

## **Simulação computacional com o software Algodoo: REFRAÇÃO LUMINOSA**

Fabiano Freire da Silva

Produto Educacional apresentado em Dissertação de Mestrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) no curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Melquisedec Lourenço da Silva, DSc

Natal, RN

Dezembro/2018

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a sua fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção própria e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

FABIANO FREIRE DA SILVA  
MELQUISEDEC LOURENÇO DA SILVA

**Simulação computacional com o  
software Algodoos:  
REFRAÇÃO LUMINOSA**

1ª edição

Natal/RN  
Melquisedec Lourenço da Silva  
2018

Silva, Fabiano Freire da.

S586s Simulação computacional com o software Algodoo: refração luminosa /  
Fabiano Freire da Silva, Melquisedec Lourenço da Silva – Natal, 2018.

39 f : il. color.

1. Modelagem computacional. 2. Simulações computacionais. 3.  
Refração luminosa. I. Silva, Melquisedec Lourenço da. II. Instituto Federal  
de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

Catálogo na Publicação (CIP)  
(Melquisedec Lourenço da Silva, RN, Brasil)

## Lista de figuras

Figura 1. Refração de um raio de luz que se propaga no vácuo e penetra numa placa de vidro.	8
Figura 2. Refração de um raio luminoso e a visualização dos ângulos de incidência e refração através do transferidor.	11
Figura 3. Raio luminoso se propagando no vidro e penetrando no vácuo.	12
Figura 4. Raio luminoso em iminência de reflexão interna total.	13
Figura 5. Reflexão interna total de um raio luminoso	14
Figura 6. Incidência perpendicular de um raio luminoso sobre uma superfície de separação entre dois meios ópticos.	15
Figura 7. Dispersão da luz branca em um prisma.	19
Figura 8. Dispersão da luz branca em uma gotícula de água.	20
Figura 9. Elementos geométricos de uma lente esférica	23
Figura 10. Lentes esféricas: bordas grossas e finas.	24
Figura 11. Lentes esféricas delgadas com índice de refração absoluto maior que o índice de refração absoluto do meio do qual estão inseridas.	25
Figura 12. Partes constituintes do olho humano.	30
Figura 13. Esquema de um olho humano emétrepe.	31
Figura 14. Esquema do olho humano com defeito de miopia.	31
Figura 15. Esquema do olho humano com defeito de hipermetropia.	32

## Sumário

1. Apresentação .....	6
2. Simulações .....	7
2.1 Simulação 1: refração de um raio luminoso.....	7
2.2.Simulação 2: dispersão da luz.....	18
2.3.Simulação 3: Lentes Esféricas.....	22
2.4.Simulação 4: defeitos da visão (olho humano).....	29
3.Considerações finais.....	35
4. Referências.....	36
Apêndice .....	37

# 1. Apresentação

Esse produto educacional consiste em um conjunto de orientações, na forma de sugestões de atividades, para se trabalhar com o software Algodoo em sala de aula. Este material, é um produto educacional desenvolvido pelos autores ao longo do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no polo 10 – IFRN - Campus Natal Central.

Gostaríamos de deixar claro que esse trabalho não tem como objetivo ser um manual do software, mas um guia com orientações para a prática didática, direcionado especialmente a professores e alunos de ciências e física. Para professores, esse material servirá de suporte na elaboração das aulas e para auxiliá-los no manuseio do software. Neste trabalho, disponibilizamos algumas sugestões de atividades que os professores poderão utilizar como sugerido. Porém, os encorajamos a produzir adaptações de acordo com as suas necessidades, podendo inclusive, ir além, e se aventurar em outras áreas da física. Esta obra não pretende substituir o livro texto adotado pelos professores em suas aulas e sim auxiliá-los. Os estudantes aptos poderão se aprofundar sozinhos com as aulas propostas e possivelmente aprender facilmente com o manuseio do software, uma vez que, este software não exige conhecimento avançado em programação ou mesmo o uso de funções matemáticas complexas.

Esse produto educacional foi elaborado sem vinculação a nenhuma teoria de aprendizagem, por se tratar de um livro com sugestões de práticas. Assim a vinculação a abordagens pedagógicas caberá ao professor, podendo esse adaptar de acordo com suas necessidades.

O software Algodoo é distribuído gratuitamente, e ele pode ser executado em computadores com Windows ou IOS, desde que os mesmos tenham o requisitos mínimos necessários. O mesmo apresenta suporte para telas sensíveis ao toque. As simulações criadas no ambiente do software podem ser salvas, compartilhadas e editadas posteriormente.

Nesse texto você irá encontrar sugestões de atividades usando o Algodoo, relacionadas ao fenômeno da refração luminosa. Nos capítulos que se seguem deste trabalho, propomos simulações para se entender melhor o fenômeno da refração. Cada atividade está acompanhada de orientações direcionadas aos interessados em entender o fenômeno físico em questão.

## **2. Simulações**

As simulações que a seguir serão apresentadas são de nossa autoria, foram criadas usando o software Algodoo e constitui nosso um produto educacional.

### **2.1 Simulação 1: refração de um raio luminoso.**

Esta simulação tem a finalidade de mostrar o fenômeno da refração utilizando para isso o software Algodoo. Logo em seguida será apresentado sugestão de um roteiro detalhado mostrando passo a passo como se poderá manusear a simulação de maneira eficiente para que se possa entender o fenômeno da refração mostrado em tal simulação. A simulação já se encontra pronta, bastando apenas o manuseio por parte do interessado. No entanto, no Apêndice deste trabalho, se encontra um passo a passo de como cada simulação pode ser criada e manuseada.

#### **2.1.1 Roteiro para se entender a refração de um raio luminoso utilizando uma simulação do Algodoo**

A refração luminosa é um fenômeno que consiste na passagem da luz de um meio para outro, variando o valor de sua velocidade e sua direção de propagação (com exceção de uma incidência perpendicular à superfície de separação entre os dois meios).

Para um melhor entendimento desse fenômeno, iremos considerar a incidência de apenas um raio de luz (e não um feixe de luz) na superfície que separa os dois meios ópticos. No ponto de incidência deve-se traçar uma reta normal à superfície (reta que forma  $90^\circ$  com a superfície). A Figura 1 mostra um raio de luz incidindo numa superfície que separa vácuo e vidro.



Figura 1 - Refração de um raio de luz que se propaga no vácuo e penetra numa placa de vidro.



Fonte: autoria própria (2018).

O raio de luz que encontra a superfície de separação entre os dois meios ópticos será chamado de **raio incidente** (representado por **R.I.**) e o ângulo formado entre o raio incidente e a reta normal é chamado de **ângulo de incidência** (representado por  $\hat{i}$ ); já o raio que atravessa a superfície de separação entre os dois meios ópticos será chamado de **raio refratado** (representado por **R.R.**) e o ângulo formado entre o raio refratado e a reta normal é chamado de **ângulo de refração** (representado por  $\hat{r}$ ). O raio refratado possui a propriedade de se aproximar ou se afastar da reta normal de acordo com a variação da velocidade sofrida por este raio. O grau de afastamento ou de aproximação do raio refratado está relacionado com uma grandeza chamada de **índice de refração absoluto** do meio no qual o raio luminoso está penetrando. Esta grandeza (que será representada pela letra  $n$ ) relaciona a velocidade da luz no vácuo (representada pela letra  $c$  e vale 300 000 km/s em unidades usuais ou  $3 \cdot 10^8$  m/s em unidades do sistema internacional) e a velocidade da luz no meio no qual o raio luminoso está atravessando (representada pela letra  $v$ ). Matematicamente, temos;

$$n = \frac{c}{v}.$$

Esta equação nos mostra que quanto maior for o índice de refração absoluto do meio óptico no qual o raio luminoso esteja penetrando, menor será o valor da velocidade do raio de luz neste meio óptico; em contrapartida, quanto

menor for o índice de refração absoluto do meio óptico no qual o raio luminoso esteja penetrando, maior será o valor da velocidade do raio de luz neste meio óptico. Isto nos leva a concluir que o índice de refração absoluto de um determinado meio óptico e o valor da velocidade do raio luminoso nesse meio, são grandezas inversamente proporcionais.

Consequentemente, o raio refratado sempre se aproximará da reta normal quando ele atravessa para um meio no qual o índice de refração absoluto é maior do que o índice de refração absoluto do meio original, no qual ele se propagava antes. Podemos dizer então, o raio sofre um desvio. Além disso, o raio luminoso refratado sofre uma diminuição no valor da velocidade. Geometricamente, o ângulo de incidência é maior que o ângulo de refração. Por outro lado, o raio refratado sempre se afastará da reta normal quando ele atravessa para um meio no qual o índice de refração absoluto é menor que o índice de refração absoluto do meio no qual ele se propaga antes. Isto acarreta um aumento no valor da velocidade do raio luminoso. Geometricamente, o ângulo de incidência é menor que o ângulo de refração.

Os entes geométricos da refração luminosa (raio incidente, raio refratado, reta normal, ângulo de incidência e ângulo de refração) são regidos por duas leis que ficaram conhecidas como **Leis da Refração**. São elas:

- Primeira Lei: o raio incidente, o raio refratado e a reta normal são coplanares, isto é, pertencem ao mesmo plano.
- Segunda Lei (também chamada de Lei de Snell-Descartes): o produto do índice de refração absoluto de um determinado meio óptico, no qual se encontra o raio luminoso, com o seno do ângulo formado pela reta normal e o raio luminoso, é constante. Ou seja:

$$n_1 \text{ sen}(\hat{i}) = n_2 \text{ sen}(\hat{r}).$$

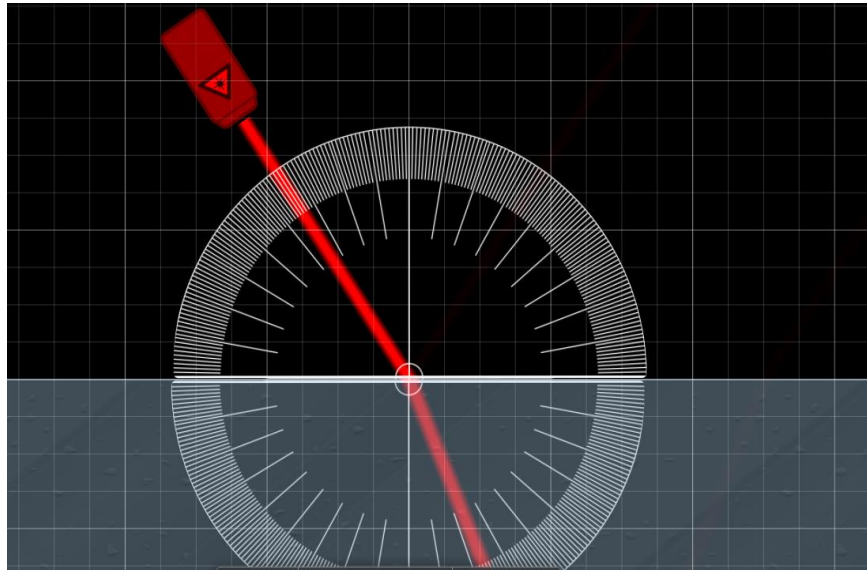
Onde  $n_1$  é o índice de refração absoluto do meio óptico onde se encontra o raio luminoso incidente (R.I) e  $n_2$  é o índice de refração absoluto do meio óptico onde se encontra o raio refratado (R.R).

O comportamento de um raio luminoso após sofrer refração será facilmente entendido com o uso da simulação *refração de um raio luminoso* que se encontra registrado em simulação 01 (Refração 1 - [http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/optica/refracao-01-  
algodoo/view](http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/optica/refracao-01-algodoo/view) ). Nesta simulação é exibida uma placa de vidro que está associada a um transferidor. O meio no qual esta placa está inserida é o vácuo. Ao incidir um raio luminoso do vácuo para o vidro, percebe-se que o raio refratado se aproxima da reta normal. O ângulo de incidência é maior que o ângulo de refração, como pode ser observado nos valores de cada ângulo mostrado no transferidor. Isto acontece porque o índice de refração absoluto do vidro é maior que o índice de refração absoluto do vácuo (caso em que a luz diminui a velocidade ao sofrer esse tipo de refração).

Observe a Figura 2 capturada da área de trabalho do software Algodoo já com a simulação montada, pronta para ser manuseada. Nesta simulação, é possível aumentar o índice de refração absoluto do vidro e assim perceber o comportamento do ângulo do raio refratado. Podemos perceber que quanto mais se aumenta o índice de refração absoluto do vidro, mais o raio refratado se aproximará da reta normal.

Para se aumentar o índice de refração absoluto da placa de vidro, basta clicar em cima da placa e em seguida clicar em *material*, que fica na parte superior direita do software. No momento que abrir todos os materiais, levar o cursor até *<refractive index>* e, deslocando o cursor para a direita ou para a esquerda, aumentar ou diminuir o índice de refração. Feito isso, se perceberá que o ângulo de refração irá variar.

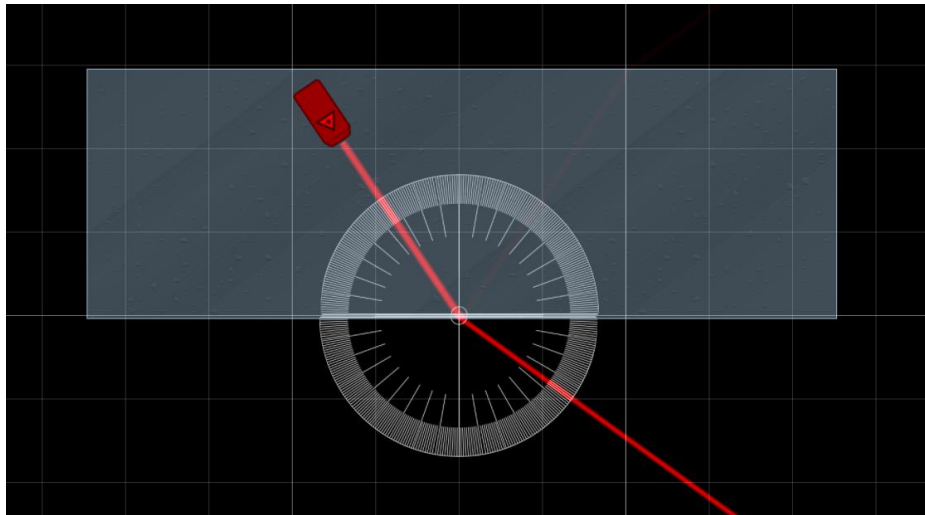
Figura 2 - Refração de um raio luminoso e a visualização dos ângulos de incidência e refração através do transferidor.



Fonte: autoria própria (2018).

Para observar o raio luminoso se afastando da reta normal (ângulo de incidência menor que o ângulo de refração), deve-se levar o laser para dentro da placa de vidro e fazer com que o raio luminoso se propague no vidro e penetre no vácuo. Para isso, deve-se clicar em cima da placa de vidro e deslocá-la (usando as setas indicadoras de direção e sentido do teclado) para cima até que a placa fique com uma de suas faces paralela a marcação superior do transferidor, como mostra a Figura 3 criada e extraída do software Algodoo. Esta figura mostra um raio luminoso penetrando em um meio cujo índice de refração absoluto é menor que o índice de refração absoluto do meio no qual se propagava antes. Isso acarreta o aumento da velocidade do raio luminoso.

Figura 3 - Raio luminoso se propagando no vidro e penetrando no vácuo.



Fonte: autoria própria 2018.

Caso o laser fique do lado de fora da placa, é necessário carregá-lo para dentro da placa de vidro. Para deslocar o laser, basta clicar em cima dele e utilizar as setas indicadoras de direção e sentido do teclado do computador.

É possível no estudo desse tipo de refração de um raio luminoso, a ocorrência de um fenômeno chamado **reflexão interna total**. Esse fenômeno ocorre quando o raio luminoso ao incidir na interface entre dois meios, do maior para o com menor índice de refração, reflete todo o raio incidente, ou seja, não há refração. Ocorre uma reflexão interna total (Figura 4 e 5). Para que isto ocorra, o raio incidente deverá possuir um ângulo de incidência mínimo,  $\theta_L$ , acima do qual, qualquer raio incidente produzirá a reflexão interna total. Para determinar o valor deste ângulo crítico, utilizamos a equação de Snell, onde atribuímos ao ângulo do raio refratado um valor igual a  $90^\circ$ :

$$n_1 \text{sen}(\theta_L) = n_2 \text{sen}(90^\circ).$$

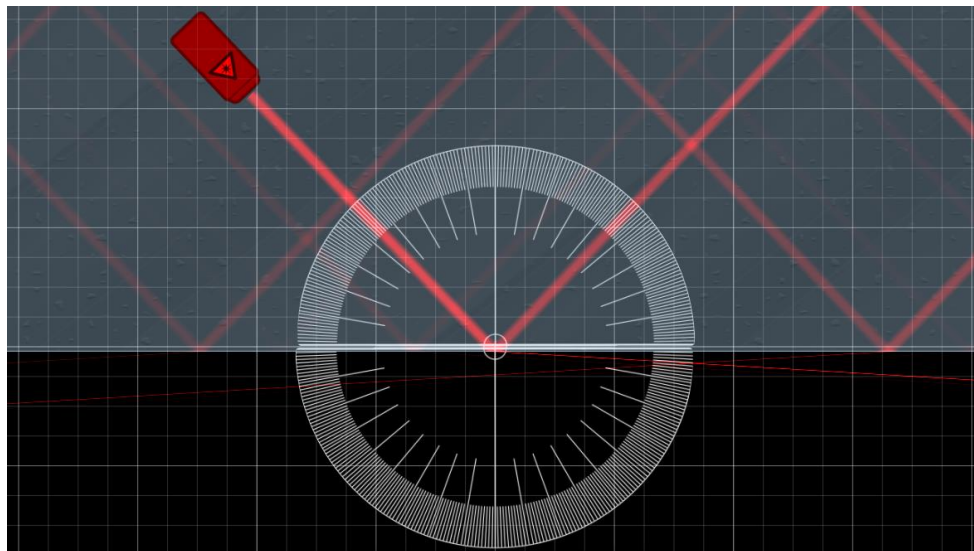
Dessa forma, o raio refratado seria rasante à superfície de separação entre os dois meios de separação. Neste caso, o ângulo de incidência será chamado de **ângulo limite** (representado por  $\theta_L$ ) para qualquer ângulo cujo valor seja maior que o ângulo limite, o fenômeno de refração não é mais observado, porém, observa-se apenas o fenômeno da reflexão interna total. O ângulo limite se relaciona com o índice de refração absoluto de cada meio através da seguinte

equação deduzida da segunda lei da refração, quando o ângulo de refração é igual a 90°:

$$\text{sen}(\theta_L) = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}}.$$

Onde,  $n_2 = n_{\text{menor}}$  é o valor do índice de refração do meio óptico com menor índice absoluto e  $n_1 = n_{\text{maior}}$  é o valor do índice de refração do meio óptico com maior índice absoluto. A seguir, observe uma imagem na qual o raio refratado se encontra na iminência de se tornar rasante à superfície de separação entre vidro e vácuo.

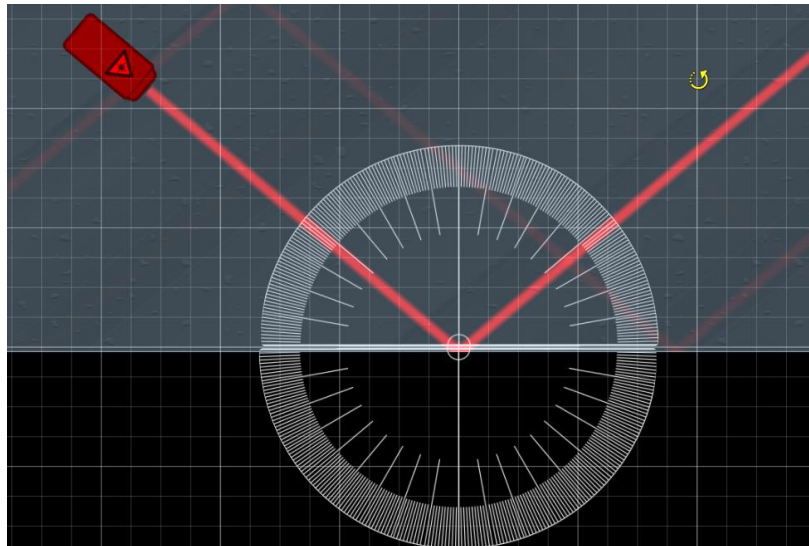
Figura 4 - Raio luminoso em iminência de reflexão interna total.



Fonte: autoria própria (2018).

Assim, afim de mostrar um raio refratado, certifique-se de não haver a ocorrência da reflexão interna total. Ao carregar o laser para dentro da placa de vidro, deverá mudar o ângulo de incidência clicando em *<rotate objects and water>*” (parte inferior esquerda do programa) e em seguida segurar o botão esquerdo do mouse em cima do laser e mexer o mouse de maneira que se consiga a angulação desejada. Em seguida será mostrada uma figura que mostra o raio luminoso em reflexão interna total.

Figura 5 - Reflexão interna total de um raio luminoso.

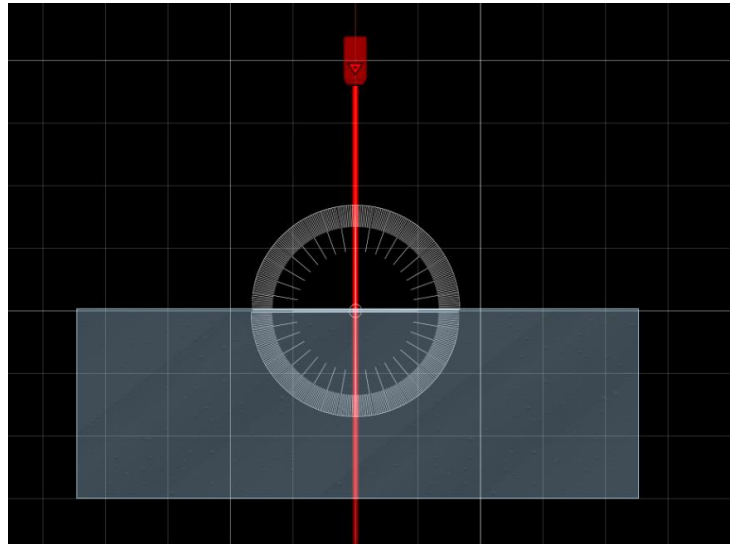


Fonte: autoria própria (2018).

Caso a imagem fique muito deslocada na tela, deve-se clicar em *<pull this button to the view>* que fica na parte inferior central do programa e em seguida segurar com o botão esquerdo do mouse em qualquer parte da tela e mover o mouse de maneira que se deixe a figura em um local desejado e que melhore a sua visualização.

Também é importante mostrar uma incidência do raio luminoso perpendicular à superfície de separação entre os dois meios ópticos para se provar que este é o único caso de incidência no qual o raio luminoso não varia a direção de propagação. Destacamos que apenas pela análise desse fenômeno, não se tem como saber em qual dos meios ópticos o raio luminoso tem maior ou menor velocidade. A imagem na Figura 6 mostra essa situação.

Figura 6 - Incidência perpendicular de um raio luminoso sobre uma superfície de separação entre dois meios ópticos.



Fonte: autoria própria (2018).

### 2.1.2 Unidade didática

Esta unidade didática é uma sugestão de sequência de atividades para ser utilizadas juntamente com a simulação

*Tema:*

Refração de um raio luminoso.

*Duração:*

Um encontro de 1h40min ou dois encontros de 50min



### *Objetivos:*

Essa atividade tem por finalidade analisar o comportamento de um raio luminoso ao incidir numa superfície de separação entre dois meios ópticos. Tal atividade procura inferir:

- A velocidade do raio luminoso pela aproximação ou afastamento deste em relação a reta normal;
- A relação entre a variação de velocidade e o índice de refração
- A relação entre os ângulos de incidência e refração com os respectivos índices de refração absoluto de cada meio.
- O ângulo limite na reflexão interna total

### *Conteúdos:*

DEFINIÇÃO DE REFRAÇÃO.

DEFINIÇÃO DE ÍNDICE DE REFRAÇÃO

LEIS DA REFRAÇÃO

REFLEXÃO INTERNA TOTAL

### *Materiais:*

- Quadro
- Pincel
- Computador com o software com software Algodoo instalado
- Projetor

### *Sequência de atividades:*

#### 1º Momento:

O professor deverá dar uma aula expositiva definindo o fenômeno da refração, o índice de refração absoluto, as primeira e segunda leis da refração e a reflexão interna total. Para isso, será necessário um encontro de 1h40min ou dois encontros de 50min.

2º Momento:

- O professor deverá expor novamente o conteúdo do momento anterior usando a simulação feita no programa algodoo evidenciando o comportamento do raio luminoso e entregar um questionário contendo as seguintes perguntas:
  1. Quando o raio de luz se propaga no vácuo e sofre refração penetrando no vidro, o raio luminoso refratado A) se aproxima ou se afasta da reta normal? B) A velocidade do raio luminoso aumenta ou diminui?
  2. Quando o raio de luz se propaga no vidro e sofre refração penetrando no vácuo, o raio luminoso refratado A) se aproxima ou se afasta da reta normal? B) A velocidade do raio luminoso aumenta ou diminui?
  3. Utilizando a equação  $n=c/v$ , determine a velocidade do raio luminoso refratado na situação da questão 1, sabendo que a velocidade do raio luminoso no vácuo é 300000km/s e que o índice de refração absoluto do vidro é de 1,5 (esse valor é fornecido pelo software). Compare o resultado encontrado com a resposta dada na questão 1 no item B.
  4. Utilizando a equação  $n_1\text{sen}(i)=n_2\text{sen}(r)$ , determine o ângulo de refração sabendo que o ângulo de incidência é  $45^\circ$  e que o índice de refração do vácuo vale 1. Compare o resultado encontrado com a resposta dada na questão 1 no item A.
  5. Utilizando a equação  $\text{sen}(\theta_L) = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}}$ , determine o ângulo limite para a placa de vidro, sabendo que o índice de refração absoluto do vácuo é 1 que o índice de refração absoluto do vidro é de 1,5.
  6. Repita as questões 1, 2,3, 4 e 5 trocando a placa de vidro por uma placa de gelo. O valor do índice de refração absoluto do gelo é de 1,31. Compare as respostas encontradas para o gelo

com as repostas encontradas para o vidro. Quais as diferenças?

Para segundo momento, o professor precisará de um encontro de 50min.

Para cada resposta encontrada para pelo aluno, o professor deve corroborá-la com os dados fornecidos pelo software.

## **2.2. Simulação 2: dispersão da luz.**

Esta simulação tem a finalidade de mostrar o fenômeno da dispersão da luz utilizando para isso o software Algodoo. Logo em seguida será apresentada a sugestão de um roteiro detalhado mostrando passo a passo como se poderá manusear a simulação de maneira eficiente para que se possa entender o fenômeno dispersão da luz em tal simulação. A simulação pronta pode ser baixada no link simulação 02 (Dispersão - <http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/optica/dispersao-algodoo/view>), bastando apenas o manuseio por parte do interessado.

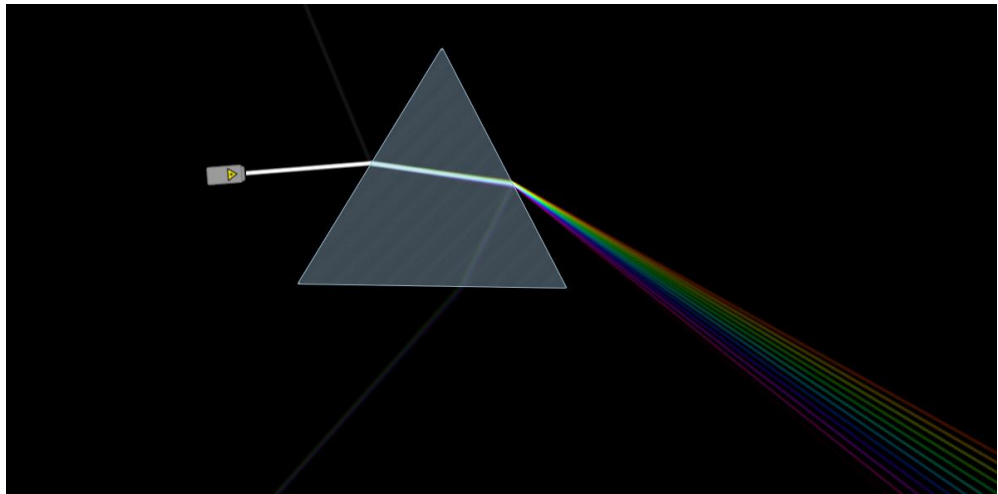
### **2.2.1 Roteiro para se entender a dispersão luminosa utilizando uma simulação do Algodoo.**

A dispersão luminosa é um fenômeno que está diretamente ligado a refração. Tal fenômeno consiste na separação da luz branca em sete cores (vermelho, amarelo, alaranjado, verde, azul, anil e violeta). Para que isso aconteça é necessário que a luz branca, que é uma luz policromática (formada de várias cores), incida em determinada superfície de separação entre dois meios ópticos que não seja o vácuo ou ar.

Isso ocorre pelo fato de cada uma das cores monocromáticas que compõem a luz branca sofrerem um desvio diferente, sendo a cor vermelha a que menos se aproxima da reta normal e a cor violeta sendo aquela que mais se aproxima da reta normal.

A seguir, observe a figura 07 criada e extraída do software Algodoo.

Figura 7 - Dispersão da luz branca em um prisma.

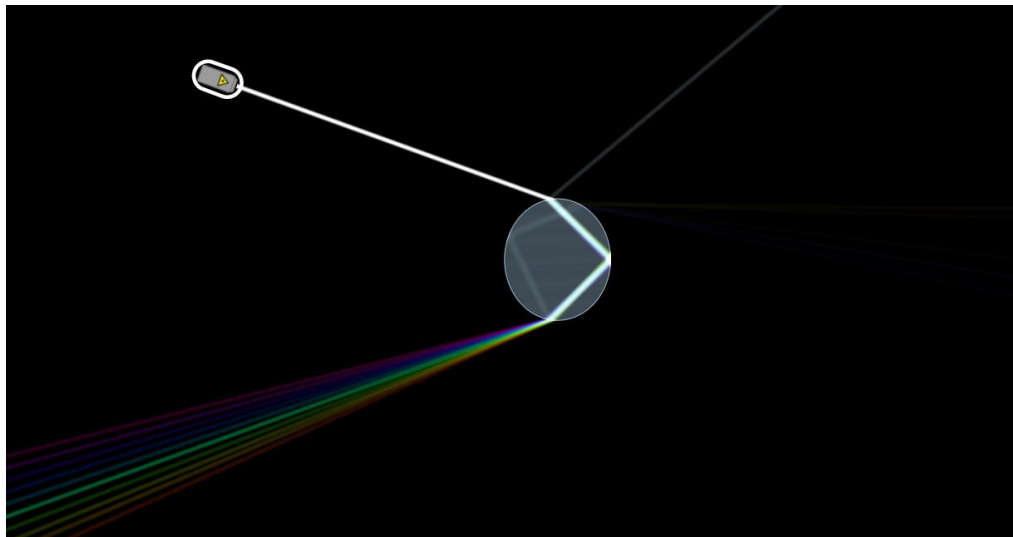


Fonte: autoria própria (2018).

A Figura 7, criada e extraída do software Algodoo, mostra a luz branca se propagando no vácuo e penetrando em uma das faces de um prisma. Atente que ao incidir na primeira face, cada uma das cores se separa, mas essa separação ainda é mínima para que se observe cada cor em separado, isto é, a dispersão. Quando a luz chega na face da direita a separação se acentua e quando esta se propaga no vácuo, observa-se um espectro com sete cores.

Esse fenômeno também acontece com gotículas de água em suspensão em dias de chuva. Observe a figura 08 onde se mostra o fenômeno da dispersão em uma gotícula de água.

Figura 8 - Dispersão da luz branca em uma gotícula de água.



Fonte: autoria própria.

A simulação feita no Algodoo mostra como a *DISPERSÃO DA LUZ* ocorre em um prisma ou em uma gotícula de água.

Ao iniciar a simulação, clique com o botão direito do mouse em cima do laser e desloque o laser de maneira que a luz emitida por ele incida na superfície do prisma ou da gotícula de água. Caso não se observe a dispersão, mude o ângulo de incidência até que tal fenômeno ocorra. Tais procedimentos de manuseio da simulação já foram explicadas em fenômenos anteriores neste mesmo trabalho.

### 2.2.2 Unidade didática

Esta unidade didática é uma sugestão de sequência de atividades para ser utilizadas juntamente com a simulação

*Tema:*

Dispersão luminosa.

### *Duração:*

Um encontro de 1h40min ou dois encontros de 50min

### *Objetivos:*

Essa atividade tem por finalidade analisar o fenômeno comportamento da luz branca ao incidir numa superfície de separação entre o vácuo e uma das faces de um prisma. Também, será analisado o fenômeno comportamento da luz branca ao incidir numa superfície de separação entre o vácuo e uma gotícula de água.

### *Conteúdos:*

REFRAÇÃO.

### *Materiais:*

- Quadro
- Pincel
- Computador com o software Algodoo instalado
- Projetor

### *Sequência de atividades:*

#### 1º Momento:

O professor deverá dar uma aula expositiva definindo o fenômeno da dispersão luminosa, evidenciado a maneira como cada uma das cores monocromáticas se desviam ao sofrer refração. É imprescindível que se diga que o violeta é a cor que mais sofre desvio e que o vermelho é a cor que menos sofre desvio. Para isso, será necessário um encontro de 50min.

## 2º Momento:

O professor deverá expor novamente o conteúdo do momento anterior usando dessa vez a simulação feita no programa Algodoo evidenciando o comportamento da luz branca ao incidir em um prisma ou em uma gotícula de água e entregar um questionário contendo as seguintes perguntas:

1. Observando a simulação e a explicação do professor, o que deve acontecer para se observar o fenômeno da dispersão?
2. O que caracteriza a dispersão?
3. A maneira como ocorre dispersão na gotícula de água é a mesma maneira que ocorre no prisma? Explique observando a simulação feita no Algodoo.
4. Qual das cores sofre menos desvio?
5. Qual das cores sofre mais desvio?

Para isso, será necessário um encontro de 50min.

## **2.3. Simulação 3: lentes esféricas.**

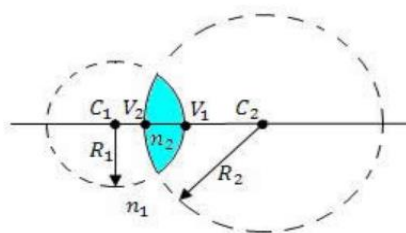
Esta simulação tem a finalidade de mostrar uma lente esférica transpassada por um raio luminoso. Logo em seguida será apresentada a sugestão de um roteiro detalhado mostrando passo a passo como se poderá manusear a simulação de maneira eficiente para que se possa entender o uma lente esférica. A simulação pode ser baixada e se encontra pronta para o manuseio por parte do interessado.

### **2.3.1 Roteiro para se entender uma lente esférica utilizando uma simulação do Algodoo.**

Uma lente esférica consiste em um corpo transparente limitado por duas superfícies, das quais pelo menos uma é curva. Logo em seguida será mostrado

os principais elementos geométricos de uma lente esférica. Observe atentamente o esquema abaixo:

Figura 9 - Elementos geométricos de uma lente esférica.



Fonte: [www.sofisica.com.br](http://www.sofisica.com.br). Acesso em 16/12/2018.

Os elementos geométricos evidenciados na figura, são:

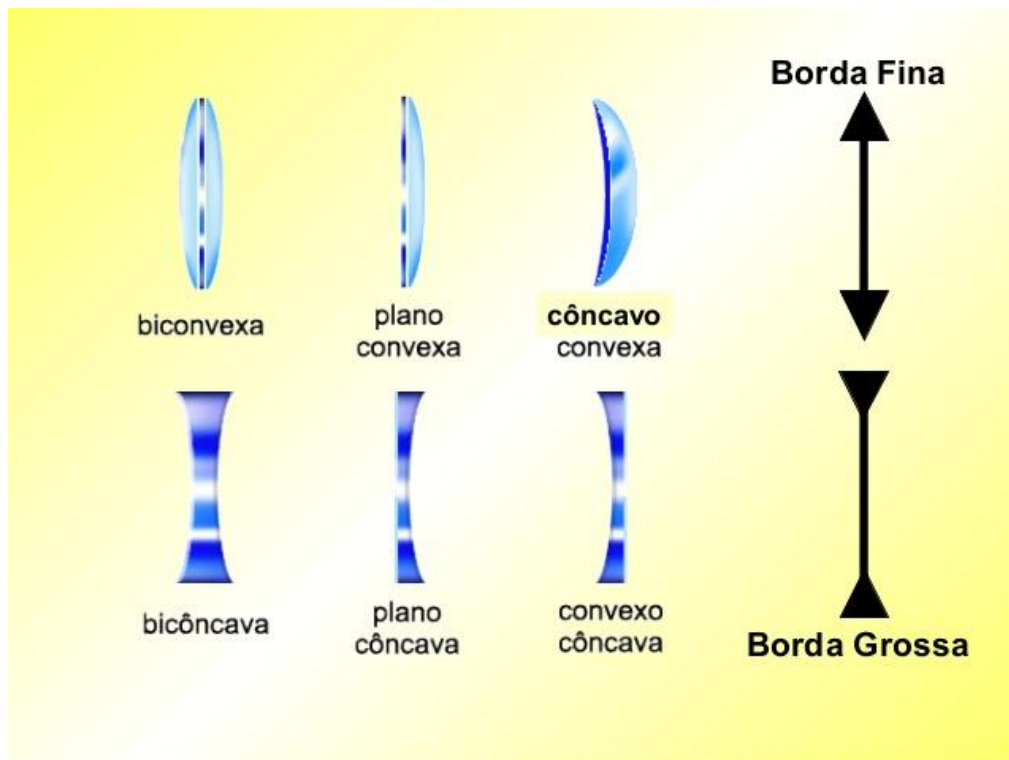
1.  $c_1$  e  $c_2$  são os centros de curvatura de cada uma das faces (que corresponde ao centro da esfera que deu origem a cada uma das faces)
2.  $v_1$  e  $v_2$  são os vértices da lente (polos das esferas que deram origem as lentes)
3.  $n_1$  e  $n_2$  são os índices de refração absoluto do meio e da lente, respectivamente.
4.  $R_1$  e  $R_2$  são os raios de curvaturas da lente (raio das esferas que deram origem a lente).
5. Eixo principal: é o segmento de reta que contem o centro de curvatura e o vértice, concomitantemente.

Além dos elementos citados, também existe um outro elemento de grande importância para entender uma lente esférica: o chamado foco principal de uma lente esférica, que já foi citado anteriormente, mas que agora será melhor entendido. Fisicamente falando, o foco principal de uma lente é um ponto situado sobre o eixo principal para o qual convergem todos os raios de luz que incidem na lente paralelamente ao eixo principal da lente.

De acordo com a geometria, pode-se classificar as lentes em dois grupos: lentes de bordas grossas e lentes de bordas finas. As primeiras possuem as extremidades com maior espessura que o centro; já as de bordas finas possuem as extremidades com menor espessura que o seu centro. Observe a Figura 10 que mostra lentes de bordas grossas e finas com seus respectivos nomes.



Figura 10 - Lentes esféricas: bordas grossas e finas.

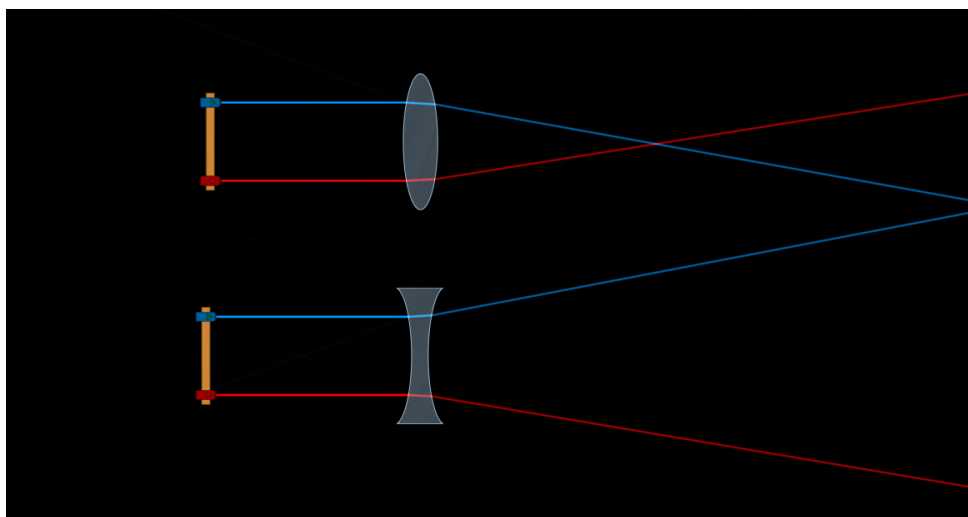


Fonte: [www.colegioweb.com.br](http://www.colegioweb.com.br). Acesso em 16/12/2018.

Para a nossa simulação, utilizaremos a lente biconvexa e bicôncava, mesmo sendo possível utilizar qualquer uma delas.

Quando o índice de refração absoluto da lente é maior que o índice de refração absoluto do meio no qual ela se encontra inserida, as lentes esféricas de bordas finas é convergente (direciona todos os raios de luz para um único ponto do eixo principal) e a de bordas grossas é divergentes (direciona todos os raios de luz para pontos distintos do espaço). Caso contrário, o comportamento se inverte. Observe a Figura 11 a seguir, que foi criada e extraída do software Algodoo.

Figura 11 - Lentes esféricas delgadas com índice de refração absoluto maior que o índice de refração absoluto do meio do qual estão inseridas.



Fonte: autoria própria (2018).

A lente de cima direciona os raios de luz para um único ponto (lente convergente), enquanto a lente de baixo direciona os raios para pontos distintos (lente divergente). Mas esse comportamento óptico, como já foi dito anteriormente, só se observa quando o índice de refração absoluto da lente é maior que o índice de refração absoluto do meio no qual ela esteja inserida. Observe na simulação 03 (Lentes 1 - <http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/optica/lentes-1-algodoo/view>) o comportamento dos feixes luminosos ao atravessar as lentes quando o índice de refração absoluto do meio no qual a lente está inserida é igual a 1,0 (vácuo) e o índice de refração absoluto da lente esférica é igual a 1,5 (vidro). No entanto, na simulação 04 (Lentes 2 - <http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/optica/lentes-2-algodoo/view>), quando mudamos o meio para um índice de refração absoluto igual a 2,0, o comportamento se inverte. O meio com índice de refração igual a dois é uma placa de vidro. No Apêndice deste trabalho se encontra uma maneira de como criar tal placa.

O ponto de convergência dos raios de luz que incidem paralelamente ao eixo principal da lente esférica, se chama foco principal da lente esférica e a distância da lente até o foco principal se chama distância focal.

A equação matemática que relaciona esses elementos geométricos é chamada de equação dos fabricantes de lentes esférica (ou equação de Edmond Halley). Matematicamente, temos:

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Onde:

f = distância focal da lente

$n_1$  = índice de refração do meio exterior

$n_2$  = índice de refração da lente

$R_1$  e  $R_2$  = raios de curvatura das faces da lente

Utilizando a régua que se encontra na simulação 05 (Lentes 3 - <http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/optica/lentes-3-algodoo/view>), é possível saber o valor da distância focal. A distância focal varia quando criamos uma lente com raio de curvatura diferente ou quando variamos o índice de refração da lente ou do meio. Para observar essa dependência da distância focal com o índice de refração absoluto da lente esférica, varie o índice de refração absoluto da lente e observe a variação da distância focal. Também é possível criar lentes com raios de curvaturas diferentes para se observar a variação da distância focal.

A maneira para se variar o índice de refração absoluto de uma lente esférica já foi ensinado em momentos anteriores deste trabalho. A maneira como se cria uma régua será mostrada no Apêndice deste trabalho.

### 2.3.2 Unidade didática

Esta unidade didática é uma sugestão de sequência de atividades para ser utilizadas juntamente com a simulação

*Tema:*

Lentes esféricas.

*Duração:*

Dois encontros de 1h40min ou quatro encontros de 50min.

*Objetivos:*

Essa atividade tem por finalidade estudar uma lente esférica fazendo-se uso de uma simulação no software Algodoo. Tal atividade procura inferir:

- O comportamento óptico de uma lente esférica de acordo com o meio óptico no qual ela esteja inserida.
- A variação da distância focal quando se muda os entes geométricos da lente.
- Medir a distância focal de uma lente esférica sabendo os valores dos entes geométricos fornecidos pelo software para tal lente.

*Conteúdos:*

DEFINIÇÃO DE UMALENTE ESFÉRICA.

COMPOTAMENTO ÓPTICO DE UMALENTE ESFÉRICA

ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UMALENTE ESFÉRICA

EQUAÇÃO DOS FABRICANTES (EQUAÇÃO DE EDMOND HARLEY)

### *Materiais:*

- Quadro
- Pincel
- Computador com o software Algodoo instalado
- Projetor

### *Sequência de atividades:*

#### 1º e 2º Momento:

O professor deverá dar uma aula expositiva definindo lente esférica, comportamento óptico de uma lente, elementos geométricos de uma lente e a equação dos fabricantes.

Para isso, será necessário um encontro de 1h40min ou dois encontros de 50min.

#### 3º e 4º Momento:

- O professor deverá expor novamente o conteúdo dos momentos anteriores usando dessa vez a simulação feita no programa Algodoo evidenciando os fenômenos físicos associados a ela. Também, poderá entregar um questionário contendo as seguintes perguntas:

1. Qual é o comportamento óptico de cada lente quando o índice de refração absoluto da lente é maior que o índice de refração absoluto do meio no qual as lentes estão inseridas?
2. O que acontece com o comportamento óptico das lentes quando o índice de refração absoluto do meio no qual elas estão inseridas se torna maior que o índice de refração absoluto das lentes?
3. Utilizando a equação dos fabricantes de lentes, determine a distância focal da lente de bordos fino sabendo que o raio de curvatura de suas faces vale 0,16m, o índice de refração absoluto do meio óptico no qual ela está inserida vale 1,0 e que o índice de refração da lente vale 1,5.

4. Quando aumentamos o índice de refração absoluto da lente para 2,0 o que acontece com a distância focal: aumenta, diminui ou se mantém constante?
5. Repita o exercício 3 e determine o novo valor da distância focal.

Para esses dois momentos, o professor precisará de um encontro de 1h40min ou dois encontros de 50min.

Para cada resposta encontrada pelo aluno, o professor deve corroborá-la com os dados fornecidos pelo software.

## **2.4. Simulação 4: defeitos da visão (olho humano).**

Esta simulação tem a finalidade de mostrar como corrigir os defeitos de miopia e hipermetropia e, conseqüentemente, o funcionamento esquemático do olho humano.

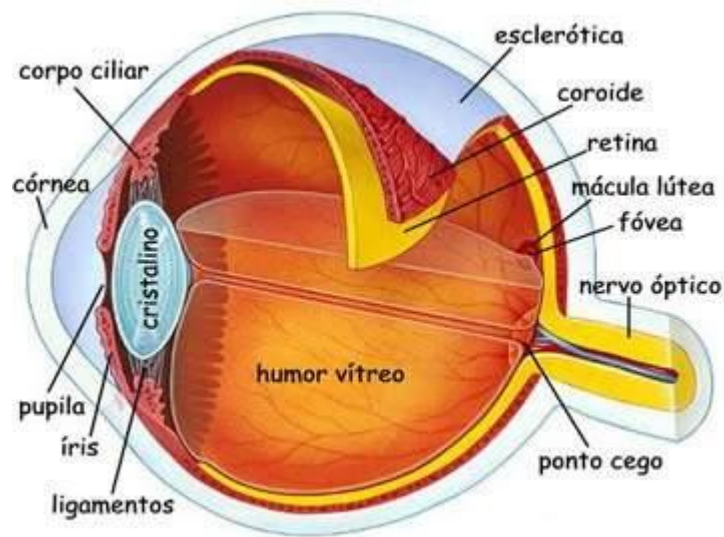
Logo em seguida será apresentada a sugestão de um roteiro detalhado mostrando passo a passo como se poderá manusear a simulação de maneira eficiente para que se possa entender os defeitos de visão em um olho humano mostrado em tal simulação. A simulação pode ser encontrada e está pronta para o manuseio por parte do interessado.

### **2.4.1. Roteiro para se entender os defeitos de miopia e hipermetropia em um olho humano utilizando uma simulação do Algodoo.**

O olho humano é um sistema capaz de receber luz de um determinado objeto e conjugar imagens que são captadas e entendidas pelo cérebro.

A seguir temos um esquema de um olho humano e suas principais partes constituintes. Iremos detalhar aquelas partes mais relevantes para o estudo de lentes e formação das imagens pelo cérebro.

Figura 12 - Partes constituintes do olho humano.



Fonte: [www.brasilecola.uol.com.br](http://www.brasilecola.uol.com.br). Acesso em 16/12/2018.

**Cristalino:** corresponde a parte central do olho humano. Ele é uma lente de bordas fina com comportamento óptico convergente.

**Pupila:** corresponde a um orifício central que controla a intensidade da entrada de luz. Portanto, ele se comporta como um diafragma e aumenta de diâmetro quando o ambiente se encontra com pouca luminosidade e diminui de diâmetro quando se encontra com muita luminosidade

**Retina:** corresponde a parte oposta ao cristalino. Tal região é formada por células sensíveis a energia luminosa. Essa membrana tem conexões com o cérebro e é para lá que se vai as imagens formadas pelo cristalino.

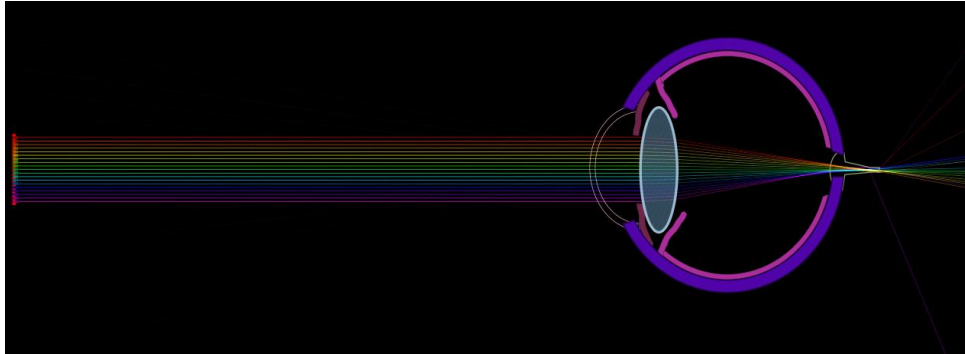
**Músculos ciliares:** são fibras capazes de interagir com o cristalino e variar sua distância focal de acordo com as necessidades do globo ocular.

Para que o olho humano conjugue uma imagem nítida de um determinado objeto, é suficiente e necessário que a luz oriunda desse objeto atravesse o cristalino e se encontre exatamente em cima da retina.

Utilizamos o Algodoo para construir uma representação do olho humano e, a partir desta, estudar a formação das imagens e os defeitos de visão.

A luz do objeto é orientada para a retina através do cristalino, que é uma lente convergente natural, como já foi dito anteriormente. Observe a Figura 13, criada e extraída do Algodoo.

Figura 13 - Esquema de um olho humano emétopo.



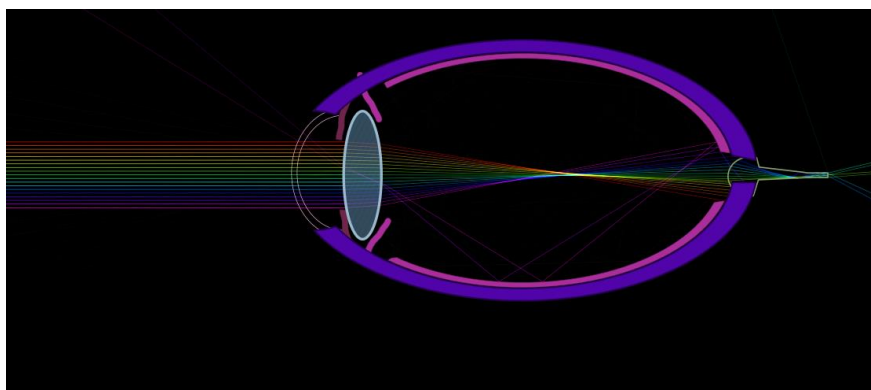
Fonte: autoria própria (2018).

A figura acima mostra um feixe de luz emanado de um corpo e que chega ao olho humano. Ao atravessar o cristalino, a luz é orientada no sentido da retina. Quando isso acontece, diz-se que o olho é emétopo, isto é, não possui nenhum defeito visual.

No entanto, devido a uma anomalia no globo ocular, pode ocorrer situações nas quais os feixes luminosos se encontram antes da retina ou depois da retina, caracterizando uma miopia e uma hipermetropia, respectivamente.

A miopia é caracterizada como um alongamento do globo ocular fazendo com que a luz se encontre antes da retina. Pessoas com miopia não enxergam com nitidez objetos distantes. Observe a seguir a figura 14 que mostra esquematicamente um olho humano com defeito de miopia.

Figura 14 - Esquema do olho humano com defeito de miopia.



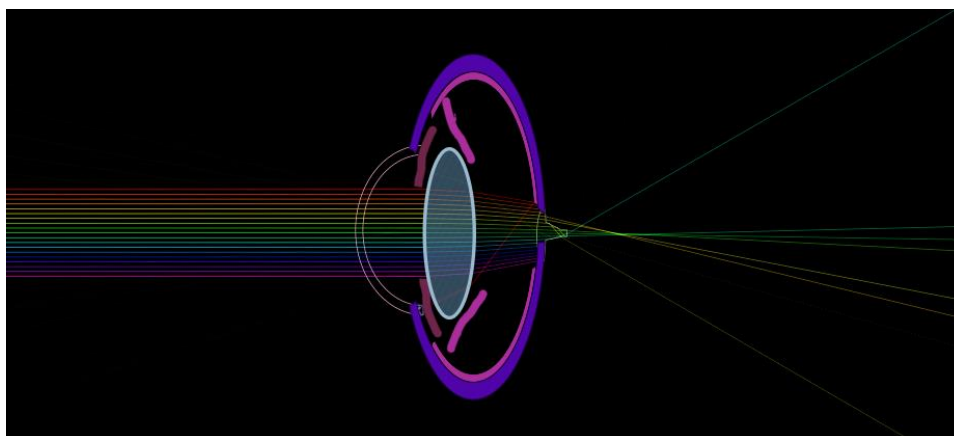
Fonte: autoria própria (2018).



Para corrigir este defeito, usa-se uma lente divergente. Para observar esse comportamento, alongue o globo ocular do olho humano na simulação 06 (Olho humano - <http://docente.ifrn.edu.br/melquisedecsilva/producao/optica/olho-humano-algodoo/view> ). Para alongar o olho clique em *<scale tool>* - que fica na parte inferior esquerda do software. Em seguida, leve o cursor para cima do olho e segure o botão esquerdo do mouse em cima da simulação e alongue o olho horizontalmente. A medida que se alonga o olho, a retina vai se afastando do ponto de convergência luminosa. Para observar como se corrige esse defeito, carregue a lente divergente para a frente do olho e observe a reorientação da luz após atravessar a lente colocada na frente do olho.

Por outro lado, a hipermetropia é caracterizada como um encurtamento do globo ocular fazendo com que a luz se encontre depois da retina. Pessoas com hipermetropia não enxerga com nitidez objetos próximos. Observe a seguir a figura 15 que mostra esquematicamente um olho humano com defeito de hipermetropia.

Figura 15 - Esquema do olho humano com defeito de hipermetropia.



Fonte: autoria própria (2018).

Para corrigir este defeito, usa-se uma lente convergente. Para observar esse comportamento, encurte o globo ocular na simulação do *olho humano* que se encontra em simulação 06 (Olho humano). Para encurtar o olho clique em *<scale tool>* que fica na parte inferior esquerda do software. Em seguida, leve o cursor para cima do olho e segure o botão esquerdo do mouse em cima da simulação e encurte o olho horizontalmente. A medida que se encurta o olho, a retina vai se afastando do ponto de convergência luminosa. Para observar como

se corrige esse defeito, carregue a lente convergente para a frente do olho e observe a reorientação da luz após atravessar a lente colocada na frente do olho.

### **2.4.2 Unidade didática**

Esta unidade didática é uma sugestão de sequência de atividades para ser utilizada juntamente com a simulação

*Tema:*

Defeitos da visão: miopia e hipermetropia.

*Duração:*

Um encontro de 1h40min ou dois encontros de 50min

*Objetivos:*

Essa atividade tem por finalidade explicar os defeitos de miopia e hipermetropia em um olho humano. Tal atividade procura inferir:

- A condição para que uma pessoa tenha o defeito da miopia e como corrigir tal defeito.
- A condição para que uma pessoa tenha o defeito hipermetropia

*Conteúdos:*

OLHO HUMANO ESQUEMÁTICO

MIOPIA

HIPERMETROPIA

*Materiais:*

- Quadro

- Pincel
- Computador com o software
- Projetor

*Sequência de atividades:*

1º Momento:

O professor deverá dar uma aula expositiva explicando o olho humano e as causas da miopia e hipermetropia.

Para isso, será necessário um encontro de 50min.

2º Momento:

- O professor deverá expor novamente o conteúdo do momento anterior usando a simulação feita no programa algodoo evidenciando as condições para que ocorra miopia e hipermetropia e em seguida entregar um questionário contendo as seguintes questões:

Todas as questões devem ser respondidas com o auxílio da simulação

1. Explique o que caracteriza o olho emélope (sem defeito)
2. O que deve acontecer para que um olho humano tenha defeito de miopia?
3. O que deve acontecer para que o olho humano tenha defeito de hipermetropia?
4. Qual tipo de lente corrige o defeito de miopia?
5. Qual tipo de lente corrige o defeito de hipermetropia?

### 3. Considerações finais

Ao longo dessa obra expomos sugestões de atividades usando simulações com o software Algodoo referente a refração luminosa. Porém, as mesmas podem ser adaptadas na abordagem de outros conteúdos de Física.

O software Algodoo visa modelar situações reais complexas afim de podermos estudá-las. Ele permite analisar várias variáveis físicas de uma única vez, o que possivelmente nos possibilita encontrar determinadas explicações para os mais diversos comportamentos e fenômenos físicos que necessitem de nossa compreensão.

Quanto à confiabilidade do software, podemos dizer que ele se mostrou bastante confiável, nos fornecendo resultados bastante precisos e condizentes com as teorias, desde que manuseado de forma correta.

Esperamos que esse produto possa contribuir para a prática pedagógica nas aulas de Física, e que esse material sirva de apoio ao livro didático adotado pelo professor, para que ele possa ir além das informações estáticas ali expostas.

O Algodoo pode ser aplicado sem problemas a outras áreas da Física, tanto em ciências do ensino fundamental, até no ensino superior, desde que se tenha um pouco de conhecimento e prática para com suas ferramentas e funcionalidades. Podemos sugerir aqui que esse software pode ser usado com bastante sucesso para o ensino-aprendizagem de conteúdos como: cinemática em geral, aplicações de leis de Newton, estudo do torque em dinâmica da rotação, mecânica dos fluidos, óptica e etc.

Durante nossas pesquisas, poucas foram as informações e exemplos de aplicações referentes a esse software. Pretendemos, em trabalhos futuros, utilizar o software Algodoo como ferramenta para outras problemáticas e aplicações da física.

## 4. Referências

NUSSENZVEIG H. Moysés, Curso de Física Básica: Mecânica, 5ª ed. São Paulo: E. Blücher, 2013.

SEARS, ZEMANSKY, Física, Vol. 2, 14ª Edição, Pearson, 2016.

HALLIDAY, RESNICK, Fundamentos da Física, Vol. 4, 8ª Edição, LTC, 2009

Site do Algodoo. Disponível em: < <http://www.algodoo.com>> Consultado em 2018.

Site do Brasil escola. Disponível em: < <https://brasilecola.uol.com.br/fisica>> consultado em 2018.

## Apêndice

Este apêndice tem por finalidade explicar como criar e manusear alguns dispositivos na tela do Algodoo. No entanto, é importante que você tente entender as funcionalidades do software por conta própria. Isso possibilita um maior dinamismo no entendimento deste programa computacional e uma maior liberdade em criar e manusear ferramentas no Algodoo te deixando mais criativo e hábil com esse aparato educacional.

A seguir, será mostrado como criar e/ou manusear algumas ferramentas do Algodoo que tenham relação com este produto educacional.

**Laser:** clique com botão direito do mouse em cima de <laser pen too> que fica parte inferior esquerda da tela e em seguida leve o cursor para a área de trabalho do software e clique uma vez. Ao fazer isso, um laser aparecerá na área de trabalho.

**Mudar a cor do laser:** clique com o botão direito do mouse em cima do laser, que já deve está na área de trabalho do software, e clique com o botão direito do mouse em <appearance>, que fica na parte superior direita da tela. Aparecerá uma escala com todas as cores; clique na cor que você deseja e o laser assumirá tal cor.

**Prismas e lentes:** clique com o botão direito do mouse em cima <componentes>, que fica parte superior esquerda da tela. Aparecerá as imagens de diversas ferramentas que software possui já pronta. Basta clicar com o botão direito do mouse em cima daquele que seja de seu interesse e ferramenta automaticamente aparecerá na área de trabalho do programa computacional.

**Circulo:** este circulo representará uma gotícula de água e pode criado clicando com o botão direito em <circle tool> que fica parte inferior esquerda da tela. Após o clique, leve o cursor para a área de trabalho e segure o botão direito do mouse enquanto você move o mouse para que o circule apareça.

**Retângulo:** este retângulo representará uma placa de vidro e pode ser criada clicando em <box tool>, que fica na parte inferior esquerda da tela. Após o clique, leve o cursor para a área de trabalho e segure o botão direito do mouse enquanto você move o mouse para que o retângulo apareça.

**Régua:** crie um retângulo. Após a criação do retângulo, clique com o botão esquerdo do mouse em cima do retângulo e vá em *<appearance>* e clique com o botão direito do mouse em *<ruler>*. Feito isso, a régua estará feita.