



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

WILLIAM SARAIVA RODRIGUES JÚNIOR

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ÓTICA COM MATERIAL DE BAIXO CUSTO:
A INTERFERÊNCIA DA LUZ COM O ESPELHO DE LLOYD**

FORTALEZA – CE

2017

WILLIAM SARAIVA RODRIGUES JÚNIOR

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ÓTICA COM MATERIAL DE BAIXO CUSTO: A
INTERFERÊNCIA DA LUZ COM O ESPELHO DE LLOYD

Monografia apresentada ao Curso de Física
Licenciatura do Departamento de Física da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do título de
Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo
Silva.

FORTALEZA – CE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R617p Rodrigues Júnior, William Saraiva.
Uma proposta de ensino de ótica com material de baixo custo : a interferência da luz com o espelho de Lloyd / William Saraiva Rodrigues Júnior. – 2017.
45 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Física, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.

1. Ensino de Física. 2. Ótica Física. 3. Interferência da Luz. 4. Experiência de Baixo Custo . 5. Espelho de Lloyd. I. Título.

CDD 530

WILLIAM SARAIVA RODRIGUES JÚNIOR

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE ÓTICA COM MATERIAL DE BAIXO CUSTO: A
INTERFERÊNCIA DA LUZ COM O ESPELHO DE LLOYD

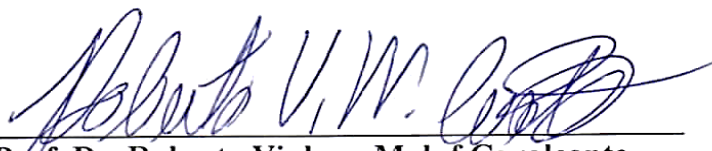
Monografia submetida à coordenação do
Curso de Licenciatura em Física da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do título de
Licenciado em Física.

Aprovado em: 19/07/2017

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcos Antonio Araújo Silva - Orientador
Universidade Federal do Ceará



Prof. Dr. Roberto Vinhaes Maluf Cavalcante
Universidade Federal do Ceará



Prof. Dr. Alexandre Gonçalves Pinheiro
Universidade Estadual do Ceará

Dedico este trabalho à, meu pai por sua sabedoria passada e por todo o incentivo e auxílio prestado durante os momentos em que pudemos conviver deste árduo caminho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcos Antônio de Araújo, pela excelente orientação e por todos os momentos de conversa que pudemos compartilhar.

Aos professores participantes da banca examinadora, Prof. Dr. Alexandre Gonçalves Pinheiro e Prof. Dr. Roberto Vinhares Maluf Cavalcante, pelas sugestões e contribuições.

Aos meus pais, minha namorada Thalia Sampaio, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Ao meus amigos, Bittencourt, Alisson, Matheus, Guilherme e colegas, pelo incentivo e pelo apoio constantes.

RESUMO

A Educação no Brasil sempre esteve inserida num ambiente repleto de mudanças, sejam econômicas, sociais ou culturais, onde reformulações e mudanças até hoje precisam ser realizadas para que a mesma seja aperfeiçoada. O Ensino de Física é um dos segmentos da educação que pode, e precisa ser melhorado, como alternativa que possibilite uma mudança no modelo tecnicista e repetitivo ainda presente no ensino de física temos como ferramenta a utilização de experimentos de baixo custo, que visa contextualizar e motivar os estudantes na compreensão daquele assunto. A proposta apresentada é a de um experimento relacionado a ótica física, área pouco trabalhado no ensino médio, onde será feito uma apresentação teórica e experimental que possibilite aos professores apresentar uma explicação adequada para a interferência luminosa e que os capacite a reproduzirem em sala de aula utilizando materiais de baixo custo o experimento realizado por Lloyd, onde é possível a observação da interferência luminosa, assim como temos no experimento realizado por Young.

Palavras-Chaves: Ensino de Física – Ótica Física – Interferência da Luz – Experiência de Baixo Custo – Espelho de Lloyd

ABSTRACT

The Education in Brazil has always been inserted in an environment full of change economic, social or cultural where reformulations and changes until today must be realized for it to be perfected. The teaching of physics is one of the segments of education that can, and needs to be improved, as an alternative that allows a change in the technical and repetitive model still present in physics teaching we have as a tool the use of low cost experiments, which aims to contextualize and motivate students in understanding that subject. The proposal presented is that of an experiment related to physical optics, a little worked area in high school, where a theoretical and experimental presentation will be made to enable teachers to present an adequate explanation for light interference and to enable them to reproduce in the classroom using low cost materials the experiment performed by Lloyd, where it is possible to observe the light interference, as we have in the experiment performed by Young.

Keywords: Physics Teaching – Physical Optics – Light’s Interference – Low Cost Experiment – Lloyd’s Mirror

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. A EDUCAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	15
2.1.2 O Ensino de Ótica na Educação Brasileira.....	21
2.1.3 O Ensino de Física por Meio de Experimentos.....	22
3. PROPOSTA DE ENSINO DA INTERFERÊNCIADA LUZ	24
3.1 Modelo para Ensino de Ótica.....	24
3.1.2 A Ótica Física.....	25
3.1.3 A Interferência Luminosa e o Experimento de Young	26
3.1.4 Difração da Luz	30
3.1.5 Polarização da Luz	31
3.1.6 O Espelho de “Lloyd” e a interferência luminosa	32
3.1.7 Montagem do Espelho de Lloyd.....	34
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE A INTERFERÊNCIA LUMINOSA	39

1. INTRODUÇÃO

*"No princípio, Deus criou os céus e a terra. A terra estava informe e vazia; as trevas cobriam o abismo e o Espírito de Deus pairava sobre as águas. Deus disse: "Faça-se a luz!" E a luz foi feita."*¹

Desde a mais remota antiguidade tem-se conhecimento da luz. Sua origem e natureza sempre foram intrigantes objetos de estudo para diversos filósofos, que tentaram encontrar maneiras de responder as perguntas primordiais para o entendimento daquilo que, para eles, era considerado um incrível fenômeno da natureza.

Para nós, o primeiro contato que temos com a luz ocorre durante o nascimento, a partir de então passamos grande parte da nossa vida tendo contato com ela, mesmo sem saber sua origem ou natureza. Embora até os dias atuais inúmeras perguntas ainda permaneçam sem respostas concretas para explicar e solucionar alguns mistérios da natureza, a da luz foi um dos primeiros fenômenos a ser perseguido e investigado por filósofos antigos. A luz era, e ainda é, o grande responsável por gerar incríveis fenômenos e por aguçar um dos nossos principais sentidos: a visão. Sendo um dos principais sentidos, a visão, tornou-se rapidamente um objeto de estudo no período compreendido entre 600 a.C. – 500 a.C. e mais ainda os fenômenos que a excitavam. Não é de estranhar o fato de a descoberta do fogo ter atraído para si a atenção de nossos mais antigos ancestrais, que ao se depararem com aquela explosão de luz ficavam maravilhados e se sentiam poderosos, mesmo que momentaneamente, por possuir algo que para eles tinha uma origem inexplicável. A partir de então, o homem passou a buscar formas de entender e explicar como era possível aquele fenômeno gerar luz, e futuramente, como que ocorriam outros fenômenos relacionados à luz.

Figura 1 – Homem e a descoberta do fogo.



Fonte: <http://hypescience.com/wp-content/uploads/2011/03/descobertafogo.jpg>

¹ Gênesis 1, 1-3.

De acordo com Armando (1982), em seu livro, nos primórdios, acreditava-se que a luz era originada nos olhos, que possuíam dentro deles um dos quatro elementos da natureza: o fogo. Um dos primeiros a propor uma hipótese que explicasse o fenômeno da luz, e por consequência a visão foi Pitágoras (540 a.C – 500 a.C), que propôs a hipótese de que os olhos eram os órgãos responsáveis por emitirem raios que ao colidirem com objetos, gravavam suas informações e ao retornarem, traziam consigo informações que possibilitavam a nós enxergarmos tais objetos. Tal ideia foi abandonada com o avanço dos estudos sobre a fisiologia humana. Contudo, o homem sempre procurou buscar formas de explicar a natureza da luz.

Ainda segundo Armando (1982), Aristóteles (384 a.C – 322 a.C) foi um dos primeiros a se destacar, não somente por sua fama, mas também por acreditar na natureza ondulatória da luz, ele acreditava que a luz era uma espécie de fluido imaterial. Ela chegava aos nossos olhos por meio de "ondas" que arrancavam uma microscópica camada dos átomos dos objetos e assim traziam consigo informações que eram interpretadas pelo nosso cérebro e formavam as imagens dos objetos. Tal hipótese era contrária ao que pensava Empédocles (492 a.C – 432 a.C) e Platão (427 a.C – 347 a.C) que acreditavam serem os corpos luminosos, os emissores de pequenas partículas que possibilitavam a nós a visualização dos objetos. Podemos então notar a existência de duas concepções para a natureza da luz a primeira que pensava a luz como sendo formada por pequenas partículas e segunda como sendo a luz se originando de uma interação existente no meio entre os objetos e os olhos.

EUCLIDES (330 a.C), um dos grandes defensores das ideias de Pitágoras, que acreditava ser a luz originária dos olhos, é considerado por muitos como o “pai da geometria”. Euclides foi um dos primeiros a estudar a geometria da visão, onde deixou de lado o estudo de sua natureza, haja vista que tal estudo não possibilitava sua análise geométrica. Seus principais estudos nessa área basearam-se em argumentos geométricos, que conseguiram identificar que a luz se propagava de forma retilínea. Euclides também formulou teorias que explicavam o princípio da reflexão da luz proposta por Aristóteles.

Outro que também era adepto da teoria de Pitágoras sobre a origem da luz era Ptolomeu (90 d.C. – 168 d.C.) que, dentre suas contribuições, podemos destacar os seus valiosos estudos sobre a refração da luz e estudos feitos sobre o campo visual. Uma das ideias defendidas por Ptolomeu era que as cores dos corpos são uma propriedade intrínseca deles.

Embora nos acostumemos com a ideia de que foram os gregos os grandes responsáveis por muitos dos avanços no campo científico, nos esquecemos que muitos estudiosos em outros lugares do mundo também tiveram papéis importantes no avanço da ciência, em especial na descoberta e estudo da natureza da luz. Temos como exemplo os árabes e chineses que também possuíam alguma noção de ótica. Foram eles que introduziram o conceito de raio luminoso, desenvolveram queimadores inicialmente construídos por Arquimedes que utilizavam como fonte a luz proveniente do sol, e que, diferentemente do que acreditavam alguns filósofos gregos, atribuíram a origem da cor não a uma propriedade característica de cada objeto e sim a algo que era característico da luz. Pois, sem luz, as cores não poderiam ser visíveis.

Revolucionário para a sua época, Roberto Grosseteste (1168 – 1253) foi um dos precursores do método de pesquisa científica, Grosseteste acreditava que a ciência se originava da observação de fenômenos pelo homem, e a finalidade da ciência seria encontrar respostas que explicassem aqueles fenômenos. Por conta de seu envolvimento religioso, Grosseteste acreditava que a luz era originada da primeira forma de matéria-prima criada por Deus. Embora tivesse grande conhecimento sobre diversos campos da ciência, por conta de seu estudo sobre a origem da luz, Grosseteste optou por focar seu estudo no campo da ótica. Juntamente com seu mais brilhante aluno, Roger Bacon, ambos produziram trabalhos experimentais que possibilitaram o desenvolvimento dos primeiros óculos, que futuramente foram aprimorados e originaram o telescópio e o microscópio. Outra descoberta realizada naquela época que futuramente teria grande utilidade foi a descoberta feita por Leonardo da Vinci (1452 – 1519) que com base em seus estudos sobre fenômenos óticos, criou a câmera escura que foi o projeto de partida para a criação da máquina fotográfica e filmadora.

Com base no que já foi apresentado, podemos constatar que o campo da ótica já se tornara uma área em que o homem já possuía profundo saber. Entretanto, a natureza da luz ainda era algo incerto para muitos cientistas, principalmente para René Descartes (1596 – 1650) que buscou tentar desvendar a natureza da luz. Em seus estudos, Descartes acreditava que uma emissão de caráter corpuscular vibratória tinha como consequência a origem da luz que acabava por gerar uma pressão sobre outras partículas. Além disto, Descartes conseguiu também reformular a lei da refração dando a ela a forma que atualmente conhecemos.

Acredita-se que o único erro cometido por Descartes em seus estudos no campo da ótica seria acreditar que a velocidade de propagação da luz aumentaria em meios mais densos do que em meio menos densos, ideia refutada por Pierre Fermat (1601 – 1665) que verificou experimentalmente o fato de em meio menos densos a velocidade de propagação da luz ser maior se comparada com a velocidade de propagação da luz em meios mais densos. Na mesma época, durante a realização de um experimento, um interessante fenômeno chamou a atenção de um padre italiano, era Francesco Grimaldi (1618 – 1663), que ao observar a formação da sombra de uma objeto delgado, iluminado por uma fonte de luz que passava por um pequeno orifício dentro de uma caixa escura, onde esperava-se encontrar a sombra bem definida sendo formada dentro da caixa escura, foi percebida a formação de uma sombra que possuía zonas mais claras e mais escuras que alternavam-se entre si nas bordas da sombra projetada do objeto delgado. O que Grimaldi acabara de presenciar era o fenômeno da difração, que mais tarde levou Grimaldi a deduzir que a luz tinha uma natureza vibratória. Com base nessa teoria seria possível explicar como as diferentes cores eram obtidas quando a luz proveniente do sol atravessava um prisma, que seria por conta da alteração de uma das velocidades vibratórias que aconteceriam no fluido que atuam sobre os olhos, é possível comparar tal fenômeno ao que acontece com o som.

Sentindo-se interessado pela teoria proposta por Grimaldi acerca da cores, Robert Hooke (1635 – 1703) propôs um modelo onde o movimento da luz se dava por ondas que se propagavam com velocidades bastante elevadas. Embora, fosse uma ideia interessante, nem mesmo aqueles que acreditavam na teoria ondulatória da luz deram atenção para aquela ideia proposta por Hooke. Coube a Christiaan Huygens (1629 – 1695) aperfeiçoar a ideia de Hooke sobre o movimento ondulatório da luz. Huygens, com base nos conceitos de frente de onda, que atualmente tratamos como o Princípio de Huygens, publicou em seu livro “*Traite de La Lvmiere*” estudos feitos sobre a reflexão e a refração de ondas, atribuindo à luz esse caráter vibratório. Por meio dos conceitos de frente de onda, Huygens conseguiu explicar a reflexão e a difração observada no experimento de Grimaldi, além da lei da refração observada por René Descartes. Além disto, Huygens conseguiu verificar assumindo esse movimento ondulatório que a velocidade de propagação da luz aumenta em meio menos densos do que em meios mais denso, ideia já apresentada anteriormente por Fermat.

Figura 2 – Ilustração da teoria ondulatória para a Luz, pelo Huygens.



Fonte: <http://www.gutenberg.org/files/14725/14725-h/images/pg017.png>

A afirmação feita por Huygens, que a luz possuía um caráter ondulatório, gerou o descontentamento de diversos físicos, que não acreditavam que a luz possuía este caráter. Isaac Newton (1643 – 1727) questionava a formação das sombras, se a luz se comporta como onda, ela poderia contornar os objetos e assim iluminar a porção atrás dos objetos. Tentando explicar este fato, Isaac Newton elaborou um experimento sobre a dispersão da luz, utilizando prismas. Como não haviam argumentos que comprovassem a existência da sombra, segundo a teoria ondulatória, e devido a sua forte influência, ele propôs uma teoria corpuscular para explicar a natureza da luz. Baseado nessa teoria, Newton conseguiu explicar algumas leis da ótica, como a refração, difração observada por Grimaldi e a da reflexão, onde fez uma analogia argumentando que quando um objeto colide com outro objeto situado sobre um plano horizontal, o objeto retorna formando com esse objeto o mesmo ângulo que possuía antes de se chocar, explicando assim o fenômeno da reflexão. Outro ponto também abordado por Newton foi sobre a composição da luz branca, devido aos seus inúmeros estudos feitos utilizando prismas, ele chegou à conclusão de que a luz branca era composta pela mistura de várias cores, onde cada cor pertencia a uma partícula diferente e quando todas estavam agrupadas originavam a cor branca, algo que hoje sabemos que está errado. Newton também errou em algumas de suas previsões, como a que afirmava que a velocidade de propagação da luz aumentava quando ela passava de meios menos densos para meios mais densos.

Figura 3 – Teoria Corpuscular para a Luz.



Fonte: <http://professorbiriba.com.br/boilerplate/img/img-colegio/experiencia-prisma-newton.jpg>

Eis então que chegou um momento na história em que temos o conflito de duas ideias totalmente distintas e que por mais estranho que possam parecer conseguem explicar de pontos de vista diferentes fenômenos da ótica. Desse embate, saiu vencedor, em grande parte por conta de sua fama, a teoria corpuscular proposto por Isaac Newton.

Embora fosse algo impensável, contestar as ideias levantadas por um cientista tão famoso quanto Newton, Thomas Young (1773 – 1829) que acreditava no movimento ondulatório da luz, motivado pelos estudos sobre a visão, questionou algumas das afirmações feitas por Newton, para ele alguns fenômenos da ótica eram melhores explicados se fosse adotado a teoria ondulatório para a luz.

Um dos seus experimentos, o experimento de dupla fenda, conhecido popularmente por fendas duplas de Young, foi o grande responsável por colocar um fim nessa disputa que perdurou por mais de um século no que se tratava a natureza da luz, até os dias de hoje este experimento é um dos experimentos mais famosos e importante produzido por Thomas Young. Adepto da teoria ondulatório da luz, Young acreditava que se a luz se comportava como onda e ao encontrar uma outra onda tais ondas poderiam se juntarem como o que acontece no mar, e assim formarem pontos onde elas se anulam, e pontos onde elas se

intensificam, foi assim que Young descreveu seu experimento de dupla fenda, ao observar que quando as fendas eram iluminadas por uma fonte coerente havia a formação de faixas claras e faixas escuras no anteparo situado do outro lado da fenda.

Assim, motivado pelos estudos realizados nesse campo da física, e após observações do cotidiano. O presente trabalho tem como objetivos: a busca de tentar encontrarmos uma solução, ou a diminuição, para a problemática relacionada ao ensino-aprendizagem de física. Onde será proposto um modelo de ensino de ótica física, que contará com o material necessário para o bom entendimento da física relacionada àquele assunto, e como alternativa para tentar sanar as dificuldade apresentada pelos professores na utilização de experimentos, traremos um experimento de baixo custo relacionado também a ótica física.

Apresentaremos no capítulo seguinte um apanhado histórico sobre a evolução da educação brasileira e o ensino de física até os dias de hoje. Iremos focar nossos estudos no ensino de ótica e o ensino de física por meio de experimentos.

No cap. 3 iremos apresentar uma proposta pedagógica para o ensino de ótica física, onde será fornecido o embasamento teórico para tal e apresentaremos a proposta de experimento de ótica física com o Espelho de Lloyd.

No último capítulo fazemos nossas considerações finais.

2. A EDUCAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

Considerada por muitos como a principal ferramenta de transformação social e meio de integração do homem na sociedade, a educação passou por muitas mudanças até chegar no que conhecemos atualmente no Brasil. No início dessa colonização, uma das grandes preocupações por parte daqueles que aqui chegaram foi com relação a administração daquele imenso território, que logo resultou na divisão das terras num sistema chamado de capitânicas hereditárias. Nesse sistema, os donatários recebiam grandes porções de terra que deveriam ser administradas por eles, podendo escravizar indígenas e vendê-los, fundar povoados e cobrar taxas sobre o que era produzido e vendido em sua capitania. Assim, deu-se início a um modelo de sociedade patriarcal e aristocrática, baseada na economia agrícola de exploração e que possuía um sistema escravocrata onde os donos de terras tinham um poder praticamente ilimitado. Desta forma, em uma sociedade onde era adotado este modelo de funcionamento não era viável fornecer uma educação, se não aquela que propiciasse a continuidade do *status quo*.

Os primeiros trabalhos na área de educação no Brasil foram realizados por padres jesuítas integrantes da Companhia de Jesus. Eles tiveram o papel de converter aqueles que aqui habitavam para a religião católica e pregar o sentimento de submissão ao homem branco. Segundo Rosa (2012), durante cerca de duzentos anos seguidos, os padres jesuítas foram os responsáveis pela educação na colônia. Acredita-se que a longevidade do domínio da Companhia de Jesus sobre a educação se deu por conta da importância que ela possuía em fortalecer o sistema sociopolítico da época e a economia. Alves (2005) relata que durante este período foi adotado um modelo em que o tipo de ensino ofertado a população era decidido com base no seu nível de conhecimento e era centrado no ensino de matérias relativas as ciências humanas.

Por volta do ano de 1750, após assumir a administração e o governo de Portugal, Marquês de Pombal trouxe grandes mudanças não somente para a coroa portuguesa, mas também para as suas colônias. Por meio de uma de suas reformas, os jesuítas foram expulsos e o domínio sobre a educação que pertencia aos jesuítas foi retirado e transferido para o Estado. Embora o responsável pela educação houvesse mudado, segundo Rosa (2012), uma das poucas alterações geradas por essa mudança foi a finalidade do ensino empregado na

colônia, que deveria estar a serviço dos interesses civis e políticos do Estado. Apesar de os jesuítas terem sido expulsos, o modelo educacional implantado continuou a ser propagado, muitos dos professores que lecionavam nas escolas eram os mesmos. Como resultado de tais mudanças, gerou-se uma queda na qualidade de ensino.

Uma maneira encontrada pelo Marquês de Pombal para tentar solucionar o problema gerado com a expulsão dos jesuítas do Brasil, foi a instauração de um imposto denominado de subsídio literário, que seria utilizado para custear as despesas com os professores. Outra medida adotada foi instituir as Aulas Régias, onde as aulas que eram gerenciadas pela igreja passaram a pertencer ao Estado. As aulas que eram ministradas por um professor apenas, tornaram-se agora aulas avulsas e ministradas em instituições de ensino secundário denominadas de Liceu, onde os professores para lecionar teriam de ser professores concursados. Segundo, Zotti (ZOTTI, 2005, p.43-4), “a herança colonial em relação ao ensino secundário, foi uma série de aulas avulsas e dispersas, que tinham por único objetivo o ingresso nos cursos superiores. Essa situação permanece até meados de 1830”.

A educação no Brasil começou a apresentar avanços somente durante o século XIX quando D. João VI, aqui residente há mais de duas décadas, criou o ensino superior não-teológico, dando origem às Academias Reais Militares, ao Jardim Botânico, ao Museu Real e dentre outras. Contudo, embora tivesse proporcionado a criação de centros culturais e educacionais no Brasil, nem todos da sociedade tinham acesso a estes locais, continuando assim, grande parte da população sem possuir acesso à educação.

Em 1834, D. João VI publicou o Ato Institucional que tirou a responsabilidade do governo quanto ao ensino primário e médio, e os colocou sobre a responsabilidade das províncias, deixando sob o controle central somente o ensino superior. Porém, devido à falta de recursos das províncias, e à lei que proibia o Governo de prestar auxílio ao ensino básico, o gerenciamento do ensino primário e médio pelas províncias foi prejudicado. Desta forma, o ensino médio de qualidade passou a ser oferecido apenas nas escolas particulares, pois possuíam uma melhor estrutura.

Durante o século XIX, uma das preocupações da educação, e característica do ensino secundário, era o de preparar os alunos para o ingresso nos cursos superiores. Rosa (2012)

destaca o Colégio D. Pedro II, que adotava o modelo francês de ensino, oferecendo uma escolarização seriada e onde eram também realizados os exames de seleção para o ingresso em cursos superiores. Como maneira de melhor preparar os alunos que iriam ingressar no ensino superior, além das disciplinas já presentes no currículo do ensino médio foram adicionadas disciplinas como as de ciências físicas e da natureza, história e geografia. Contudo, a educação passou a ganhar uma maior importância somente no final do período imperial.

Com o fim do período imperial e a proclamação da república, mudanças sociais e econômicas no país geraram transformações no ensino primário. O ensino básico passou a apresentar fortes ideias positivistas, influenciadas pelo grupo comtista e pelas reformas feitas por Benjamin Costant que culminaram posteriormente na inclusão das disciplinas de ciências fundamentais no ensino primário.

Apesar de trazerem um progresso para o ensino de ciências na República, as medidas adotadas não surtiram muito efeito no que diz respeito a uma mudança no modelo de ensino. De acordo com Almeida Júnior (1980) "[...] As aulas continuaram expositivas, poucas vezes demonstrativas, e o método de estudo permanecia o mesmo – memorização e repetição mecânica de princípios e de leis." (ALMEIDA JUNIOR, 1980, p. 56).

Como medida para mudar a situação em que se encontrava a educação, surge em 1903 um projeto de lei que torna necessário a implementação de laboratórios para se desenvolver o estudos nas disciplinas de Física e de Química. Contudo, os resultados encontrados não foram aqueles que se esperavam. Ainda de acordo com Almeida Júnior (1980), chegou-se a seguinte conclusão

Todas as reformas do ensino secundário, no primeiro período republicano, mostraram grande hesitação além de absoluta falta de espírito de continuidade no estudo e nas soluções dos problemas fundamentais de organização educacional, quando não ofereciam diretrizes e quadros esquemáticos excessivamente rígidos que cerceavam a liberdade das escolas organizarem seus laboratórios e desenvolverem seus próprios métodos. A educação ilusoriamente científica de inspiração comteana ficou longe de realizar uma legítima formação de cientistas por meio de profundos estudos das ciências exatas, sem detrimento da parte experimental [...]. (ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p. 59).

Segundo Rosa, em 1920 a educação deixou de ser algo que era discutido isoladamente e passou a se tornar um problema que deveria ser encarado amplamente. Tudo isso culminou, futuramente, na criação da Associação Brasileira de Educação – ABE, composta por membros de outros países, tornando assim o estudo da problemática em que se encontrava a educação algo mais complexo.

Com a queda da República Velha, em 1930, iniciou-se uma fase de grandes mudanças econômicas, que passou a se basear em um estrutura urbana e industrial. A partir deste momento, a educação passa a ser vista como ferramenta de desenvolvimento social e econômico da nação. Embora a educação tivesse sofrido mudanças, novamente elas não surtiram tanto efeito quando o esperado pois os modelos utilizados para o ensino de física e ciências naturais permaneciam os mesmos.

Sobre o Ensino de Física no Brasil, Rosa comenta que começou a aparecer de maneira mais concreta a partir do ano de 1937, no período em que foi inaugurado o Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro. Nesse período as aulas eram expositivas, tendo como foco a preparação para exames, objetivando o seguimento dos estudos.

Durante a evolução do ensino de ciências (física) no Brasil é possível constatar a ausência de políticas governamentais voltada para a melhoria e o desenvolvimento da educação científica. Apesar disso, verifica-se que houve tentativas de reverter esse quadro. Porém, obtiveram resultados contrários aos esperados, haja vista que o ensino de ciências foi prejudicado pelas reformas propostas. Desde o período colonial até pouco mais da metade do século XX, a atenção voltada para estas áreas de ensino acabaram por tornarem o ensino de tais disciplinas em algo que se baseia na repetição de um modelo de ensino expositivo, baseado na memorização de conceitos. Para que pudessem ser utilizados em exames de admissão de cursos superiores. Arelado a isto, temos professores mal formados, ausência de materiais de laboratório em muitas das instituições de ensino básico. Além do despreparo prático e experimental dos professores (ALMEIDA, 1980; KRASILCHIK, 1987; MOREIRA, 2000). Como agravante ainda temos:

[...] baixa remuneração dos professores que, por isso mesmo, são obrigados a se desdobrar em mais de um emprego ou escola, dando números exagerados de aulas por dia. E que por isso não tem tempo para se dedicar a um aperfeiçoamento, a uma atualização mesmo domiciliar e bibliográfica ou, o que é mais sério, sem tempo para preparar as próprias aulas. (ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p.66).

Embora o primeiro curso superior de Física tivesse sido criado no ano de 1934, o ensino de física no Brasil passou a ser visto com outros olhos após a chegada da industrialização. A implementação em outros países de projetos norte americanos, como exemplo de um deles, o Physical Science Study Commitee – PSSC. Que tinha como objetivo desenvolver e melhorar a qualidade de conteúdos científicos e tecnológicos produzidos. Isto seria feito através de uma abordagem com a utilização de manuais de experimentos (roteiros de práticas) que poderiam facilmente serem reproduzidos, e contribuir para uma melhor aprendizagem dos alunos. Apesar de ser um projeto inovador o projeto pecou em focar-se apenas na apresentação dos experimentos. Esquecendo que a aprendizagem sobre aquilo que estava sendo estudado se configurava como algo importantíssimo para os estudantes. Moreira (2000) destaca tais pontos comentados anteriormente:

(...) os projetos foram muito claros em dizer como se deveria ensinar a Física (experimentos, demonstrações, projetos, "hands-on", história da Física), mas pouco ou nada disseram sobre como aprender-se-ia esta mesma Física. Ensino e aprendizagem são interdependentes; por melhor que sejam os materiais instrucionais, do ponto de vista de quem os elabora, a aprendizagem não é uma consequência natural. (MOREIRA, 2000, p.95)

Poucas mudanças foram observadas após a implementação deste projeto no Ensino de Física. Uma delas pode ser atribuída aos altos custos dos materiais que impossibilitavam às escolas a aquisição dos mesmos, prejudicando a correta execução do projeto. Atrelado a isso, ainda havia a má formação dos professores, que contribuía para a perpetuação de um modelo conteudista experimental. Modelo ainda observado atualmente.

Após mais de 10 anos transitando na Câmara e outras casas, a Lei de nº 4.024, intitulada como a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, foi enfim sancionada em 1961.

Em seu texto é possível observar o interesse de se manter a configuração que havíamos para o ensino médio. Contudo, possibilitava o trânsito dos alunos entre os diferentes ramos do ensino – industrial, agrícola, comercial, secundário e normal. Permitindo acesso ao ensino superior por meio de vestibulares que poderia ser feito pelos alunos de qualquer uma das modalidades de ensino, fato observado por Saviani (2004, p.39). Além disso, a lei projetava a autonomia dos estados quanto ao ensino, por meio da descentralização na esfera federal. A lei permitia que os estados ou instituições de ensino pudessem adicionar ou excluir disciplinas ao currículo, mas exigia que fossem seguidos o currículo mínimo

nacional para que assim fosse possível guiar toda a educação (ROMANELLI, 1978, p.181). Embora trouxesse essa flexibilidade para os estados e instituições de ensino em relação ao que deveria ser ensinado. Por conta de diversos fatores, muitos estados optaram por não realizarem mudanças. Permaneceram os currículos antigos, ou tentaram improvisar algumas poucas mudanças. Aqui mais uma vez podemos notar que o Estado possibilitava a liberdade aos estados para fazerem suas mudanças de acordo com suas necessidades. Contudo, não fornecia os recursos e os meios para que elas pudessem ser concretizadas.

Como marco da década de 60 tivemos grandes mudanças no campo da ciência que foi impulsionada pelos discursos norte-americanos de que somente uma melhoria no campo científico possibilitaria o desenvolvimento da nação e melhoria na qualidade de vida. Desta maneira, Krasilchik (1987, p.15-16) relata que alterações foram feitas no currículo de Ciências como a criação da disciplina de *Iniciação a Ciências*. Incluída desde a primeira série ginásial e aumentando o número de horas-aulas nas disciplinas de Física, Biologia e Química. É notório a tentativa de introduzir o conhecimento científico como parte do desenvolvimento das ciências. Contudo, Krasilchik (1987, p.16) comenta que a influência dos exames vestibulares e sua exigência de conhecimento ao nível de memorização também contribuíram para aumentar a resistência às mudanças e melhorias desejadas.

Já ultrapassada para a época, a então Lei de nº 4.024 de 20/12/1961, foi substituída no ano de 1996 pela Lei de nº 9.394/96 de 20/12/1996, devido aos avanços tecnológicos e o desenvolvimento das teorias educacionais. Atualmente essa é a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, adotada em nosso país.

Segundo Rosa (2012), podemos compreender que a nova LDB baseia-se em ideias básicas, a necessidade de formação do cidadão; a preparação para o mundo do trabalho; e a premência de o estudante continuar aprendendo. Assim, como a Lei de nº 4.024, a atual LDB também permite a flexibilidade dos estados no que diz respeito à elaboração do currículo. Todavia, a novidade é a elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCNEM, que poderiam ser utilizados como referência pelas escolas para a elaboração de seus currículos.

Com a reformulação da LDB é possível notar a preocupação dos governantes e estudiosos em melhorar o ensino no Brasil. Contudo, as dificuldades encontradas para a sua completa aplicação ainda são enormes. O ensino de física, ainda se baseia em um modelo antigo onde são expostas teorias aos alunos sem nenhuma tentativa de contextualização com algo presente em sua realidade e na memorização de fórmulas.

2.1.2 O Ensino de Ótica na Educação Brasileira

É notório a deficiência e dificuldade apresentada por alunos na disciplina de Física e inúmeras são as pesquisas que demonstram isto. Algo que é comum a todas é o fato de elas parecerem abordar o mesmo problema: o ensino de Física no Brasil continua sendo um ensino enciclopédico, que utiliza uma metodologia ultrapassada. Na grande maioria dos casos, o ensino de física se dá por meio de apresentação de conceitos pertinentes a fenômenos físicos onde em poucos casos existe uma preocupação com a familiarização do aluno e aquele assunto. Como consequência, o aluno passa a entender que o simples fato de memorizar fórmulas já é o suficiente para o entendimento daquele assunto. Tal problemática é algo apresentado praticamente em todos os segmentos da física. Entretanto restringiremos nossa abordagem para o campo da ótica.

Um dos papéis atuais da escola é o de construir elos entre o conhecimento teórico e fenômenos presentes em nosso cotidiano. Contudo, o que se nota é um educação que ainda se apresenta centrada em conhecimentos teóricos. Poucas vezes, ou quase nunca, buscam a contextualização entre o conhecimento que se é ensinado em sala de aula e temas cotidianos, algo presente e relevante para os alunos. Na ótica possuímos diversos avanços e situações cotidianas que poderia e deveriam ser utilizadas para contextualizar determinados conhecimentos relacionadas a eles. Essa estratégia deveria ser utilizada com o intuito de fomentar nos alunos questionamentos e indagações. Como aquele fenômeno pode estar relacionado com aquela assunto teórico, para posteriormente o professor apresentar respostas para eles.

De acordo com Moraes 2005,

Utilizar a pesquisa em sala de aula é propiciar aos alunos um envolvimento interativo de perguntar e responder, de construir desafios e procurar soluções para eles. Mas é importante que os alunos não apenas se envolvam na solução de

problemas elaborados pelo professor, mas que eles próprios participem em sua formulação. (MORAES, 2005, p. 114).

O ensino de ótica no ensino Médio se apresenta quase em sua totalidade por meio da ótica geométrica. Estudos são realizados sobre espelhos, lentes e outros instrumentos óticos. Neles, conceitos geométricos são suficiente para sua explicação. Contudo, pouca atenção, ou quase nenhuma é dada para a ótica física. Neste segmento, os conceitos geométricos já não são mais suficientes para explicar a ocorrência do fenômeno.

Por muitas das vezes a ótica física é esquecida pelos professores, ou simplesmente se resume a breves explicações sobre o comportamento da luz, a interferência e difração luminosa. Deixando de lado seus fenômenos e grandes avanços obtidos em sua área.

2.1.3 O Ensino de Física por Meio de Experimentos

A utilização de atividades experimentais para o ensino de física é uma estratégia de ensino que atualmente vem sendo amplamente utilizado por professores. O fato de os alunos se depararem com experimentos que conseguem reproduzir fenômenos da natureza e captar e entender os conceitos pertinentes àquele assunto, tornou-se uma ferramenta importantíssima para os professores. Por meio dessa ferramenta, os professores podem transformar suas aulas de física em momentos divertidos e atraente para os alunos. Possibilitando a oportunidade de modificar a visão do aluno sobre a disciplina de física, que popularmente é conhecida por ser complicada e de difícil abordagem.

Um ponto que deve ser abordado trata sobre a finalidade da utilização dos experimentos pelos professores. Embora possa ser uma maneira alternativa de se abordar determinados assuntos, ao se utilizar tais ferramentas, os professores devem atentar-se ao fato de ter em mente o conteúdo que se deseja abordar e o conhecimento que se esperar ser construído pelo aluno. Assim, evitaremos criar apenas um evento lúdico e sem real significância no aprendizado dos estudante. Uma das possibilidades seria o professor tentar buscar respostas, questionando os conhecimentos já existentes dos alunos sobre a atividade que está sendo executada. Para então, com base em suas respostas, nortear os alunos para o que se espera que eles compreendam sobre a atividade.

Mesmo os professores tendo conhecimento sobre experimentos, muitos deles optam por não fazerem uso. Isso se deve a diversos fatores como: ausência de material que

possibilitem a realização das atividades experimentais, baixa carga horária da disciplina e até mesmo a falta de familiaridade com tais atividades. Contudo, torna-se necessário a busca de alternativas que visem contornar essas dificuldades, para que seja possível tornar o processo de ensino/aprendizagem algo próximo da realidade dos alunos. Portanto, por mais complicado e difícil que seja, devemos nos esforçar para fazermos uso de atividades experimentais, tendo em vista a sua importância para a interligação entre a teoria e a prática.

3. PROPOSTA DE ENSINO DA INTERFERÊNCIA DA LUZ

Todos os dias, nos mais diversos lugares do planeta terra, o homem se depara com incríveis fenômenos gerados pela luz proveniente do sol. Fenômenos como o arco-íris, que são facilmente explicáveis por meio da refração sofrida pela luz branca ao atravessar pequenas gotículas de água presentes no ar. Outros também podem ser observados nas finas superfícies de bolhas de sabão, em manchas de óleo e na pelagem de alguns animais quando recebem a luz proveniente do sol. No entanto, esses fenômenos muitas das vezes não são tão facilmente explicáveis quanto o fenômeno que gera o arco-íris. Pois eles, diferentemente do primeiro, não são resultados da refração sofrida pela luz, mas sim resultado de um fenômeno atribuído a interferência da luz.

Como proposta para tentar diminuir a problemática que cerca o ensino de Física, uma das propostas que se propõe é a da utilização de experimentos de baixos custo. Por não possuírem valores tão altos quanto os experimentos autênticos, serem compostos por produtos que são de fácil acesso às pessoas e trazerem resultados semelhantes, ou aproximados, aos apresentados pelos experimentos autêntico. Está alternativa se torna viável devido a carência ainda existente por todo o país nas instituições de ensino com relação a laboratórios de ciências e materiais para a realização de experimentos. Nas escolas que possuem laboratórios, é fácil de ser verificado que os materiais quando não estão em falta, são antigos ou estão danificados. Além disso, outro problema está relacionado a capacitação de profissionais para esta área. Embora existam instituições que fujam dessa realidade, que possuem laboratórios completos e modernos, alguns deles não são utilizados corretamente, ou permanecem fechados por carência de profissionais capacitados. Professores, ou profissionais que saibam manusear os materiais que podem ser encontrados neles.

3.1 Modelo para Ensino de Ótica

Basta uma rápida busca pela internet, ou em livros de ciências (Física, Química, Biologia) que podemos observamos a vasta quantidade de experimentos que podem ser realizados com os mais variados tipos de matérias. Desde os mais simples materiais, até os mais sofisticados, experimentos de fácil, assim como de difícil montagem. Entretanto, algo observado é que quase toda a atenção é empregada na realização do experimento. De modo

que sejam realizados de maneira similar ao modelo proposto. Deixado assim, em muitos dos casos de lado a motivação que levou àquele experimento ocorrer.

Sabemos que o uso de experimentos é algo bastante utilizado e tem se mostrado bastante eficiente no que se propõe. Contudo, para que os objetivos propostos sejam realmente alcançados. Ou seja, os professores consigam criar um “elo” entre o que é visto em sala de aula e o que observado no experimento. Torna-se necessário que além de saberem como realizar aquele experimento, os professores saibam relacionar a motivação por trás dele e a sua ocorrência. Dessa maneira é possível proporcionarmos ao estudante uma ligação entre o experimento e a explicação para aquele fato.

Motivado por esta temática, o que será proposto adiante será uma ferramenta de auxílio para os professores no que trata a utilização de experimento em sala de aula. Uma modelo que contará com o material necessário para bom entendimento da física relacionado àquele experimento e um experimento relacionado àquele assunto. O modelo terá como intuito capacitar docentes para a realização do experimento. Além de possibilitar que o professor consiga criar esses “elos” de ligações. Para essa proposta, será tratado um segmento da ótica física pouco trabalhado nas escolas de ensino médio, a Interferência da Luz.

3.1.2 A Ótica Física

Por ser um tema não muito comum no ensino médio, a Ótica Física é tida por muitos como uma parte da ótica que não apresenta muita importância. Voltando um pouco no tempo observamos que até pouco antes da descoberta dos *lasers*, a ótica era tida como um segmento da Física que já era dominado, e que apenas deveria serem empregados recursos no aprimoramento de cálculos de instrumentos óticos. Mas, como consequência da descoberta dos *lasers*, e muitas outras relacionadas a luz, tornou-se necessário que o Ensino de Ótica fosse reestruturado de maneira que conseguisse englobar esses novos conhecimentos alcançados. Outra fator contribuinte para que a Ótica (Geométrica e Física) seja um assunto pouco abordado no ensino médio parte da dificuldade que os professores possuem.

Especial por apresentar as peculiaridades existentes da luz, a ótica física parece ser algo difícil e complicado de ser assimilado para qualquer um. No primeiro capítulo foi apresentado uma breve estudo da luz e as descobertas alcançadas ao longo dos séculos.

Portanto, trataremos a seguir a parte pertinente, e importante para que nosso objetivo seja alcançado. Fornecer material que capacite e possibilite aos docentes uma maneira de abordar a ótica física em sala de aula.

3.1.3 A Interferência Luminosa e o Experimento de Young

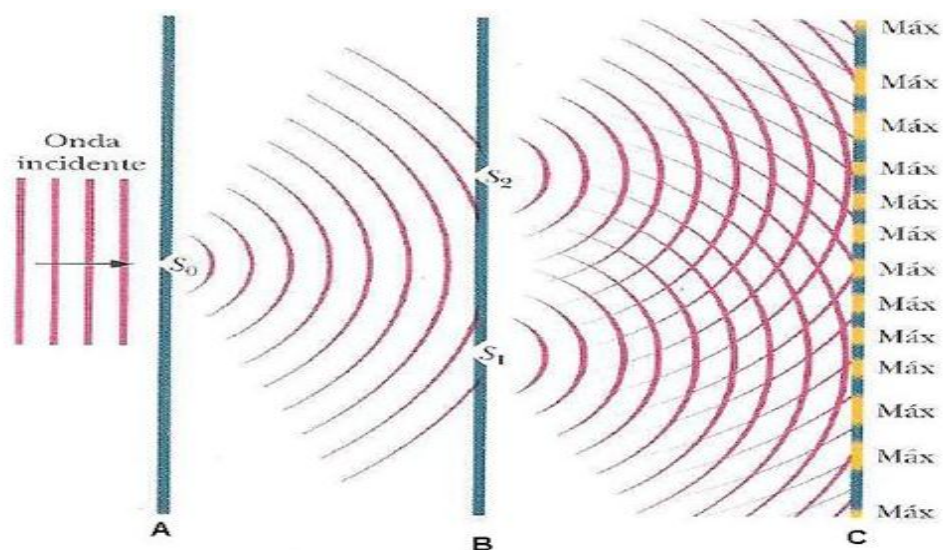
Um dos pioneiros no estudo da interferência luminosa foi o físico, médico e egiptólogo inglês Thomas Young, que no ano de 1801 realizou um experimento que acabará por confirmar a teoria ondulatória da luz. Young também teve contribuições fundamentais para diversos segmentos da física e outras áreas.

O efeito da interferência pode ser entendido como um fenômeno característicos das ondas, onde ao se combinarem, as ondas podem gerarem um incremento, ou uma atenuação de sua forma inicial, onde, seu fenômeno não pode ser explicado adequadamente com a aproximação de raios luminosos. Por meio de uma analogia ao comportamento das ondas formadas na água ao entrar em canal estreito, Young afirmou que: “se entrarem no canal de tal forma que as elevações de um coincidem com as do outro, produzirão como resultado elevações maiores; mas se as elevações coincidem com as depressões do outro, preencherão exatamente essas depressões, e a superfície da água permanecerá em repouso. Afirmo agora que resultados semelhantes ocorrem quando duas porções de luz se juntam, e é o que chamo a lei geral da interferência da luz”.

Para demonstrar isto, Young produziu um experimento com a luz onde é possível verificar a existência de padrões de interferência que se assemelham ao comportamento apresentado por ondas. Por meio de seu experimento, Young pode afirmar que a luz possuía um comportamento ondulatório. Ao experimento foi dado o nome de Experimento da Dupla Fenda de Young. Como condição para a ocorrência da interferência era necessário que Young possuísse fontes de luz ditas coerentes, ou seja, que possuíssem entre si uma relação de fase constante, caso contrário não seria possível notar nenhum efeito de interferência, isto é, teria fontes incoerentes. Young fez então com que a luz solar incidisse em um pequeno orifício S_0 , aberto em um anteparo A, fazendo assim com que a luz sofresse uma difração e incidisse sobre dois outros orifícios S_1 e S_2 localizado em um anteparo B, a luz que emerge das duas fendas é coerente porque uma única fonte produz o feixe luminoso original e as duas fendas servem apenas para separa o feixe original em duas partes. Ao passar pelos novos orifícios a

luz sofre uma nova difração, onde temos agora duas ondas que passam a se propagar de forma esférica, e superpostas, pelo espaço até atingirem um anteparo C, produzindo nele uma configuração de interferência como mostrado na figura 4.

Figura 4 – Diagrama da experiência de dupla fenda de Young.



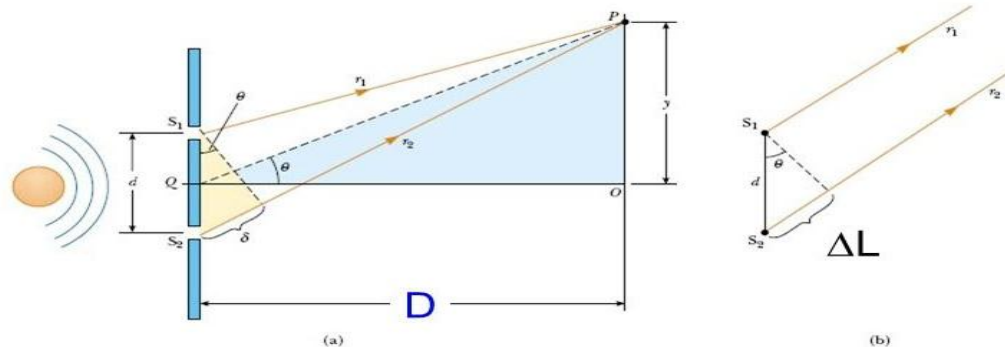
Fonte: <http://player.slideplayer.com.br/7/1785924/data/images/img13.jpg>.

As luz proveniente dessas duas fendas produz um padrão visível no anteparo C; o padrão consiste em uma série de faixas paralelas brilhantes e escuras chamadas de franjas. Quando as ondas luminosas de S_1 e S_2 chegam a um ponto no anteparo em que esteja ocorrendo interferência construtiva, aparece uma franja brilhante. Quando as ondas luminosas provenientes das duas fendas chegam a um ponto de interferência destrutiva, o resultado é uma franja escura.

Da experiência de Young podemos obter uma descrição quantitativa construído a partir da figura 5.

Figura 5 (a) – Construção geométrica para descrever a experiência de Young da dupla fenda.

Figura 5 (b) – Ampliação da região compreendida pelas duas fontes.



Fonte: http://www.pbx-brasil.com/FisQuan/Notas/Area01/opticaFisica/figuras/Experimento_de_Young_matematica.png.

Assumindo que tenhamos um anteparo posicionado a uma distância perpendicular D das fendas S_1 e S_2 , que estão separadas por uma distância d . Considerando um ponto P localizado no anteparo. O ângulo θ é medido a partir de uma linha perpendicular ao anteparo partindo do ponto médio entre as fendas e de uma linha do ponto médio ao ponto P . Identificamos r_1 e r_2 como sendo as distâncias que as ondas percorrem entre a fenda e o anteparo. Se considerarmos a fonte como sendo monocromática, as ondas que são difratadas nos orifícios S_1 e S_2 terão o mesmo comprimento de onda, a mesma amplitude e estão em fase, logo, temos fontes coerentes. Na posição P a intensidade da luz observado será o resultado da superposição da luz proveniente das duas fendas. A partir do modelo geométrico do triângulo menor na figura 5 (b) é possível observarmos que uma das ondas da fenda inferior percorre uma distância maior do que uma onda da fenda superior. Essa distância é o que chamaremos de diferença de percurso. Se D é muito maior do que d , as duas trajetórias estão muito próximas de ser paralelas. Adotando um modelo no qual as duas trajetórias são exatamente paralelas. Teremos a partir da figura 5 (b) que:

$$\Delta L = r_2 - r_1 = d \sin \theta$$

Essa diferença de percurso será a responsável por termos franjas brilhantes, ou franjas escuras se formando no ponto P .

Se no ponto P tivermos uma franja brilhante, teremos que a diferença de percurso tem valor igual a zero, ou a um múltiplo inteiro do comprimento de onda, as duas ondas estarão em fase e no ponto P teremos uma interferência construtiva. Para termos franjas brilhantes temos que:

$$\Delta L = d \operatorname{sen} \theta = m \lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

Onde m é um número inteiro chamado de ordem. A franja brilhante central em $\theta = 0$, ($m = 0$) é chamada de máximo de ordem zero. O primeiro máximo em qualquer um dos lados para o qual $m = \pm 1$ é chamado de máximo de primeira ordem, e assim por diante.

Se no ponto P tivermos uma franja escura, teremos que a diferença de percurso tem valor igual a um múltiplo ímpar de meio comprimentos de onda, as duas ondas que chegam a P estão 180° fora de fase e no ponto P teremos uma interferência destrutiva. Para termos franjas escuras temos que:

$$\Delta L = d \operatorname{sen} \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

Com essas equações temos informações para identificarmos as posições angulares das franjas. Inicialmente adotamos que o valor de $D \gg d$, se supormos que $d \gg \lambda$; isto é, a distância entre as duas fendas é muito maior do que o comprimento de onda teremos que θ é pequeno para as primeiras franjas e, assim, podemos utilizar a aproximação de ângulos pequenos $\operatorname{sen} \theta \approx \operatorname{tg} \theta$. A partir do modelo geométrico do triângulo OPQ na figura 5, observamos que:

$$\operatorname{sen} \theta \approx \operatorname{tg} \theta = \frac{y}{D}$$

Usando esse resultado e substituindo o valor encontrado para as franjas brilhantes temos que:

$$y_{\text{brilhante}} = \frac{m \lambda D}{d}$$

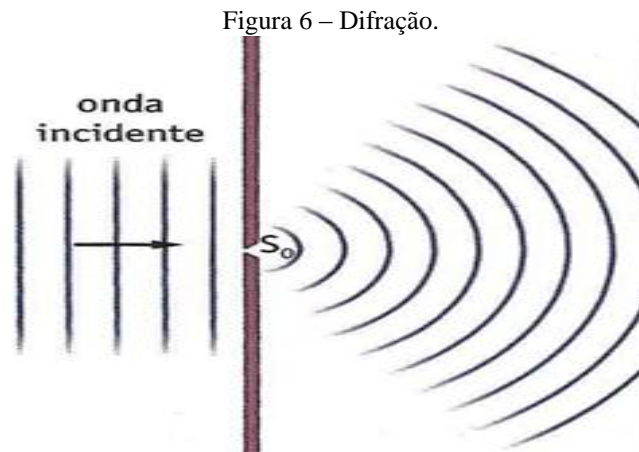
E para as franjas escuras teremos:

$$y_{\text{escuras}} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{d}$$

Onde por meio destas equações conseguimos localizar as posições lineares medidas ao longo do anteparo.

3.1.4 Difração da Luz

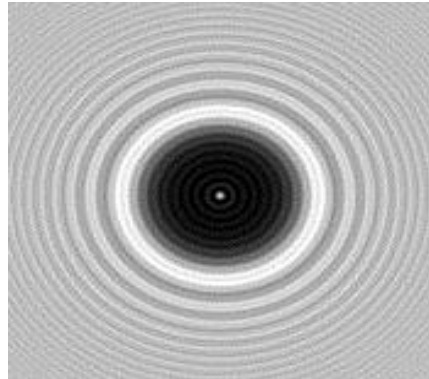
Um dos primeiros cientistas a observar a Difração sofrida pela luz foi Francesco Grimaldi. Grimaldi ao observar a formação da sombra de um objeto delgado que estava sendo iluminado por uma fonte luminosa que passava por um pequeno orifício. Notou a formação de uma sombra que possuía zonas mais claras e mais escuras que se alternavam entre si nas bordas da sombra projetada do objeto. A este fenômeno foi atribuído o nome de Difração Luminosa.



Fonte: <http://1.bp.blogspot.com/-6shD8UJIiFE/VHskm36EtqI/AAAAAAAAAD7U/GS0rKonCVgI/s1600/znivel.png>- Modificado

A Difração consiste num fenômeno característico das ondas que, ao atravessarem fendas, ou bordas, acabam tendo alterado a direção de propagação das frentes de ondas mais próximas das extremidades. Elas acabam sendo espalhadas. Este espalhamento, ou desvio, se torna mais evidente dependendo da espessura da fenda, e depende também do comprimento de onda da luz. Como condição principal para a ocorrência da difração luminosa, as dimensões da fenda deve possuir dimensões comparáveis ao do comprimento de onda.

Figura 7 – Configuração da difração produzida por um disco



Fonte:

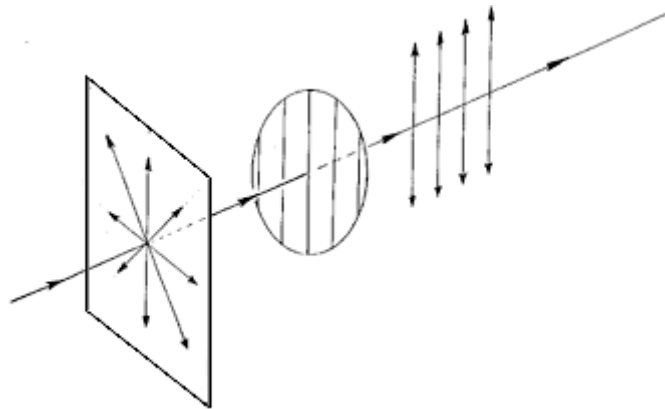
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/Poissonspot_simulation_d2mm.jpg/220px-Poissonspot_simulation_d2mm.jpg – Modificado

3.1.5 Polarização da Luz

Característica reservada apenas à ondas transversais. A polarização da luz pode ser entendida como o ato de tornar uma onda que possui variadas direções de vibração em uma onda que vibra apenas em uma direção.

A onda luminosa possui naturalmente vários planos de vibração. Quando a luz atravessa materiais ditos polarizadores, passa a ter apenas um plano de vibração, como exemplificado na figura 8.

Figura 8 – Luz não polarizada incidindo sobre um polarizador.



Fonte: <http://www.scielo.br/img/fbpe/rbef/v24n1/a06fig02.gif>

Fotógrafos fazem uso de lentes polarizadoras para eliminar a luz refletida de ambientes muito claras. A intensidade da luz pode ser diminuída, ou controlada, utilizando

um filtro polarizador. Alguns óculos escuros fazem uso de lentes polarizadoras para eliminar a luz do sol que é polarizada através da reflexão.

Figura 9 – Lentes Polarizadoras



Fonte: <http://www.shadesdaddyblog.com/wp-content/uploads/2011/04/polarized-lens-vs-non-polarized-lens.jpg>

3.1.6 O Espelho de “Lloyd” e a interferência luminosa

Em 1834 o até em presidente da Academia Real de Ciências Irlandesa, Humprey Lloyd, foi responsável por produzir um experimento que recebeu o nome de *Espelho de Lloyd*, em seu livro *Elementary Treatise on the Wave-Theory of Light*, Lloyd comenta que:

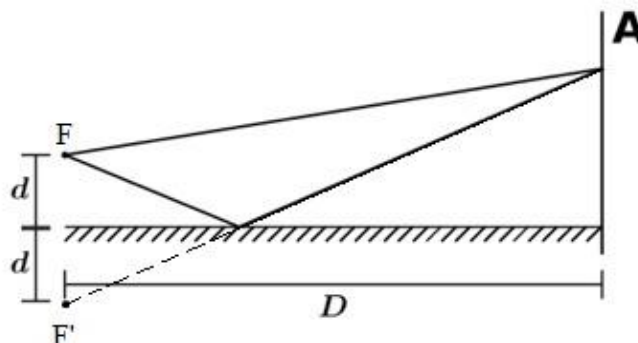
The phenomenon of interference is displayed in a striking manner by the mutual action of direct and reflected light; and the experiment in this form is more manageable than of Fresnel. We have only to take a piece of plane glass, or a metallic reflector, and to place it in such a position that the rays diverging from the luminous origin shall be reflected at an angle of near 90°. A screen placed on the other side will receive both the direct and reflected pencils; and as they meet under a small angle, and have traversed paths differing under a small amount, they are in a condition to interfere.

Lloyd propunha era um modelo simplificado para se obter padrões de interferência luminosa, onde para isto torna-se necessário entendermos como tal experimento poderia produzir resultados semelhantes àqueles obtidos por meio do experimento da fenda dupla.

O modelo de Young fazia o uso de duas fontes de luz em um modelo que utilizava uma fonte onde ela era a responsável por produzir tais fontes luminosas ditas coerentes. Assim como o experimento de Young, o espelho de Lloyd conseguia produzir um padrão de

interferência, mas seu experimento era baseado em um arranjo simples que utilizava apenas uma única fonte de luz.

Figura 10 – Representação do experimento apresentado por Lloyd com fonte virtual.



Fonte: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v34n4/a10v34n4.pdf> - Adaptado

Na figura z temos uma representação de seu experimento, onde no ponto F temos uma fonte luminosa, um espelho plano e um anteparo, a fonte luminosa é colocada em direção ao espelho de modo que as ondas possam atingirem o espelho e chegarem ao ponto A. Como sendo uma propriedade dos espelhos planos, teremos a formação de uma imagem virtual (F') na mesma vertical que passa pela fonte luminosa e a mesma distância (d) de um ponto comum a ambos. Assim, a onda pode atingir o ponto P tanto pela trajetória direta FA como pela trajetória indireta envolvendo a reflexão no espelho. O raio refletido atinge o anteparo como se fosse originado em uma fonte em A' localizado sob o espelho.

Assim como tínhamos para o Experimento de Young, que nesse caso contava com duas fontes coerentes reais, se espera que em pontos distantes da fonte haja padrões de interferências. O que realmente acontece na prática é a formação de padrões de interferências, contudo eles aparecem de forma invertida quando comparados ao de Young e apenas na metade superior, por conta do espelho. Isso ocorre porque as fontes em F e em F' diferem em π rad (180°) ou $\lambda/2$ na fase. Essa mudança de fase de π rad é produzida na reflexão. Em geral, uma onda eletromagnética sofre uma mudança de fase de π rad na reflexão por um meio com índice de refração maior do que aquele em que está se propagando.

Por meio deste experimento também é possível encontrarmos equações que possibilitam identificarmos a posição das franjas em relação ao ponto de encontro entre o espelho e o anteparo. Como houve uma mudança de fase na onda refletida, e sabendo que as

franjas brilhantes observadas no experimento de Young, corresponderão as franjas escuras no espelho de Lloyd teremos que a equação encontra para localizarmos a posição das franjas ao longo do anteparo serão as mesmas, apenas com a diferença que o tipo de franja observada em um experimento corresponderá a franja oposto no outro. Sendo assim, teremos a formação de franjas brilhantes no espelho de Lloyd quando:

$$y_{brilhantes} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{2d}$$

E a formação de franjas escuras no espelho de Lloyd quando:

$$y_{escuras} = \frac{m\lambda D}{2d}$$

3.1.7 Montagem do Espelho de Lloyd

Por se tratar de uma experiência que consegue demonstrar com clareza a interferência luminosa, o espelho de Lloyd deveria ser um experimento que poderia ser apresentado não somente a alunos do ensino médio, mas também aos de ensino superior. Onde por meio deste experimento além de trabalharmos conceitos relacionados a Ótica Física, também podem serem trabalhados conceitos ligados a Ótica Geométrica.

Para a realização do experimento serão utilizados matérias de fácil acesso. O experimento proposto se apresenta como sendo um experimento fácil de ser montado. Para sua montagem será utilizado um laser diodo, semelhante àqueles encontrados em canetas utilizadas como apontadores em apresentações, seu valor é acessível e apresenta boa durabilidade. Também será utilizado um espelho plano. Contudo, se for desejado posteriormente encontrar valores para a elaboração de resultados, se recomenda a utilização apenas do vidro sem a superfície refletora que está presente nos espelhos. Embora o experimento tenha recebido o nome de espelho de Lloyd, os espelhos apresentam uma fina película refletora em uma de suas superfícies que acabam por refletir a luz que é transmitida ao espelho, isto pode gerar divergências entre os valores reais e os valores encontrados.

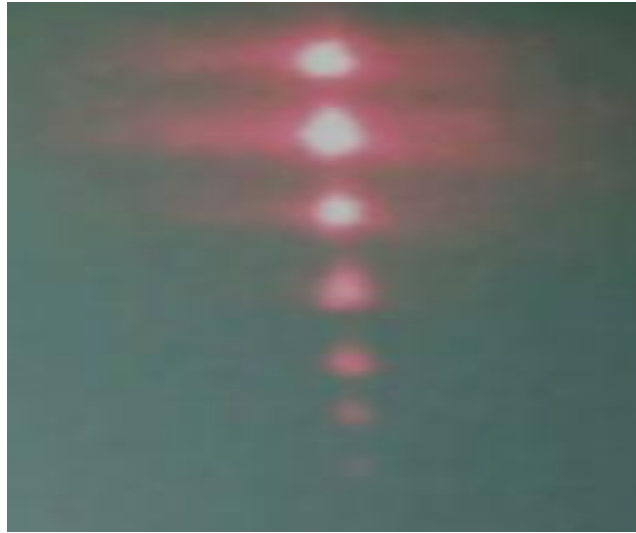
Figura 11: Sugestão de material para o experimento



Fonte: Autor

A montagem do experimento é feita do seguinte modo, inicialmente deveremos retirar a ponta do laser, tendo o cuidado para não danificar o aparelho, para que tenhamos uma fonte luminosa divergente. Uma vez retirado a ponta do laser, precisaremos fazer com que ele fique ligado continuamente, isto pode ser feito utilizando pedaços de fita, pregador, ou qualquer tipo de material que mantenha o botão do laser pressionado. Com o espelho, ou vidro apoiado em uma mesa, ou em alguma superfície de modo que ele não seja afetado por possíveis vibrações, deveremos colocar o laser distanciado do espelho e apontarmos o laser em direção a ele. Recomendasse que o ângulo entre o laser e a normal formada com o espelho seja um ângulo com grande valor haja vista que para grandes ângulos de incidência quase toda a luz é refletida. Ao direcionarmos o conjunto para uma anteparo separado a alguma distância poderemos observar a formação de padrões de interferência.

Figura 12: Franjas luminosas formadas por meio do experimento.



Fonte: Autor

Através deste experimento do espelho de Lloyd podemos realizar algumas medidas experimentais, tais como a posição das franjas luminosas e o comprimento de onda do laser. No APÊNDICE A, sugerimos um questionário que poderá ser utilizado pelo professor após a realização do experimento para obter resultados quantitativos.

Além de utilizarmos o espelho de Lloyd para a demonstração de padrões de interferência, o mesmo experimento pode ser utilizado para a demonstração de fenômenos oriundos da ótica geométrica, como a reflexão e a formação de imagem no espelho plano e suas características.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o quadro nacional da educação apresentado seja para alguns professores desmotivador, escolas com carência de professores, escassez de recursos, inexistência de laboratórios, material didático, ou até de condições mínimas para o bom exercício da profissão. É preciso que se olhe para a educação com os olhos de quem acredita que este quadro pode ser revertido e melhorado. Como maneira de propiciar a melhora no ensino de ótica, o presente trabalho buscou como alternativa fornecer aos docentes material que possibilitasse sanar as deficiências e dificuldades apresentado por eles no tocante a parte que engloba a ótica física.

O trabalho em questão foi destinada aos professores por entender que eles compõem parte fundamental de uma educação de qualidade, onde são eles os responsáveis, em grande parte, por proporcionarem melhoras educacionais. Para tanto, é necessário a incorporações de novas metodologias que visem alcançar tais objetivos, como é o caso da utilização de experimentos. Com o advento das tecnologias é possível termos um laboratório ambulante em nossas laptops, smartphones, cada vez mais se é utilizado experimentos como ferramentas de intermédio entre ensino e aprendizagem, algo que vem apresentando bons resultados, mas é necessário ter atenção com a sua utilização, pois os experimento funcionam como parte integrantes no processo de ensino, eles possuem o papel de possibilitarem a criação de elos de ligações entre o educando e o conhecimento científico, sendo assim, o bom entendimento por aquele que o está realizando torna-se algo de fundamental importância para uma boa fluidez desse processo.

Além de fornecer material que possibilite aos professores o bom entendimento do tema em questão a utilização de experimento é algo importante para este processo, pois os experimento acabam por fomentarem o interesse dos alunos naquela aula que para eles é algo cansativo e monótono. Contudo, sabem que nem sempre é possível termos materiais de qualidade para a realização de experimentos. Partindo deste pressuposto, propôs-se a utilização de um experimento composto por materiais acessíveis aos professor para a realização de um experimento onde é possível encontrar resultados tão semelhantes aos encontrados em experimentos mais sofisticados.

Por ser algo diferente do que acostumamo-nos a observar, à ótica física é tida como algo complicado e de difícil entendimento até mesmo para nós, e mais ainda para os educandos, logo, torna-se necessário que seja repensando a relação ensino e aprendizagem utilizado com a mesma, pois embora se mostre algo estranho, por meio de suas peculiaridades e seus fenômenos temos uma ferramenta que possibilita reverter esse quadro encontrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Gibert. **Origens Históricas da Física Moderna**, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Gazeta de Física, 1982, cap. 3, p.82-94.

ALMEIDA JÚNIOR, João Baptista de. **A evolução do ensino de Física no Brasil**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.1, n.02, p. 45-58, 1979.

CLAUDINO, Rodrigo; TAKECO, Shirley. **Sociedade, Educação e Ensino de Física: no Brasil: Do Brasil Colônia ao Fim da Era Vargas**. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, n.º XVII, 2007, São Luís.

CAVALCANTE, Matheus de Araújo; RODRIGUES, Eriverton da Silva. **Uso do "Espelho de Lloyd" como método de ensino de óptica no Ensino Médio**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 34, n. 4, p. 1-4, Dec. 2012.

EUCLIDES – <https://pt.wikipedia.org/wiki/Euclides> - Acessado em: 21/04/2017;

F. CATELLI e F. LAZZARI. **Interferência Luminosa e o Espelho de Lloyd**. Física na Escola, v. 5, n. 2, (2004).

FRADSON, Francisco. **Propriedade da Luz**. Jan. 2014. P. 1-7. Dissertação – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina.

GROSSETESTE - <http://www.saudevisual.com.br/pessoas/biografias/749-grosseteste> – Acessado em: 21/04/2017;

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert, Jearls. **Fundamentos de Física: Óptica e Física Moderna**, vol. 4. 9 ed. Wiley, 2010.

IBEIRO, Paulo Rennes Marçal. **História da educação escolar no Brasil: notas para uma reflexão**. Paidéia (Ribeirão Preto), Ribeirão Preto, n. 4, p. 15-30, July 1993.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo, p. EPU/Edusp, 1987.

MOREIRA, A. M; **Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas**. Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, vol. 22, n. 1, p. 94-99, Março, 2000.

NUSSENZVEIG, H. Moysés, **Curso de Física Básica**, vol. 4, Editora Edgard Blücher, LTDA (1999).

ROMANELLI, O. O. **História da Educação no Brasil: 1930-1973**. Petrópolis: Vozes, 1978.

ROSA, C. W. da. e ROSA, A. B. da. **Ensino da Física: tendências e desafios na prática docente**. Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653), n.º 42/7 – EDITA: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). 25 de maio de 2007.

SAVIANI, Dermeval (et. al.). **O legado educacional do século XX no Brasil**. Campinas, SP: Autores Associados, 2004.

VIEIRA, Patrese. **Óptica: Origens e Conceitos**. Abril. 2013. 91. Dissertação–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE A INTERFERÊNCIA LUMINOSA

1. Anote o valor escolhido para a distância entre a **fonte luminosa (laser)** e o **espelho**:

$d =$ _____ mm

2. Anote o valor escolhido para a distância entre a **fonte luminosa (laser)** e o **anteparo**:

$D =$ _____ m

3. Preencha a Tabela a seguir com os dados obtidos por meio do Experimento para a **franja escura**.

Tabela A.1 – Distância entre as **franjas brilhantes** sucessivas.

	$m = 1$ (mm)	$m = 2$ (mm)	$m = 3$ (mm)
MEDIDA 1			
MEDIDA 2			
MEDIDA 3			

Valor médio encontrado para a primeira franja escura: $Y_{\text{MÉDIO}}$: _____

Valor médio encontrado para a segunda franja escura: $Y_{\text{MÉDIO}}$: _____

Valor médio encontrado para a terceira franja escura: $Y_{\text{MÉDIO}}$: _____

4. Preencha a Tabela a seguir com os dados obtidos por meio do Experimento para a **franja brilhante**.

Tabela 1.2 – Distância entre as **franjas escuras** sucessivas e o ponto imaginário de encontro entre o espelho e o anteparo

	$m = 1$ (mm)	$m = 2$ (mm)	$m = 3$ (mm)
MEDIDA 1			
MEDIDA 2			
MEDIDA 3			

Valor médio encontrado para a primeira franja brilhante: $Y_{\text{MÉDIO}}$: _____

Valor médio encontrado para a segunda franja brilhante: $Y_{\text{MÉDIO}}$: _____

Valor médio encontrado para a terceira franja brilhante: $Y_{\text{MÉDIO}}$: _____

5. Calcule o valor para o comprimento de onda (λ) do laser utilizando os dados da questão 3.

Dica: Utilize a equação:

$$y_{\text{escuras}} = \frac{m\lambda D}{2d}$$

Comp. de onda para a primeira franja escura: _____

Comp. de onda para a segunda franja escura: _____

Comp. de onda para a terceira franja escura: _____

VALOR MÉDIO PARA O COMP. DE ONDA ENCONTRADO: _____

6. Calcule o valor para o comprimento de onda (λ) do laser utilizando os dados da questão 4.

Dica: Utilize a equação:

$$y_{\text{brilhantes}} = \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{2d}$$

Comp. de onda para a primeira franja brilhante: _____

Comp. de onda para a segunda franja brilhante: _____

Comp. de onda para a terceira franja brilhante: _____

VALOR MÉDIO PARA O COMP. DE ONDA ENCONTRADO: _____

7. Compare os valores médios encontrados para o comprimento de onda nas questões 5 e 6 com o valor real para o comprimento de onda do laser. O que é possível concluir?
