8 - Ilustração da reflexão regular.....	38
Figura 9 - Ilustração da reflexão difusa.....	39
Figura 10 - Ilustração esquemática de reflexão em espelho plano.....	40
Figura 11 – espectador contemplando reflexo de espelho plano.....	41
Figura 12 - espectador contemplando reflexo de espelho plano.....	42
Figura 13 - Representação esquemática da reflexão de um corpo extenso em um espelho plano.....	42
Figura 14 - Foto ilustrativa da inversão de imagem na reflexão em um espelho plano.....	43
Figura 15 - Espelho esférico côncavo sob perspectiva do meridiano principal refletindo fonte luminosa puntiforme contida no eixo principal deste.....	44
Figura 16 - Reflexão de objeto pontual em um espelho esférico côncavo.....	45
Figura 17 - Reflexão de objeto pontual em espelho esférico convexo.....	46
Figura 18 - Ilustração esquemática que evidencia os pontos focais de um espelho côncavo e um espelho convexo.....	47
Figura 19 - Reflexão de objeto extenso posicionado no eixo principal antes do centro de curvatura de um espelho esférico côncavo.....	48

Figura 20 - Reflexão de corpo extenso posicionado no eixo principal sobre o centro de curvatura de um espelho esférico côncavo.....	48
Figura 21 – Reflexão de corpo extenso posicionado no eixo principal entre o centro de curvatura e o foco de um espelho esférico côncavo.....	49
Figura 22 - Reflexão de corpo extenso posicionado no eixo principal sobre o ponto focal de um espelho esférico côncavo.....	49
Figura 23 - Reflexão de corpo extenso posicionado no eixo principal entre o foco e o vértice de um espelho esférico côncavo.....	50
Figura 24 - Reflexão de objeto extenso em um espelho esférico convexo.....	50
Figura 25 - ilustração esquemática de reflexão de objeto pontual em espelho esférico côncavo.....	54
Figura 26 - Representação esquemática da dispersão de um feixe de luz branca passando de um meio menos refringente para um meio mais refringente.....	54
Figura 27 - Dispersão cromática de feixe de luz branca em um prisma de vidro de seção triangular.....	55
Figura 28 - Ilustração esquemática da reflexão interna e da dispersão cromática que ocasiona a formação do arco-íris primário.....	56
Figura 29 - Ilustração esquemática do fenômeno da reflexão interna total durante a passagem de raios de luz monocromáticos da água para o ar.....	57
Figura 30 – Imagens ilustrativas de lentes delgadas convergentes: (a) biconvexa; (b) plano-convexa; (c) côncavo-convexa;.....	58
Figura 31 – Imagens ilustrativas dos tipos de lentes delgadas divergentes: (a) bicôncava; (b) plano-côncava; (c) Convexo-côncava;.....	59
Figura 32 - Ilustração esquemática de um feixe de raios paralelos ao eixo ótico incidindo sobre a superfície de uma lente delgada convergente biconvexa.....	59
Figura 33 – Ilustração esquemática de um feixe de raios paralelos ao eixo ótico incidindo sobre a superfície de uma lente delgada divergente bicôncava.....	60
Figura 34 - Formação de imagem de objeto extenso localizado antes do ponto focal no eixo ótico de uma lente convergente biconvexa.....	61
Figura 35 - Formação de imagem de objeto extenso localizado depois do ponto focal no eixo ótico de uma lente convergente biconvexa.....	61
Figura 36 - Formação de imagem de objeto extenso localizado no eixo ótico de uma lente divergente bicôncava.....	63
Figura 37 - Ilustração da anatomia do olho humano.....	64

Figura 38 - Imagem ilustrativa da comparação entre a formação de imagem em um globo ocular normal e um globo ocular com myopia.....	64
Figura 39 - Imagem ilustrativa da comparação entre a formação de imagem em um globo ocular normal e um globo ocular com hipermetropia.....	65
Figura 40 - Imagem ilustrativa da comparação entre a formação de imagem em um globo ocular normal e um globo ocular com astigmatismo.....	66
Figura 41 - Ilustração da anomalia visual e sua respectiva correção do(a): (a) Miopia; (b) Hipermetropia; (c) Astigmatismo;.....	67
Figura 42 - Ilustração esquemática de observador contemplando a imagem virtual ampliada de uma folha através de uma lente de aumento.....	68
Figura 43 – Imagem ilustrativa dos mecanismos de uma camera.....	69
Figura 44 - Representação do mecanismo de lentes de um telescópio refrator.....	72
Figura 45 - Tabuleiro do Ludo de Newton-Huygens.....	73
Figura 46 - Elemento do tabuleiro: Figura associada à unidade de Fundamentos da óptica geométrica.....	73
Figura 47 - Elemento do tabuleiro: Figura associada à unidade de Reflexão.....	73
Figura 48 - Elemento do tabuleiro: Figura associada à unidade de Refração.....	73
Figura 49 - Elemento do tabuleiro: Figura de telescópio associada à unidade de instrumentos ópticos.....	74
Figura 50 - Elemento do tabuleiro: Figura de binóculo associada a uma ação específica do jogo.....	74
Figura 51 - Elemento do tabuleiro: Figura associada a uma ação específica do jogo.....	74
Figura 52 - Elemento do tabuleiro: Figura de lente associada a uma ação específica do jogo.....	74
Figura 53 - Elemento do tabuleiro: Figura de seta associada a uma ação específica do jogo.....	75
Figura 54 - Elemento do tabuleiro: Figura de fibra ótica associada a uma ação específica do jogo.....	76
Figura 55 - Marcadores utilizados no Ludo.....	76
Figura 56 - Dados utilizados no Ludo.....	76
Figura 57 - Frente e verso de uma das cartas de perguntas do Ludo de Newton-Huygens.....	84
Figura 58 - Aplicação do questionário.....	85

Figura 59 - Aplicação do produto educacional.....	85
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Elementos do tabuleiro do Ludo de Newton-Huygens.....	73
Tabela 2 – Elementos físicos do Ludo de Newton-Huygens.....	76
Tabela 3 – Resultados de acertos e erros.....	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultados do questionário 1.....	86
Gráfico 2 – Resultado do questionário 2.....	87

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – GAMIFICAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA	4
2.1 – <i>Da importância da ludicidade atrelada ao ensino/aprendizagem</i>	4
2.2 – <i>O jogo como instrumento pedagógico</i>	7
2.3 – <i>Dos objetivos gerais e específicos</i>	11
2.4 – <i>O estímulo da criatividade, competitividade e outras habilidades interdisciplinares</i>	12
2.5 – <i>A formação do indivíduo crítico com conhecimento bem fundamentado</i>	14
3 – TEORIAS DE APRENDIZAGEM	20
4 – ABORDAGEM DA ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO	25
4.1 – <i>Breve contextualização do estudo da óptica</i>	25
4.2 – <i>A abordagem da óptica no ensino médio</i>	28
4.3 – <i>A óptica: Referencial Teórico</i>	30
4.3.1 – <i>A natureza e características da luz</i>	31
4.3.1.1 – <i>Polarização da luz</i>	33
4.3.2 – <i>Propagação da luz</i>	35
4.3.2.1 – <i>Princípios da propagação da luz</i>	35
4.3.2.2 – <i>Consequências dos princípios de propagação da luz</i>	36
4.3.3 – <i>Reflexão da luz</i>	37
4.3.3.1 – <i>Imagem e espelhos planos</i>	39
4.3.3.2 – <i>Espelhos esféricos</i>	43
4.3.3.2.1 – <i>Formação de imagem em espelho esférico</i>	46
4.3.3.2.2 – <i>Estudo analítico dos espelhos esféricos</i>	50
4.3.4 – <i>Refração da luz</i>	52
4.3.4.1 – <i>Leis da refração</i>	52
4.3.4.2 – <i>Dispersão cromática</i>	53
4.3.4.3 – <i>Reflexão interna total</i>	55
4.3.4.4 – <i>Lentes delgadas</i>	56

4.3.4.4.1 – Formação de imagens a partir de lentes delgadas	60
4.3.4.5 – Olho humano e anomalias visuais	62
4.3.4.5.1 – Anomalias visuais	63
4.3.4.6 – Instrumentos ópticos	66
5 – O PRODUTO EDUCACIONAL: LUDO DE NEWTON-HUYGENS	70
5.1 – <i>Público alvo</i>	70
5.2 – <i>Elaboração do jogo</i>	70
5.3 – <i>Elementos do jogo</i>	71
5.4 – <i>Regras e instruções do jogo</i>	77
5.5 – <i>Modelo de aplicação</i>	80
6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	82
6.1 – <i>Aplicação do produto educacional e análises</i>	82
6.2 – <i>sujeitos da pesquisa</i>	82
6.3 – <i>Instrumento de coleta</i>	83
6.4 – <i>Procedimentos metodológicos</i>	83
6.5 – <i>Resultados e análise</i>	85
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS	92
APENDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS ALUNOS	96
APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	105
APÊNDICE C – TABULEIRO	98
Ludo de Newton-Huygens	99

1 – INTRODUÇÃO

Atualmente no Brasil, apesar dos avanços significativos no ensino nas últimas décadas o ensino de ciências não cumpre com as expectativas que lhe são postas, pois não proporcionam uma formação satisfatória, sobretudo no que é inerente à física (SANTOS, 2019). Segundo uma pesquisa realizada pelo MEC, no ano de 2007, dentre todas as disciplinas do ensino médio, a física é a que tem menos professores com curso superior específico da área 12.355 que representa (25,2%) de todos os professores de física brasileiros, de modo que a maioria dos docentes que leciona esta matéria, no ensino médio, é formada em matemática, cerca de 15.170 representando 34% dos docentes que lecionam a disciplina (INEP, 2006, p. 41). A partir disso pode-se inferir que já há algum tempo há um evidente desinteresse por esta área do conhecimento por parte do público de maneira geral.

Apesar dos cursos de licenciatura em matemática geralmente contemplarem algumas disciplinas da física é evidente que eles têm a finalidade de formar professores para o ensino de matemática e não de física. Conquanto, há uma efetiva carência de docentes formados nesta área especificamente. Isto pode ser atribuído a diversos fatores, como a metodologia pragmática adotada para o ensino de Física que desperta em poucas pessoas alguma afinidade.

Em 1952 o físico Richard Feynman (1918-1988), que ganhou o Prêmio Nobel da Física em 1965 graças ao seu trabalho em eletrodinâmica quântica, fez uma conferência sobre o ensino de física no Brasil onde relata-se ter feito grandes críticas inerentes aos livros didáticos. Para ele eram dicionários de conceitos e definições sem ordem alfabética, que por não serem baseados nos fatos em si faziam parte de um “mundo artificial e inútil criado pelo *complot* pedagógico contra a inteligência do jovem”. Ademais acrescentava que os autores dos livros didáticos eram meros compiladores incapazes de fazer livros baseados em fatos que instigassem o leitor. (FEYNMAN apud MOREIRA, 2018, p.2). Deste modo é notório que há um problema com o ensino de ciências no Brasil inerente aos livros didáticos que se perpetua há décadas.

Desde as críticas de Feynman ao sistema educacional brasileiro até os dias atuais não houve mudança considerável em relação aos livros didáticos, que são constituídos da discriminação de conceitos de maneira desconexa da realidade. Em verdade, os livros não são sequer o ponto mais relevante

relacionado à mediocridade do ensino de física brasileiro. A forma mecânica e sistemática como são passados os conteúdos de forma meramente expositiva para os alunos, através de conceitos e fórmulas abstratas que são repetidos incansavelmente em exercícios sem aplicação real tende a ser grande contribuinte não somente para a mediocridade do ensino, bem como para o desinteresse dos alunos pela disciplina, o que resulta em um contingente cada vez menor de alunos que sairão do ensino médio com algum conhecimento do que realmente é a Física.

No Brasil há um sistema educacional deficiente, repleto de docentes despreparados e de aulas meramente expositivas baseadas em macetes mnemônicos em detrimento de uma compreensão crítica e genuína acerca do conteúdo explorado (SANTOS, 2019). A construção de um saber crítico e geral aplicável à vida cotidiana do estudante é o que objetivamos na condição de docentes comprometidos com o desenvolvimento social e humano. Logo, é fulcral buscar novas metodologias que possibilitem novos estímulos aos alunos, de modo que estes possam ser protagonistas nas atividades didáticas.

Nesse cenário os elementos lúdicos de natureza pedagógica podem ser um caminho pertinente para mudança no ensino de ciências. Brinquedos e jogos estimulam, além dos conteúdos trabalhados, a imaginação, a criatividade e habilidades sociais dando ao aluno a oportunidade de interagir com os colegas em sala de aula. (RIOS, 2017). Tais características não são restritas somente a um campo de estudo, mas são interdisciplinares, logo o desenvolvimento de elementos lúdicos em sala de aula pode e deve promover um melhor desenvolvimento do aluno em outras disciplinas.

A escola tornou-se um treinamento para avaliações, onde o aluno por meio de macetes mnemônicos resolve questões sem aplicação prática com a finalidade de treinar para ser avaliado, seja internamente ou em vestibulares. Logo a essência empírica e experimental da ciência fica desvanecida, acendendo apenas a ciência teórica que, na perspectiva do estudante, terá pouca ou nenhuma utilidade em sua vida. Nesse interim é esperado que a inserção de elementos lúdicos em sala de aula favoreça à construção de um saber mais generalizado, no qual o aluno pode associar o que aprende em sala de aula às suas atividades e questões ordinárias.

Assim, a construção de um jogo como elemento pedagógico de caráter lúdico tende a ser uma escolha plausível para o desenvolvimento de atividades que contemplem o âmbito epistêmico e, concomitantemente, o entretenimento.

Todavia, é importante seguir uma linha tênue entre estes dois aspectos, de modo a preservar a eficiência do lúdico para fins didáticos (PEREIRA, 2008).

Nessa perspectiva, desenvolvemos um produto educacional, Ludo Newton-Huygens, baseado em um jogo de tabuleiro popular, o Ludo. Neste produto, há o estímulo de conhecimentos específicos da Física, da área da óptica, e habilidades sociais e interdisciplinares. A partir deste, visamos proporcionar uma experiência mais dinâmica ao ensino de Física através da discussão, da problematização, da recriação, da competitividade e de uma melhor caracterização dos eventos que envolvem física, de modo que haja uma apresentação da disciplina de forma mais amigável dando ao aluno a possibilidade de se envolver.

Este trabalho foi organizado em capítulos fragmentários com desdobramento progressivo do tema. Neste Capítulo 1, de natureza introdutória foi feita a contextualização breve do tema e destacamos sua relevância. Ademais, no Capítulo 2 discutiremos a respeito da gamificação no ensino de física, que consistirá na análise da inserção dos instrumentos lúdicos no ensino-aprendizagem. Por conseguinte, dedico o Capítulo 3, que está dividido em 6 (seis) subcapítulos, a tratar sobre Teorias de Aprendizagem, onde disserto sobre metodologias inovadoras que podem dinamizar o ensino. Abordando o lúdico, os jogos e as consequências de sua aplicação, de seus estímulos e as ambições ligadas ao presente trabalho. No Capítulo 4 trataremos do conteúdo trabalhado no produto pedagógico, a óptica e sua abordagem no Ensino Médio, deixando em evidência sua importância no mundo contemporâneo. Para tanto, explanaremos os resultados do progresso no estudo da óptica, falando sobre as possibilidades que o conhecimento deste conteúdo desencadeou e os avanços que trouxe para a humanidade. Já no Capítulo 5 apresento o produto pedagógico e suas características gerais. Evidenciaremos também uma metodologia pertinente para aplicação deste produto em sala de aula. Em seguida, no Capítulo 6 mostro os resultados obtidos a partir da aplicação do produto educacional efetivamente em sala de aula. Por fim, nas Considerações Finais constitui-se a reflexiva inerente a toda discussão abordada no presente estudo, onde trata-se de metas e perspectivas pertinentes a elucubração envolvida no engendramento desta obra.

2 – GAMIFICAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA

2.1 – Da importância da ludicidade atrelada ao ensino/aprendizagem

Percebe-se que na sociedade contemporânea ocorrem vários entraves que inviabilizam um sistema educacional mais eficiente, que atribua um desenvolvimento epistemológico melhor dos estudantes, sobretudo na área das ciências da natureza. Isto é, existe uma série de problemas no caminho para o objetivo de melhorar o ensino de ciências, de modo a fazê-lo atender às suas respectivas expectativas, o ensino de Física é o mais prejudicado. Devemos considerar a necessidade de novos instrumentos pedagógicos que possam vir a facilitar a compreensão dos conteúdos da Física para os discentes do nível fundamental e médio. Nesse contexto, o viés lúdico se mostra como um possível caminho, pois o uso dele tem várias consequências positivas na formação do aluno. Além de facilitar o aprendizado tornando-o mais descontraído e atrativo para o aluno, tem contribuição na formação social do caráter do indivíduo (SILVA, 2013).

Quando se fala em ensino de Física a maioria das pessoas têm em mente uma sala de aula com uma lousa repleta de equações e representações esquemáticas de eventos. O fato é que a maioria das pessoas conhece ou conheceu a Física dessa forma, através de seu ensino tradicionalmente expositivo e teórico. Dificilmente alguém tem em mente atividades práticas como experimentos, simulações computacionais ou menos ainda atividades recreativas. Todavia, o ensino/ aprendizagem desta disciplina quando atrelado à recreação pode ter resultados surpreendentes.

Parte dos desafios enfrentados para o aprimoramento do ensino de física no Brasil está associado ao uso de práticas e metodologias de ensino rudimentares, que se mostram ineficientes frente às necessidades e expectativas do ensino de física brasileiro. Para Silvério (2001, p. 27) devemos ter mais professores de física dispostos a empenhar-se em romper com métodos de ensino ultrapassados, que tenham uma postura de ensino inovadora com a finalidade de fazer com que os alunos com dificuldade possam aprender melhor.

Nessa perspectiva, a introdução de elementos de carácter lúdico pode agregar bastante valor no que tange ao desenvolvimento dos alunos, sobretudo dos mais jovens, pois “[...] ao se associar a necessidade latente de movimento presente nas crianças com as demandas do processo de aprendizagem cria-se um cenário perfeito para a aprendizagem de novos conteúdos e/ou consolidação de conteúdos já aprendidos.” (SILVA, 2013, p.18)

O processo educativo que antes era feito com o professor como detentor hegemônico do saber ficou para trás, o docente contemporâneo tornou-se um mediador do conhecimento, um facilitador que deve criar situações que propiciem o aprendizado para o discente e ademais deve mostrar ao mesmo o melhor caminho. Nesse contexto, surge o lúdico, que proporciona interações entre o docente e o discente e também entre os discentes, promovendo a troca de conhecimento de maneira prazerosa. (SILVA, 2013, p. 23)

Assim a ludicidade cumpre um papel importante no ensino de física, a proposta do viés lúdico é trabalhar a física de maneira integradora com aspectos sociais e de maneira interdisciplinar. Através de um instrumento pedagógico de carácter lúdico, deve-se buscar a exploração do conteúdo de física associado a elementos da realidade do estudante e a concepções de outras disciplinas, fazendo análises mais integradas a partir de várias perspectivas, promovendo uma formação mais crítica e contextualizada. (RIOS, 2017, p. 20)

A sociedade criou estereótipos de grandes cientistas com uma genialidade nata associada aos estudiosos da Física. Tais estereótipos, em conjunto com outros fatores, contribuem para a perpetuação da pressuposição que a Física só pode ser compreendida por um grupo seleto de pessoas que já nasceram com um talento natural para isso, em razão dela ser uma matéria muito difícil. Estas mistificações muitas vezes fazem com que o aluno entre em sala de aula sem expectativa de que vai aprender determinado conteúdo – para ele é uma disciplina que nunca vai aprender e se aprender nunca terá uso na vida dele – fazem-no se sentir incapaz e isto prejudica diretamente seu processo de aprendizagem. Utilizar elementos lúdicos, como jogos e brincadeiras torna o aprendizado mais divertido e pode ajudar a desmistificar o ensino de física, fazendo com que os alunos percebam que podem aprender o dito conteúdo e se sintam mais motivados e confiantes para isso.

Para Pereira e Sousa (2015, p. 6) as atividades lúdicas são fulcrais para o desenvolvimento infantil, pois são atividades socioculturais impregnadas de

valores e hábitos que refletem diretamente na forma como o indivíduo interage em grupo. Concomitantemente de acordo com o Art. 3º da lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996, o ensino deve ser ministrado havendo “vinculação entre a educação escolar, o trabalho e as práticas sociais”. Logo, as atividades lúdicas satisfazem o que está previsto na LDB, pois são de natureza cultural, podendo estar atreladas ao ensino de física por meio de jogos e brincadeiras. (BRASIL, 1996).

As atividades lúdicas são elementos pedagógicos de grande relevância para o ensino de ciências pois elas promovem interação entre os indivíduos de maneira prazerosa e descontraída. Deste modo o professor que ministra a aula fazendo uso desta ferramenta pode obter a atenção desejada na disciplina a partir de outras perspectivas, aumentando consideravelmente sua produtividade em sala de aula, já que a maior parte dos professores têm dificuldade de manter os jovens em foco na aula. A partir de tais elementos pode-se traçar estratégias com finalidades específicas a depender do nível de desenvolvimento dos discentes envolvidos de maneira geral, podem aproximar os alunos mais jovens do conhecimento científico.

É importante denotar que utilização de métodos de caráter lúdico tende a causar bulício dentro da sala de aula, de maneira que esta agitação já deve ser esperada. Entretanto, isto não deve ser entendido como desvio dos objetivos associados, mas com parte do processo da construção de conhecimento e da formação integral do indivíduo que se dão por meio da interação social. (SILVA, 2013, p. 23). Ademais, da perspectiva de Rios (2017, p. 29) o barulho causado pelas atividades lúdicas deve ser interpretado de maneira construtiva, para o mesmo, sem a agitação, não há a motivação, e esta motivação é fundamental na aprendizagem.

Pereira (2008, p.41) defende que através do viés lúdico o educando aprende tão bem quanto ou até melhor do que através do método tradicional, de modo que este viés representa uma forma alternativa de aprender. Logo esta maneira terá propriedades intrínsecas, como a excitação dos alunos dentro da sala de aula, frente a uma atividade que ocasiona diversos estímulos. É esperado que o professor adquira sua própria metodologia para lidar com esta situação.

Para tanto os professores devem comprometer-se em mudar suas posturas e investir em novas estratégias de ensino voltadas para o aluno como protagonista do processo de ensino. Jogos e brincadeiras devem problematizar

situações e criar um ambiente propício de aprendizagem, trazendo discussão e questionamento para induzir o aluno a buscar saber mais. Também é esperado que por meio disso haja um estímulo de habilidades sociais como socialização, argumentação, competitividade e que os alunos aprendam a relacionar fatos, concepções, teorias e opiniões.

Visto isso, a ludicidade evidencia-se como ferramenta que agrega muitos valores ao ensino: proporciona uma forma de aprendizagem inovadora e eficiente com mais atribuições do que a tradicional; desmistifica a aprendizagem de física ajudando a desconstruir estereótipos; estimula habilidades sociais, motoras e intelectuais; promove a interação do indivíduo em grupo, fazendo-o problematizar situações e buscar formas de resolver tais situações com autonomia. Portanto, a ludicidade é de suma importância no ensino/aprendizagem de diversas disciplinas, essencialmente na física.

3.2 – O jogo como instrumento pedagógico

O entendimento de conceitos básicos e avançados e/ou sua revisão podem ser facilitados pelo uso de instrumentos educacionais com esta respectiva finalidade. Nesse contexto, os jogos se destacam como estimuladores de conteúdo didático, social, cultural e motor. Os jogos e brincadeiras estão presentes na sociedade desde seus primórdios, sendo uma atividade praticada independentemente de classe social. O jogo sempre foi associado ao desenvolvimento de habilidades físicas, mentais e sociais fulcrais no processo de constituição pessoal do indivíduo. (JANN; LEITE, 2010, p. 3)

Os jogos constituem um elemento lúdico promissor para a sala de aula. Precipuamente por serem bem recebidos pelos alunos que de imediato tendem a despertar curiosidade a respeito do que se trata. Os jogos promovem uma situação oposta ao tradicional ambiente formal de aprendizado, trazendo em contraste um ambiente descontraído e informal. (PEREIRA, 2008, p. 41) Concomitantemente, a curiosidade pode potencializar a concentração do aluno.

O estudo de caso de Jann e Leite (2010) evidencia resultados promissores acerca do uso de uma espécie de quebra-cabeça do DNA como jogo didático em sala de aula. As autoras afirmam que no início os alunos envolvidos mostram-se descrentes da atividade como didática, inferindo que a mesma seria apenas para fins de entretenimento. Entretanto, ademais, ao fim do exercício os envolvidos relataram que a atividade agregou bastante

conhecimento, facilitou compreensão visual e exemplificou de maneira dinâmica os respectivos conteúdos.

No estudo de Pereira (2008, p. 72), onde cinco professores utilizaram jogos pedagógicos em sala de aula e relataram suas experiências, os mesmos afirmaram ter tido bons resultados, principalmente em relação à participação e ao interesse dos alunos. Alunos de uma das turmas afirmaram inclusive que “não tiveram aula, apenas brincaram”, apesar de terem tido dificuldade em responder perguntas do jogo. Evidentemente, as turmas mostram receptividade para este tipo de atividade, e muitas vezes se-quer se dão conta de que estão participando de uma prática pedagógica cuidadosamente elaborada. Deste modo, um ambiente de natureza recreativa, onde o estudante encontra a possibilidade de se divertir enquanto aprende pode ser enriquecedor.

Nessa perspectiva, com o uso de jogos em sala de aula, que ocasionam um notável interesse, os alunos deixam de ser expectadores passivos e passam a ser participantes ativos no ambiente de aprendizagem. Segundo Jann e Leite (2010, p. 9), nos resultados de sua pesquisa inerente ao uso de jogos em sala de aula, de início os alunos ficam descrentes da atividade encarando-a apenas como uma brincadeira. Com o passar do tempo, no entanto, os alunos mudam sua postura frente à atividade pedagógica, ficando interessados pela ação do jogo. As autoras acrescentam ainda cima que isto ocorre por consequência do contato com elementos didáticos físicos, que não os livros-texto.

No que tange aos benefícios atribuídos ao uso de jogos no ambiente escolar Brenelli (1996, p. 28) afirma que:

Utilizar jogos em contextos educacionais com crianças que apresentem dificuldades de aprendizagem poderia ser eficaz em dois sentidos: garantir-lhes ia, de um lado, o interesse, a motivação, há tanto reclamada pelos professores, e, por outro estaria atuando a fim de possibilitar-lhes construir ou aprimorar seus instrumentos cognitivos e favorecer a aprendizagem de conteúdos. Muitas vezes, pela pobreza de oportunidades, é lhes imputado um fracasso que traça para elas um caminho de desesperança, evasão e repetência.

Inerente ao que o autor descreve sobre o uso de jogos e suas respectivas consequências, mais uma vez faremos referência aos estereótipos que são postos em relação à ciência. Muitas vezes tais estereótipos, atrelados a uma situação de desenvolvimento insatisfatório na disciplina de física, fazem com que o aluno trilhe, como cita Brenelli, um caminho de desesperança, evasão e repetência. Visto isso, os jogos pedagógicos podem envolver o aluno

de modo a este desvincular-se desse caminho e perceber que é capaz de aprender.

Nessa perspectiva, o jogo enquanto instrumento pedagógico deve seguir alguns critérios para que não perca sua eficiência. Para tanto é necessário que o professor desempenhe um papel importante na realização deste tipo de exercício de caráter lúdico. O docente deve saber em quais momentos intervir, ou apenas observar. Ele deve saber conduzir a atividade dando informações nos momentos certos, provocando discussões e participando destas quando conveniente. (PEREIRA; SOUSA, 2015, p. 7).

Basilarmente deve haver uma linha tênue entre aprendizagem e diversão, de modo que um não avarie o outro. Cada aspecto do jogo deve ser adequadamente mediado pelo docente responsável. A competitividade é intrínseca a esta atividade, de modo que sem ela, os objetivos ficam distantes, pois esta é fundamental na motivação do aluno. Entretanto, a competitividade entre os discentes deve ser cuidadosamente observada pelo professor, de modo que não prejudique de nenhuma forma o desenvolvimento da atividade de modo que "...o aluno deve se sentir desafiado pelo jogo do conhecimento e não somente pelos outros participantes." (BRASIL, 2006, p. 52)

Para tanto, Rios (2017, p. 30) defende que a situação mais adequada para se trabalhar com os jogos em sala de aula é em grupos, pois deste modo os estudantes se naturalizam mais facilmente com a vitória ou a derrota. O autor defende ainda que a competitividade é intrínseca ao jogo e sem ela a atividade pode se tornar sem graça para o aluno.

Ademais, deve-se destacar que é importante que o professor faça uma síntese dos conteúdos que estarão presentes no jogo, antes de aplicá-lo em uma turma. Tratando-se, especialmente, da disciplina de física é pertinente que o professor utilize os jogos como uma atividade de fixação, de modo que antes desta, faça uma conceituação prévia do material envolvido na brincadeira. Existem ainda outras preparações incumbidas ao professor. Pereira (2008, p. 48) afirma que o jogo é um aliado no processo de ensino-aprendizagem, entretanto sozinho seu potencial é baixo, por isso este deve ser aliado a outras práticas de ensino como aulas tradicionais e trabalhos.

É necessário que o jogo, antes de utilizado em sala, seja testado pelo professor, de modo que analise a integridade dos recursos materiais e também as suas regras. As regras do jogo são fundamentalmente importantes, para um jogo didático, as regras devem ser objetivas e simples, de modo que não

desmotivem ou causem medo aos alunos que não compreenderem. Todavia, caso o professor ache as regras do referente jogo inconvenientes para o nível dos seus alunos, o mesmo pode fazer adaptações destas visando aprimorar e potencializar o aprendizado. Deste modo, o docente envolvido deve, antes de usar o jogo, testar sua integridade física e analisar se suas regras são convenientes para seus alunos podendo modificá-las conforme sua vontade.

Para finalidades didáticas os jogos de regras evidenciam-se bastante convenientes. As regras fazem parte de uma conduta lúdica que é submetida pelo grupo com a finalidade de ordenar como o jogo deve proceder, o que é permitido e o que não é. A violação das regras é considerada uma inconveniência, sendo advertido pelo grupo aquele que cometê-la. (SILVA, 2013, p. 22)

Outra característica importante dos jogos de tabuleiro são os fatores de “sorte” e “azar”. Estes fatores são os maiores contribuintes para a formação de um ambiente de aprendizado de caráter lúdico oposto ao tradicional. Estes elementos podem ser de grande ajuda para o aluno que, ao participar do jogo, apresenta um desempenho ruim em relação aos demais participantes. Este indivíduo pode manter-se empenhado no jogo sem se desanimar caso sinta que está com “sorte” no jogo. (PEREIRA, 2008, p. 46).

É de suma importância que esses jogos de tabuleiro proporcionem de modo precípuo a problematização e o debate, esta é uma das suas finalidades. Através dessa problematização, se dissemina a discussão e por meio desta o aprendizado, pois o conhecimento se dá através da troca de experiências e informações. Desta maneira, objetiva-se trazer questões desafiadoras para os estudantes, para que estes sejam estimulados a buscar de maneira autônoma por novos conhecimentos que sirvam para ir de encontro com essas problematizações. Para Carvalho (2002, p. 3) os cursos de Ensino Fundamental e Médio devem criar situações problemáticas, onde os docentes envolvidos se envolvam com seus discentes. O autor espera que estas atividades possibilitem a vivência de propostas inovadoras de ensino.

A partir da precedente discussão é notório que os jogos, enquanto instrumento pedagógico de caráter lúdico, são exercícios didáticos inovadores que podem ser úteis para a transformação do ambiente de aprendizado de física. Eles podem contribuir para a desvinculação da Física com práticas de ensino ultrapassadas que se mostram ineficientes frente às necessidades de aprendizado da sociedade contemporânea.

A partir dos jogos é esperado que sejam supridas necessidades dos professores inerentes à atenção e foco dos alunos na sala de aula, pois este tende a gerar curiosidade nos alunos, prendendo-os espontaneamente à aula. A proposta dos jogos no ambiente escolar é de desconstruir estereótipos, estigmas, ampliar possibilidades do saber da ciência e permitir a relação entre conhecimentos da física e fenômenos ordinários.

Visto que já foi justificada a importância de a ludicidade estar atrelada ao ensino de ciências, e as consequências disso para o estudante. Onde destaca-se o estímulo de habilidades sociais, intelectuais, motoras e psicológicas, contribuindo assim para a formação integral do indivíduo.

Para tanto, faz-se necessário que os professores associados adotem novas posturas de ensino inovadoras, distanciando-se dos rudimentares métodos de ensino expositivos. Ademais devem empenhar-se em conhecer novas formas de ensino atreladas ao lúdico e em aprender a mediar este tipo de atividade.

3.3 – Dos objetivos gerais e específicos

O presente trabalho tem como objetivo evidenciar a eficiência dos instrumentos pedagógicos de caráter lúdico como ferramenta de ensino aprendizagem. Para tanto, buscou-se embasamento teórico a partir de diversos trabalhos que compartilham do mesmo objetivo como Vigotski (2009), Bigge (1977), Piaget (1980), Fosnot (1998) dentre outras obras de outros estudiosos e estudiosas que corroboram para que o ensino possa ser aprimorado através de metodologias inovadoras.

Tendo em vista os recursos disponíveis, a educação brasileira poderia trazer um ensino de mais qualidade com mais eficiência fazendo mudanças na forma como se abordam os conteúdos. Hodiernamente, o acesso à informação de maneira praticamente instantânea e generalizada abre um enorme leque de possibilidades. Os computadores também são uma plataforma propícia à realização de atividades pedagógicas através de jogos eletrônicos que constituem formas alternativas de aprender, este viés constitui-se pertinente para uma abordagem em estudos futuros.

Como já foi explicitado neste trabalho, as atuais metodologias de ensino utilizadas no presente sistema educacional deixam a desejar em alguns

aspectos como a falta de estímulo da criatividade, construção de um conhecimento superficial e restrito a situações hipotéticas, descontextualização dos conteúdos estudados com a realidade vivenciada pelo educando, dentre outras dificuldades.

Visto isso, buscamos neste trabalho, além de evidenciar a ineficiência das práticas de ensino rudimentares e expositivas, procurar formas inovadoras de potencializar o ensino de ciências através de práticas pedagógicas relacionadas ao lúdico.

Portanto, medidas são cabidas para que haja uma mudança na educação atual que permita o uso de novas metodologias eficientes que satisfaçam às expectativas para o ensino de ciências no Brasil. Para tanto, devemos fazer uso dos recursos disponíveis para estas mudanças, isto inclui recursos materiais e humanos.

3.4 – O estímulo da criatividade, competitividade e outras habilidades interdisciplinares

É importante deixar em evidência a importância da interdisciplinaridade no estudo de ciências, pois ela é fundamental para que o aluno tenha uma visão mais integrada acerca do que estuda. De modo que o aluno possa ver um mesmo fenômeno de diversas perspectivas.

É interessante construir pontes não só entre aspectos sociais e culturais do ensino de física, bem como entre as disciplinas de ciências da natureza e também as demais. É necessário o empenho dos professores para construir um ensino mais contextualizado, com um caráter interdisciplinar e não fragmentado. (RIOS, 2017, p. 20).

Neste estudo temos como propósito, através do uso de jogos pedagógicos, permitir ao aluno desenvolver habilidades que são pertinentes não somente à física, mas que são interdisciplinares. Dentre estas, podem-se destacar a criatividade, a competitividade, a curiosidade e a socialização. A seguir, elencaremos a forma como os jogos estimulam os alunos a adquirir tais habilidades.

A **criatividade** é crucial para qualquer indivíduo, quaisquer que sejam as suas atribuições, é uma característica humana de grande relevância para o mercado de trabalho, carreira acadêmica e resolução de problemas de maneira

geral da vida do indivíduo. A escola é um dos contextos que está intimamente relacionada com a criatividade do indivíduo, logo os professores devem ter práticas pedagógicas que vislumbrem treinar e estimular a capacidade criativa dos alunos. O professor é elemento-chave para que o aluno granjeie tal atributo. (OLIVEIRA; ALENCAR, 2012, p. 3).

Dessa forma, os jogos didáticos que têm como ponto nevrálgico da sua metodologia a problematização, estimulam os alunos a buscar formas de solucionar ou contornar os citados problemas. É esperado que os alunos, auxiliados pelo professor elaborem estratégias e busquem soluções de forma autônoma para os impasses com os quais terá que lidar, e deste modo estimular-se-á sua criatividade.

A **competitividade** é característica intrínseca aos jogos e brincadeiras de maneira geral, sem ela a atividade se torna sem graça e menos atrativa para o jovem. Entretanto competir é algo positivo no processo de amadurecimento, e se este aspecto for trabalhado de maneira correta tende a trazer benefícios no ensino.

É natural que durante a aplicação de exercícios nos quais os estudantes que se saírem melhor são de alguma forma reconhecidos haja competição. No que tange aos jogos, é evidente que este aspecto é intensamente excitado, pois os envolvidos estão disputando entre si para decidir quem é o melhor em algo. Assim, é interessante que o professor priorize atividades em equipe, pois segundo Rios (2017), assim os jogadores podem partilhar a vitória ou derrota em grupo e habituar-se com estas.

Ademais deve-se ressaltar a importância da **socialização** que as atividades lúdicas de maneira geral podem trazer. Aulas de caráter expositivo em geral tendem a manter cada aluno no seu espaço, as brincadeiras, no entanto promovem a intensa interação entre os jovens. Pois, estes têm que comunicar-se com todo o grupo, sejam aliados ou adversários.

Este é um dos aspectos mais positivos na utilização de jogos, pois a capacidade de socializar-se, discutir, debater e expor ideias é fulcral na convivência em sociedade. O ser humano é naturalmente social, porém a socialização é uma habilidade construída ao longo da vida e algumas pessoas em especial tendem a ter relativa dificuldade para isso. Nesse contexto os jogos estimulam intensamente a capacidade social humana, unindo aliados e adversários para uma mesma finalidade: se divertir.

Além disso a **curiosidade** é um aspecto que deve estar sendo constantemente incitada nas atividades didáticas. Pois esta é talvez a característica humana mais importante para a aquisição de conhecimento. Um dos maiores propósitos dos jogos didáticos é justamente fomentar dúvidas e questionamentos pessoais aos alunos estimulando sua curiosidade. Visto que as atividades lúdicas tendem a manter o público mais jovem mais concentrados, é esperado que este público seja propício a despertar curiosidade acerca dos assuntos tratados dentro do jogo.

Portanto, o presente trabalho tem como um de seus objetivos através dos recursos descritos induzir os alunos participantes das atividades a despertar e aprimorar capacidades sociais de interesse interdisciplinar. Por meio destas, compete ao professor responsável construir pontes entre as disciplinas fazendo uso dessas habilidades.

3.5 – A formação do indivíduo crítico com conhecimento bem fundamentado

A criticidade é um elemento que abordamos repetidamente no decorrer do presente trabalho, salientando sempre que a mesma é uma característica muito importante para o aluno. De imediato, tal reincidência deste termo pode ser inteiramente justificada por ele ser uma premissa nos documentos que organizam o ensino no Brasil. Tanto à luz da BNCC quanto do PCN, a formação de um aluno crítico é uma das principais finalidades da educação de maneira geral, logo é evidente que esta é uma atribuição de muita importância. Na BNCC (BRASIL, 2018, p. 263, *grifo nosso*), dentre muitas outras citações da relevância da criticidade no estudante, destacamos um trecho da seção de matemática documento:

O conhecimento matemático é necessário para todos os alunos da Educação Básica, seja por sua grande aplicação na sociedade contemporânea, seja pelas suas potencialidades na formação de cidadãos **críticos**, cientes de suas responsabilidades sociais.

Ademais, na seção de Ciências Humanas na BNCC, temos (BRASIL, 2018, p. 355, *grifo nosso*):

(...) é importante valorizar e problematizar as vivências e experiências individuais e familiares trazidas pelos alunos, por meio do lúdico, de

trocas, da escuta e de falas sensíveis, nos diversos ambientes educativos (...) essa abordagem privilegia o trabalho de campo, as entrevistas, a observação, o desenvolvimento de análises e de argumentações, de modo a potencializar descobertas e estimular o pensamento criativo e **crítico**.

Nota-se que o supracitado aspecto não se encontra presente apenas nessas duas seções citadas do documento, bem como em todas as outras em diversos momentos. Ademais o PCN complementa sobre o assunto (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006, p. 24, *grifo nosso*):

O ensino de qualidade que a sociedade demanda atualmente expressa-se aqui como a possibilidade de o sistema educacional vir a propor uma prática educativa adequada às necessidades sociais, políticas, econômicas e culturais da realidade brasileira, que considere os interesses e as motivações dos alunos e garanta as aprendizagens essenciais para a formação de cidadãos autônomos, **críticos** e participativos, capazes de atuar com competência, dignidade e responsabilidade na sociedade em que vivem.

Deste modo, tendo conhecimento da importância da criticidade enquanto habilidade cognitiva, podemos nos debruçar sobre o questionamento a respeito do motivo desta importância. A palavra “crítico” tem origem no termo grego *Kriticós*, que seria relacionado à capacidade de julgar, avaliar, analisar. De modo geral, é definido como indivíduo crítico aquele que tem a capacidade de julgar e analisar problemas de maneira racional sem aceitar de forma automática opiniões e concepções relacionadas à natureza, a crenças ou à informação.

Sob tal ótica, um aluno crítico seria aquele dotado da capacidade de julgar e analisar toda informação que é transmitida a ele, e a partir desta análise constituir dúvidas e levantar questionamentos. Logo, o dito aluno deixa de ser vulnerável a alienações e informações inconsistentes que podem chegar até ele, pois antes de aceitar qualquer opinião, concepção ou informação, o mesmo a questiona e problematiza, gera dúvidas sobre sua procedência e deste modo desconstrói tudo aquilo que não lhe agrega valor. Os questionamentos feitos acerca daquilo que lhe é proposto fazem com que ele discuta e busque conhecimentos, aumentando constantemente seu acervo epistemológico.

Nessa perspectiva, podemos denotar que a criticidade pode ser desenvolvida concomitantemente a outras habilidades no período escolar, e esta habilidade potencializa o aprendizado, pois o aluno crítico questiona, problematiza, pergunta e desse modo está sempre a buscar conhecimentos complementares, de forma a construir um saber mais integral. Segundo Pereira

(2008, p. 39) “(...) o conhecimento é resultante de trocas, da interação entre sujeito e meio”, assim o saber é adquirido a partir de trocas, isto é, de uma relação mutuamente ativa. Em sala de aula, todos estão constantemente aprendendo coisas novas a partir de trocas de informação e de interações em geral, entretanto, quando essa interação é mútua, ou seja, quando há discussão a partir de problematização e questionamento, a mediação do conhecimento torna-se muito mais eficiente. Assim, a criticidade cumpre um importante papel no desenvolvimento escolar do aluno, pois quando este é capaz de analisar e questionar antes de aceitar, ele aumenta consideravelmente as suas possibilidades de conhecer.

Conquanto, apesar de ser substancialmente efetiva na aprendizagem, a habilidade crítica não é algo portado naturalmente pela maioria das pessoas. Logo é cabido que o professor busque caminhos e práticas que fomentem à dúvida e orientem o aluno à construção desta habilidade. Segundo Mion (*et. al.*, 2002, p. 98) “É necessário ultrapassar os limites do objetivo e do subjetivo para chegar ao conhecimento crítico”, ou seja, é preciso problematizar questões além do que parece pertinente ou necessário, tanto no aspecto objetivo quanto no subjetivo.

Mion (*et. al.*, 2002) ainda defende que o conhecimento crítico pode ser obtido por meio da busca, onde o indivíduo deve ser protagonista desse processo. Para tanto, este indivíduo a partir de uma informação ou um conjunto de informações, faz questionamentos e fica com dúvidas. Para sanar essas dúvidas, o mesmo toma iniciativa para buscar uma concepção integral do assunto e assim ter um ponto de vista melhor fundamentado. Este é o caminho mais simples para o docente proporcionar este tipo de conhecimento ao aluno, buscando instigá-lo sempre, de modo a fazer o próprio sentir a necessidade de saber mais a respeito de algo, mesmo que sua fonte de informação inicial seja o próprio professor.

Diante da perspectiva de Marchão (2016), o Pensamento crítico, dada a sua importância, deve ser apoiado pelos profissionais da educação muito precocemente, desde o Jardim-de-Infância. A autora preconiza em seu trabalho que este apoio teria a finalidade de desenvolver crianças cidadãos com pensamentos e opiniões emancipados.

Ainda à luz de Marchão (2016) podemos nos atentar que em sua obra as crianças são apontadas como cidadãos com direitos e deveres. Ademais salienta que através do exercício do pensamento e da prática da “*escuta*”

podemos realizar grande contribuição para a formação de uma criança com pensamento crítico, bem fundamentado e emancipado. Onde a “*escuta*” de Marchão consiste no empenho dos profissionais da educação pelo questionamento das crianças, e em especialmente ouvir este questionamento a fim de propiciar a construção de competências cognitivas, intelectuais, sociais, expressivas e comunicativas.

A partir do que foi supracitado inferimos que as práticas de ensino devem estar voltadas não somente para a transmissão de conteúdos específicos, mas também para o desenvolvimento de habilidades que potencializam a aprendizagem e contribuem para que os alunos construam de maneira autônoma um conhecimento emancipado e alicerçado de integralmente em conhecimentos vastos e variados. Denota-se ainda que o estímulo das mencionadas habilidades deve ocorrer não somente em uma fase ou outra da formação do indivíduo, mas nela por completo.

Deste modo, à luz das obras esmiuçadas na construção deste capítulo e deste trabalho, torna-se notório que devem ser desenvolvidas as habilidades cognitivas atinentes ao próprio processo de aprendizagem, entretanto nos debruçamos a inquirir: como propiciar aos alunos a construção autônoma devidamente orientada deste pensamento crítico?

Precipuamente infere-se que a maneira mais simples e efetiva de desenvolver o pensamento crítico para estudantes de quaisquer idades é estimulando a prática, entretanto isto é algo que deve ser elaborado. Sendo por definição o indivíduo crítico aquele dotado da capacidade de julgar, analisar e levantar questionamentos acerca de um tema, o profissional da educação deve criar ambientes harmônicos, de diálogo aberto com *interação mútua* que façam com que os alunos se sintam estimulados a perguntar.

Diante de tal visão, é cabido ressaltar a afirmativa de Mion (*et.al.*, 2002, p. 98) de que é preciso ultrapassar os limites da objetividade e da subjetividade para obter o conhecimento crítico. A partir disso, podemos considerar que, a aplicação do que preconiza Mion, seria abrir espaço para o questionamento livre tanto no aspecto objetivo quanto no subjetivo. Isto é, o aluno deve ter liberdade para questionar de maneira individualista ou preferencialmente de forma coletiva os aspectos subjetivos de qualquer fenômeno, concepção ou opinião. Por exemplo, questionar a origem do universo através do Big Bang, ou a associação de uma divindade religiosa a esse processo é um questionamento subjetivo, mas válido e deve ser apreciado pelo docente.

É nesse contexto que se pode destacar a *escuta* de Marchão (2016), onde a autora afirma que o pensamento crítico pode ser apoiado em crianças do Jardim de Infância através da prática da *escuta*, que se baseia justamente em ouvir os diversos questionamentos acerca dos diversos aspectos de um elemento, mesmo que estes representem questionamentos subjetivos acerca de um tema de carácter aparentemente objetivo.

Abrir espaço para a problematização de um elemento em diversos âmbitos é uma prática educacional que pode representar eficiência no que tange ao desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas. Isto pode ser feito de várias formas, todavia não deixa de suscitar preparo e premeditação. A BNCC em sua construção contempla diversas habilidades e competências que tem por finalidades específicas estimular habilidades cognitivas, intelectuais e sociais como criticidade, protagonismo e emancipação, entretanto tais habilidades requerem atividades com o fito específico de concitá-las.

Assim sendo, são priorizadas atividades que tragam ao aluno mais liberdade e comodidade para fazer questionamentos e problematizações acerca de temas didáticos tanto nas relações professor-aluno quanto nas relações aluno-aluno. Isto é, devem ser realizadas atividades que instiguem questionamentos e concomitantemente tragam ao aluno a liberdade de fazer julgamentos de aspectos objetivos e subjetivos. Nesse interim, atividades lúdicas de forma geral podem ser pertinentes.

Referente aos jogos enquanto atividades educacionais lúdicas, segundo Rios (2017, p. 98)

Por meio de atividades com jogos, os alunos vão adquirindo autoconfiança e são incentivados a questionar e corrigir suas ações, analisar e comparar pontos de vista, organizar e cuidar dos materiais utilizados. (...) Os jogos são instrumentos para exercitar e estimular um agir e pensar com lógica e critério, condições para jogar bem e ter um bom desempenho escolar.

Sob tal ótica, analisamos os jogos pedagógicos não somente como agente estimulante direto da habilidade cognitiva, bem como um facilitador que dá ao aluno comodidade para se expressar.

Ainda cima, podemos refletir a respeito do que menciona Pereira (2008, p. 36) sobre os jogos de tabuleiro e seu respectivo ambiente de aplicação em sala de aula: “O jogo de tabuleiro proporciona momentos de incerteza, tensão, tristeza, alegria, desafio e capacidade de enfrentar problemas, dentre outros.

Apesar disso, o ambiente é geralmente amistoso e cordial (...)” no mencionado clima gerado durante a aplicação dos jogos pedagógicos em sala de aula, especialmente jogos de tabuleiro discriminados por Pereira, há amizade e cordialidade, gerando um ambiente propício a criação de ideias e questionamentos de forma livre, tanto entre os alunos quanto entre professor e aluno.

Dessa maneira, os jogos educacionais tornam-se uma opção de atividade que pode ser trabalhada em sala de aula com o fito de excitar no aluno habilidades interdisciplinares tão importantes quanto a criticidade. Isso porque ele tende a criar um ambiente lúdico aberto a questionamentos e problematizações objetivas e subjetivas, gerais e específicos, fazendo com que o aluno experimente descobrir o conhecimento e confrontá-lo.

Por fim, conclui-se que a criticidade é uma característica nobre que agrega especial valor a qualquer cidadão, e que deve ser estimulada durante todo percurso educacional da pessoa. Esta característica ainda potencializa a capacidade de aprendizado, devendo ser utilizada com esta finalidade. E para tanto, são necessárias preparações ao profissional da educação para que ele possa realizar atividades que estimulem estas e outras habilidades cognitivas, sociais e intelectuais no aluno, fazendo com que ele adquira conhecimento bem fundamentado sendo protagonista do processo de ensino /aprendizagem.

3 – TEORIAS DE APRENDIZAGEM

Para que obtenha êxito um projeto educacional do gênero tratado no presente trabalho necessita de metodologia de aplicação fundamentada em teorias de aprendizagem plausíveis. É cabível adotar práticas concebidas a partir de teorias fundamentais que possibilitem eficiência metodológica.

De modo precípua, pode-se destacar que um dos entraves encontrados no ensino de Física no Brasil é a metodologia pragmática adotada. Segundo Piaget (1980), pode-se empenhar esforços no ensino das matemáticas, por ele assim chamadas, em virtude de o ensino tradicional não contemplar pleno entendimento da relação entre as estruturas algébricas pertinentes à linguagem matemática e as estruturas matemáticas naturalmente concebidas no desenvolvimento mental humano.

Em verdade, o aprendizado e o entendimento da Física demanda imaginação e criatividade, pois para os físicos o entendimento dos mecanismos da natureza em sua configuração mais básica se dá através da criação de situações hipotéticas e ideais que na prática não existem. Hodiernamente, a Física é baseada em um modelo atômico que é fruto da imaginação humana, pois visualizar algo de dimensões tão ínfimas é algo que evade totalmente a capacidade sensorial humana. Antes que fosse possível tirar a foto de um buraco negro, este já houvera sido previsto na imaginação Karl Schwarzschild. Destarte, evidencia-se a impossibilidade de obter um pleno entendimento da Física sem tal criatividade, logo infere-se que é necessário buscar metodologias de ensino que estimulem tal capacidade no discente.

Segundo Vigotski (2009) a plasticidade do cérebro humano permite que nós mantenhamos memórias de acontecimentos anteriores, e que seja possível sua reprodução mental. Outrossim, a capacidade humana de imaginar evade a simples reprodução de estímulos sensoriais do passado, através de tal aptidão, o ser humano consegue recombina elementos sensoriais por ele experimentados em algo que não existe de fato em outro lugar que não sua mente, podendo ter uma visão própria de como seria determinada situação em determinado tempo, o que permite que o mesmo modifique seu presente a fim de erigir um futuro imaginado.

Sob tal ótica torna-se notório que para que o aluno obtenha um pleno conhecimento e entendimento da Física, faz-se indispensável a capacidade de imaginar e de criar situações mentais a respeito de fenômenos e eventos que o

aluno não poderá contemplar. Assim é cabível que o indivíduo receba estímulos de sua criatividade durante a aprendizagem. A respeito disso, Vigotski (2009, p. 22) destaca a relação entre experiência e criação, afirmando que “há uma dependência dupla e mútua entre imaginação e experiência. Se no primeiro caso a imaginação apoia-se na experiência, no segundo é a própria experiência que se apoia na imaginação.” Pois o autor afirma que a imaginação resulta da recombinação de experiências vivenciadas previamente pelo indivíduo.

Nesse cenário o método socrático destacado por Bigge (1977) consiste em uma metodologia de ensino na qual o papel do professor não é transmitir conhecimento, mas tão somente impelir o aluno a extraí-lo de si mesmo. Tratando-se de Física, o método socrático torna-se pouco eficiente, pois a disciplina é constituída de teorias que não são subjetivas, tampouco relativas à interpretação pessoal de cada um, logo o conhecimento deve ser transmitido ao aluno. Contudo, o que podemos observar é que o método socrático é um forte estímulo à criatividade do aluno e que seus princípios podem ser adaptados e aplicados ao ensino de Física.

A Física possui seu aspecto teórico e matemático, que é indispensável para plena compreensão desta área do conhecimento, ademais, a Física possui seu aspecto filosófico que se constitui no exercício das faculdades mentais do indivíduo em prol do engendramento mental de situações e mecanismos estudados na disciplina. Nessa perspectiva, considera-se pertinente o estímulo da criatividade e do desenvolvimento das atividades mentais, de maneira análoga à disciplina mental do século XIX preconizada por Bigge (1977, p. 25):

A disciplina mental dava pouca ênfase à aquisição de conhecimentos e informações como tais. Em vez disso, dava ênfase ao treino das faculdades mentais e ao cultivo de poderes intelectuais desligados de qualquer aplicação específica e de problemas práticos. A disciplina mental era especialmente popular nas escolas de artes liberais e indicada para o currículo das academias e dos colégios que preparavam para a universidade.

Contudo, o mero treino das faculdades mentais desligado das aplicações práticas não é pertinente à Física, faz-se necessário que o indivíduo exercite tais faculdades e que aprenda a empregá-las de maneira eficiente às necessidades respectivas à sua aprendizagem.

Destarte, para que o ensino de Física brasileiro contemple os devidos fomentos dos quais o aluno necessita para melhor compreensão, o professor deve empregar esforços no estudo de teorias de ensino/aprendizagem. Piaget

(1980, p. 60) elucida a respeito de uma conferência realizada no *Massachussets Institute of Technology (MIT)*:

O M.I.T. fundou uma secção de ensino das ciências, abarcando todos os graus, onde os físicos profissionais não iriam temer uma perda de tempo precioso em suas pesquisas para se dedicarem ao estudo, com psicólogos e os educadores, da aplicação dos métodos didáticos; [...]

É fulcral que o docente de Física se empenhe não só no domínio da física, bem como no domínio da docência, aplicando com maestria as práticas pedagógicas mais cabíveis para o melhor aprendizado e eficiência possível do aluno. Para tanto, podemos destacar também a teoria da aprendizagem do campo cognitivo preconizada por Bigge (1977, p. 206):

Uma teoria da aprendizagem de campo cognitivo descreve como uma pessoa chega à compreensão de si mesma e do seu mundo em uma situação em que seu *self* e seu meio compõem uma totalidade de eventos, coexistentes em mútua independência. (grifo do autor)

Segundo tal teoria, o ensino pode se dar através de *insights*, onde o docente ao invés de apresentar diretamente determinada engenhosidade para o aluno, elucida para ele, caminhos através dos quais pode descobrir por conta própria. Através deste método, o aluno tem a oportunidade de experimentar a descoberta, não se trata de um processo associacionista mecânico no qual o professor dita respostas, mas sim perguntas e solicita respostas. Tais perguntas precisam ser organizadas estrategicamente para que o aluno possa avançar entre os níveis gradativamente, enxergando sozinho as respostas para tais questionamentos. De modo geral, esta é uma prática que contrasta com o ensino tradicional, no qual ocorre somente a exposição de conteúdos que o aluno tem de memorizar através da fadada repetição.

Outra vertente pertinente ao ensino de Física, é a prática, pois a Física é a ciência que estuda a natureza em seu âmbito mais fundamental, contudo a metodologia de ensino trabalhada nas escolas é excessivamente teórica. Piaget (1980) defende que as escolas devem adotar métodos que explorem o espírito experimental do aluno para o ensino de ciências físicas. Tais posicionamentos podem propiciar ao aluno orientação para a pesquisa e para a descoberta, em detrimento do ensino pragmático tradicional e da repetição, tal qual a teoria da aprendizagem de campo proporciona.

Ademais, o ensino de Física com o auxílio de atividades práticas é importante ao próprio estímulo da criatividade, pois Vigotski (2009) defende que a imaginação depende da experiência, de modo que recombina elementos já experimentados na construção de novos cenários que existem somente em nossa mente. Deste modo, para que o aluno desenvolva criatividade respectiva a Física e seus fenômenos, o mesmo precisa ter experimentado vivenciar fenômenos através dos quais possa desenvolver sua habilidade de criação.

A teoria Construtivista é embasada, sobretudo, pelo aporte teórico dos estudos de Jean Piaget e Lev Vygotsky. A teoria em exame, não trata propriamente de práticas pedagógicas, mas sim de uma concepção epistemológica de como se dá a aprendizagem. Fosnot (1998, p. 47) concebe o construtivismo como uma teoria psicológica que:

[...] Interpreta a aprendizagem como um processo de construção recursivo, interpretativo, realizado por aprendizes ativos que interagem com o mundo físico e social. Trata-se de uma teoria psicológica da aprendizagem que descreve como se chega a estruturas e compreensões conceituais mais profundas [...]

A teoria construtivista preconiza que a aprendizagem necessita de investigação e participação ativa do aluno, onde o mesmo deve levantar questionamentos e hipóteses acerca do que está aprendendo. Na confirmação destas hipóteses o aprendiz cometerá erros que não devem ser minimizados, mas sim concebidos como parte intrínseca do processo de aprendizagem. Os aprendizes ainda devem empenhar-se em construir significados para aquilo que estão analisando (Fosnot, 1998). O construtivismo vai além de estudar metodologias de ensino didático, ele examina a capacidade de aprendizado do ser humano e como ela se dá e, evidentemente, se dá a partir das tentativas e erros dia após dia.

Nessa perspectiva, os princípios da teoria construtivista podem ser empregados no ensino de Física, onde ao invés do docente simplesmente descrever a teoria em exame e solicitar exercícios matemáticos ao aluno, pode estabelecer um diálogo não tão objetivo a respeito do tema, falando sobre princípios físicos e elucidando caminhos através dos quais o aluno pode chegar a teoria ou ao menos a aspectos mais primitivos dessa teoria, permitindo que o mesmo tenha *insights*, assemelhando-se a teoria da aprendizagem de campo cognitivo preconizada por Bigge (1998).

Os conhecimentos da Física, como já fora supracitado, são objetivos e não são relativos à interpretação pessoal de cada um, logo necessitam ser transmitidos do professor para o aluno, pois ele não conseguirá concebê-los sozinho. Conquanto, compreender fenômenos intrínsecos às propriedades mais fundamentais da natureza demanda participação ativa, e o professor pode estimular esta participação fazendo o aluno refletir sobre a natureza levantando questionamentos e hipóteses a respeito de seu funcionamento. O ensino tradicional expositivo, pode ser suficiente para aguçar a curiosidade de um aluno que possui uma atração ingênita por esta ciência, entretanto, a maior parte dos alunos não apresentará tal característica naturalmente. Desse modo, cabe ao professor buscar estratégias que possam despertar a curiosidade humana presente em cada um de seus alunos.

Nessa perspectiva, o uso de jogos em sala de aula pode representar uma possibilidade promissora enquanto instrumento pedagógico para o ensino de Física. Tendo em vista a primordialidade da capacidade de imaginação do aluno, atividades recreativas como jogos e brincadeiras podem suscitar o desenvolvimento de tal aptidão humana. Ademais, os jogos pedagógicos devem representar uma atividade de aprendizado na qual o aluno é protagonista, participando ativamente e de maneira investigativa, assim como preconiza a teoria construtivista de Piaget e Vygotsky (FOSNOT, 1998).

De maneira generalista, pode-se afirmar que o jogo pedagógico possibilita o estímulo a uma série de aptidões intrínsecas à aprendizagem, mormente no ensino de Física, a capacidade de imaginação e criação, além da aptidão investigativa e do amadurecimento de atividades mentais mais desenvolvidas que possibilitem uma maior capacidade associativa.

4 – ABORDAGEM DA ÓPTICA NO ENSINO MÉDIO

4.1 – Breve contextualização do estudo da óptica

O estudo da luz tem origens remotas, de modo que é difícil definir ao certo quando teve início. Na antiga Grécia, por volta do século III a.C. existiam teorias Físicas distintas para a descrição da luz e da natureza de modo geral: A Física do contínuo e o atomismo. Os adeptos da Física do contínuo, os estoicos, acreditavam que a matéria era de natureza contínua e que toda a matéria do cosmos se mantinha unida e articulada pelo *pneuma*, que era a união de dois elementos fundamentais: fogo e ar. Existiam ainda os atomistas, que acreditavam que toda matéria era descontínua, sendo formada por partículas indivisíveis, imutáveis e indestrutíveis que por serem muito pequenas não podiam ser vistas por olhos humanos. (DE MELO; PEDUZZI, 2007)

Ainda conforme de Melo e Peduzzi (2007), para os estoicos, a luz se origina na alma e chega até os olhos por meio do *pneuma* existente no interior do corpo da pessoa, a partir dos olhos essa luz se propaga para o ar perturbando-o em um campo de reação cônico, onde a pessoa percebe os objetos dentro desse campo cônico quando a luz emitida pela alma através dos olhos chega ao objeto e se propaga novamente aos olhos que captam essa luz. Já para os atomistas “a luz é composta por átomos sutis, arredondados e velozes. A visão é possível em virtude de um fluxo de partículas emanado do objeto, que é assimilado pelos olhos” (DE MELO; PEDUZZI, 2007, p. 6).

Não seria conveniente dizer que na antiga Grécia já ocorria o estudo da óptica ou menos ainda da óptica geométrica, este é um termo mais moderno que reflete ao estudo da óptica sob outra perspectiva. As concepções gregas a respeito da luz eram obviamente mais rudimentares e nesta época ainda não havia uma distinção entre luz e visão, conforme notamos no que foi supracitado. Tanto os estoicos quanto os atomistas, apesar de terem opiniões conflitantes, não faziam ainda discernimento entre luz e visão e mesmo Aristóteles, que também constituiu argumentos sobre a natureza da luz, não fez a devida separação desses dois elementos.

Tendo em vista as concepções dos gregos a respeito da natureza da luz, convém questionar, poderiam as teorias atomistas e estoicas ser consideradas precursoras de teorias mais modernas como a de Newton? Se por um lado, de

acordo com o que a história conhecida nos mostra, os gregos foram de fato pioneiros a levantar hipóteses sobre a natureza da luz, eles não a conceberam como elemento independente da visão recorrendo muitas vezes a misticismos para fundamentar-se (TOSSATO, 2005). Contudo, convém destacar ainda que a história do conhecimento científico não é linear e cumulativa como é preconizado nos livros-texto de Ensino Médio, havendo constantemente momentos de ruptura e descontinuidade, especialmente na óptica. Desse modo não podemos afirmar que os gregos são precursores da óptica moderna, concomitantemente não se pode dizer que eles não tiveram papel algum na história da óptica.

Muitos estudiosos tiveram papel importante no percurso da óptica tal qual conhecemos hoje, dentre eles podemos destacar Isaac Newton (1643-1727), Galileu Galilei (1564-1642), Christiaan Huygens (1629-1695), René Descartes (1596-1650), Pierre de Fermat (1607-1665), Hippolyte Fizeau (1819-1896), Thomas Young (1773-1829), Augustin-Jean Fresnel (1788-1827), Léon Foucault (1819-1868) e Albert Einstein (1879-1955), dentre outros. Falaremos um pouco deles e de sua contribuição epistemológica para a Física.

O estudo da óptica de maneira engajada inicia-se a partir do século XVII, quando o astrônomo Galileu Galilei realiza pesquisas com a finalidade de construir instrumentos que o auxiliem na observação dos astros, apresentando em 1609 o primeiro telescópio criado por ele. Galileu foi o primeiro a apontar um telescópio para o céu, entretanto, é pertinente mencionar que nesta época já existia artefato semelhante com capacidade de ampliação menor, criado em 1608 por um fabricante de lentes holandês. (CARUSO, 2022)

Em 1621, o Matemático Willebrord Snell (1580-1626) e o filósofo René Descartes propõem, paralelamente, a lei que relaciona ângulos de incidência e refração entre os meios. Esta lei, em razão de ter sido proposta pelos dois estudiosos levou o nome de ambos e ficou conhecida como lei de Snell-Descartes.

Posteriormente, em 1678, Christiaan Huygens faz uma proposição que hodiernamente ficara conhecida como Princípio de Huygens. Neste ele afirma que cada ponto de uma onda que se propaga funciona como uma fonte pontual de onda, fazendo com que a cada instante todos os pontos de uma onda atuem como fontes pontuais gerando novas frentes de onda, o que explica a capacidade das ondas de contornar obstáculos. Huygens definia a luz como

uma onda, é importante denotar que sua teoria confrontava a de Newton que admitia a luz de natureza corpuscular.

Isaac Newton foi um grande estudioso da óptica, tendo grandes contribuições nela, como a decomposição da luz branca no prisma de vidro, demonstrando que esta era composta em verdade por várias cores. O Físico publicara em 1704 a obra *Óptica*, onde apresenta descrições firmemente elaboradas sobre experimentos realizados por ele com a finalidade de demonstrar princípios da luz (SILVA, 2008).

Ainda segundo Silva (2008), a teoria de Newton que definia a luz corpuscular para muitos era fato consumado, uma verdade absoluta de fácil verificação. Isto em decorrência da popularidade do matemático, que já havia publicado o volume I de *Principia* em 1687, uma de suas obras mais egrégias. Isto é, a teoria de Newton foi muito aceita, isso prejudicou diretamente o estudo da óptica, pois os estudiosos centravam seus esforços mais em demonstrar o que houvera sido proposto por Newton do que em questionar, havendo déficit de contestação da teoria. Dessa forma, os princípios de Newton a respeito da materialidade da luz prevaleceram por séculos. De modo geral, a aceitação incontestada de uma teoria é insalubre para o método científico.

Em 1801, o Físico Thomas Young realizou um experimento brilhante, no qual fazia uma fonte de luz incidir sobre um anteparo com um furo, a luz era difratada nesse orifício e se propagava até outro anteparo, onde havia mais dois orifícios e a luz se difratava novamente nesses dois, para finalmente incidir sobre um último anteparo, onde notava-se áreas claras e escuras. As regiões claras correspondiam a interferências construtivas da luz e as escuras a interferências destrutivas. Dessa forma, Young não só demonstrou, de maneira quase conclusiva que a luz é de natureza ondulatória, como mostrou que é possível obter interferências com a luz, argumentando assim em consonância a Huygens.

Ademais o Físico Francês Augustin-Jean Fresnel foi grande contribuinte para a óptica ondulatória. Em 1815, fez uma publicação atinente à difração da luz onde a concebe por meio da ondulatória, em razão desta publicação recebeu o prêmio da Academia das Ciências em 1819. Também fez uma descrição sobre espelhos que mais tarde vieram a ser definidos como espelhos de Fresnel. O Físico demonstrou que somente por meio da óptica ondulatória poderíamos explicar o fenômeno da interferência luminosa, mais uma vez favorecendo a teoria de Huygens.

Por fim, mais tarde o físico alemão Albert Einstein perceberia que as definições da óptica ondulatória não seriam suficientes para descrever o efeito fotoelétrico. E para descrever o efeito fotoelétrico Einstein concebe a luz como uma onda-partícula, formada por pacotes de energia, ou *quantas* de luz, que são chamados de *fótons*. Deste modo, estabeleceu-se que em situações específicas a luz poderia se comportar como uma onda ou uma partícula, dando fim à disjuntiva entre óptica ondulatória e corpuscular.

Desta maneira, podemos inferir que a trajetória da óptica tem não tem um início bem definido, mas tem marcos específicos de saltos em seu desenvolvimento. Também se destaca que diferentemente do que se apresenta nos livros-texto, a óptica como conhecemos não foi construída linearmente, de forma meramente cumulativa, mas que foi resultado do empenho de muitas pessoas havendo no seu percurso ruptura e descontinuidade de teorias e concepções que não eram convenientes por motivos diversos. Pois é deste modo que funciona o método científico na Física, criam-se hipóteses sobre um determinado fenômeno que não podem ser comprovadas como verdade absoluta, mas somente descartadas até que se encontre uma mais provável, a qual também pode ser desconstruída a qualquer tempo para dar lugar a outra mais plausível.

4.2 – A abordagem da óptica no ensino médio

No atual modelo de Ensino Médio, os livros-texto tem uma ordem generalizada de explanação dos aspectos didáticos da óptica: precipuamente iniciam-se os primeiros capítulos com a conceituação básica da natureza da luz, falando a respeito de algumas de suas propriedades fundamentais, como o princípio da propagação retilínea da luz, das fontes de luz, independência de propagação dos raios luminosos, eclipses, decomposição da luz branca, dentre outros. Ademais, os capítulos subsequentes têm espaço reservado para reflexão, refração e difração da luz, também sobre espelhos e lentes – geralmente as lentes ficam como um dos últimos assuntos a serem tratados.

Em geral os livros tratam a ondulatória e a óptica em unidades diferentes de um mesmo volume. Entretanto, não é incomum que alguns livros, essencialmente os mais antigos, conceituem a óptica e a ondulatória de maneira conjunta.

Deve-se salientar também que os livros-texto em geral dão pouca ou nenhuma ênfase à história por trás da construção dos conceitos fenomenológicos da óptica, deixando de falar sobre suas rupturas, controvérsias, falhas e descontinuidades, exibindo apenas a óptica como um conjunto pronto e acabado de conceitos que foram construídos de forma contínua e cumulativamente por mentes brilhantes como Newton e Einstein. Este entrave já foi mencionado e é intrínseco não somente à óptica, mas também a todos os outros conteúdos de Física do Ensino Médio. Assim, o ensino torna-se conflitante com o que preconiza a BNCC, que afirma que “A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais” (BRASIL, 2018, p. 549) Além de apresentar conteúdos majoritariamente baseados em cálculos matemáticos.

Diniz (2015) afirma, baseado em seu estudo de caso aplicado em uma escola, que a maior dificuldade dos alunos do ensino médio na óptica é inerente aos cálculos matemáticos, havendo também uma inconformidade considerável na assimilação da teoria em si pelos discentes. Acrescenta ainda que esta obscuridade com os cálculos pode ser atribuída à deficiência em matemática básica que grande parte dos alunos que entram no ensino médio têm.

Nesse contexto, trazemos à baila novamente a conjuntura das aulas de metodologia de ensino rudimentares à luz do ensino de óptica. Pois esta é uma unidade complexa de ser compreendida pela maioria das pessoas, de modo que suscita uma abordagem mais vagarosa alicerçada em elementos práticos. Nessa perspectiva é sabido que a óptica não é suficientemente explanada fazendo uso das tecnologias que estão ao alcance (HECKLER; SARAIVA; FILHO. 2007). Assim, podemos mencionar o que diz Diniz (2015, p. 12)

(...) de um lado encontramos a evolução rápida dos computadores e das telecomunicações, afetando todos os níveis da sociedade, da vida profissional à vida privada. Do outro, visualizamos uma escola onde o professor apresenta aulas em quadro negro e giz (...)

Tendo em vista a forte afirmativa supracitada, na qual há a discriminação de uma realidade que tem-se conhecimento geral: As escolas públicas não possuem estrutura que comporte atividades muito além do padrão já estabelecido de aulas tradicionais. O aporte financeiro destinado às escolas é limitado e não permite a aquisição de materiais diversificados para aulas de diferentes abordagens, sendo este fator grande contribuinte para a perpetuação

da metodologia de ensino meramente expositiva a qual criticamos no presente trabalho.

Segundo De Brito (2019), as atividades práticas são fulcrais no ensino de Física, essencialmente no que tange à óptica. Para o autor a observação e manipulação do conteúdo ocorrendo por meio de atividades práticas como experimentos são muito importantes para que o aluno acumule os conhecimentos através da própria busca e através da análise de dados feita pelo próprio fomentando novas possibilidades. Para tanto o referido autor, frente às dificuldades relacionadas à estrutura de escolas públicas, fala sobre experimentos práticos que podem ser feitos através de materiais de baixo custo, o que também se mostra uma possibilidade pertinente para a dinamização do ensino.

Desse modo, tendo em vista o que foi supracitado, podemos inferir que em alguns aspectos, o ensino deixa a desejar. De modo precípua, a abordagem conteudista dos livros-texto não preenche todas as lacunas acerca do conhecimento da óptica, pois não contempla as premissas da BNCC, abordando de maneira superficial e descontextualizada a história por trás do conhecimento da óptica. A ciência deve ser apresentada ao aluno como ela é: um corpo de conhecimento engendrado pela humanidade suscetível a inconformidades e incoerências e, em razão disso, dinâmica com possibilidade de ruptura e descontinuação de suas concepções provável ou iminente.

Ademais, também é notório que, assim como em outras unidades, a apresentação da óptica através somente de aulas expositivas é insuficiente, apesar das mencionadas aulas terem sua funcionalidade afirmada, elas sozinhas não possuem grande poder pedagógico. Logo, é indicado a inserção de novos tipos de atividade que complementem esse tipo de aula, sempre visando cumprir as premissas educacionais da BNCC, inserindo atividades práticas direcionadas que objetivem contextualizar o ensino com a vida cotidiana do estudante.

4.3 – A óptica: Referencial Teórico

Nesta seção esmiuçaremos a Óptica Geométrica, tendo como referencial teórico (HALLIDAY; WALKER; RESNICK, 2009), (NUSSENZVEIG, 1988) e (YOUNG; FREEDMAN, 2016)

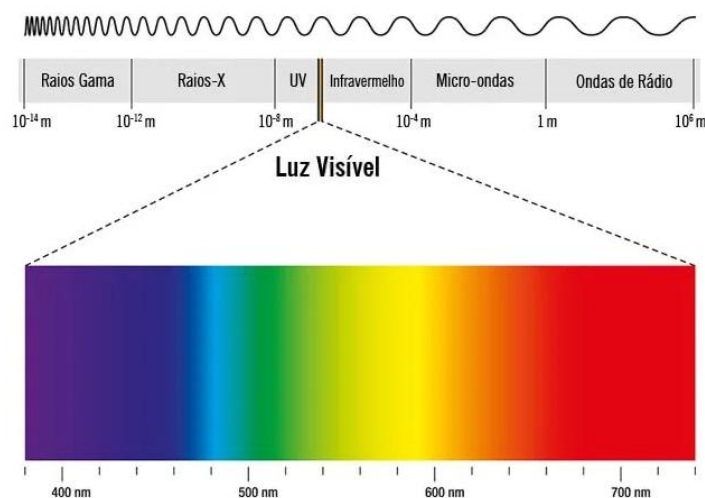
4.3.1 – A natureza e características da luz

A natureza da luz foi alvo de questionamentos por muito tempo, de modo que não houve progresso em relação a estes questionamentos durante milênios desde a antiga Grécia. Na contemporaneidade temos definições que satisfazem indagações sobre a natureza deste elemento peculiar. A luz, de modo geral, é um agente físico que em contato com os olhos nos proporciona o sentido da visão. Este agente físico tem natureza dual, podendo comportar-se como onda e como partícula, para fins didáticos neste trabalho nos ateremos apenas ao aspecto ondulatório da luz.

Maxwell foi responsável por demonstrar que o raio luminoso é uma onda paulatina de campos elétricos e magnéticos, isto é, uma onda eletromagnética, de modo que estes campos são perpendiculares entre si, tornando deste modo a óptica um ramo do eletromagnetismo (HALLIDAY; WALTER; RESNICK, 2009). Assim sendo, de modo precípua vamos iniciar esta discussão trazendo à baila alguns aspectos das ondas eletromagnéticas.

A luz visível compreende as frequências de onda que estimulam nossos globos oculares e provocam o sentido da visão, estas frequências de onda estão aproximadamente entre $4,3 \cdot 10^{14}$ Hz (vermelho) e $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz (violeta), de modo que a cor da luz enxergada depende da frequência da mesma, a figura 1 mostra a faixa de cores visíveis ao olho humano dentro de um espectro de comprimentos de onda conhecido.

Figura 1 - Espectro de ondas de comprimento variando entre 10⁻¹⁴m até 10⁶m, com destaque para frequências de luz visível ao olho humano



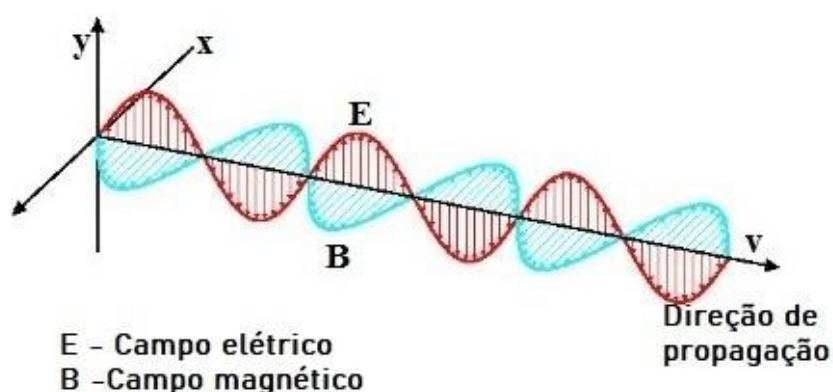
Fonte: <https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/> Acesso em: 05 Set 2022

A exposição ocular ao conjunto de todas, ou ao menos a maioria, das cores do espectro visível nos provoca a sensação visual da cor branca.

Outro aspecto muito relevante sobre a luz é sua velocidade, pois tudo sempre indicou que ela possuía velocidade muito grande, chegando a ser considerada por alguns infinita. Hoje sabemos que a velocidade da luz de fato é muito grande, a maior que um corpo físico pode alcançar, porém finita e bem definida, tendo valor $c = 2,99792458 \cdot 10^8$ m/s no vácuo. Porém, a velocidade da luz em outros meios é menor, sendo muito pequena a diferença para alguns meios como o ar, razão pela qual costuma ser desprezada esta diferença. É importante denotar que todas as frequências de onda eletromagnéticas se propagam com velocidade c no vácuo.

Como fora supracitado, a luz comporta-se como uma onda eletromagnética, e é constituída por variações de um campo elétrico e um campo magnético, que são ortogonais entre si e ortogonais à propagação da onda. Consideremos a Figura 2, que representa a propagação de uma onda eletromagnética em um plano tridimensional. Notemos que existe um campo elétrico E que varia senoidalmente no eixo y e um campo magnético B que varia senoidalmente no eixo x como fora supramencionado estes campos são perpendiculares entre si e ambos são ortogonais à direção de propagação da onda que é paralela ao eixo v .

Figura 2 - Representação ilustrativa da propagação de uma onda eletromagnética em um plano tridimensional xyv .



Fonte: <https://vamosestudarfisica.com/ondas-mecanicas-e-eletromagneticas/> Acesso em: 05 Set

2022

Estes campos elétricos variantes não podem existir de maneira independente, pois segundo a Lei de Faraday, como o campo magnético

\vec{B} está variando senoidalmente ele induz um campo elétrico perpendicular que também varia senoidalmente. Nesse cenário, os campos \vec{E} e \vec{B} , que são regidos pelas equações harmônicas (1) e (2), respectivamente.

$$E = E_m \text{ sen}(kx - \omega t) \quad (1)$$

$$B = B_m \text{ sen}(kx - \omega t) \quad (2)$$

Onde E_m e B_m representam as amplitudes dos campos, ademais k representa a frequência angular e ω representa o número da onda.

Ademais outro detalhe inerente à propagação desta onda eletromagnética é que podemos calcular a velocidade da luz c através da razão entre as amplitudes de onda E_m e B_m dos seus respectivos campos e pela razão entre os módulos destes campos como está explícito na equação (3).

$$c = \frac{E_m}{B_m} = \frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (3)$$

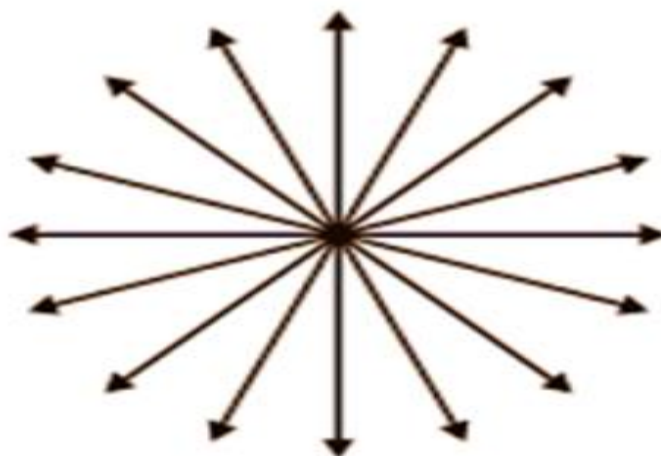
A luz possui o que chamamos de natureza dual, se comportando como onda eletromagnética e como partícula. No início do século XX começaram a surgir fatos que a teoria ondulatória não poderia explicar, como o efeito fotoelétrico supracitado neste trabalho. Deste modo é sabido que a luz pode comportar-se como partícula, isto em virtude dela e de todas as demais ondas eletromagnéticas, serem formada por *fótons*, que são “pacotes” de energia. Entretanto, é cabido salientar que os *fótons* não são as partículas propostas por Newton, pois para ele a luz era constituída de partículas materiais e os *fótons* têm natureza energética.

4.3.1.1 – Polarização da luz

Ondas eletromagnéticas emitidas por fontes como o sol ou uma lâmpada são ondas *não polarizadas* ou *polarizadas aleatoriamente*, isto é, a orientação de seu campo elétrico muda aleatoriamente com o tempo, contudo sem mantêm perpendicular à direção de propagação desta onda. Deste modo, se

representarmos tal onda sob a ótica de um plano perpendicular à direção de propagação da onda obteremos algo parecido com o que se ilustra na figura 3.

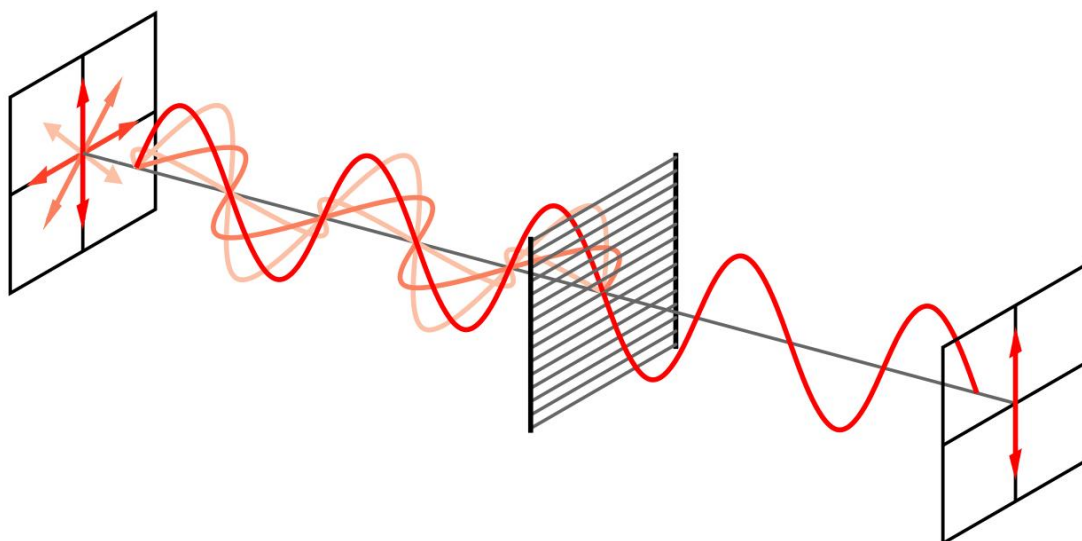
Figura 3 - Ilustração representativa de uma onda eletromagnética não polarizada sob a ótica de um plano perpendicular à direção de propagação desta.



Fonte: https://www.omundodaquimica.com.br/academica/imagens/org_pol2.png Acesso em: 05 Set 2022

Uma onda não polarizada pode ser transmutada em uma onda *polarizada* através de um *polarizador*, que se constitui de um instrumento no qual uma onda transversal não polarizada incide de modo que apenas as vibrações em um determinado plano desta onda atravessam esse polarizador, esta situação ilustra-se na figura 4.

Figura 4 - Representação ilustrativa de uma onda eletromagnética atravessando um polarizador.



Fonte: <https://maestrovirtuale.com/wp-content/uploads/2019/10/1280px-Wire-grid-polarizer.svg.png> Acesso em: 05 Set 2022

Isto é, podemos afirmar que “a componente do campo elétrico paralela à direção de polarização é transmitida por um filtro polarizador; a componente perpendicular é absorvida” (HALLIDAY; WALTER; RESNICK, 2009, p. 14).

4.3.2 – Propagação da luz

A luz propaga-se em diversos meios, inclusive no vácuo, onde tem sua velocidade máxima. Em alguns meios, como a água (dentro de um limite de profundidade), o vidro ou o ar, a luz se propaga e consegue atravessá-los e forma imagens nítidas, classificamos estes meios como **transparentes**, pois neles a luz se propaga regularmente.

Já outros meios, como o vidro fosco, que permitem a passagem da luz de forma irregular, não formando imagens nítidas, ou somente silhuetas, isto porquê a luz em seu interior se refrata e se propaga por caminhos difusos, e após atravessar o meio os raios luminosos não possuem a mesma ordenação anterior, formando imagens diferentes. Estes meios são classificados como **translúcidos**.

Existem ainda meios em que a luz não se propaga, isto é, meios que a luz não pode atravessar, como a madeira maciça e o metal, a estes meios damos o nome de **opacos**.

Por fim, são chamados de meios **isotrópicos** aqueles em que as propriedades da luz que o atravessa não dependem da direção de propagação.

4.3.2.1 – Princípios da propagação da luz

A propagação da luz segue princípios bem estabelecidos que possibilitam o estudo do que se chama de *óptica geométrica*, estes princípios, basicamente são propriedades geométricas relacionadas à forma como a os raios luminosos se disseminam no ambiente.

De modo precípua, o **princípio da propagação independente dos raios de luz** diz respeito à propriedade que os raios luminosos possuem de não ter sua propagação perturbada por outros raios de luz.

Ademais, o **princípio da propagação retilínea da luz**, está relacionado à característica da luz de propagar-se em linha reta em meios homogêneos e transparentes. Isto permite que observemos silhuetas nas sombras projetadas pelos objetos iluminados.

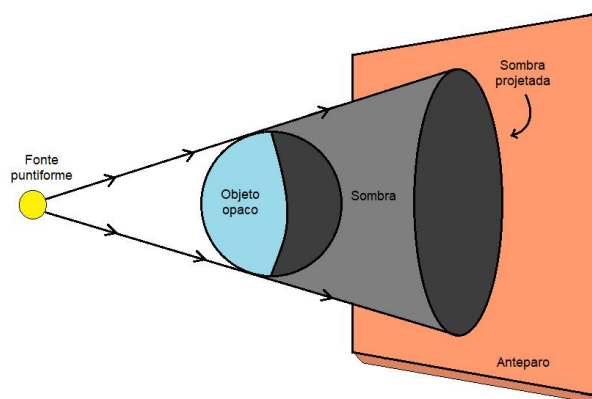
Por último destacamos o **princípio da reversibilidade dos raios de luz**, este princípio estabelece que a trajetória percorrida por um raio de luz da sua fonte até seu observador é a mesma que o raio percorreria se o observador e a fonte permutassem de lugar.

4.3.2.2 – Consequências dos princípios de propagação da luz

Quando um objeto opaco é colocado frente a uma fonte de luz uma parte dos raios luminosos é bloqueada por este objeto, formando uma região de sombra atrás do objeto. A sombra apresenta silhuetas diferentes em relação a posição e dimensão da fonte de luz, podendo ser ela **puntiforme** ou **extensa**.

Quando se tem uma fonte de luz puntiforme, o objeto bloqueia todos os raios luminosos que incidem sobre ele, formando uma sombra uniforme que também é chamada de **umbra**, como ilustra a figura 5.

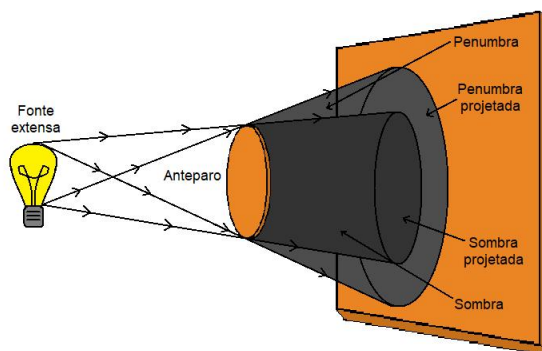
Figura 5 - ilustração esquemática de sombra projetada em um anteparo de um objeto opaco diante de uma fonte luminosa puntiforme



Fonte: arquivo do autor

Quando se trata de uma fonte de luz extensa nota-se além da região de sombra e de sombra projetada, as regiões de **penumbra** e **penumbra projetada**, que são pontos nos quais os raios de luz chegam parcialmente. Além destes fica a região de iluminação total. A figura 6 ilustra uma situação hipotética da formação de sombra por uma fonte luminosa extensa:

Figura 6 – ilustração esquemática de sombra e penumbra projetadas em um anteparo de um objeto opaco diante de uma fonte luminosa extensa

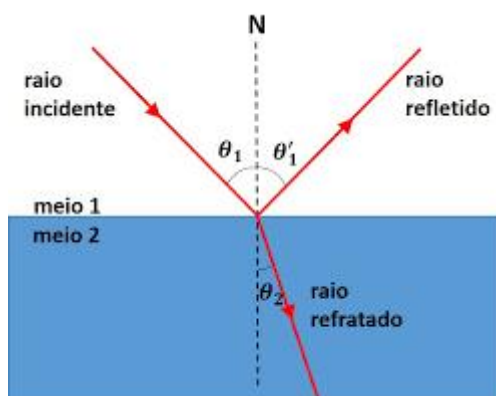


Fonte: Arquivo do autor

4.3.3 – Reflexão da luz

Quando a luz, que inicialmente se propaga em um meio A, entra em contato com outro meio B podem se dar três fenômenos: A **reflexão**, a **refração** e a absorção desta luz. Para melhor análise investiguemos a Figura 7.

Figura 7 – Ilustração esquemática da reflexão e refração da luz na passagem de um meio para outro



Fonte: <https://labanimation.files.wordpress.com/2015/11/c3b3ptica-refrac3a7c3a3o.pdf> Acesso em: 05 Set 2022

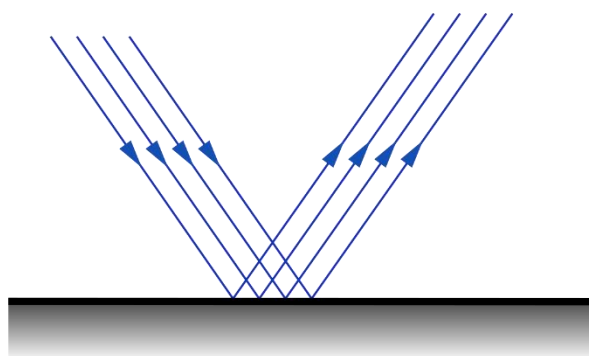
Na figura 7 podemos notar um raio de luz que inicialmente se propaga no meio 1 e incide sobre a superfície plana do meio 2 formando um ângulo de incidência θ_1 com a reta **normal** N à superfície do meio 2. Nesse cenário, uma parte da luz é **refratada**, atravessando a superfície e se propagando no meio 2 formando um ângulo θ_2 com a reta N, esta é a **luz transmitida**. Outra parte da luz é refletida pela superfície e volta a se propagar no meio 1 formando um ângulo θ'_1 com a reta N, notemos que o ângulo θ_1 e o ângulo θ_1 e o ângulo θ'_1 são iguais, isto é, a reta N é a bissetriz entre o raio de luz incidente e o raio de luz refletido.

Outra parcela da luz pode ser absorvida pelo meio e se transforma em outras formas de energia, como o calor.

De modo geral, reflexão da luz é o fenômeno que ocorre quando um raio luminoso incide sobre uma superfície e sofre desvio voltando a propagar-se no meio original. O sentido da visão que temos é intrínseco à reflexão da luz, pois esta incide sobre os objetos e reflete-se chegando aos nossos olhos e nos proporcionando tal sensação. Só é possível enxergar um objeto se os raios de luz provenientes de tal elemento incidirem em nossos olhos, logo não é possível enxergar um feixe de luz lateralmente, mas tão somente se este apontar para o nosso globo ocular.

Quando a superfície que separa dois meios é plana e polida, o feixe de raios luminosos paralelos incidente sobre ela, terá raios refletidos também paralelos, como ilustrado na figura 8, este tipo de reflexão é chamada de **regular**.

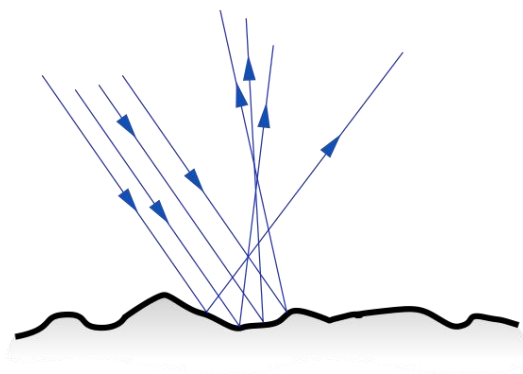
Figura 8 - Ilustração da reflexão regular



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Reflex%C3%A3o_\(f%C3%ADsica\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Reflex%C3%A3o_(f%C3%ADsica)) Acesso em: 05 Set 2022

Contudo quando um feixe de raios luminosos paralelos incide sobre uma superfície áspera ou rugosa, os raios refletidos não são paralelos e as reflexões deste gênero são chamadas **difusas**. Como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Ilustração da reflexão difusa



Fonte: <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2013/09/reflexao-difusa.png> Acesso em: 05 Set 2022

Considerando o esquema ilustrado na figura 7, onde um raio de luz incide sobre uma superfície que separa dois meios, as **leis da reflexão** que regem este fenômeno físico podem ser enunciadas da seguinte maneira:

- I – O raio incidente, o raio refletido e a normal estão contidos num mesmo plano π ;
- II – O ângulo de incidência θ_1 e o ângulo de reflexão θ_1' são iguais.;

4.3.3.1 – Imagem e espelhos planos

De modo precípua, antes de tratarmos dos espelhos, é cabível estabelecer a definição de **imagem**. Como já fora supracitado, para que possamos enxergar determinado objeto que não uma fonte de luz, é necessário que parte dos raios luminosos refletidos por este objeto sejam capturados pelos olhos. Os raios luminosos atravessam a córnea dos olhos e chegam até a íris onde a abertura chamada pupila delimita a quantidade de luz que entra no interior dos olhos. Após isto, a luz forma uma imagem invertida no cristalino que é projetada na retina e é transmitida através dos nervos ópticos até o córtex visual. No cérebro as informações dos raios luminosos são processadas e nos proporcionam o sentido da visão formando **imagens** que nos permitem localizar objetos, mensurar distâncias e outras infinitas possibilidades.

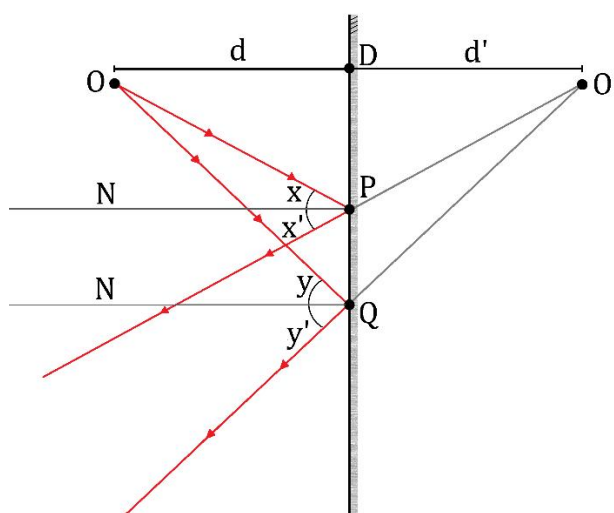
As supramencionadas imagens podem ser **reais**, quando enxergamos um objeto através dos raios de luz refletidos por ele. Ou **virtuais**, quando enxergamos um objeto que não existe naquele ponto de fato. Quando vemos o reflexo de um objeto no espelho, por exemplo, não estamos vendo o objeto,

mas sim os raios luminosos dele refletidos pelo espelho, algo que trataremos com mais especificidade a seguir.

Espelhos são superfícies nas quais os raios luminosos não são absorvidos, refratados ou espalhados de maneira desorganizada, mas são refletidos em uma direção definida. **Espelhos planos** são corpos de superfície plana e polida, na qual a maior parte dos raios de luz incidentes são refletidos regularmente.

Na figura 10, analisemos a reflexão dos raios de luz de um objeto O em um espelho plano e a formação de uma imagem O'.

Figura 10 - Ilustração esquemática de reflexão em espelho plano



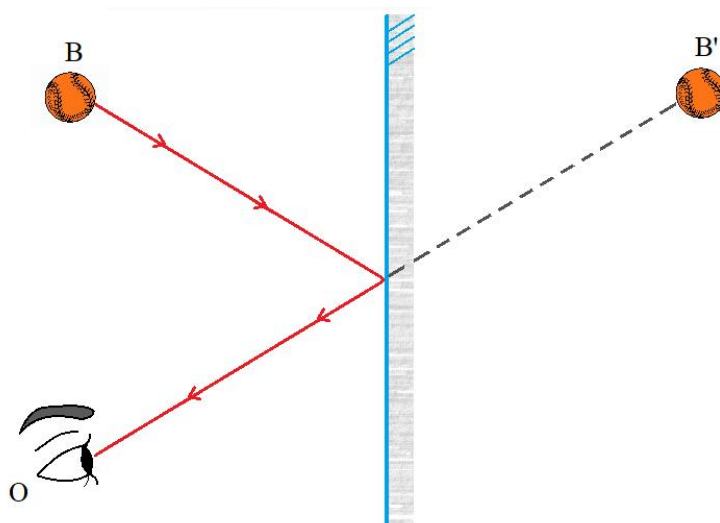
Fonte: Arquivo do autor

Na figura 10, onde um objeto real é posto de frente a um espelho plano no ponto O, nota-se que se prolongarmos a trajetória dos raios refletidos no espelho para trás deste – para o lado direito –, estes prolongamentos se intersectam em um ponto O'. Ademais observemos que de acordo com as leis da reflexão os ângulos x e y são iguais aos ângulos x' e y' respectivamente. O triângulo ODP possui três ângulos em comum com o triângulo O'DP, ambos têm um segmento DP igual, logo estes triângulos são congruentes, de maneira análoga ocorre com os triângulos ODQ e O'DQ, deste modo salientamos ainda que a distância do ponto O para o espelho definida por d é igual à distância do ponto O' para o espelho dada por d' . Contudo, para a formulação de princípios matemáticos que se adequem a situações quaisquer, consideramos que para o objeto O que está do mesmo lado que a luz incidente sobre a superfície

refletora, a distância d entre ele e o espelho é positiva, e para o outro lado do espelho, a distância d' entre a imagem O' e o espelho negativa, assim:

$$|d'| = d \quad (4)$$

Figura 11 - espectador contemplando reflexo de espelho plano



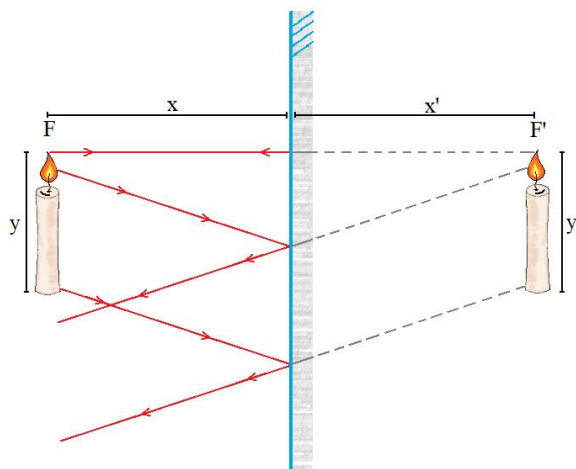
Fonte: Arquivo do autor

Observemos a figura 11 na qual ilustra-se esquematicamente um dos muitos raios luminosos que incidem sobre os olhos de um observador hipotético, os raios luminosos do objeto B refletidos no espelho plano, de modo se que tais raios luminosos emanassem do objeto B' atrás do espelho a sensação visual causada no observador seria igual. Assim, o observador enxerga o objeto B' mesmo não havendo raios luminosos provindos de lá, pois a imagem é originada a partir dos prolongamentos dos raios luminosos de B refletidos no espelho, portanto dizemos que B' é a **imagem virtual** de B.

Os exemplos até o momento apresentados foram de reflexões de corpos pontuais, isto é, desprezamos suas dimensões. Consideremos agora na figura 12 o objeto F de tamanho definido y que se trata de uma vela muito estreita que está sendo refletido por um espelho plano. A vela é um corpo extenso, logo forma uma imagem extensa, de modo que cada ponto do objeto corresponde a um ponto na imagem. Como já fora supracitado a distância x do objeto F até o espelho tem o mesmo módulo da distância x' da imagem F' até o espelho e como os ângulos de reflexão dos raios luminosos são congruentes aos ângulos dos prolongamentos destes raios nota-se que o tamanho y do objeto é igual ao tamanho y' . Se considerarmos a base da vela e a chama como suas extremidades podemos notar que o objeto e a imagem possuem a mesma

orientação e sentido, dizemos então que a imagem é **direita** em relação ao objeto. Espelhos planos sempre formam imagens direitas e **invertidas**.

Figura 12 - Representação esquemática da reflexão de um corpo extenso simétrico em um espelho plano



Fonte: Arquivo do autor

Na figura 13 podemos notar que as dimensões transversais do objeto e da imagem, no caso um cartaz escrito “BLOG”, estão orientadas no mesmo sentido o que caracteriza uma imagem direita, o que muda é a perspectiva do observador para o objeto e a imagem proporcionando a sensação de ver a imagem invertida.

Figura 13 - Foto ilustrativa da inversão de imagem na reflexão em um espelho plano



Fonte: [http://1.bp.blogspot.com/-](http://1.bp.blogspot.com/-JuqpxyU7qBw/TlzoHevRqGI/AAAAAAAAAYI/koxipq5ohdg/s1600/blog-1.jpg)

[JuqpxyU7qBw/TlzoHevRqGI/AAAAAAAAAYI/koxipq5ohdg/s1600/blog-1.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-JuqpxyU7qBw/TlzoHevRqGI/AAAAAAAAAYI/koxipq5ohdg/s1600/blog-1.jpg) Acesso em: 05 Set

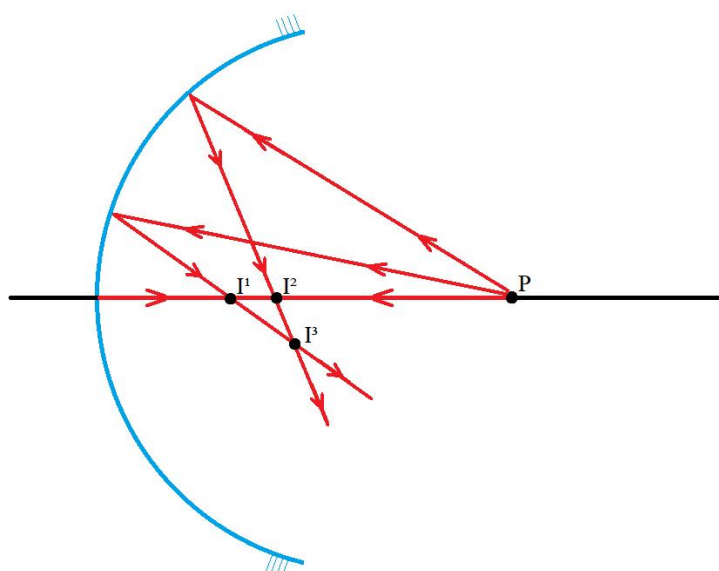
2022

que quando um raio luminoso incidente sobre o espelho coincide com o eixo principal ou com um eixo secundário ele volta sobre si mesmo, pois como o ângulo de incidência é 0 (zero) o ângulo de reflexão é igual

No ponto D da figura 14 existe uma fonte luminosa pontual que emana um raio *refletido sobre si mesmo* e um raio luminoso que incide no espelho formando um ângulo de incidência r em relação à reta normal ao espelho que é um eixo secundário do mesmo, este ângulo tem o mesmo valor do ângulo de reflexão i . No ponto E onde os dois raios refletidos se intersectam ocorre a formação da imagem de D.

Analisemos um espelho esférico côncavo representado na figura 15.

Figura 15 - Reflexão de objeto pontual em um espelho esférico côncavo

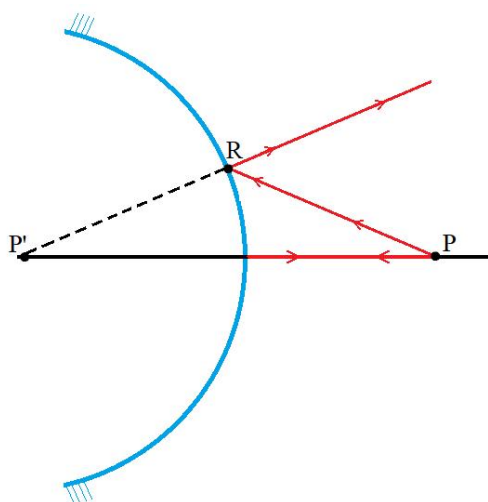


Fonte: Arquivo do autor

Notemos que na figura 15, encontra-se um objeto pontual P sobre o eixo principal do espelho, na ilustração foram representados três dos muitos raios emergentes de P. Nos pontos I^1 , I^2 e I^3 os raios refletidos se cruzam formando pontos de imagem distintos em cada um, deste modo um espelho esférico pode conjugar infinitas imagens de P, isso faz com que se forme uma mancha luminosa denominada *aberração esférica*. Nos pontos imagem I^1 , I^2 e I^3 percebe-se que os raios luminosos refletidos convergem nesses pontos e depois divergem, portanto o espelho côncavo é também chamado de *convergente* e forma imagens reais, pois os raios luminosos refletidos cruzam o ponto imagem. Já com relação aos espelhos convexos, como o representado na

figura 16, trata-se de imagem virtual, pois a imagem é formada atrás do espelho, e os raios luminosos não cruzam o ponto imagem.

Figura 16 - Reflexão de objeto pontual em espelho esférico convexo

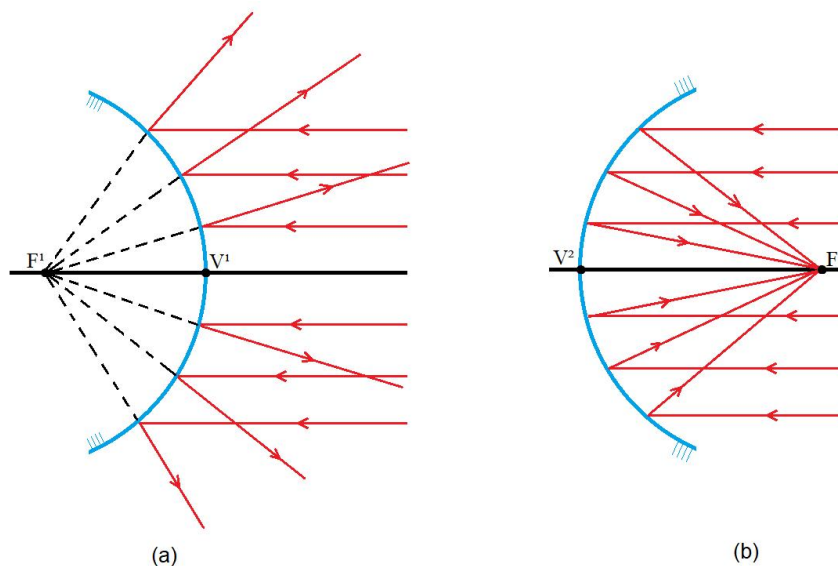


Fonte: Arquivo do autor

Como fora supracitado, espelhos esféricos podem formar infinitos pontos imagem, o que ocasiona a formação da aberração esférica. Contudo, se considerarmos apenas os raios que incidem sobre o espelho esférico formando um ângulo suficientemente pequeno com o eixo principal, os raios refletidos ou os prolongamentos dos raios refletidos convergirão para um único ponto imagem. Estes raios são chamados de *raios paraxiais* e o espelho esférico de abertura suficientemente pequena é chamado de *espelho de Gauss*.

Se considerarmos um espelho esférico côncavo ou convexo refletindo um objeto a uma distância infinitamente grande deste espelho, os raios incidentes no mesmo são paralelos entre si, e sendo estes raios paralelos ao eixo principal deste espelho todos os raios refletidos (ou os prolongamentos dos raios refletidos) convergem para um mesmo ponto F situado no ponto médio entre o vértice do espelho e o centro de curvatura, este ponto é chamado de *foco principal do espelho*, a situação ilustra-se na figura 17.

Figura 17 - Ilustração esquemática que evidencia os pontos focais de um espelho côncavo e um espelho convexo



Fonte: Arquivo do autor

4.3.3.2.1 – Formação de imagem em espelho esférico

Como fora supracitado, a imagem de um objeto refletido em um espelho esférico ocorrerá no ponto onde os raios refletidos se cruzam e divergem. Diferentemente dos espelhos planos, nos espelhos esféricos o tamanho e a orientação da imagem vão depender da distância do objeto em relação ao espelho.

Precipualemente, devemos esclarecer a respeito das classificações de imagem em relação à sua natureza, posição e tamanho:

Quanto à natureza de uma imagem, ela pode ser classificada como:

- Real: Quando a imagem forma-se em um ponto no qual os raios luminosos se cruzam e divergem, em geral imagens reais são formadas do mesmo lado que os raios de luz incidentes, isto é, na frente do espelho;
- Virtual: Quando a imagem forma-se em um ponto no qual os raios luminosos não chegam, mas sim os prolongamentos destes. Em geral as imagens virtuais formam-se atrás do espelho;
- Imprópria: Ocorre quando os raios refletidos são paralelos entre si, de modo que nunca se cruzam, formando um ponto imagem no infinito;

Quanto à sua posição uma imagem pode ser classificada como:

- Direita: Quando o objeto e a imagem são concebidos a partir de segmentos orientados no mesmo sentido;
- Invertida: Quando o objeto e a imagem são concebidos a partir de segmentos orientados em sentidos opostos;

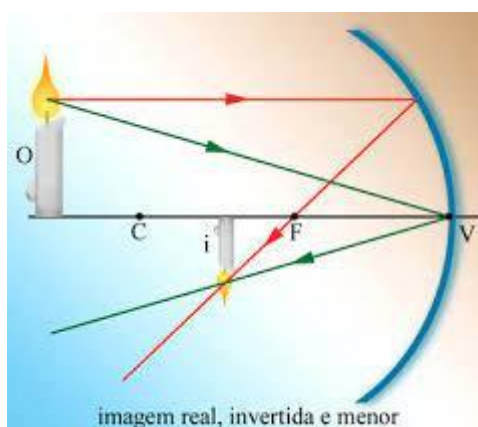
Com relação ao tamanho da imagem conjugada, ela pode ser *maior*, *menor* ou *igual* que o tamanho do objeto.

Espelho esférico côncavo

Destacam-se situações específicas de formação de imagem em espelhos convergentes em relação à posição do objeto no eixo principal.

- I. Quando o objeto refletido se encontra localizado antes do centro de curvatura do espelho a imagem por ele conjugada é real, invertida e menor que o objeto, como ilustra a figura 18.

Figura 18 - Reflexão de objeto extenso posicionado no eixo principal antes do centro de curvatura de um espelho esférico côncavo

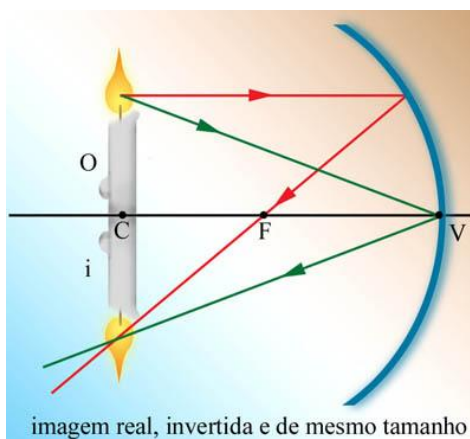


Fonte: http://www.fisicapaidegua.com/conteudo/conteudo.php?id_top=040302 Acesso em: 05

Set 2022

- II. Quando o objeto se encontra posicionado sobre o centro de curvatura do espelho a imagem é real, invertida e igual ao objeto, tal qual observamos na figura 19.

Figura 19 - Reflexão de corpo extenso posicionado no eixo principal sobre o centro de curvatura de um espelho esférico côncavo

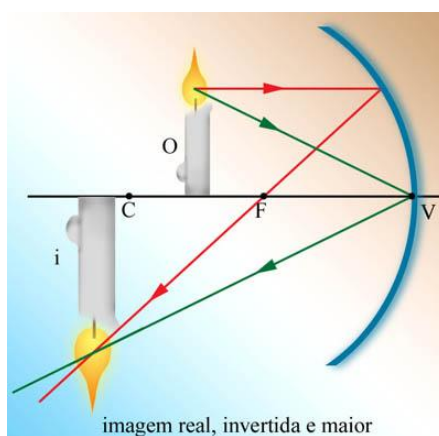


Fonte: http://www.fisicapaidegua.com/conteudo/conteudo.php?id_top=040302 Acesso em: 05

Set 2022

- III. Quando o objeto se encontra posicionado entre o centro de curvatura e o foco do espelho a imagem é real, invertida e maior que o objeto, como é ilustrado na figura 20.

Figura 20 – Reflexão de corpo extenso posicionado no eixo principal entre o centro de curvatura e o foco de um espelho esférico côncavo

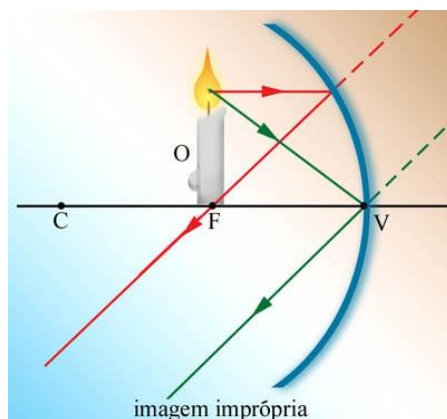


Fonte: http://www.fisicapaidegua.com/conteudo/conteudo.php?id_top=040302 Acesso em: 05

Set 2022

- IV. Quando o objeto se encontra posicionado no foco do espelho a imagem conjugada é imprópria, como observa-se na figura 21.

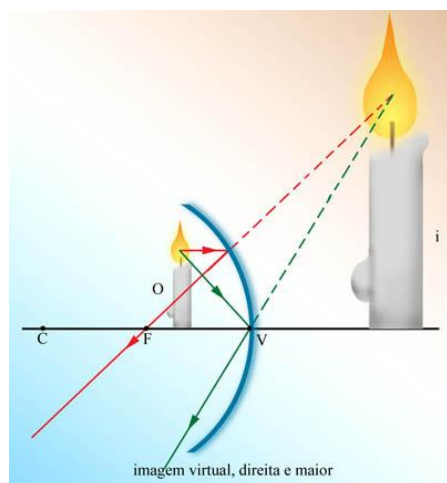
Figura 21 - Reflexão de corpo extenso posicionado no eixo principal sobre o ponto focal de um espelho esférico côncavo



Fonte: http://www.fisicapaidegua.com/conteudo/conteudo.php?id_top=040302 Acesso em: 05 Set 2022

- V. Quando o objeto se encontra posicionado entre o foco e o vértice do espelho, a imagem conjugada é virtual, direita e maior que o objeto, tal qual ilustra-se na figura 22.

Figura 22 - Reflexão de corpo extenso posicionado no eixo principal entre o foco e o vértice de um espelho esférico côncavo

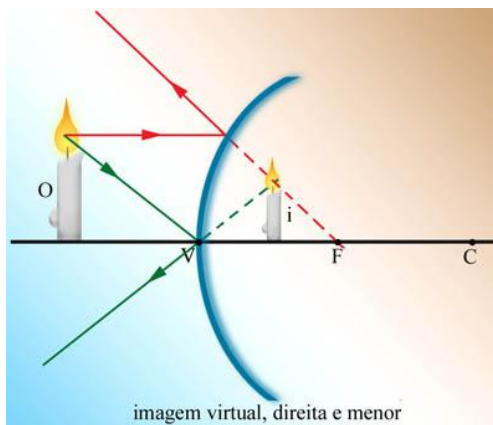


Fonte: http://www.fisicapaidegua.com/conteudo/conteudo.php?id_top=040302 Acesso em: 05 Set 2022

Espelho esférico convexo

Tratando-se de um espelho esférico convexo, independentemente da posição que se encontra o objeto refletido no eixo principal, a imagem conjugada é virtual, direita e menor que o objeto, a situação está representada na figura 23.

Figura 23 - Reflexão de objeto extenso em um espelho esférico convexo



Fonte: http://www.fisicapaidegua.com/conteudo/conteudo.php?id_top=040302 Acesso em: 05

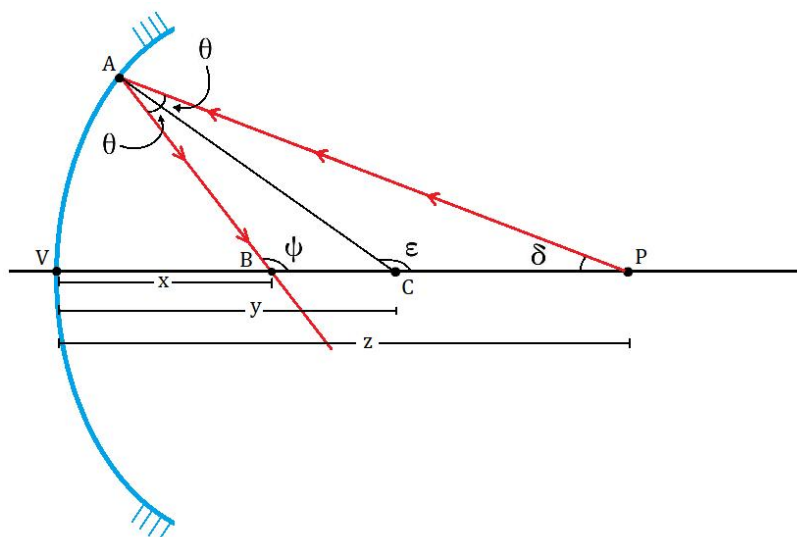
Set 2022

Salienta-se que um ponto constatado atinente a formação de imagens em espelhos esféricos é que para objetos reais as imagens quando reais são invertidas e quando virtuais são direitas.

4.3.3.2.2 – Estudo analítico dos espelhos esféricos

Analisemos a formação de imagens de corpos pontuais em espelhos esféricos côncavos, como o apresentado na Figura 24.

Figura 24 - ilustração esquemática de reflexão de objeto puntual em espelho esférico côncavo



Fonte: Arquivo do autor

A figura 24 mostra uma fonte puntiforme P localizada no eixo principal de um espelho côncavo tendo dois de seus muitos raios luminosos sendo

destacados. Podemos relacionar a distância de PV = z com o segmento BV = x e com o ângulo δ através da lei dos senos considerando o triângulo $\Delta A C P$:

$$\frac{z - y}{\text{sen}\theta} = \frac{z}{\text{sen}\delta} \quad (5)$$

Observe que o segmento \overline{CA} é igual ao segmento $\overline{CV} = y$.

Ademais se considerarmos o triângulo ΔABP , nota-se que o ângulo $\psi = \pi - (\delta + 2\theta)$, desse modo se considerarmos o triângulo $\Delta A B C$, pela lei dos senos, podemos definir que:

$$\frac{y - x}{\text{sen}\theta} = \frac{y}{\text{sen}(\delta + 2\theta)} \quad (6)$$

É possível eliminar a variável θ e relacionar as distâncias z e x somente através de δ . Nota-se então que o ponto onde o raio refletido vai tocar o eixo principal do espelho depende do ângulo que o raio incidente faz com o eixo principal, isso explica o já supramencionado fenômeno da aberração esférica. Contudo se nos limitarmos ao estudo dos *raios paraxiais*, notaremos que o espelho côncavo formará imagens nítidas. O espelho de abertura suficientemente pequena para refletir apenas raios paraxiais é chamado de espelho de Gauss, em um destes espelhos, os ângulos formados entre o raio incidente e o eixo principal e também os ângulos de reflexão são suficientemente pequenos para que possamos fazer as seguintes aproximações:

$$\begin{aligned} \text{sen}\theta &= \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \dots \approx \theta \\ \text{cos}\theta &= 1 - \frac{\theta^2}{2!} + \dots \approx 1 \\ \text{tg}\theta &= \theta + \frac{\theta^3}{3} + \dots \approx \theta \end{aligned} \quad (7)$$

Em geral os instrumentos ópticos são utilizados para as diversas finalidades são construídos com espelhos de Gauss.

Realizando as aproximações da equação (7) nas equações (5) e (6), obtêm-se que:

$$\frac{z - y}{z} \approx \frac{\theta}{\delta} \quad (8)$$

$$\frac{y - x}{y} \approx \frac{\theta}{\delta + 2\theta} \quad (9)$$

Comparando as equações (8) e (9) demonstra-se que:

$$\frac{1}{z} + \frac{1}{x} = \frac{1}{y} \quad (10)$$

Assim, evidencia-se que para raios paraxiais a posição de B, isto é o ponto imagem de P, não depende de δ , pois todos os raios paraxiais convergem para um mesmo ponto imagem.

4.3.4 – Refração da luz

É chamada de refração a passagem da luz por uma interface que separa dois meios quando esta passagem envolve alteração na velocidade da luz. Nesta passagem há mudança na direção de propagação da luz, com exceção do caso em que a luz incide perpendicularmente à superfície que separa os meios. A figura 7 ilustra o caso em que um feixe de luz monocromática incide sobre uma interface que separa dois meios, havendo reflexão e refração concomitantemente, nesta observa-se o raio incidente e o raio refratado.

4.3.4.1 – Leis da refração

O fenômeno da refração da luz é regido, essencialmente, por duas leis, consideremos a figura 7:

- I. O raio refratado está contido no plano de incidência e possui um ângulo de refração θ_2 que está matematicamente relacionado com o ângulo de incidência θ_1 ;
- II. A equação 11, também chamada de Lei de Snell, traduz a relação matemática existente entre o ângulo de incidência θ_1 e o ângulo de refração θ_2 .

$$n_2 \text{ sen } \theta_2 = n_1 \text{ sen } \theta_1 \quad (11)$$

Onde n_2 e n_1 representam os índices de refração, ou as *refringências*, do meio 2 e do meio 1, respectivamente, que são constantes adimensionais imanentes à natureza do meio e ao comprimento da onda que está sendo refratada.

O índice de refração pode ser obtido através da equação 12, onde n representa o índice de refração, c é uma constante que representa a velocidade da luz no vácuo e v representa a velocidade da luz no inerente meio.

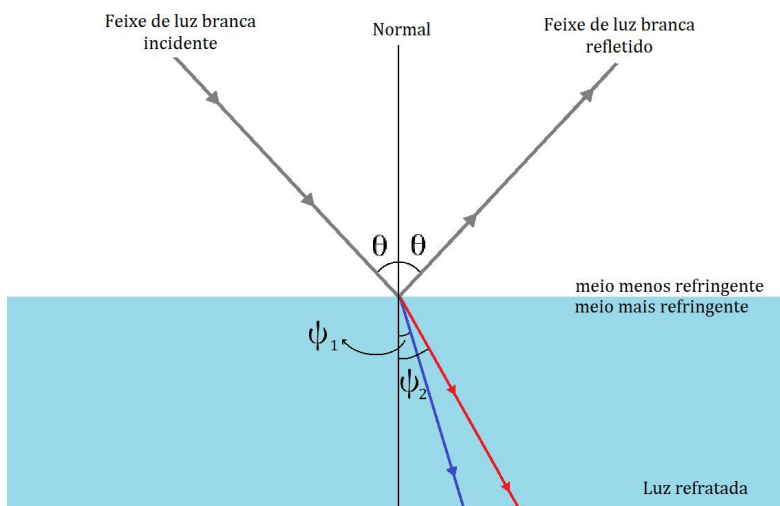
$$n = \frac{c}{v} \quad (12)$$

4.3.4.2 – Dispersão cromática

De maneira geral o índice de refração de um meio é menor para grandes comprimentos de onda e maior para pequenos comprimentos de onda. Isso implica que quando um feixe de luz policromático é refratado o ângulo de refração é diferente para cada cor que o compõe, pois cada uma possui comprimento de onda diferente, este efeito é chamado de dispersão cromática. A figura 25 ilustra a passagem de um feixe de luz branca de um meio menos refringente para um meio mais refringente, possivelmente do ar para a água.

Na figura 25 a luz branca, que é composta por todas, ou ao menos a maioria, das cores do espectro visível, está representada pela cor cinza, representou-se também os feixes refratados da luz azul e da luz vermelha. Notoriamente o feixe de luz vermelha forma um ângulo de refração ψ_2 maior que o ângulo de refração ψ_1 do feixe de luz azul, isso em virtude luz vermelha possuir um comprimento de onda maior do que a luz azul.

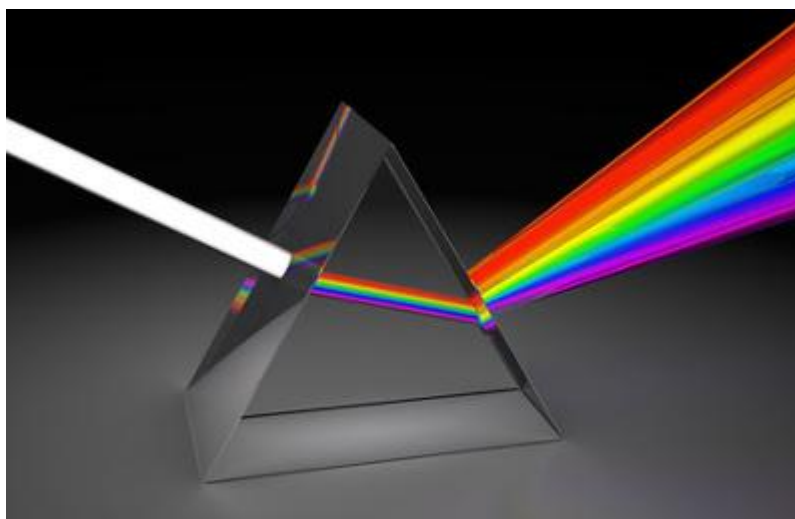
Figura 25 - Representação esquemática da dispersão de um feixe de luz branca passando de um meio menos refringente para um meio mais refringente



Fonte: Arquivo do autor

A separação das cores ocasionada pela dispersão cromática pode ser intensificada se utilizar-se um prisma de vidro de seção triangular como o representado na figura 26, onde a luz sofre dispersão ao entrar no vidro, que intensifica-se quando a mesma sai, deste modo torna o fenômeno mais visível.

Figura 26 - Dispersão cromática de feixe de luz branca em um prisma de vidro de seção triangular



Fonte: <http://astronomiareal.blogspot.com/2016/01/por-que-vemos-o-ceu-azul-22.html> Acesso

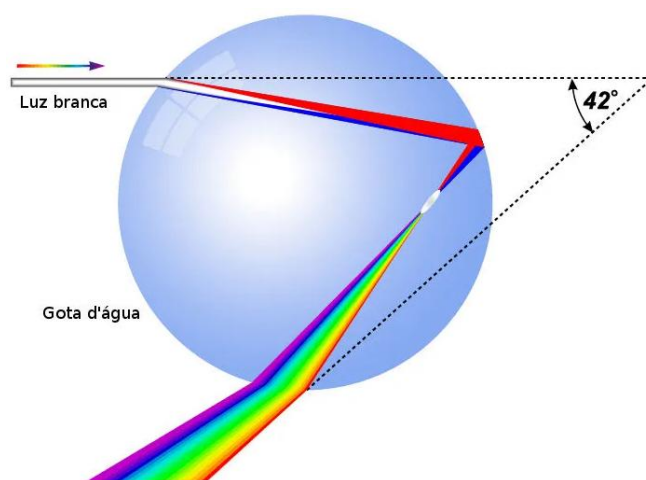
em: 05 Set 2022

A dispersão cromática manifesta-se ainda através do arco-íris, que constitui-se na dispersão da luz do sol através das gotas de chuva. O arco-íris ocorre quando a luz solar penetra as gotículas de chuva e reflete-se na superfície interior destas gotículas refratando-se para o exterior. Tal qual o caso

do prisma triangular, a luz sofre dispersão cromática ao entrar na gotícula, e esta dispersão acentua-se quando a luz sai, como ilustra a figura 27. A luz pode ser refletida uma ou mais vezes no interior da gota de chuva, o arco-íris formado a partir de uma reflexão no interior da gota de chuva é chamado arco-íris primário, a partir de duas arco-íris secundário, e assim sucessivamente. O arco-íris secundário possui o espectro de cores invertido em relação ao arco-íris primário, além de ser mais largo e mais tênue sendo mais difícil de contemplá-lo.

Arco-íris formados a partir de três reflexões internas não podem ser observados ou por estarem da direção do sol ou por terem intensidade luminosa muito ínfima.

Figura 27 - Ilustração esquemática da reflexão interna e da dispersão cromática que ocasiona a formação do arco-íris primário.

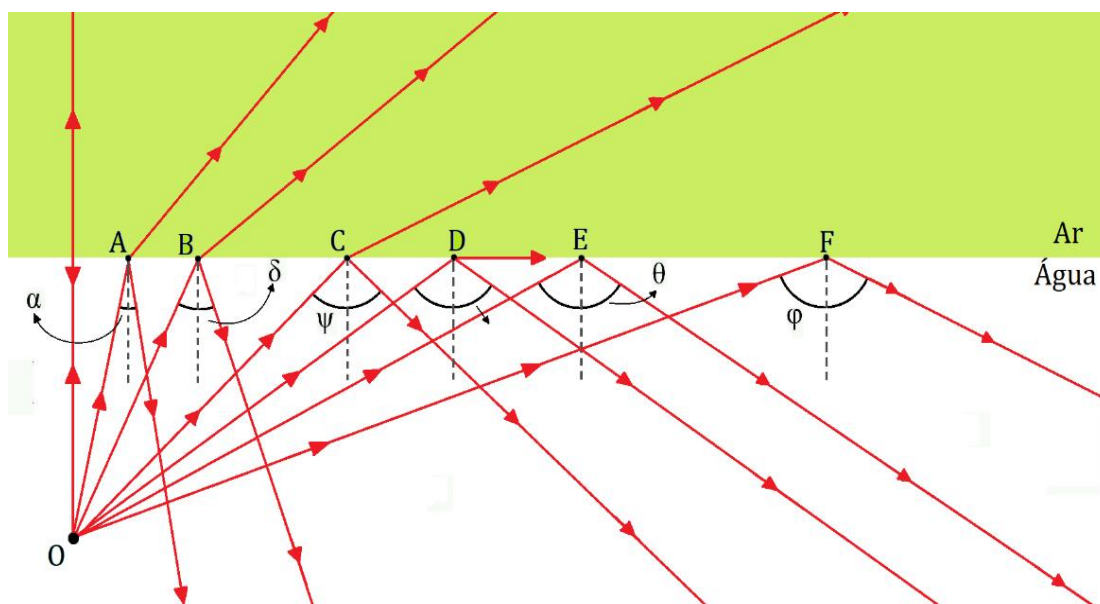


Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-dispersao-luz-branca.htm> Acesso em: 05 Set 2022

4.3.4.3 – Reflexão interna total

Um dos fenômenos a serem observados na passagem da luz de um meio mais refringente para um meio menos refringente é a reflexão interna total, que se dá quando um raio de luz incide obliquamente sobre a interface que separa os dois meios com um ângulo superior ao denominado ângulo crítico, a figura 28 ilustra a situação que desejamos descrever.

Figura 28 - Ilustração esquemática do fenômeno da reflexão interna total durante a passagem de raios de luz monocromáticos da água para o ar



Fonte: Arquivo do autor

Nota-se, na figura 28, uma fonte luminosa no ponto O e os raios luminosos emanados deste ponto. Observa-se de maneira intuitiva na imagem, que à medida que o ângulo de incidência do raio luminoso aumenta se aproximando de θ , os raios refratados vão se aproximando da interface que separa os meios, até o raio OE onde o raio refratado forma um ângulo de 90° com a normal, propagando-se paralelamente à superfície, este ângulo θ é chamado de *ângulo crítico*. Nota-se ainda na imagem que os raios que incidem sobre a interface com um ângulo de incidência maior que o ângulo crítico não sofrem refração, apenas reflexão, este fenômeno é *chamado reflexão interna total*.

Reafirma-se que este fenômeno pode ser observado somente na passagem da luz de um meio mais refringente para um meio menos refringente, logo se a imagem ilustrasse a situação oposta, isto é, com os raios luminosos passando do ar para a água, não poderia ser observada reflexão interna total.

4.3.4.4 – Lentes delgadas

Uma lente é um sistema óptico delimitado por duas superfícies refratoras. Quando um feixe de luz penetra uma lente sofre refração na entrada e na saída, de modo que a direção de propagação da luz pode ser alterada, podendo ser formada a imagem de um objeto. Chamados de lente delgada toda aquela na

qual as duas superfícies refratoras possuem um eixo ótico comum e a distância entre suas interfaces é muito menor que seus respectivos raios de curvatura. As lentes ópticas são largamente empregadas em instrumentos ópticos de diversas funcionalidades como óculos para correção de anormalidades visuais, telescópios, microscópios, lanternas, máquinas fotográficas, dentre muitos outros.

Tendo em vista que as lentes delgadas podem alterar a direção dos raios luminosos, uma lente que faz com que raios luminosos inicialmente paralelos ao eixo ótico, ao atravessá-la, mudem sua direção aproximando-se do eixo é classificada como *lente convergente*. Reciprocamente uma lente que faz com que raios luminosos inicialmente paralelos afastem-se do eixo ótico é chamada lente divergente.

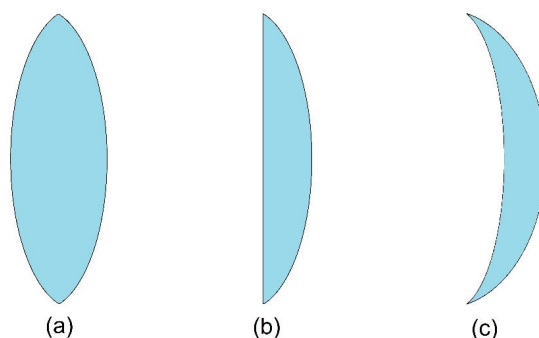
4.3.4.4.1 – Tipos de lentes delgadas

As lentes convergentes, também chamadas de lentes positivas, em geral possuem o centro com maior espessura que as bordas, e quanto às suas superfícies podem ser classificadas em:

- Biconvexas: possuem duas superfícies convexas;
- Plano-convexas: possuem uma superfície côncava e uma convexa;
- Côncavo-convexas: possuem uma superfície côncava e uma convexa;

A figura 29 exhibe uma ilustração esquemática dos tipos de lente convergentes.

Figura 29 – Imagens ilustrativas de lentes delgadas convergentes: (a) biconvexa; (b) plano-convexa; (c) côncavo-convexa;



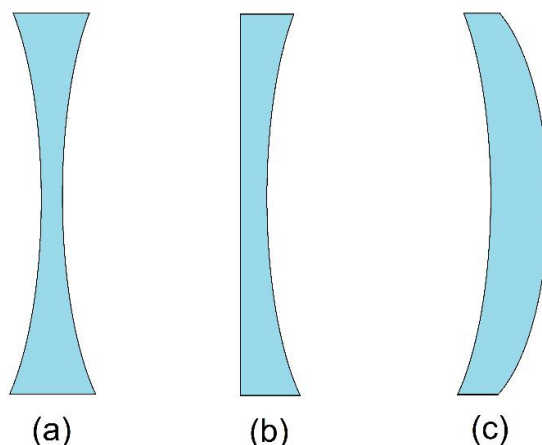
Fonte: Arquivo do autor

As lentes divergentes, também chamadas de lentes negativas, em geral possuem o centro com menor espessura do que as bordas, e quanto às suas superfícies podem ser classificadas em:

- Bicôncavas: possuem duas superfícies côncavas;
- Plano-côncavas: possuem uma superfície plana e outra côncava;
- Convexo-côncavas: Possuem uma superfície convexa e uma côncava.

A figura 30 ilustra os tipos de lentes divergentes.

Figura 30 – Imagens ilustrativas dos tipos de lentes delgadas divergentes: (a) bicôncava; (b) plano-côncava; (c) Convexo-côncava;

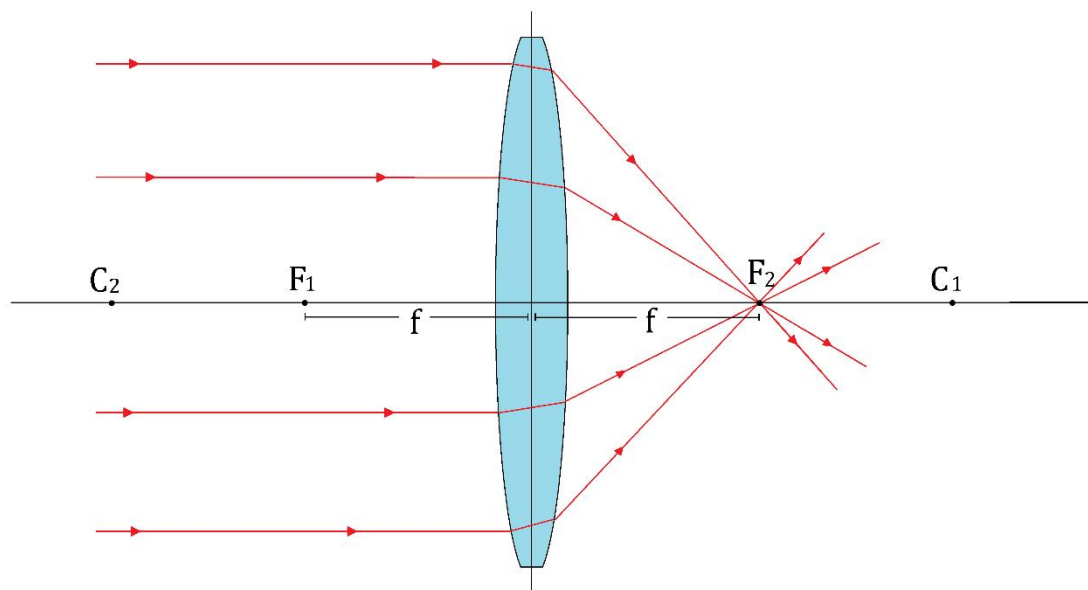


Fonte: Arquivo do autor

Como fora supracitado, quando incide sobre uma lente convergente um feixe luminoso de raios paralelos ao eixo óptico estes raios mudam sua direção aproximando-se do eixo óptico, em verdade eles convergem para um ponto do eixo chamado de *ponto focal*. Analogamente, quando um feixe luminoso de raios paralelos ao eixo óptico incide sobre uma lente divergente, estes raios divergem afastando do eixo óptico, e seus prolongamentos convergem para um *ponto focal*.

As lentes possuem dois pontos focais F_1 e F_2 , de modo que estes pontos ficam ambos a uma distância f do centro da lente, isto é, os pontos F_1 e F_2 são equidistantes do centro da lente, como exhibe a figura 31.

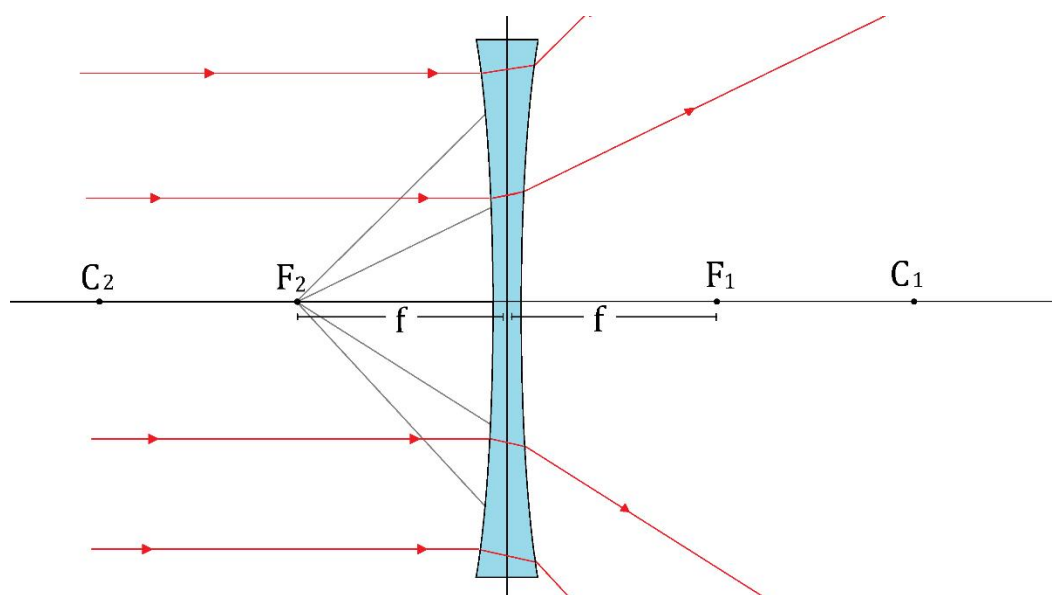
Figura 31 - Ilustração esquemática de um feixe de raios paralelos ao eixo óptico incidindo sobre a superfície de uma lente delgada convergente biconvexa



Fonte: Arquivo do autor

Na figura 31 um feixe de raios paralelos ao eixo óptico incide sobre uma lente convergente e todos os raios convergem para o foco F_2 , reciprocamente se fosse posta uma fonte luminosa em F_2 os raios sairiam da lente paralelos ao eixo óptico e a imagem seria formada no infinito. Nota-se que os raios se cruzam no ponto F_2 , logo formam uma imagem real.

Figura 32 – Ilustração esquemática de um feixe de raios paralelos ao eixo óptico incidindo sobre a superfície de uma lente delgada divergente bicôncava



Fonte: Arquivo do autor

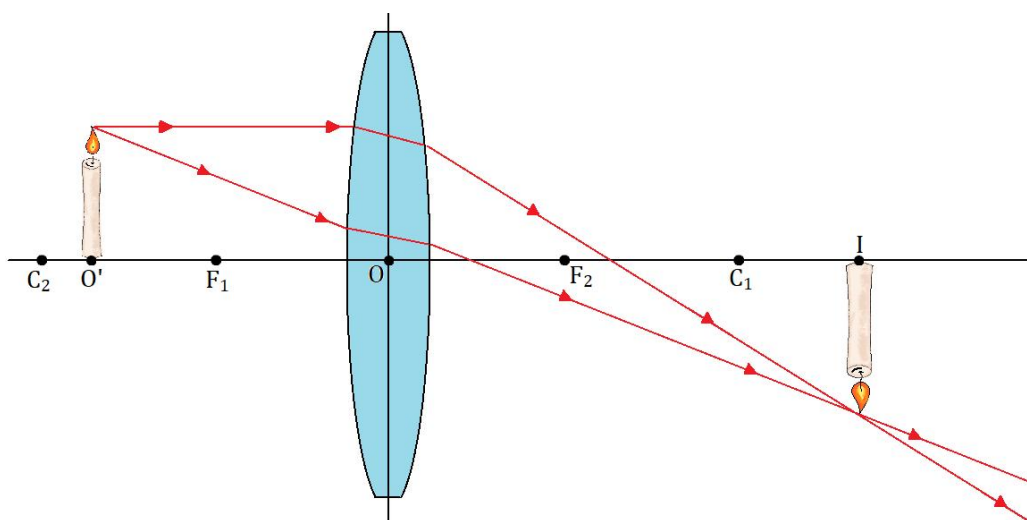
Já na figura 32, onde ilustra-se uma lente delgada divergente bicôncava onde incide um feixe de raios paralelos ao eixo ótico, observa-se que os raios divergem e seus prolongamentos intersectam-se no ponto focal F_2 onde forma-se uma imagem virtual, pois os raios não passam por aquele ponto.

4.3.4.4.1 – Formação de imagens a partir de lentes delgadas

As lentes delgadas podem produzir tanto imagens reais quanto imagens virtuais, direitas e invertidas, a depender do tipo de lente e da posição que o objeto se encontra em relação ao ponto focal.

As lentes convergentes podem formar imagens reais e virtuais, quando o objeto localiza-se antes do ponto focal da lente, esta produz uma imagem real e invertida no lado oposto ao que se encontra ao objeto como ilustra a figura 33.

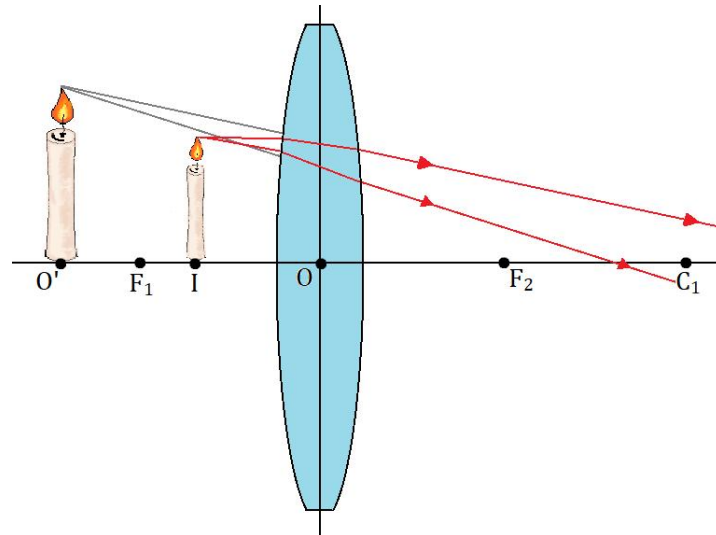
Figura 33 - Formação de imagem de objeto extenso localizado antes do ponto focal no eixo ótico de uma lente convergente biconvexa



Fonte: Arquivo do autor

Contudo, se o objeto estiver localizado após o ponto focal em uma lente convergente, a imagem produzida é virtual e direita no mesmo lado do objeto, como está ilustrado na figura 34.

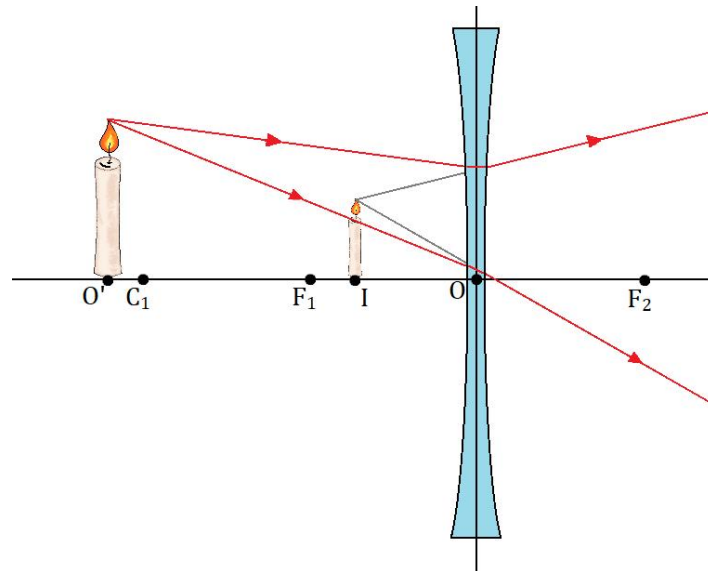
Figura 34 - Formação de imagem de objeto extenso localizado depois do ponto focal no eixo óptico de uma lente convergente biconvexa



Fonte: Arquivo do autor

Tratando-se de uma lente delgada divergente, independentemente do ponto onde se localiza o objeto a imagem formada é virtual e direita do mesmo lado do objeto, como representa a figura 35.

Figura 35 - Formação de imagem de objeto extenso localizado no eixo óptico de uma lente divergente bicôncava



Fonte: Arquivo do autor

Desse modo, tornou-se notório as imagens produzidas por lentes delgadas são reais quando se encontram do lado oposto ao que se encontra o objeto e são virtuais quando se encontram do mesmo lado no qual está o objeto.

4.3.4.5 – Olho humano e anomalias visuais

O olho humano é um órgão versátil que nos proporciona o sentido humano mais nobre, a visão. Seu funcionamento se assemelha ao de uma câmera fotográfica.

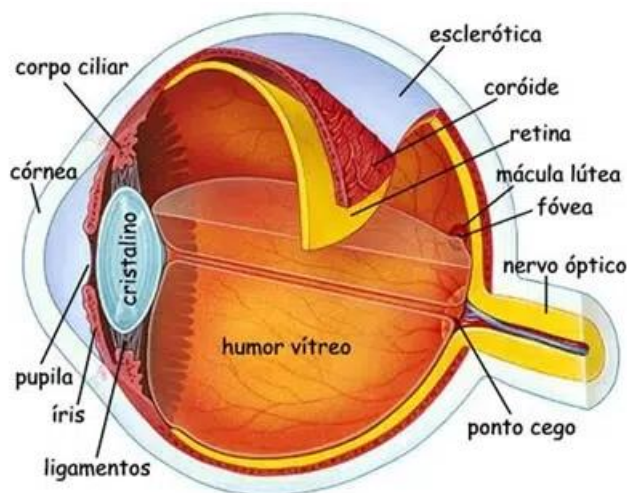
Este órgão possui formato aproximadamente esférico com diâmetro próximo a 2,5 cm. A superfície do olho é recoberta por um tecido transparente chamado *córnea* que refrata a luz incidente, a parte frontal do olho recoberta pela córnea é ligeiramente mais curvada que o globo ocular. Por trás deste tecido encontra-se um líquido chamado *humor aquoso* e também a *pupila*, que é responsável por controlar a quantidade de luz que penetra no olho abrindo ou fechando-se a depender da luminosidade do ambiente, de maneira semelhante ao diafragma de uma câmera. Após a pupila encontra-se o *crystalino*, que é uma lente gelatinosa na qual a luz é novamente refratada, esta lente pode diminuir o seu raio de curvatura se contraindo com o auxílio dos músculos do *corpo ciliar* que é conectado às bordas do cristalino, durante esse processo o ponto focal do cristalino varia para que uma imagem real de determinado objeto seja formada na *retina*, esse processo é chamado de *acomodação*.

A *retina* é uma membrana fotossensível situada na parte interna da estrutura anterior do olho, onde a luz forma uma imagem real após ser refratada pela córnea e pelo cristalino, papel semelhante ao do filme fotográfico. Entre a retina e o cristalino situa-se uma região cheia de um líquido gelatinoso chamado de *humor vítreo*.

Na figura 36 podemos observar os elementos supramencionados inerentes à anatomia do olho.

A visão proporcionada pelo olho humano é nítida entre um intervalo de espaço no qual o extremo de proximidade é chamado de *ponto próximo* e o extremo distante é chamado de *ponto distante*. Pessoas normais possuem o ponto distante localizado no infinito, já o ponto próximo varia com a idade da pessoa, pois o ponto próximo depende da capacidade de contração do cristalino em focalizar imagens na retina, e o mesmo cresce ao longo da vida, de modo que diminui sua capacidade de contração.

Figura 36 - Ilustração da anatomia do olho humano



Fonte: <https://phelcom.com/pt-br/blog/como-funciona-o-olho-humano/> Acesso em: 05 Set 2022

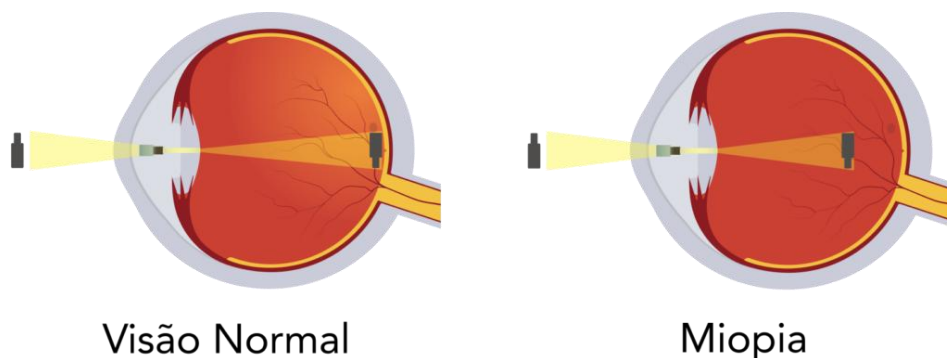
4.3.4.5.1 – Anomalias visuais

O olho humano pode apresentar algumas deformações envolvendo a curvatura da córnea e o comprimento do globo ocular, o que pode culminar em anomalias na visão.

Miopia

O indivíduo míope possui o globo ocular muito alongado em proporção à sua córnea, ou esta é excessivamente curva em proporção ao globo. Isto faz com que, diferentemente de uma pessoa com um olho normal, a imagem de objetos situados no infinito seja focalizada em um ponto anterior à retina e esta imagem fique indistinta. Logo, pessoas com miopia possuem um ponto distante mais próximo que pessoas com olhos normais. A figura 37 evidencia um olho normal em confronto a um olho míope.

Figura 37 - Imagem ilustrativa da comparação entre a formação de imagem em um globo ocular normal e um globo ocular com miopia



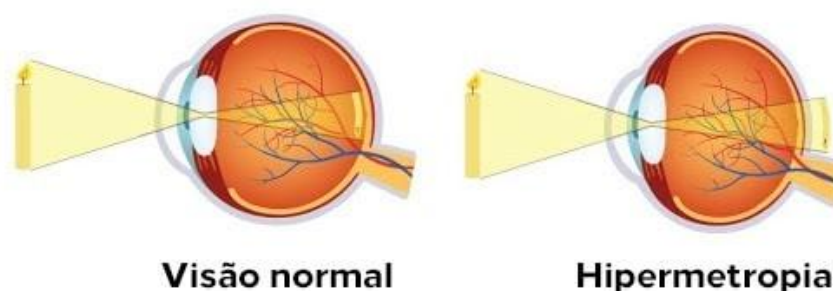
Fonte: <https://www.eotica.com.br/blog/entenda-mais-sobre-miopia/> Acesso em: 05 Set 2022

A miopia do globo ocular pode ser corrigida com o uso de lentes corretivas divergentes, que criam imagens do objeto mais próximas ao olho que o objeto real, como ilustra a figura 40-a.

Hipermetropia

A hipermetropia consiste na má formação do olho que se apresenta muito curto em relação à curvatura da sua córnea, ou esta se mostra insuficientemente curva em proporção ao globo ocular, isso faz com que o ponto próximo da pessoa com hipermetropia seja mais distante que o normal. Deste modo em um olho hipermetrope a imagem de objetos situados no infinito é focalizada depois da retina, como ilustra a figura 38.

Figura 38 - Imagem ilustrativa da comparação entre a formação de imagem em um globo ocular normal e um globo ocular com hipermetropia



Fonte: <https://vivaoftalmologia.com.br/miopia-astigmatismo-e-hipermetropia-saiba-as-diferencas-entre-as-doencas-refrativas/> Acesso em: 05 Set 2022

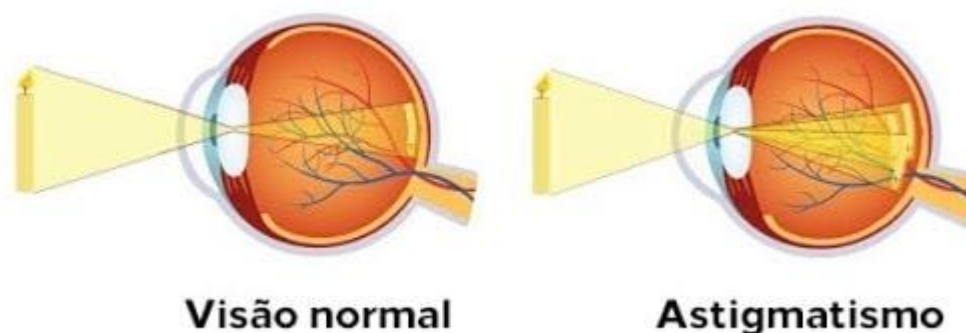
A correção da hipermetropia pode ser feita com o uso de lentes corretivas convergentes, que formam imagens virtuais de determinado objeto sobre ou

mais distantes que o ponto próximo do globo ocular, como está ilustrado na figura 40-b.

Astigmatismo

O astigmatismo é uma alteração diferente das mencionadas anteriormente, ele é caracterizado pela má formação do globo ocular que possui a córnea mais curva em um plano do que em outro. O resultado disso é que as linhas horizontais de uma imagem podem ser formadas em um plano diferente das verticais. Deste modo, a pessoa com astigmatismo apresenta anomalias na visão tanto para objetos distantes quanto próximos, a figura 39 ilustra um olho com astigmatismo em comparação a um olho normal.

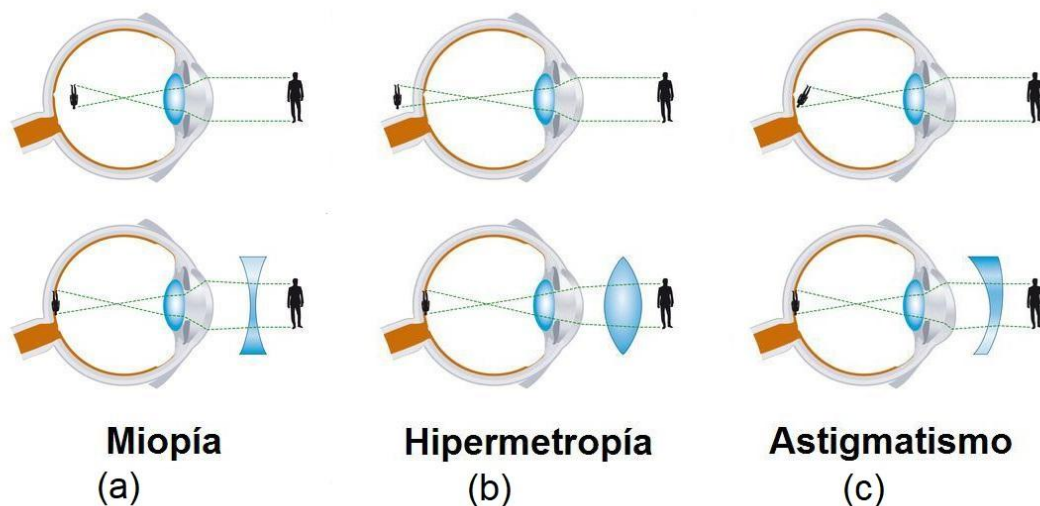
Figura 39 - Imagem ilustrativa da comparação entre a formação de imagem em um globo ocular normal e um globo ocular com astigmatismo



Fonte: <https://vivaofthalmologia.com.br/miopia-astigmatismo-e-hipermetropia-saiba-as-diferencas-entre-as-doencas-refrativas/> Acesso em: 05 Set 2022

O astigmatismo pode ser corrigido com um tipo particular de lente de superfície cilíndrica, de modo que este tipo de lente pode ser convergente ou divergente em um plano, mas em outro não, assim são corrigidas apenas as linhas do plano que apresentam anomalia, enquanto as que não apresentam são mantidas inalteradas, como tipifica a figura 40-c.

Figura 40 - Ilustração da anomalia visual e sua respectiva correção do(a): (a) Miopia; (b) Hipermetropia; (c) Astigmatismo;



Fonte: <https://brainly.com.br/tarefa/29746036> Acesso em: 05 Set 2022

4.3.4.6 – Instrumentos ópticos

Como fora supracitado o olho humano é um órgão versátil, contudo apresenta limitações, e com o estudo da óptica tornou-se possível a criação de instrumentos ópticos podem potencializar a capacidade visual do ser humano.

Nesta secção falaremos sobre alguns instrumentos ópticos mais simples, entretanto deve-se salientar que tais instrumentos evadem as limitações que foram estabelecidas no presente estudo no que tange aos tipos de lentes utilizadas nestes equipamentos. Pois, em boa parte dos instrumentos óticos mais elaborados não são utilizadas lentes delgadas, ou, sequer lentes esféricas, desta maneira será cabido apenas a análise destes equipamentos através dos princípios de reflexão e refração estabelecidos.

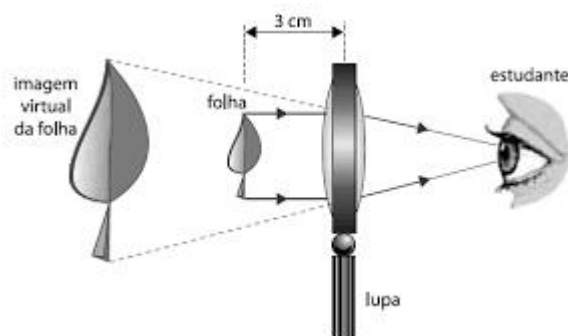
Lente de aumento

Uma das limitações do olho humano é sua incapacidade de enxergar nitidamente objetos posicionados ante uma distância menor que a do conhecido *ponto próximo*.

A lupa, ou lente de aumento, constitui-se de um instrumento óptico substancialmente simples formado apenas por uma lente convergente. Este instrumento pode formar a imagem virtual de um objeto maior e mais distante

que ele, de modo que torna-se possível enxergá-lo em maior escala a uma distância maior que a do ponto próximo, como ilustra a figura 41.

Figura 41 - Ilustração esquemática de observador contemplando a imagem virtual ampliada de uma folha através de uma lente de aumento



Fonte: https://www.prevest.com.br/dados/editor/file/05_LENTES_E_PTICA_DA_VIS_O.pdf

Câmera

As câmeras são instrumentos ópticos muito conhecidos e populares hodiernamente, elas permitem gravar fotografias de imagens em filme, papel ou compartimentos digitais. As câmeras possuem mecanismos de funcionamento de princípios fundamentalmente simples.

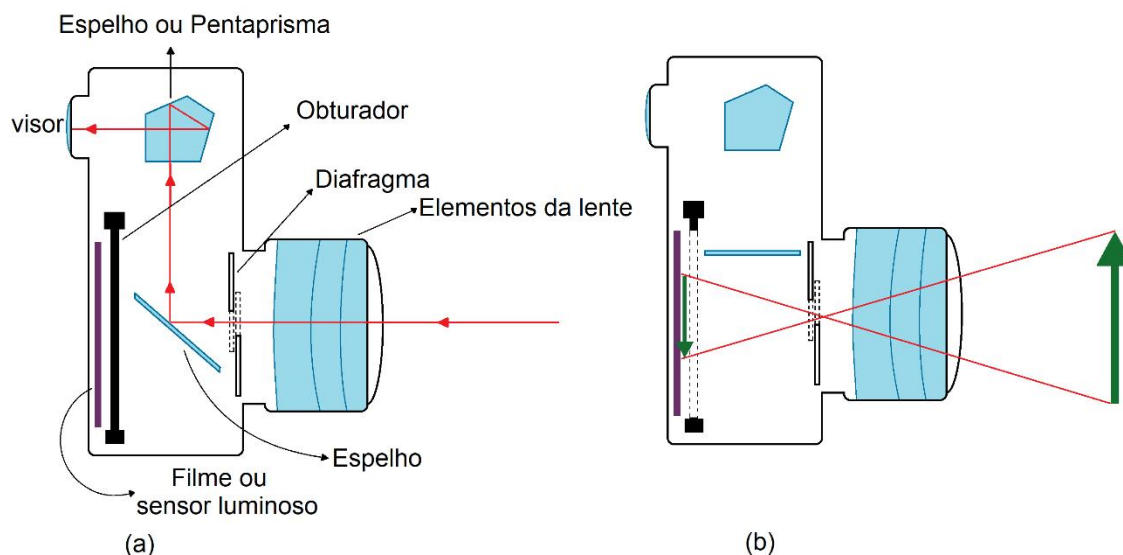
A luz do objeto a ser fotografado passa por uma lente convergente ou um conjunto de lentes convergente que também é chamado de *objetiva*. Ademais a câmera possui uma câmara hermética, na qual a entrada da luz é regulada pelo *diafragma*, que se abre ou se fecha de forma semelhante à pupila do olho humano. Logo após o diafragma encontra-se um espelho que reflete a luz da imagem para um outro espelho ou para um pentaprisma que encaminha a luz para o visor, onde o fotógrafo pode ver como ficará a fotografia.

Quando a câmera é acionada, o espelho se retira e *obturador* regula o tempo que o *filme* ou *sensor luminoso* ficará exposto à luz, esse filme é um material fotossensível que se modifica com a luz, gerando a imagem. Em Câmeras digitais não há filme, mas outro tipo de material que codifica as informações da imagem.

Quando a câmera é acionada, a luz da imagem a ser fotografada passa pela objetiva, que é convergente, e os raios luminosos se direcionam ao ponto focal, que pode ser alterado pela objetiva, de maneira análoga ao cristalino do olho humano. Assim forma-se no filme uma imagem real e invertida do objeto sendo fotografado, o filme é modificado e a imagem é gerada.

Na figura 42 (a) podemos observar os elementos supracitados dos mecanismos e componentes da câmera e na figura 42 (b) observamos como ocorre a formação da imagem no filme fotográfico.

Figura 42 – Imagem ilustrativa dos mecanismos de uma câmera



Fonte: Arquivo do autor

Telescópio refrator

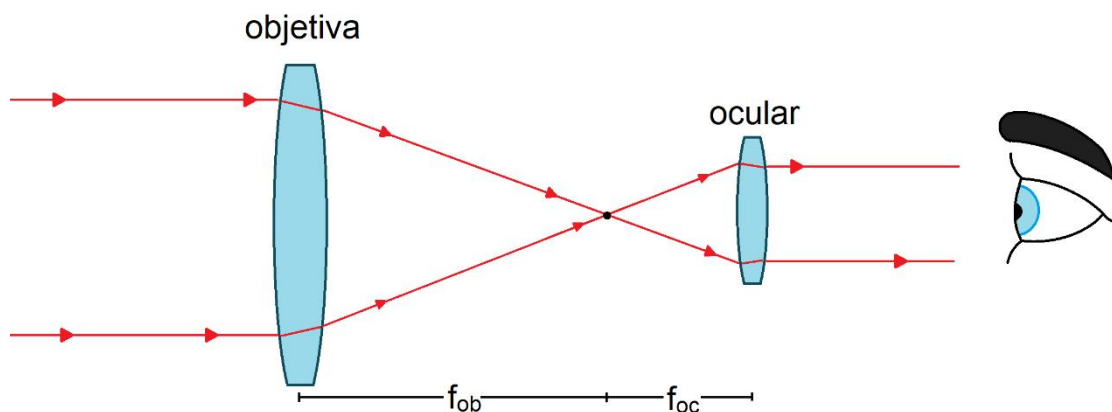
Lupas e câmeras são instrumentos ópticos formados por apenas uma lente – ainda existem câmeras que utilizam conjuntos de lentes –, contudo instrumentos como o microscópio e o telescópio são formados pela associação de duas lentes ou mais. Isto porque a imagem formada por um primeiro elemento óptico pode ser utilizada como objeto para um segundo.

O telescópio astronômico, que também é chamado de telescópio refrator pode ser composto por duas lentes: uma *objetiva*, que forma uma imagem real menor do objeto observado; e uma *ocular*, que usa a imagem da lente objetiva como objeto para a formação da imagem que será contemplada pelo observador. Contudo alguns telescópios utilizam um espelho curvo no lugar da lente objetiva.

Na figura 43 podemos observar uma representação esquemática do mecanismo básico de um telescópio refrator. A luz proveniente do objeto observado incide sobre a *objetiva*, que é uma lente convergente, o objeto observado em geral está tão distante que os raios luminosos são quase paralelos, de modo que se forma uma imagem real reduzida do objeto

aproximadamente no foco da lente objetiva. A lente *ocular* deve ser posicionada de modo que um de seus focos deve ficar no mesmo ponto em que o foco da objetiva no qual se forma a imagem virtual reduzida. Como a imagem do objeto está no foco da lente ocular, os raios refratados saem da lente paralelos, formando uma imagem virtual e ampliada do objeto que será contemplada pelo observador.

Figura 43 - Representação do mecanismo de lentes de um telescópio refrator



Fonte: Arquivo do autor

Como já fora supracitado, em geral as lentes empregadas nesse tipo de instrumento óptico não são lentes delgadas, ou sequer lentes esféricas, contudo a discussão da óptica associada a este tipo de lente evade os objetivos do presente estudo. Portanto, discriminamos os supramencionados instrumentos utilizando das aproximações paraxiais, apenas para construir uma base dos mecanismos e princípios de funcionamento destes instrumentos.

5 – O PRODUTO EDUCACIONAL: LUDO NEWTON-HUYGENS

O jogo Ludo Newton-Huygens é o produto educacional desenvolvido no presente estudo, sua finalidade é buscar abrir novos caminhos de ensino-aprendizagem de física para o atual cenário da educação em ciência brasileiro. Trata-se de um jogo de perguntas e respostas envolvendo um tabuleiro, cartas e dados, sendo voltado para o ensino de óptica geométrica no ensino médio. O jogo é baseado na competição em grupos, o que permite consubstanciar competitividade moderada e cooperação, pois Rios (2017) concorda que a melhor situação para aplicação de jogos pedagógicos é a prática em grupo, onde o aluno pode adotar um posicionamento mais saudável atinente à vitória ou à derrota.

O Ludo Newton-Huygens pode promover um ambiente de aprendizado antagônico às formalidades do ambiente tradicional, sendo Pereira (2008, p. 41) este tipo de situação que associa prazer, tensão e alegria pode provocar maior receptividade do aluno para com os conteúdos a serem trabalhados em sala.

Deste modo, esta seção elucidará a respeito dos princípios e mecanismos pedagógicos de aprendizagem envolvidos no jogo em exame. Ademais discriminará a respeito da sua construção deste produto e das expectativas inerentes à sua aplicação que serão confrontadas nos resultados da mesma.

5.1 – Público alvo

O Ludo de Newton-Huygens tem como público-alvo os alunos da segunda série do Ensino Médio, tendo em vista que a temática do jogo é voltada para a óptica geométrica, conteúdo lecionado geralmente na referida série.

5.2 – Elaboração do jogo

A elaboração do produto educacional envolveu pesquisa e recursos didático-pedagógicos e informacionais. Buscou-se envolver elementos lúdicos atrativos no jogo e que pudessem impelir nos alunos a competitividade, cooperação, socialização de ideias, criatividade, curiosidade, senso

investigativo e possivelmente despertar alguma afinidade dos alunos pela disciplina de Física.

De modo precípua foram utilizados alguns softwares para a criação das imagens das cartas e do tabuleiro, que foram o Microsoft Paint e Gimp. Tanto as cartas como o tabuleiro estão evidenciadas nos apêndices do presente trabalho. Após a confecção das imagens, estas foram enviadas para uma empresa gráfica que fez a impressão do tabuleiro em um material plástico. As cartas, contudo foram impressas em um material de menor espessura que o tabuleiro. Foram impressos no total 5 tabuleiros e 5 conjuntos de cartas, cada conjunto possui 100 cartas com perguntas diferentes.

Para a elaboração das perguntas das cartas, precipuamente realizamos análise da atual BNCC e das competências e habilidades por ela estabelecidas para o ensino de física no Brasil contemplando o Novo Ensino Médio. Ademais, também realizamos análise criteriosa dos conteúdos contemplados pela grade curricular do ensino de óptica da segunda série do ensino médio para que as perguntas estivessem consubstanciadas com as aulas teóricas que antecederiam a aplicação do jogo. Mormente, buscou-se fazer perguntas simples e objetivas que pudessem instigar o aluno e provocar *insights* de maneira análoga ao que preconiza a teoria da aprendizagem do campo cognitivo preconizada por Bigge (1977). Assim foram elaboradas 100 (cem) perguntas, sendo 25 (vinte e cinco) para cada segmento da temática abordada, os quais foram: Fundamentos da óptica geométrica; Reflexão da luz; Refração da luz; e Instrumentos ópticos;

Por conseguinte, voltamos a atenção para uma parte fulcral do jogo, as regras. Fazia-se necessário elaborar regras para o jogo que estivessem de alguma forma relacionadas à temática dele, no caso a óptica. Assim, permaneceram parte das regras do jogo Ludo original, algumas foram apenas modificadas e contextualizadas para o sentido do jogo e outras foram criadas considerando aspectos da temática do produto. As regras serão elucidadas ademais nas seguintes seções deste capítulo.

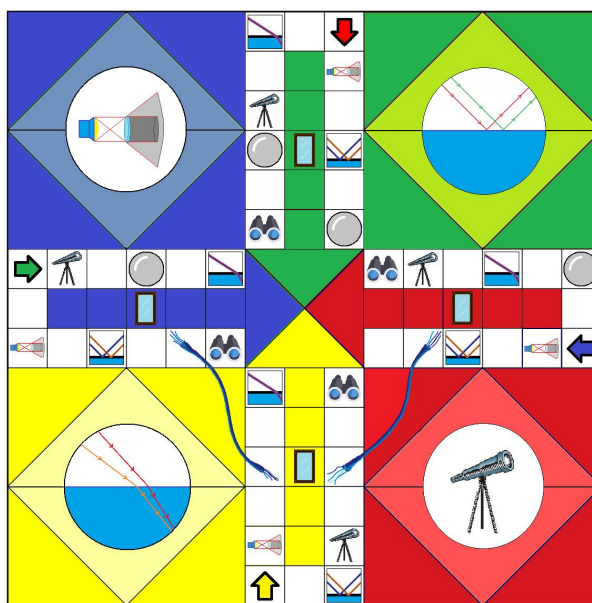
5.3 – Elementos do jogo

O produto educacional desenvolvido no presente estudo fora baseado no jogo de tabuleiro Ludo, que originalmente poderia ser jogado com duas, três ou quatro pessoas. Tal qual na versão original, o Ludo de Newton-Huygens utiliza

um tabuleiro quadrado, percurso no sentido horário em formato de cruz no qual os participantes devem avançar com seus marcadores.

O tabuleiro possui quatro quadrantes, em cada um há uma base referente a uma unidade temática da óptica, nas quais ficam os *peões*, que são marcadores de posição dos jogadores no percurso. O percurso é formado por 72 (setenta e dois) quadrados, chamaremos esses quadrados de *unidade quadrante*. A figura 44 mostra o modelo de tabuleiro do Ludo de Newton-Huygens.

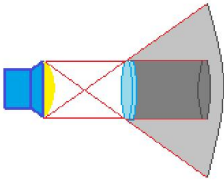
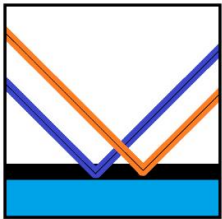
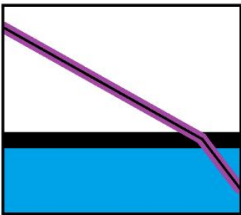

Figura 44 - Tabuleiro do Ludo de Newton-Huygens



Fonte: Arquivo do autor

Podemos observar na figura 44 alguns elementos visuais nas unidades quadrantes do percurso do jogo, estas figuras indicam ações que os jogadores deverão fazer ou indicam a unidade temática da pergunta que deverão responder naquela unidade quadrante. A tabela 1 evidencia as imagens de cada elemento do tabuleiro.

Tabela 1 – Elementos do tabuleiro do Ludo de Newton-Huygens

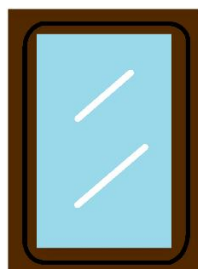
<p>Figura 45 - Elemento do tabuleiro: Figura associada à unidade de Fundamentos da óptica geométrica</p>  <p>Fonte: Arquivo do autor</p>	<p>A figura 45 está associada à unidade Fundamentos da óptica geométrica, indicando que o jogador deve responder a uma pergunta desta unidade temática.</p>
<p>Figura 46 - Elemento do tabuleiro: Figura associada à unidade de Reflexão</p>  <p>Fonte: Arquivo do autor</p>	<p>A figura 45 está associada à unidade de reflexão, indicando que o jogador deve responder a uma pergunta desta unidade temática.</p>
<p>Figura 47 - Elemento do tabuleiro: Figura associada à unidade de Refração</p>  <p>Fonte: Arquivo do autor</p>	<p>A figura 45 está associada à unidade refração, indicando que o jogador deve responder a uma pergunta desta unidade temática.</p>
<p>Figura 48 - Elemento do tabuleiro: Figura de telescópio associada à unidade de instrumentos ópticos</p>  <p>Fonte: https://www.nicepng.com/ourpic/u2r5o0t4i1o0u2y3_peak-viewing-of-the-leonids-meteor-shower/</p>	<p>A figura 45 está associada à unidade instrumentos ópticos, indicando que o jogador deve responder a uma pergunta desta unidade temática.</p>
<p>Figura 49 - Elemento do tabuleiro: Figura de binóculo associada a uma ação específica do jogo</p>	<p>A figura do binóculo está associada à uma ação específica que o jogador deve realizar ao chegar naquela unidade quadrante, tal</p>



Fonte: https://www.flaticon.com/free-icon/binoculars_1527254

elemento será melhor discriminado na secção seguinte

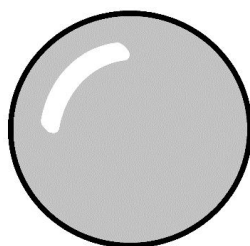
Figura 50 - Elemento do tabuleiro: Figura associada a uma ação específica do jogo



Fonte: Arquivo do autor

A figura do espelho está associada à uma ação específica que o jogador deve realizar ao chegar naquela unidade quadrante, tal elemento será melhor discriminado na secção seguinte

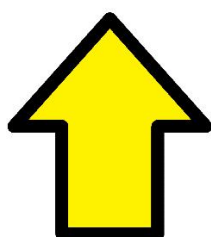
Figura 51 - Elemento do tabuleiro: Figura de lente associada a uma ação específica do jogo



Fonte: Arquivo do autor

A figura da lente está associada à uma ação específica que o jogador deve realizar ao chegar naquela unidade quadrante, tal elemento será melhor discriminado na secção seguinte

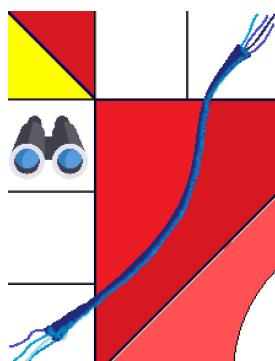
Figura 52 - Elemento do tabuleiro: Figura de seta associada a uma ação específica do jogo



Fonte: Arquivo do autor

A figura da seta indica a direção que o jogador deve seguir no percurso do tabuleiro de acordo com a respectiva cor de cada marcador e quadrante.

Figura 53 - Elemento do tabuleiro: Figura de fibra ótica associada a uma ação específica do jogo






Fonte: Arquivo do autor

A figura da fibra ótica está associada à uma ação específica que o jogador deve realizar ao chegar naquela unidade quadrante, tal elemento será melhor discriminado na secção seguinte

Além do tabuleiro o Ludo de Newton-Huygens ainda possui outros elementos físicos inerentes à sua aplicação, que são as cartas de perguntas, os marcadores e um ou dois dados. A tabela 2 evidencia as imagens destes elementos.

Tabela 2 – Elementos físicos do Ludo de Newton-Huygens

<p><i>Figura 54 - Marcadores utilizados no Ludo</i></p>  <p>Fonte: https://id.depositphotos.com/253684178/stock-photo-set-of-multicolour-board-game.html</p>	<p>A figura 54 mostra um exemplo de marcadores que podem ser utilizados na aplicação do jogo, contudo estes marcadores podem ser facilmente substituídos por quaisquer outros objetos que cumpram a função.</p>
<p><i>Figura 55 - Dados utilizados no Ludo</i></p>  <p>Fonte: https://br.depositphotos.com/stock-photos/dos-dado.html</p>	<p>A figura 55 mostra um exemplo de dados que podem ser utilizados no jogo. É necessário apenas um dado para jogar.</p>
<p><i>Figura 56 - Frente e verso de uma das cartas de perguntas do Ludo de Newton-Huygens</i></p>  <p>Fonte: Arquivo do autor</p>	<p>A figura 56 mostra as cartas utilizadas no Ludo de Newton-Huygens. São no total 100 (cem) cartas com 100 (cem) perguntas distintas, sendo 4 (quatro) blocos de 25 (vinte e cinco) cartas cada para cada unidade temática.</p>

Ademais, além dos elementos supracitados, o jogo ainda conta com um manual que dispõe das regras inerentes ao mesmo, tal manual consta nos apêndices do presente trabalho.

5.4 – Regras e instruções do jogo

O jogo “*Ludo de Newton-Huygens*” foi pensado para ser jogado em grupos, podendo ser feito por duas, três ou quatro equipes. O objetivo central do jogo é mover os *peões* (marcadores de posição) até o centro do tabuleiro, realizando um percurso de 57 unidades quadrantes do tabuleiro. Em cada base ficam dois peões que devem ser movidos ao centro para que a equipe vença.

O jogo associa diversos elementos da óptica geométrica com suas regras, buscando fazer com que os jogadores sejam imersos nesse contexto. Os peões representam feixes de luz monocromática e estes feixes de luz podem interagir entre si ou com outros elementos dispostos no tabuleiro. Apesar de os peões estarem muito distantes fisicamente daquilo que representam, a analogia permite que o aluno compreenda as regras do jogo através de conceitos da física, auxiliando na fixação do aprendizado.

O jogo possui 22 (vinte e duas) regras, que são:

- I. Há quatro bases, cada uma é referente a uma unidade temática da óptica. Para que o jogo possa ser jogado é necessário a formação de dois a quatro grupos. Cada grupo ocupará uma das bases e a quantidade de participantes por grupo poderá ser definida pelo professor, ou o mesmo pode optar ainda por realizar individualmente;
- II. As bases e suas respectivas unidades temáticas serão distribuídas entre os grupos/jogadores pelo professor arbitrariamente ou mediante sorteio;
- III. Para iniciar a partida todos os grupos/jogadores devem jogar o dado, aquele que obtiver o maior número inicia a partida, os demais grupos/jogadores dão sequência no sentido horário;
- IV. Joga-se com um dado e os avanços dos peões no trajeto são feitos de acordo com o número obtido no lançamento do dado;

- V. Para sair da base com um peão o grupo/jogador deve, ao lançar o dado, obter 1 (um) ou 6 (seis), de modo que se o número for 6 (seis) o grupo/jogador pode lançar o dado novamente. Porém o peão só pode sair da base para o ponto de partida onde fica a seta de sua cor, como a representada na figura 52, ou seja, mesmo que tire 6 (seis), o peão não pode se mover mais de uma unidade quadrante na primeira jogada;
- VI. Se um grupo/jogador tirar 6 (seis) ao lançar o dado a qualquer tempo da partida ele pode jogar novamente uma vez, mas mesmo que tire 6 (seis) na segunda jogada não poderá jogar uma terceira vez;
- VII. Quando já tiver um peão fora da base, o grupo/jogador, ao tirar 6 (seis) ou 1 (um) poderá escolher entre tirar o outro peão da base ou mover seu peão que está em jogo;
- VIII. Ao lançar o dado, o grupo/jogador pode movimentar o peão que bem entender, desde que esteja fora da base;
- IX. Quando um peão chega em uma unidade quadrante já ocupada por outro da mesma equipe, ocorre uma interferência de ondas construtiva, e a intensidade da luz aumenta, fazendo com que os dois peões avancem mais 3 (três) unidades e formando uma torre que não pode ser ultrapassada por um peão de outra equipe, mas para isso o grupo/jogador deve responder a uma pergunta de uma unidade temática arbitrária escolhida por ele, de modo que se errar, o mesmo deve voltar à casa que estava na jogada anterior;
- X. Quando um peão chegar a uma unidade quadrante como a representada na figura 45, o grupo/jogador deve responder a uma pergunta da unidade temática “Fundamentos da Óptica Geométrica”, caso o mesmo erre a

pergunta, deve retroceder a jogada, caso acerte deve avançar duas unidades quadrantes, caso chegue a uma unidade quadrante com figura não interage com a mesma;

- XI. Quando um peão chegar a uma unidade quadrante com uma figura de Reflexão, como a representada na figura 46, o grupo/jogador deve responder a uma pergunta da unidade temática “Reflexão”, caso o mesmo erre a pergunta, deve retroceder a jogada, caso acerte deve avançar duas unidades, caso chegue a uma casa com figura não interage com a mesma;

- XII. Quando um peão chegar a uma unidade quadrante com uma figura de Refração, tal qual a figura 47 ilustra, o grupo/jogador deve responder a uma pergunta da unidade temática “Refração”, caso o mesmo erre a pergunta, deve retroceder a jogada, caso acerte deve avançar duas unidades quadrantes, caso chegue a uma casa com figura não interage com a mesma;

- XIII. Quando um peão chegar a uma casa com uma figura de telescópio, como a representada na figura 48, o grupo/jogador deve responder a uma pergunta da unidade temática “Instrumentos Ópticos”, caso o mesmo erre a pergunta, deve retroceder a jogada, caso acerte deve avançar duas unidades quadrantes, caso chegue a uma casa com figura não interage com a mesma;

- XIV. Cada base de cada equipe é referente à uma unidade temática da óptica, sendo: Fundamentos da Óptica Geométrica; Reflexão; Refração; e Instrumentos Ópticos; a equipe que cair numa unidade quadrante com a figura referente à unidade temática da sua base e acertar a pergunta inerente pode avançar duas unidades quadrantes a mais, caso chegue a uma casa com figura não interage com a mesma;

- XV. Quando chegar uma unidade quadrante com o elemento Espelho Plano, ilustrado na figura 50, o peão, que é um feixe de luz monocromática, deve ser refletido e voltar três casas;
- XVI. O elemento lente, ilustrado na figura 51, pode representar uma lente convergente, caso o peão chegue à dada unidade quadrante a partir de um número par do dado, ou uma lente divergente, caso o peão chegue à dada unidade quadrante a partir de um número ímpar obtido no dado;
- XVII. Quando chega a uma unidade quadrante com uma lente convergente, o peão, que é um feixe de luz monocromática, atravessa a lente e se concentra no ponto focal localizado três unidades a frente, logo o peão deve avançar três unidades quadrantes;
- XVIII. Quando um peão, que é um feixe de luz monocromática, chega numa casa onde há uma lente divergente, a luz diverge, e o peão volta três casas;
- XIX. Se o peão alcançar uma unidade quadrante com o elemento binóculo, ilustrado na figura 49, a sua respectiva equipe aumenta seu alcance de visão e pode ver a resposta da próxima carta-pergunta da unidade temática referente à sua base;
- XX. Quando o peão chega a uma casa com o elemento fibra óptica, tal qual foi ilustrado na figura 53, o mesmo, que é um feixe de luz monocromática, atravessa a fibra óptica, tanto para avançar quanto para retroceder no jogo, devendo ficar na unidade quadrante onde termina o fio de fibra óptica que ele adentrou;

- XXI. Quando um peão chega na reta final de sua cor no tabuleiro, ele deve tirar no dado o número exato de unidades para chegar ao centro, de modo que se tirar mais que o necessário, o peão volta a quantidade excedente;

5.5 – Modelo de aplicação

O produto engendrado no presente trabalho representa um instrumento pedagógico de natureza complementar, devendo ser consubstanciado com outras práticas pedagógicas que proporcionem uma base epistêmica com a qual o aluno poderá praticar o jogo. Desse modo, seria imprópria a aplicação do produto em sala de aula sem que tenha sido abordado o conteúdo de alguma outra forma, pois o produto tem o objetivo de fazer com que o aluno exercite seus conhecimentos e habilidades.

Portanto, a aplicação do jogo em sala de aula deve ser precedida por uma discussão prévia do conteúdo com os discentes, que pode se dar através de uma aula expositiva. Contudo, não há necessidade de aplicação de exercícios matemáticos, o jogo é centrado em aspectos conceituais da óptica, após a aplicação, quando os alunos estiverem com uma base de conhecimento melhor fundamentada é o momento mais plausível para exercícios matemáticos. Assim, o ideal é que a discussão do conteúdo em sala de aula seja mais vagarosa, de modo a sanar eventuais dúvidas dos alunos, para que em um outro momento seja aplicado o jogo.

O jogo deve ser apresentado a turma e também os aspectos inerentes à sua jogabilidade e suas regras. Logo após, o professor poderá realizar a fragmentação dos grupos da maneira que achar mais conveniente e atribuir às respectivas bases a cada equipe. Um dos alunos ou o próprio professor deve ficar responsável pela checagem de respostas das perguntas das cartas, contudo a depender da quantidade de pessoas na turma tornar-se-á difícil para o professor mediar as respostas das perguntas, sendo assim é cabido que o discente tome o posicionamento mais pertinente à sua turma. Antes de iniciar o jogo é importante que seja entregue aos grupos o manual de regras do jogo,

disposto nos apêndices do presente trabalho, para que os alunos possam sanar eventuais dúvidas remanescentes.

Assim, esclarecidos o conteúdo e o jogo, pode-se dar início à partida. É importante que o professor estabeleça um tempo limite para que os alunos finalizem a partida. Assim é menos provável que os alunos se desviem do objetivo da aula e sejam atraídos a brincadeiras entre eles que atrapalhem a prática pedagógica, pois Pereira (2008) concorda que deve haver uma linha tênue entre entretenimento e aprendizagem nesse tipo de prática.

Após a finalização da partida, o professor pode realizar uma análise diagnóstica do aprendizado dos alunos a partir daquela atividade e assim compreender melhor as formas de aprendizado mais convenientes para a turma envolvida. O docente pode fazê-lo através de diálogo entre os alunos ou através de questionário, neste caso é relevante que o docente aplique questionários antes e depois da atividade, para ter melhor dimensão dos resultados daquela prática pedagógica.

Apresentamos uma possível e recomendada maneira de aplicação deste produto educacional, contudo o professor é quem melhor pode avaliar a melhor forma de realizar uma atividade em sua turma. Desse modo, é plausível que o professor aplique o produto da maneira que melhor entender. Da mesma forma que a aplicação do conteúdo pode ser modificada, as regras do jogo também podem, de maneira que o professor possa fazer uso da metodologia que melhor se adequa aos seus alunos.

6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 – Aplicação do produto educacional e análises

A construção do conhecimento científico se inicia com a observação e percepção de uma situação problema que exponha a necessidade de investigação e proposição de soluções que possam gerar resultados, os quais serão analisados e, a partir da análise verificar a viabilidade ou não de intervenção aplicada.

Nesse contexto, evidenciou-se pertinente adaptar um jogo de tabuleiro popular conhecido como Ludo, que pode ser jogado com duas, três ou quatro

pessoas. O objetivo do jogo consistiu em promover a compreensão de conceitos físicos aplicados ao cotidiano. Esse jogo foi adaptado como Jogo Ludo Newton-Huygens. Para obter uma pesquisa quantitativa-qualitativa, optamos por uma perspectiva que envolvesse pesquisa de campo, onde aplicamos questionários, para em seguida analisarmos os dados.

6.2 – Sujeitos da pesquisa

O produto educacional foi aplicado em uma única escola e para a realização da aplicação do produto foi necessário solicitar autorização da Gestão Escolar da Escola Pública Estadual situada na Zona Rural da Cidade de Santana do Mundaú - Alagoas e entregue o termo de consentimento (em anexo no apêndice) aos responsáveis pelos alunos para que autorize a participação.

A pesquisa realizada na 2ª série do Ensino Médio consiste em uma sala com o total de 40 alunos, mas no dia da aplicação só estavam presentes 23 alunos (devido ao fenômeno climático). A Escola é localizada na Zona Rural e 64% dos alunos da escola residem na Zona Rural, portanto no período de inverno possuem dificuldade de acesso a escola.

Dessa forma, a orientação para aplicação do produto foi feita pela professora regente da Instituição de Ensino que é Licenciada pela Universidade Federal de Alagoas-UFAL e especialista no Ensino de Física e Matemática pelo Centro Universitário Internacional-Uninter e autora da dissertação. Objetivando em manter o anonimato e a confidencialidade dos resultados obtidos, não serão expostos nomes ou sobrenomes dos alunos nesta pesquisa.

6.3 – Instrumento de coleta

O instrumento utilizado na pesquisa foram 3 questionários estruturados: sendo 2 questionários com perguntas objetivas e 1 questionário com perguntas objetivas e discursiva. Ambos os questionários com perguntas objetivas foram organizadas em 4 tópicos com as seguintes temáticas: Princípios da Óptica, Reflexão da Luz, Refração da luz e Instrumentos Ópticos. E as questões objetivas e discursivas foram sobre aprendizagem e dificuldade em Física e a experiência sobre o Jogo Ludo de Newton-Huygens. E estão anexadas no Apêndice. Essas temáticas foram abordadas em sala de aula no período de

27/04/2022 a 16/06/2022 com o propósito de serem utilizados os conteúdos no jogo.

6.4 – Procedimentos metodológicos

De acordo como foi citado anteriormente o Jogo Ludo Newton-Huygens, teve o propósito de promover a compreensão dos Conceitos da Óptica geométrica vivenciados no cotidiano. A pesquisa consiste em analisar aprendizagem dos alunos através do jogo e ao mesmo tempo de forma lúdica propor práticas pedagógicas mais interativas. Ao explicar a aplicação do jogo, foi feita a explanação do objetivo do jogo, enfatizando que é um projeto de mestrado e que os alunos estariam participando de forma voluntária (Termo de Livre Consentimento) e sem interferência de notas bimestrais, mas que seriam expostos os dados coletados e suas identidades ficariam de forma sigilosa e anônima. Para coletar os dados, os alunos responderam três questionários no mesmo dia: sendo um questionário antes da aplicação do produto educacional com duração de uma hora e dois questionários depois da aplicação do produto com duração total de uma hora e sempre frisando que as respostas deveriam ser individuais. Após a aplicação do primeiro questionário, a professora pesquisadora solicitou que a turma fosse dividida cinco grupos de quatro estudantes de forma a atender as temáticas da Óptica Geométrica dispostas em cores no tabuleiro, logo três estudantes junto com os dois professores voluntários ficaram com as perguntas e respostas de cada tabuleiro, sendo assim cinco tabuleiros aplicados na sala com 23 alunos e dois professores voluntários. Após esse agrupamento, foi entregue um tabuleiro completo, com cartas e gabaritos conforme descrito no capítulo anterior e iniciou o jogo, a professora mediadora sempre observando os participantes do jogo. Após iniciado o jogo, percebeu-se o entusiasmo e fixação no jogo. A duração do jogo foi de aproximadamente 1 hora. Ao terminar o jogo, foram entregues os dois questionários referente a pesquisa para coleta de dados que durou 1 hora para responderem os questionários. Portanto a coleta dos dados foi feita através dos questionários e das observações durante aplicação do jogo e posteriormente será exposta na seção seguinte.

Figura 57 - Aplicação do questionário



Fonte: Arquivo do Autor

Figura 58 - Aplicação do produto educacional



Fonte: Arquivo do autor

Figura 59 - Aplicação do produto educacional



Fonte: Arquivo do autor

6.5 – Resultados e análise

Neste capítulo, apresentaremos os resultados obtidos com a pesquisa e, concomitantemente, as observações na aplicação do jogo. Foram feitas as respectivas análises com o intuito de responder às questões da pesquisa referente as temáticas: Princípios da óptica, Reflexão da luz, Refração da luz e Instrumentos Ópticos. Os resultados obtidos foram organizados em quatro grupos, conforme a estrutura do questionário (anexo no apêndice) de pesquisa usado.

Os dados que foram apresentados servirão para traçar o nível conhecimento sobre a respectiva temática. Assim, buscamos identificar a quantidade de acertos e erros encontrados no questionário. A Tabela 2 abaixo mostra o percentual de acertos e erros.

Tabela 2: Percentual de acertos e erros dos alunos nos questionários

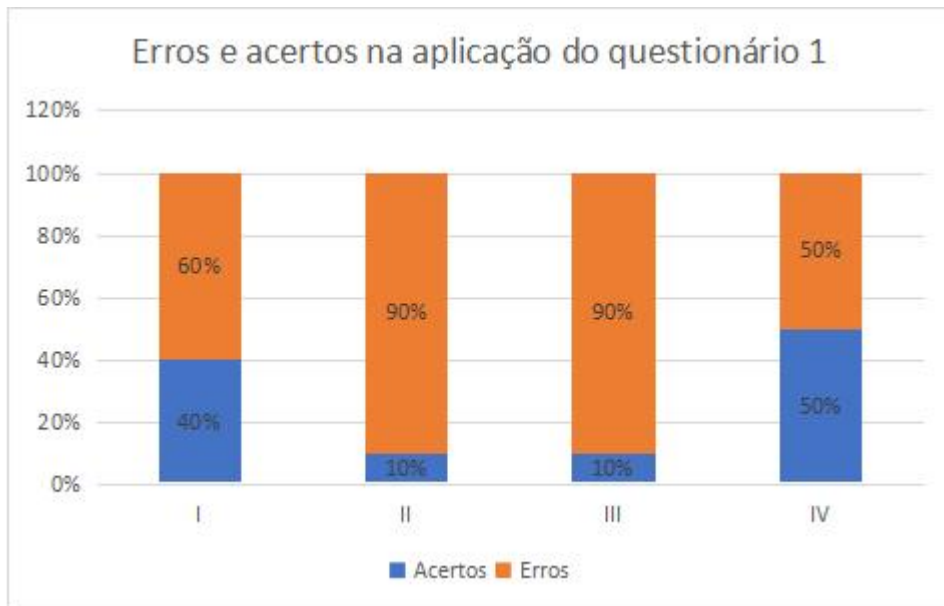
Resultados da aplicação do questionário 1 antes do jogo		
Temática	Acertos (%)	Erros (%)
I	40%	60%
II	10%	90%
III	10%	90%
IV	50%	50%

Resultados da aplicação do questionário 2 após o jogo		
Temática	Acertos (%)	Erros (%)
I	55%	45%
II	50%	50%
III	55%	45%
IV	65%	35%

Fonte: Arquivo do autor

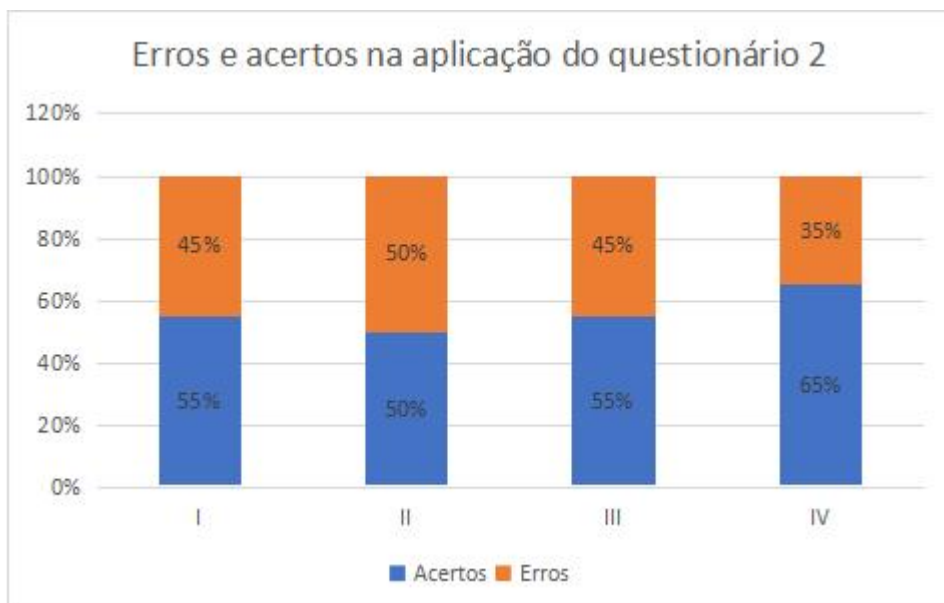
Por tratar-se de dados categóricos e excludentes, optamos pelo uso de gráficos, por permitirem melhor visualização do valor de uma categoria em relação ao todo. Veja o Gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1: Resultados do Questionário 1



Fonte: Arquivo do autor

Gráfico 2: Resultado do Questionário 2



Fonte: Arquivo do autor

A partir dos resultados que aparecem no gráfico 1 (questionário aplicado antes do jogo), mostram que os estudantes têm maior dificuldade de compreensão em reflexão da luz e refração da luz, pois só acertaram 10% das perguntas referentes a essas temáticas, enquanto na temática referente a princípios da óptica e instrumentos ópticos conseguiram responder um percentual razoável em relação as outras temáticas. Esse questionário continha conceitos com aplicações que ocorrem no cotidiano e sem resolução de problemas matemáticos.

Diante do que foi observado no gráfico 2 (após aplicação do jogo) e fazendo comparativo com o gráfico 1 (antes do jogo), percebe-se que os estudantes conseguiram compreender os conceitos e aplicações do cotidiano que continha no jogo. Principalmente referente as temáticas que demonstraram dificuldades de compreensão sendo a reflexão da luz e refração da luz. De acordo com os resultados obtidos os estudantes conseguiram saltar de 10% para 50% em reflexão da luz e de 10% para 55% em refração da luz e isso demonstra que aplicação do jogo é favorável para aprendizagem e memorização do conceitos.

Estes resultados das questões sobre o jogo demonstram que o jogo de tabuleiro pode ser usado como ferramenta pedagógica para o ensino de Física, pois despertou a curiosidade e interesse sobre a utilização dos conhecimentos do mundo físico.

Os resultados da aplicação do terceiro questionário (apêndice):

01 – Você tem dificuldade de aprender física?

50% Tenho dificuldade moderada.

50% Tenho pouca dificuldade.

De acordo com os resultados 50% têm de dificuldade e 50% tem dificuldade moderada, a justificativa dos estudantes são os cálculos que não conseguem associar a Física.

02 – Você gosta de estudar física? (Note que ter dificuldade em física e considerá-la uma matéria difícil são coisas diferentes).

60% Sim, mas considero uma matéria difícil.

40% Não, pois é uma matéria difícil.

03 - Você considera importante aprender física?

80% Sim.

20% Não

Os estudantes que responderam que Sim, justificaram que é importante para aprender aplicações utilizadas no dia a dia e para o ENEM. Os que responderam Não, justificaram que não vai ser em nada no cotidiano.

04- Você tem dificuldade de aprender Óptica?

60% Tenho dificuldade moderada.

40% Tenho pouca dificuldade

A justificativa para as respostas é aprender sem a utilização da ferramenta matemática.

05- Qual aspecto da física gera mais dificuldade no seu aprendizado?

100% O matemático, tenho dificuldade de entender os cálculos relacionados à física. (Justicar essa parte)

06- Você costuma associar seus conhecimentos de física aprendidos na escola com os eventos comuns que acontecem no seu dia a dia?

35% Não costumo ou não consigo associar.

65% Ocasionalmente associo fenômenos naturais aos meus conhecimentos.

07 – Você acha que um dia vai usar os conhecimentos de física que aprendeu na escola?

65% Sim, eu acho que os conhecimentos de física serão úteis na minha vida cotidiana.

35% Não, acho que a física só é útil para quem faz um curso superior relacionado

08 – Você acha que o jogo Ludo Newton-Huygens contribuiu de alguma forma na sua formação educacional ou social?

95% O Ludo Newton-Huygens contribuiu com minha formação educacional e social

5% O Ludo Newton-Huygens contribuiu com minha formação enquanto pessoa.

09 – Você acha importante a realização de atividades práticas como jogos e brincadeiras no ensino de física?

100% Sim, acho que contribui com o aprendizado.

**10 – Você achou divertido jogar o Ludo de Newton-Huygens?
Gostaria de experimentar outros jogos didáticos?**

90% Achei divertido e gostaria de experimentar outros jogos didáticos.

10% Achei divertido, mas não gostaria de experimentar outros jogos didáticos.

11- De maneira breve descreva sua experiência usando o Ludo Newton-Huygens.

R-1- Achei divertido e muito legal e deveria sempre sair da rotina e trabalhar mais esse jogo.

R-2-Minha experiência foi que consegui aprender mais alguma coisa mesmo sendo difícil o assunto e foi uma experiência boa.

R-3-Eu amei o jogo e aprendi muita coisa.

R-4 Foi gratificante para minha aprendizagem e uma experiência única.

Essas foram as respostas de quatro estudantes sobre a experiência usando o Ludo Newton-Huygens.

Percebe-se através dos resultados o envolvimento dos estudantes no momento da aplicação do produto e na resolução dos questionários, mas ficou perceptível que a maior dificuldade na aprendizagem em Física é o desenvolvimento da ferramenta matemática que alguns não conseguem desenvolver os cálculos e a falta de interesse pela disciplina por não servir futuramente na vida profissional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente buscamos inovação nas estratégias de metodologia de ensino e aprendizagem para que os estudantes consigam relacionar os conceitos abordados em sala de aula com a sua prática cotidiana. No ensino de Física, quando aplicamos metodologias tradicionais interligados aos cálculos matemáticos e através de aulas em formato de monólogo expositivo isso promove interferência na cognição e curiosidade dos estudantes.

O objetivo da dissertação foi utilizar a ludicidade com as práticas pedagógicas de forma evitar às aulas monótonas buscando aumentar o interesse e a receptividade pela disciplina. Com isso, foi elaborado o jogo de

tabuleiro, o Ludo de Newton-Huygens, de forma que fosse divertido, de fácil manuseio e entendimento por partes dos alunos e qualquer público que tivesse acesso. Dessa forma, foi aplicado o Produto Educacional e os estudantes foram bastantes receptivos mostrando interesse, motivação e competitividade, resgatando na memória os conteúdos abordados em sala de aula. A interação no jogo foi satisfatória, foi possível observar no olhar dos alunos uma impressão positiva para curiosidade pelo saber científico através do jogo.

Para a verificação dos resultados, foram aplicados questionários antes e após a aplicação do jogo e analisados os percentuais de acertos e erros. Os resultados foram satisfatórios após aplicação do jogo, pois os estudantes conseguiram compreender e memorizar os conceitos aplicados do cotidiano abordado no jogo.

Através dos resultados apresentados nessa pesquisa foi possível verificar a aprendizagem constituída depois da aplicação do jogo. Esses dados apresentados mostram que os alunos conseguiram desenvolver conhecimentos e habilidades em Óptica Geométrica, além de possuírem uma maior compreensão do conteúdo em detrimento da memorização e replicação mecânica.

Com aplicação desse jogo e as observações feitas em sala de aula, ficou notável a aproximação dos estudantes junto do professor e favorecendo diálogo com aberturas para as melhorias de metodologia e a forma de avaliação. Dessa forma ficou notável para os alunos as habilidades que foram trabalhadas com aplicação do jogo como: motivação, diálogo, criatividade, empatia, conhecimento científico entre outros fatores. Espera-se que essa pesquisa possa contribuir na formação e na melhoria do processo de Ensino e aprendizagem de professores e alunos.

Portanto, este trabalho foi gratificante e contribuiu significativamente para aprendizagem dos estudantes, visto que tiveram uma abordagem atrativa e despertando o interesse pela disciplina através da ludicidade. No geral, o trabalho foi de grande importância, pois nos permitiu compreender, em parte a falta de interesse dos alunos em relação a Física.

REFERÊNCIAS

BIGGE, M. L. **Teorias de aprendizagem para professores**. E.P.U. – Editora Pedagógica Universitária. EDUSP – Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1977.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, **LDB**. 9394/1996. BRASIL. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/9394.htm Acesso em: 02/Fev 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_verseofinal_site.pdf Acesso em: 26/Jan 2022.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. MEC. Brasília, 2006. Disponível em:

<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em: 26/Jan 2022.

BRENELLI, R. P. **Jogo Como Espaço Para Pensar: A construção de noções lógicas e aritméticas**. Papirus Editora, Campinas, 1996.

CAMARGO, S.; NARDI, R. **Prática de ensino de Física: marcas de referenciais teóricos no discurso de licenciandos**. Revista de Enseñanza de la Física, v. 17, n. 1, p. 23-42, 2004. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/download/8096/8963/22386>> Acesso em: 02/Fev 2022.

CARVALHO, A. M. P. **A pesquisa no ensino, sobre o ensino e sobre a reflexão dos professores sobre seus ensinamentos**. Educação e Pesquisa, v.28, n.2, p. 57-67. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ep/a/6NYnxTxFjsLRb8cZrnJN8DJ/abstract/?lang=pt>> Acesso em: 03/Fev 2022.

DE BRITO, P. P. **Uma abordagem experimental com materiais de baixo custo no ensino da óptica geométrica**. Dissertação, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Maringá, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/6013>> Acesso em: 18/Mar 2022.

DE MELO, A. C. S.; PEDUZZI, L. O. Q. **Contribuições da epistemologia bachelardiana no estudo da História da Óptica**. Ciência e Educação, v.13, n.1, p.99-126. Campinas, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/mGv9WHtJZGy96P4qfVbDCpF/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 15/Mai 2022.

DINIZ, L. A. **Dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de Óptica: Um estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso (TCC). UEPB. Campina Grande, 2015. <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/7239/1/PDF%20-%20Leandro%20Ara%C3%BAjo%20Diniz.pdf>> Acesso em 17/Mar 2022.

FOSNOT, C. T. **Construtivismo: Teoria, perspectivas e prática pedagógica**. ArtMed. Porto Alegre – RS, 1998.

HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK R. **Fundamentos de Física**. v.4 8. ed., Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. F. O.; FILHO, K. S. O. **Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 267-273. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n2/a11v29n2.pdf>> Acesso em: 18/Mar 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Censo do ensino superior 2007**. p. 64. Brasília : Inep, 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/estudoprofessor.pdf> Acesso em: 19/Jan 2022.

JANN, P. N.; LEITE, M. F. **Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia**. Ciências & Cognição, v. 15, n. 1, p. 282-293, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/192>> Acesso em: 02/Fev 2022.

MARCHÃO, A. D. J. **Ativar a construção do pensamento crítico desde o jardim-de-infância**. Revista Lusófona de Educação, n32, p. 47-58. Instituto Politécnico de Portalegre, Escola Superior de Educação. Portalegre, 2016. Disponível em: < <https://recil.ensinolusofona.pt/handle/10437/7399> > Acesso em: 15/Mar 2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias**. MEC. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em: 26/Jan 2022.

MION, R. A. et. al. **Investigação-Ação e a Formação de Professores em Física: o papel da intenção na produção do conhecimento crítico**. Tese, Programa de Pós-Graduação em Educação, Centro de Educação da Universidade Federal de Santa Catarina. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina 2002. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84114> > Acesso em: 11/Mar 2022.

MOREIRA, I. C. **Feynman e suas conferências sobre o ensino de física no Brasil**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 4 e4203. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Física. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/R9wHVCTd3D37cKHmYH88CVk/?lang=pt&format=html> Acesso em: 20/Jan 2022.

NAKANO, T. C.; WECHSLER, S. M. **O percurso da criatividade figural do ensino médio ao ensino superior**. Boletim de Psicologia, v. 56, n. 125, p. 205-219, 2006. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-59432006000200006> Acesso em: 26/Jan 2022.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. **O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais**. Revista HISTEDBR On-line, Campinas, SP, v. 10, n. 39, p. 225–249, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639728>> Acesso em: 29 jan. 2022.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física básica: Ótica Relatividade Física Quântica**. v. 4, ed. 1. Editora Blucher. São Paulo, 1998.

OLINDA, S. R. M. **A educação no Brasil no período colonial: um olhar sobre as origens para compreender o presente**. Universidade Federal de Feira de Santa. Feira de Santana, 2003. Disponível em:

<http://www2.uefs.br:8081/sitientibus/pdf/29/a_educacao_no_brasil_no_periodo_colonial.pdf> Acesso em: 28/Jan 2022.

OLIVEIRA, E. B. P.; ALENCAR, E. M. L. S. **Importância da criatividade na escola e no trabalho docente segundo coordenadores pedagógicos.** Estudos de Psicologia, v. 29, n. 4, p. 541-552. Campinas, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/estpsi/v29n4/v29n4a09.pdf>> Acesso em: 04/Fev 2022.

PARASURAMAN, A. **coleta de dados para a pesquisa acadêmica: um estudo sobre a elaboração, a validação e a aplicação eletrônica de questionário.** Marketing research. 2. ed. Addison Wesley Publishing Company, 1991.

PEREIRA, D. R.; SOUSA, B. S. **A contribuição dos jogos e brincadeiras no processo de ensino-aprendizagem de crianças de um CMEI na cidade de Teresina.** Revista fundamentos, V.3, n.2. Revista do departamento de Fundamentos da Educação da Universidade Federal do Piauí, 2015. Disponível em: < <https://comunicata.ufpi.br/index.php/fundamentos/article/view/4736>> Acesso em: 27/Jan 2022.

PEREIRA, R. F. **Desenvolvendo jogos educativos para o ensino de física: um material didático alternativo de apoio ao binômio ensino-aprendizagem.** Dissertação, Programa de Pós-Graduação Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática da Universidade Estadual de Maringá. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2008. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4438/1/000166252.pdf> Acesso em: 26/Jan 2022.

PIAGET, J. **Psicologia e Pedagogia.** Editora Forense Universitária. Rio de Janeiro – RJ, 1980.

RIOS, L. D. A. **Desenvolvimento de jogos como recurso pedagógico no ensino de física.** 2019. 143 f. Dissertação, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: < <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/40444>> Acesso em: 20/Jan 2022.

ROSA, C. W.; ROSA, Á. B. **O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais.** Revista Iberoamericana de Educación v. 58, n.2, p. 1-24 (2012). Disponível em: <<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/185048/v.58%20n.2%20p%201-24%20%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 28/Jan 2022.

SANTOS, M. E. S. **As dificuldades no ensino de física para o Ensino Médio: estudo de caso em uma escola da Rede Pública Estadual.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, 2019. Disponível em: <<https://ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/2896/1/MONIQUE%20EVES%20SOUSA%20DOS%20SANTOS.pdf>> Acesso em: 28/Jan 2022.

SILVA, B. V. C. **A popularização na ciência: a óptica de Newton no século XVIII.** HOLOS, v. 3, p. 95-104. Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Natal,

2008. Disponível em: < <https://doi.org/10.15628/holos.2008.192> > Acesso em: 16/Mar 2022.

SILVA, J. N. C. **A importância da Ludicidade no Ensino de Ciências.** Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/434>> Acesso em: 20/Jan 2022.

SILVÉRIO, A. A. **As dificuldades no ensino/aprendizagem da física.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105360/FSC0003-M.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > Acesso em: 20/Jan 2022.

TOSSATO, C. R. **A função do olho humano na óptica do final do século XVI.** Scientiae Studia, v. 3, p. 415-441, 2005. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/ss/a/S4sMvKCKNw3QrQJkzdRFdvk/?format=pdf&lang=pt> > Acesso em: 29 20/Mai 2022.

VIGOTSKI, L. S. **Imaginação e criação na infância: ensaio psicológico.** Editora ática. São Paulo – SP, 2009.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV: Sears e Zemansky: ótica e física moderna.** v. 4, ed. 14. Pearson Education do Brasil. São Paulo, 2016.

APENDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS ALUNOS

QUESTIONÁRIO

1-Materiais tais como vidro e água permitem que a luz os atravesse em linha reta. Dizemos que eles são:

- a) Translúcidos
- b) Opacos
- c) Transparente
- d) Oblíquo

2-Uma sombra é projetada quando:

- a) uma região onde os raios de luz não conseguem chegar
- b) uma região onde os raios de luz conseguem chegar
- c) Um feixe estreito de luz forma um raio

d) Surge um corpo luminoso

3-A luz se propaga:

- a) com valores diferentes de rapidez média através de materiais diferentes
- b) Com mesmos valores de rapidez média através de materiais diferentes
- c) com mesmos valores de rapidez média através de mesmos materiais
- d) Não ocorre propagação da luz

4-A luz é a única coisa que vemos com o mais notável instrumento óptico conhecido como:

- a) Lupa
- b) Luneta
- c) Olho
- d) Telescópio

5- Qual das alternativas abaixo é um meio opaco:

- a) Vidro transparente
- b) Vidro fosco
- c) Livro
- d) Ar

6- Qual das alternativas abaixo é a parte colorida do olho:

- a) Retina
- b) Bastonete
- c) Íris
- d) Pupila

7-Quando a luz sofre um desvio ao atravessar obliquamente de um meio para outro, chamamos este processo de:

- a) Reflexão
- b) Dilatação
- c) Difração
- d) Refração

8- O Sol, quando se encontra próximo ao horizonte, parece estar mais alto no céu do que realmente está naquele momento devido a:

- a) Reflexão da luz
- b) Refração da Luz
- c) Difração da Luz
- d) Interferência da Luz

9- Qual das alternativas abaixo está de acordo com a lei da reflexão:

- a) O ângulo de incidência é sempre igual ao ângulo de reflexão
- b) O ângulo de incidência é menor que o ângulo de reflexão
- c) O ângulo de incidência é maior que o ângulo de reflexão
- d) O ângulo de incidência é 2 vezes menor que o ângulo de reflexão

10-A luz que se reflete nesta página é:

- a) Reflexão especular
- b) Reflexão difusa
- c) Transparente
- d) Translúcido

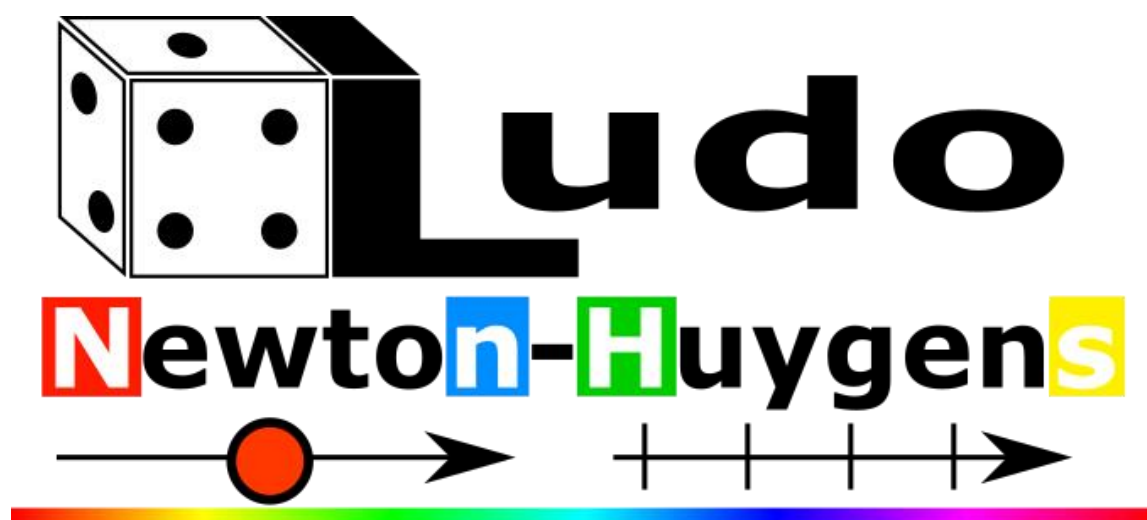
11-Os espelhos produzem excelentes reflexões:

- a) Reflexão difusa
- b) Reflexão especular
- c) Difração
- d) Refração

12- A cor de um objeto transparente depende:

- a) da cor da luz que ele transmite
- b) da não emissão de luz
- c) refração da luz
- d) difração da luz

APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL



MANUAL DE REGRAS DO JOGO

LUDO DE NEWTON-HUYGENS

Você já jogou Ludo? O ludo é um jogo de tabuleiro muito divertido para se jogar em grupo com os amigos. Se você nunca jogou não tem problema! Esta é uma adaptação do jogo original e nós vamos nos divertir bastante com ela enquanto aprendemos um pouco mais sobre a óptica geométrica.

O jogo Ludo Newton-Huygens é o produto educacional em que sua finalidade é buscar abrir novos caminhos de ensino-aprendizagem de física para o atual cenário da educação em ciência brasileiro. Trata-se de um jogo de perguntas e respostas envolvendo um tabuleiro, cartas e dados, sendo voltado para o ensino de óptica geométrica no ensino médio. O jogo é baseado na competição em grupos, o que permite consubstanciar competitividade moderada e cooperação.

O Ludo Newton-Huygens pode promover um ambiente de aprendizado antagônico às formalidades do ambiente tradicional. O jogo pode ser jogado com até quatro pessoas, cada jogador tem uma base com dois peões nela, o objetivo do jogo é mover todos os peões até o centro do tabuleiro, percorrendo todo o trajeto dele.

No jogo, os peões representam feixes de luz e esses feixes de luz podem interagir com objetos ao longo do jogo.

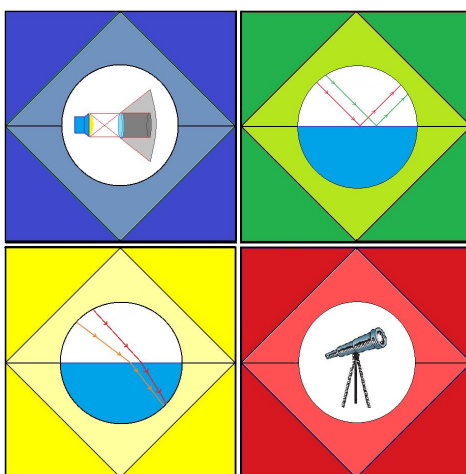
Tal qual na versão original, o Ludo de Newton-Huygens utiliza um tabuleiro quadrado, percurso no sentido horário em formato de cruz no qual os participantes devem avançar com seus marcadores.

O tabuleiro possui quatro quadrantes, em cada um há uma base referente a uma unidade temática da óptica, nas quais ficam os *peões*, que são

marcadores de posição dos jogadores no percurso. O percurso é formado por 72 (setenta e dois) quadrados, chamaremos esses quadrados de *unidade quadrante*.

REGRAS

1. Há quatro bases, cada uma é referente a uma unidade temática da óptica. Para que o jogo possa ser jogado é necessário a formação de dois a quatro grupos. Cada grupo ocupará uma das bases e a quantidade de participantes por grupo poderá ser definida pelo professor, ou o mesmo pode optar ainda por realizar individualmente;

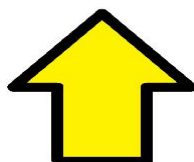


2. As bases e suas respectivas unidades temáticas serão distribuídas entre os grupos/jogadores pelo professor aleatoriamente ou mediante sorteio;
3. Para iniciar a partida todos os grupos/jogadores devem jogar o dado, aquele que obtiver o maior número inicia a partida, os demais dão sequência no sentido horário;

4. Joga-se com um dado, e os avanços dos peões no trajeto são feitos de acordo com o número obtido no lançamento do dado;

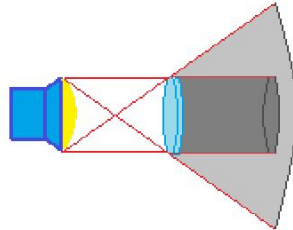


5. Para sair da base com um peão o grupo/jogador deve, ao lançar o dado, obter 1 ou 6, de modo que se o número for 6 o grupo/jogador pode lançar o dado novamente. Porém o peão só pode sair da base para o ponto de partida onde fica a seta de sua cor, ou seja, mesmo que tire 6, o peão não pode se mover mais de uma casa na primeira jogada;

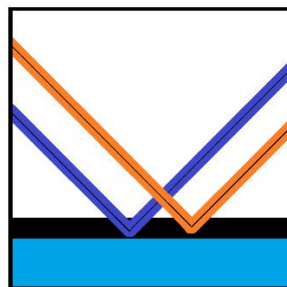


6. Se um grupo/jogador tirar 6 ao lançar o dado em qualquer momento da partida ele pode jogar novamente uma vez, mas mesmo que tire 6 na segunda jogada não poderá jogar uma terceira vez;
7. Quando já tiver um peão fora da base, o grupo/jogador, ao tirar 6 ou 1 poderá escolher entre tirar o outro peão da base ou mover seu peão que está em jogo;
8. Ao lançar o dado, o grupo/jogador pode movimentar qualquer peão, desde que esteja fora da base;
9. Quando um peão chega em uma casa já ocupada por outro da mesma equipe, ocorre uma interferência de ondas construtiva, e a intensidade da luz aumenta, fazendo com que os dois peões avancem mais 3 casas e formando uma torre que não pode ser ultrapassada por um peão de outra equipe, mas para isso o grupo/jogador deve responder uma pergunta de uma unidade temática arbitrária escolhida por ele, de modo que se errar, o mesmo deve voltar à casa que estava na jogada anterior;

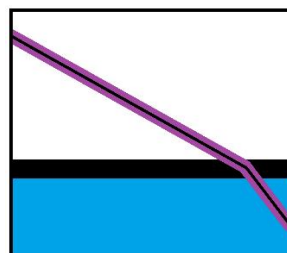
10. Quando um peão chegar a uma casa com o elemento *formação de sombra*, o grupo/jogador deve responder a uma pergunta do bloco de perguntas “Fundamentos da Óptica Geométrica”, caso o mesmo erre a pergunta, deve voltar a jogada, caso acerte deve avançar duas casas, caso chegue a uma casa com figura não interage com a mesma;



11. Quando um peão chegar a uma casa com o elemento *Reflexão*, o grupo/jogador deve responder a uma pergunta do bloco de perguntas “Reflexão”, caso o mesmo erre a pergunta, deve voltar a jogada, caso acerte deve avançar duas casas, caso chegue a uma casa com figura não interage com a mesma;



12. Quando um peão chegar a uma casa com o elemento *Refração*, o grupo/jogador deve responder a uma pergunta do bloco de perguntas “Refração”, caso o mesmo erre a pergunta, deve voltar a jogada, caso acerte deve avançar duas casas, caso chegue a uma casa com figura não interage com a mesma;



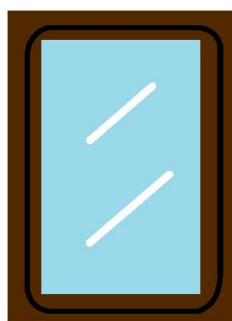
13. Quando um peão chegar a uma casa o elemento *Instrumento Óptico*, o grupo/jogador deve responder a uma pergunta do bloco de perguntas

“Instrumentos Ópticos”, caso o mesmo erre a pergunta, deve voltar a jogada, caso acerte deve avançar duas casas, caso chegue a uma casa com figura não interage com a mesma;

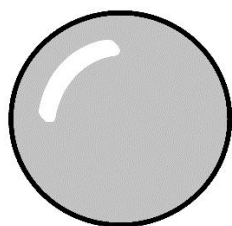


14. Cada base de cada equipe é referente à uma unidade temática da óptica, sendo: Fundamentos da Óptica Geométrica; Reflexão; Refração; e Instrumentos Ópticos; a equipe que cair numa casa com o elemento referente à unidade temática da sua base e acertar a pergunta referente pode avançar duas casas a mais, caso chegue a uma casa com figura não interage com a mesma;

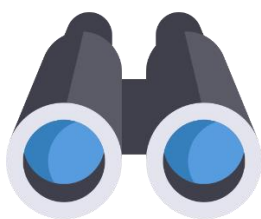
15. Quando chegar a uma casa com o elemento *Espelho Plano* o peão, que é um feixe de luz monocromática, deve ser refletido e voltar três casas.



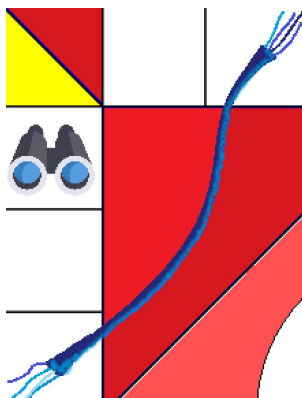
16. O elemento *lente* pode representar uma lente convergente, caso o peão chegue à dada casa a partir de um número par no lançamento do dado, ou uma lente divergente, caso o peão chegue à dada casa a partir de um número ímpar obtido no lançamento do dado;



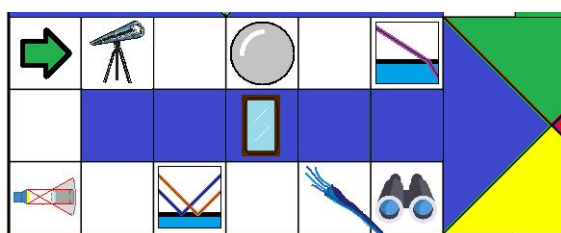
17. Quando um peão chega a uma casa com uma lente biconvexa, a luz atravessa a lente e se concentra no ponto focal localizado três casas a frente, logo o peão deve avançar três casas;
18. Quando um peão, que é um feixe de luz monocromática, chega numa casa onde há uma lente bicôncava, a luz se dispersa, e o peão volta três casas;
19. Quando o peão alcançar uma casa com o elemento *binóculo*, o grupo/jogador aumenta seu alcance de visão e pode ver a resposta da próxima pergunta da unidade temática referente à sua base;



20. Quando o peão chega a uma casa com o elemento *fibra óptica*, o mesmo, que é um feixe de luz monocromática, atravessa a fibra óptica, tanto para avançar quanto para retroceder no jogo, devendo ficar na casa onde termina o fio de fibra óptica que ele adentrou;



21. Quando um peão chega na *reta final do tabuleiro*, de sua cor, ele deve tirar o número exato de casas para chegar ao centro, de modo que se tirar mais que o necessário, o peão volta a quantidade de casas excedente;



APÊNDICE D – GABARITO DAS PERGUNTAS DAS CARTAS

GABARITO

FUNDAMENTOS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

1-E	6-C	11-C	16-E	21-E
2-C	7-C	12-C	17-C	22-E
3-C	8-C	13-C	18-C	23-E
4-E	9-C	14-E	19-E	24-E
5-E	10-E	15-C	20-E	25-E

REFLEXÃO

26-C	31-C	36-E	41-E	46-C
27-C	32-C	37-E	42-C	47-E
28-C	33-E	38-C	43-E	48-E
29-C	34-E	39-E	44-C	49-C
30-E	35-C	40-E	45-C	50-E

REFRAÇÃO

51-C	56-C	61-E	66-E	71-C
52-C	57-C	62-E	67-C	72-E
53-C	58-E	63-E	68-E	73-E
54-E	59-C	64-E	69-E	74-E
55-E	60-C	65-C	70-C	75-C

INSTRUMENTOS ÓPTICOS

76-C	81-C	86-E	91-C	96-C
77-C	82-E	87-E	92-C	97-E
78-E	83-C	88-E	93-C	98-E
79-E	84-E	89-C	94-C	99-E
80-E	85-C	90-C	95-E	100-E

APÊNDICE E – CARTAS DO PRODUTO LUDO DE NEWTON- -HUYGENS

do



MNPEF
Mestrado Nacional em
Profissional em
Educação Física



do



MNPEF
Mestrado Nacional em
Profissional em
Educação Física



MNPEF
Mestrado Nacional em
Profissional em
Educação Física



do



MNPEF
Mestrado Nacional em
Profissional em
Educação Física