



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**CAMPUS ARARANGUÁ**

**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**MATERIAL PARA O PROFESSOR DE FÍSICA**

**Estudo das lentes em óptica geométrica: Olho humano, problemas da visão e possibilidades de correção.**

Luana Michels

Orientadora Prof. Dr<sup>a</sup>. Marcia Martins Szortyka.

Araranguá

2022

## APRESENTAÇÃO

Caro (a) professor (a):

O processo de ensino aprendizagem exige do professor constante aperfeiçoamento de suas estratégias e métodos para que se possa proporcionar ambientes potencialmente significativos ao estudante, para que este possa construir uma aprendizagem não apenas significativa, mas também crítica, formando seres humanos atuantes na sociedade proporcionando mudanças positivas no meio em que vivem.

Este produto educacional foi desenvolvido como parte da dissertação de mestrado *Resgate do ensino de física por meio de proposta de sequência didática com uso de experimentação para abordagem da óptica geométrica no estudo de lentes*.

**SUMÁRIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>99</b>
<b>2</b>	<b>PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>100</b>
<b>3</b>	<b>SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA ATIVIDADE AVALIATIVA TIPO PROVA.</b>	<b>146</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL DO ALUNO.....</b>	<b>150</b>
<b>5</b>	<b>PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL.</b>	<b>177</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA ATIVIDADE AVALIATIVA TIPO PROVA.</b>	<b>188</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>192</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>194</b>

## INTRODUÇÃO

Este produto foi pensado com o objetivo de proporcionar material adequado para o ensino de física por meio de aplicação metodologias e estratégias pouco utilizadas na realidade dos estudantes, que de forma geral sabem que a física é importante, porém não vem atratividade e utilidade ao estudar a mesma em sala de aula.

O produto é dividido em cinco partes, a primeira delas é a proposta de sequência didática para o ensino médio. A segunda delas é o material do aluno que pode ser entregue ao aluno do ensino médio seguido com a terceira parte que são sugestões de questões para atividade avaliativa tipo prova.

A quarta parte vem com a proposta de sequência didática para o ensino fundamental seguida com a última parte que são sugestões de questões para atividade avaliativa tipo prova para o ensino fundamental.

A primeira sequência didática trás a abordagem inicial com uso da experimentação com uso das lentes e laser, seguida de discussões sobre os problemas da visão e características do olho humano trabalhando com a experimentação da câmara escura. Seguindo com embasamento teórico de física com reconhecimentos das lentes, características e aplicação de equações realizando a verificação da equação de gauss e do aumento linear transversal através de desenho em tamanho real. Finalizando a sequência com nova aplicação do experimento com uso das lentes e laser para testar as possibilidades de correção dos defeitos da visão. Após o experimento há a construção de um mapa mental sobre todos os objetos de estudo trabalhados.

A segunda proposta de sequência didática é semelhante à primeira, porém não aborda as equações aplicadas às lentes delgadas e acrescenta a construção do olho de massinha de modelar, proporcionando o aprendizado de maneira mais lúdica nas aulas de ciências.

# 1 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

## SUGESTÃO DE PLANO DE AULA PARA O ENSINO MÉDIO

TEMA: Proposta de sequência didática com uso de experimentação para abordagem da óptica geométrica no estudo de lentes.

### OBJETIVOS

#### **Objetivo geral**

- Promover a construção do conhecimento sobre lentes, a morfologia do olho humano e os problemas de visão utilizando diferentes metodologias, sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira.

#### **Objetivos específicos**

##### **Aula 1 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Apresentar o experimento com a intenção de desenvolver a curiosidade dos estudantes e facilitar o engajamento no processo de ensino.
- Identificar os diferentes tipos de lentes, bem como suas características de vergência e convergência, por meio do manuseio das lentes e uso de laser;
- Observar as representações dos tipos de lentes e suas características de vergência e convergência;

##### **Aula 2 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Construir as imagens a partir das posições dos objetos em relação as lentes utilizando os raios particulares;

##### **Aula 3 –180 minutos (4 horas/aula)**

- Utilizar as equações das lentes na resolução de exemplos sobre formação das imagens;

- Provar a validade da equação de Gauss através de um desenho em tamanho real;
- Resolver exercícios utilizando a equação de Gauss e aumento linear;

#### **Aula 4 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Utilizar a equação dos fabricantes de lentes na resolução de problemas;

#### **Aula 5 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Analisar a combinação do uso de lentes calculando a posição e características da imagem formada com a associação;

#### **Aula 6 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Identificar a morfologia do olho humano;
- Elaborar um desenho sobre a morfologia e identificando os elementos do olho humano;
- Observar a representação da formação da imagem em um olho normal, míope e hipermetrope através do experimento;

#### **Aula 7 – 180 minutos (4 horas/aula)**

- Revisar a representação da formação da imagem em um olho míope e hipermetrope através do experimento;
- Testar as combinações das lentes que possibilitem observar os efeitos da correção dos defeitos da visão observados no experimento;

#### **Aula 8 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Produzir um mapa mental sobre a morfologia do olho humano, defeitos da visão e correção com o uso de lentes a partir do texto e representações entregues ao estudante.

#### **CONTEÚDO TRABALHADO**

- Lentes esféricas;
- Olho humano;
- Defeitos da visão;

- Efeitos da correção dos defeitos da visão com uso de lentes esféricas.

## METODOLOGIA

### **Aula 1 – 90 minutos (2 horas/aula):**

- Apresentação formal com identificação do trabalho a ser realizado com os estudantes durante aproximadamente 20 aulas;
- Entrega de material;
- Discussão do cronograma e componentes curriculares;
- Experimento inicial;
- Tipos de lentes;
- Comportamento dos raios de luz incididos nas lentes;
- Raios Particulares;
- Câmara escura.

Sugestão: Acrescentar discussão sobre a câmera fotográfica de celular, lentes externas para celular, mais de uma lente em um celular.

## **INTRODUÇÃO E EXPERIMENTO**

A abordagem inicial se dá por meio de questionamentos acerca da utilidade de instrumentos ópticos para que os estudantes possam se familiarizar com pontos cruciais do tema a ser trabalhado e sua relação com a realidade. A cada questionamento é sugerido que se instigue a participação dos estudantes na discussão.

### **Questionamentos:**

Você já parou para pensar o que o óculos faz na frente do nosso olho que nos faz enxergar melhor? O que microscópios, lunetas, binóculos e telescópios fazem que nos permite ver coisas muito pequenas ou coisas que estão muito longe com uma nitidez melhor e muitas vezes bem precisa dos objetos?

Figura 1: Óculos



Fonte: ativosaude

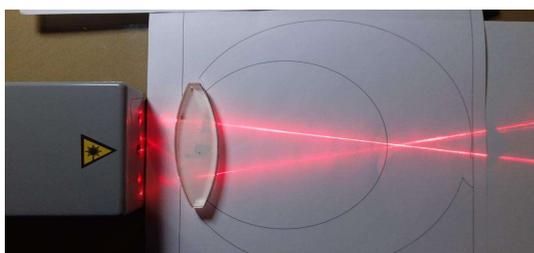
Para tentar responder essas perguntas, vamos fazer um experimento que simula como funciona o olho humano saudável e com defeitos de visão, dando início a uma série de estudos e ações que poderão facilitar a aprendizagem.

### EXPERIMENTO INICIAL

Neste momento faremos uma breve demonstração do experimento com abordagem investigativa dos conhecimentos prévios dos alunos.

**OLHO NORMAL:** Apresentação da representação da formação da imagem em um olho normal. No material do aluno o estudante faz o desenho representando o fenômeno observado

Figura 2: Representação do olho normal

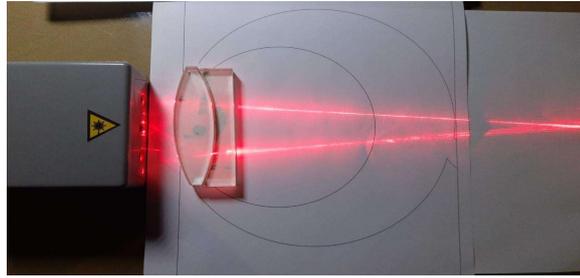


Fonte: acervo do autor

Nesse momento deve ser feita a identificação do ponto onde a imagem é formada.

**OLHO HIPERMÉTROPE:** Apresentação da representação da formação da imagem em um olho hipermetrope. No material do aluno o estudante faz o desenho representando o fenômeno observado

Figura 3: Representação do olho hipermetrope

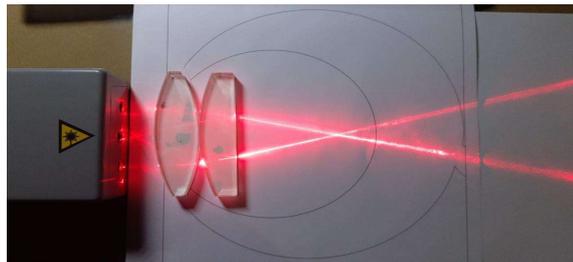


Fonte: acervo do autor

Nesse momento deve ser feita a identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho hipermetrope.

OLHO MIOPE: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho míope.  
No material do aluno o estudante faz o desenho representando o fenômeno observado.

Figura 4: Representação do olho míope



Fonte: acervo do autor

Nesse momento deve ser feita a identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho míope. **No material do aluno o estudante escreve a comparação do local onde a imagem é formada no olho normal, míope e hipermetrope.**

DESAFIO: Apresentação do desafio: combinar lentes de modo a representar os efeitos da correção feitas por lentes de contato, óculos e cirurgias quando apresentados os seguintes problemas na visão.

*Deixar claro que estamos trabalhando com combinações de lentes que são limitadas a observar os efeitos da correção, tendo em vista que a correção com uso de lentes se dá na frente do olho e talvez nesse experimento precisaremos combinar lentes atrás do olho.*

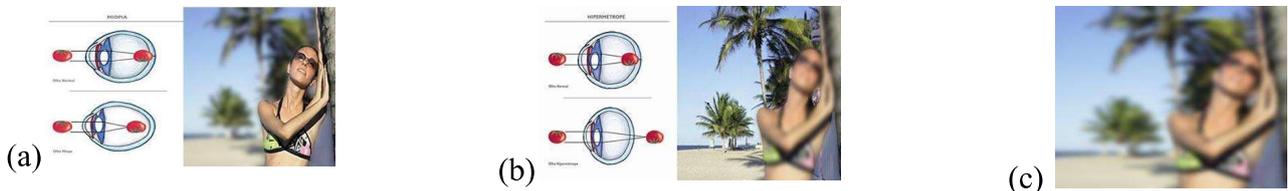
Durante o experimento é possível que o estudante questione por qual motivo a luz que incide

na lente sofre desvios, logo fica como sugestão falar da refração apresentando a definição:

“Estes desvios, em que ocorre mudança na direção de propagação da luz nos meios transparentes, estão associados à mudança de meio ou à variação de densidade de um mesmo meio. Nestas situações está presente um fenômeno chamado refração da luz.”

Depois do experimento mostrar as imagens de como as pessoas enxergam com alguns defeitos da visão e questionando os estudantes sobre as diferenças nas características de observação de cada um dos defeitos apresentados nas imagens:

Figura 5: Olho com miopia (a), hipermetropia (b) e astigmatismo (c)



Fonte: curiosidade-sobre-miopia

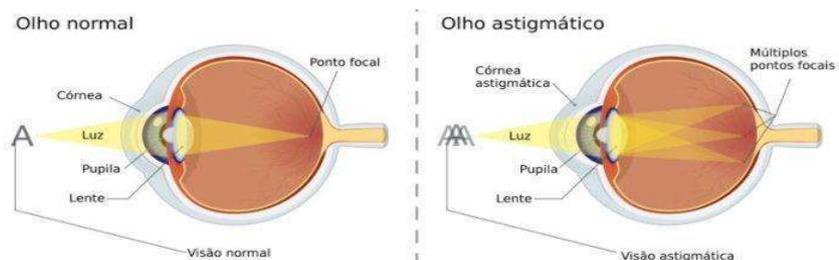
Figura 6: Visão com astigmatismo (esquerda) e Visão normal (direita)



Fonte: brasilescola

Na figura 6 é possível observar como um olho com astigmatismo pode ver as luzes a noite, sendo possível aproveitar esse momento para identificar se algum estudante da classe já percebeu esse fenômeno.

Figura 7: Representação do ponto focal no olho normal e no olho com astigmatismo/normal



Fonte: brasilescola

Na figura 7 é possível perceber que o olho com astigmatismo possui mais de um ponto focal o que explica porque a pessoa com astigmatismo observa as imagens embaçadas (como visualizado na figura 5 (c)) graças a sobreposição de imagens em pontos diferentes.

Após a observação e discussão inicial dos defeitos da visão (miopia, hipermetropia e astigmatismo), deixar claro que existem outros problemas relacionados à visão, porém o conjunto de lentes que temos disponível facilita a observação da miopia e hipermetropia, por esse motivo nosso foco será a miopia e a hipermetropia.

## TIPOS DE LENTES

Nesse momento vamos identificar os diferentes tipos de lentes, bem como suas características de vergência e convergência, por meio do manuseio das lentes e uso laser.

Figura 8: Tipos de lentes



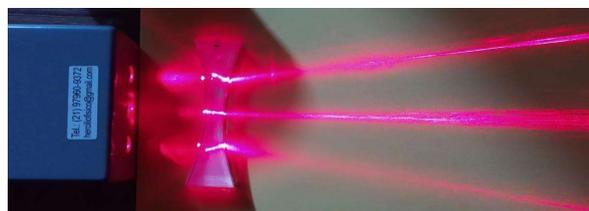
Fonte: acervo do autor

Na figura 8 temos as lentes de acrílico com imã utilizadas no experimento. Da esquerda para a direita temos as lentes: plano côncava, biconvexa, plano côncava, plano convexa, bicôncava e plano convexa.

Para observar o comportamento dos raios luminosos ao trocarmos de meio de propagação, vamos utilizar três raios de luz (laser vermelho) incididos nas lentes. Quando os raios passam do ar (meio 1) para a lente de acrílico (meio 2) sofre uma mudança de direção de acordo com o formato da lente.

Nesse momento é recomendado que o estudante faça anotações em seu material sobre o tipo da lente e o comportamento dos raios de luz juntamente com o desenho representando o fenômeno observado.

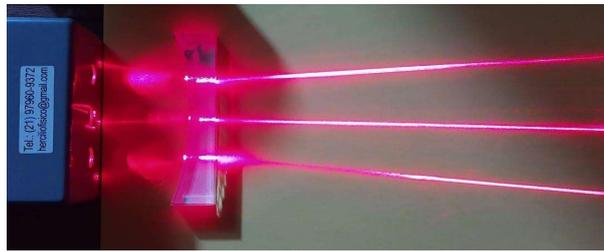
Figura 9: Laser incidindo na lente bicôncava



Fonte: acervo do autor

Quando incidimos os raios de luz na lente bicôncava observamos na figura 9 uma divergência no comportamento da luz que emerge da lente.

Figura 10: Laser incidindo na lente plano côncava

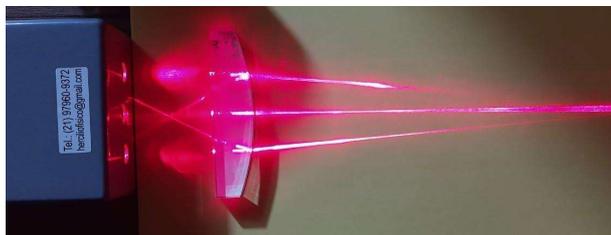


Fonte: acervo do autor

Ao observarmos na figura 10 os raios de luz incidindo na lente plano côncava constatamos uma divergência no comportamento dos raios emergentes, porém é notável uma divergência menor do que aquela apresentada na lente bicôncava.

As figuras 11 e 12 se tratam da mesma lente (plano convexa), no entanto o laser está sendo incidido primeiro no lado plano e segundo no lado convexo, para poder observar possíveis diferenças nos raios emergentes.

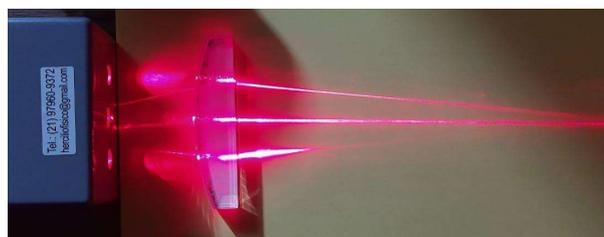
Figura 11: Laser incidindo na lente plano convexa (lado plano)



Fonte: acervo do autor

Ao incidirmos a luz no lado plano da lente plano convexa na figura 11 podemos observar uma convergência nos raios emergentes.

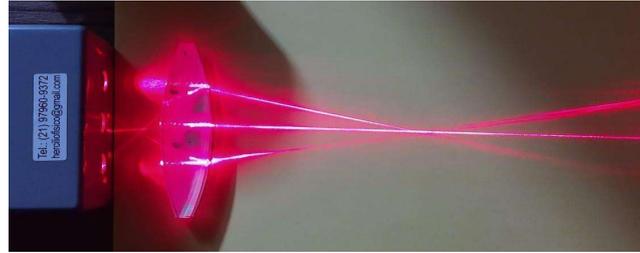
Figura 12: Laser incidindo na lente plano convexa (lado convexo)



Fonte: acervo do autor

Quando incidimos os raios de luz na face convexa da lente plano convexa também observamos uma convergência dos raios emergentes, da mesma maneira observamos os raios sendo refletidos pela face plana, porém a convergência apresentada é mais suave que na observação anterior.

Figura 13: Laser incidindo na lente biconvexa

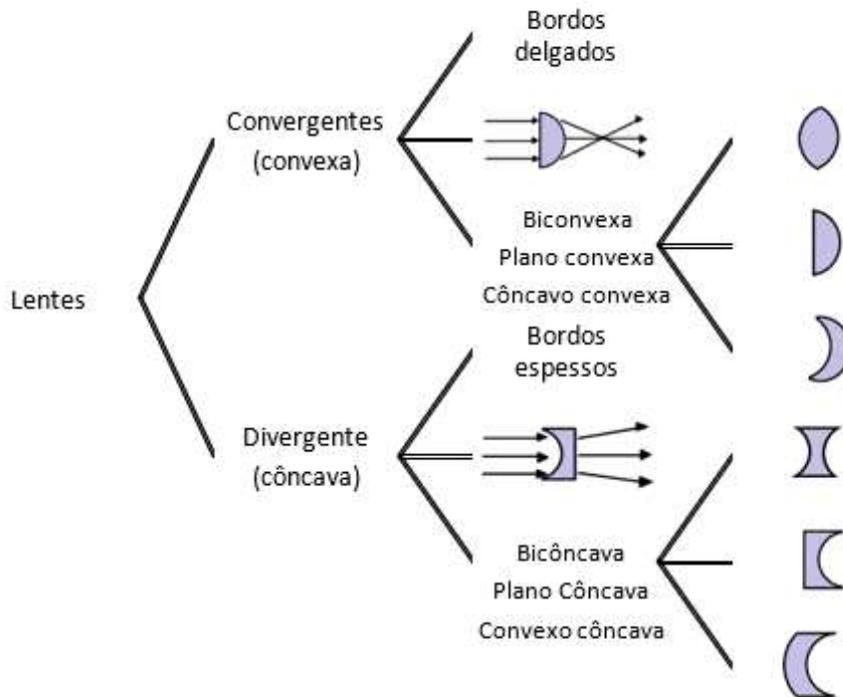


Fonte: acervo do autor

Quando incidimos os raios de luz na lente biconvexa podemos observar uma convergência dos raios emergentes um pouco maior que na lente plano convexa, da mesma maneira observamos uma convergência maior nos raios refletidos.

Seguido das observações e anotações pertinentes segue um esquema simplificado sobre a identificação das representações dos tipos de lentes e suas características de vergência e convergência;

Figura 14: Esquema com os tipos de lentes.



(Fonte: Acervo do autor)

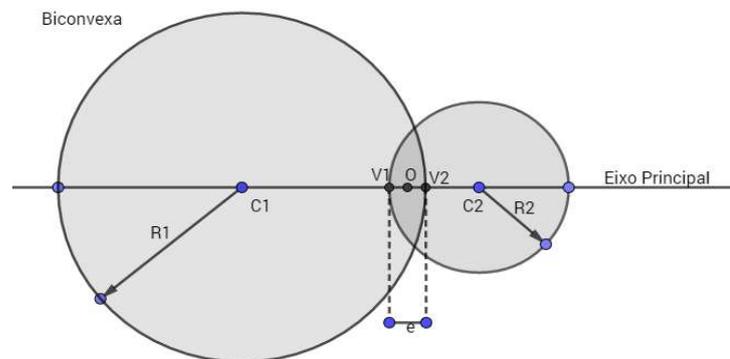
As lentes usam os símbolos de representação: convexa  $\updownarrow$  , côncava  $\text{I}$  .

Para aprofundar o entendimento sobre as lentes e aplicar sua utilidade em exercícios envolvendo as equações de Gauss, aumento linear, vergência e dos fabricantes de lentes é preciso identificar e localizar os componentes ópticos de cada uma das lentes. Seguem os significados de cada componente das lentes representadas nos desenhos logo abaixo:

- $C_1$  e  $C_2$  = centros de curvatura das faces das lentes;
- Reta  $C_1$  e  $C_2$  corresponde ao eixo principal (EP);
- $V_1$  e  $V_2$  = vértices das faces da lente;
- $R_1$  e  $R_2$  = raios das faces da lente;
- $O$  = centro óptico que é o ponto médio de  $V_1$  e  $V_2$ ;
- $e$  = espessura da lente;
- $F_i$  e  $F_o$  = foco principal da imagem e do objeto respectivamente;
- $f$  = distância focal da lente;
- $A_i$  e  $A_o$  = ponto antiprincipal da imagem e do objeto respectivamente. Estes pontos tem a distância igual ao dobro da distância focal da lente.

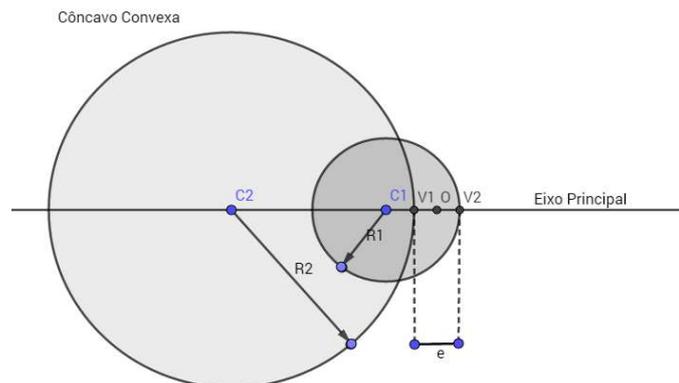
No momento da apresentação dos desenhos das lentes com os componentes ópticos é importante deixar claro onde está a lente, logo fica como sugestão que o estudante destaque (pinte com marca texto por exemplo) a localização da lente em cada uma das figuras 15, 16, 17, 18, 19 e 20 abaixo:

Figura 15: Lente biconvexa com a identificação de cada componente óptico.



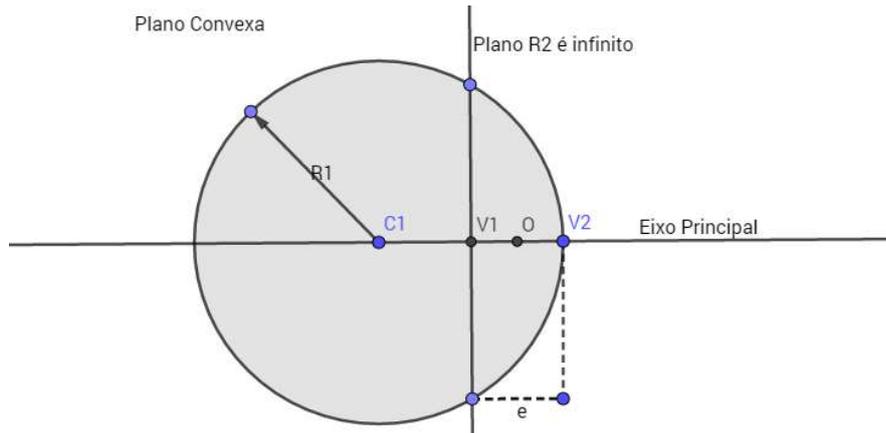
(Fonte: Acervo do autor)

Figura 16: Lente côncavo convexa com a identificação de cada componente óptico.



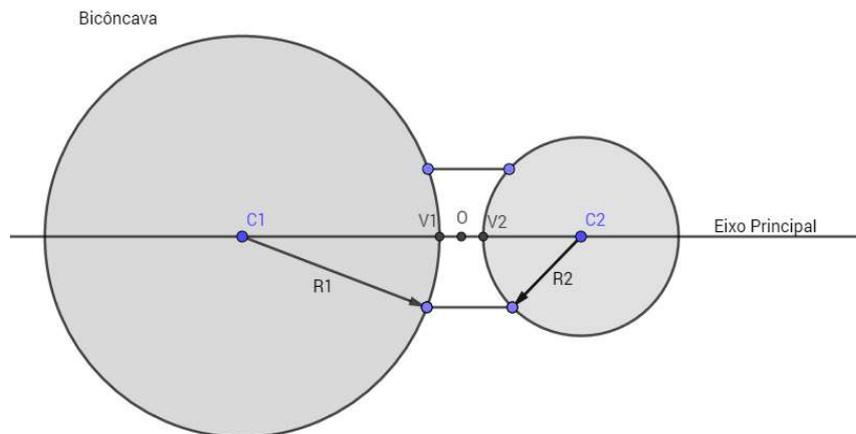
(Fonte: Acervo do autor)

Figura 17: Lente plano convexa com a identificação de cada componente óptico.



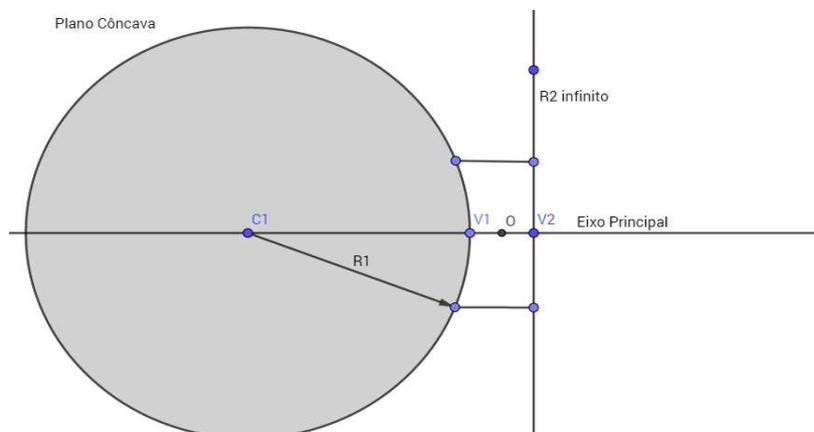
(Fonte: Acervo do autor)

Figura 18: Lente bicôncava com a identificação de cada componente óptico.



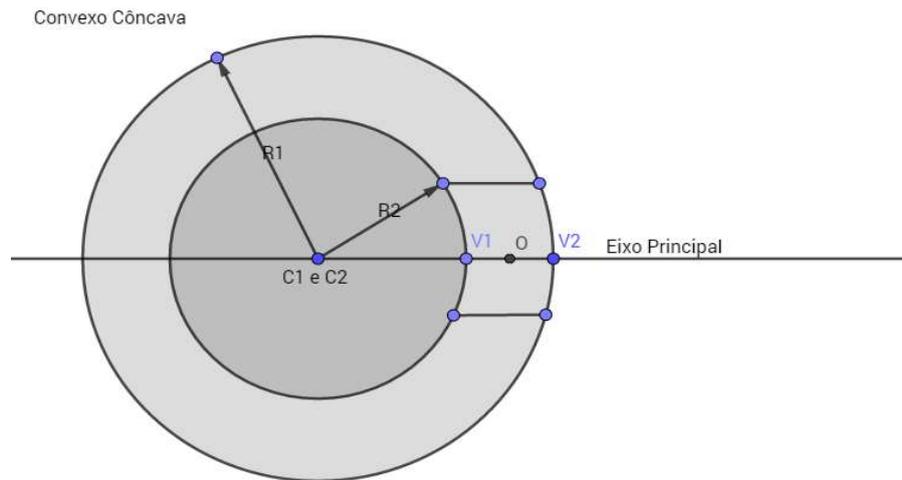
(Fonte: Acervo do autor)

Figura 19: Lente plano côncava com a identificação de cada componente óptico.



(Fonte: Acervo do autor)

Figura 20: Lente convexo côncava com a identificação de cada componente óptico.

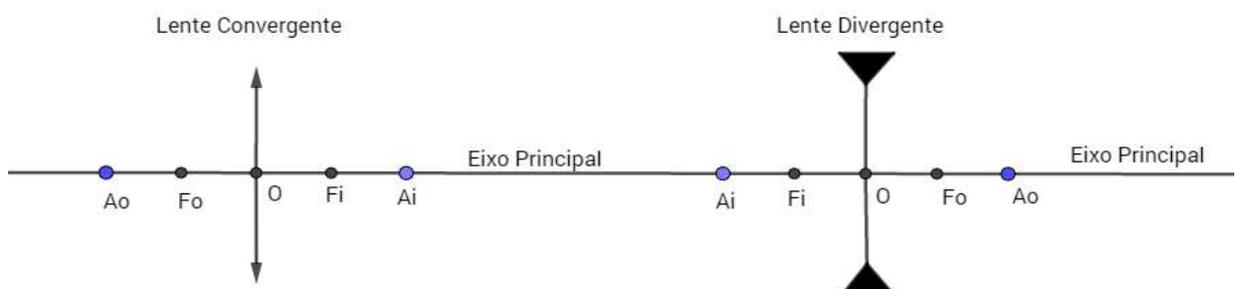


(Fonte: Acervo do autor)

As imagens 15 até 20 podem auxiliar o professor de duas maneiras. A primeira delas é quanto a sua preparação conceitual e pedagógica que o processo de ensino aprendizagem exige, ou seja, a análise e o estudo dessas imagens podem proporcionar esclarecimento quanto a localização dos elementos principais a serem considerados nos cálculos envolvendo lentes. A segunda maneira é referente ao processo de ensino aprendizagem em sua prática, onde o professor pode fazer uso dessas imagens em suas aulas para que os estudantes possam se familiarizar com o significado e localização dos elementos principais das lentes esféricas estudadas naquele momento.

Depois da identificação de cada uma das lentes é preciso utilizar as equações da óptica geométrica e para poder utilizar estas equações, construir imagens a partir da localização dos objetos e desenhar os raios principais é preciso reconhecer a localização dos pontos focais e pontos antiprincipais das lentes convergentes e divergentes apresentados a seguir.

Figura 21: Localização dos pontos focais e antiprincipais nas lentes convergente e divergente



(Fonte: Acervo do autor)

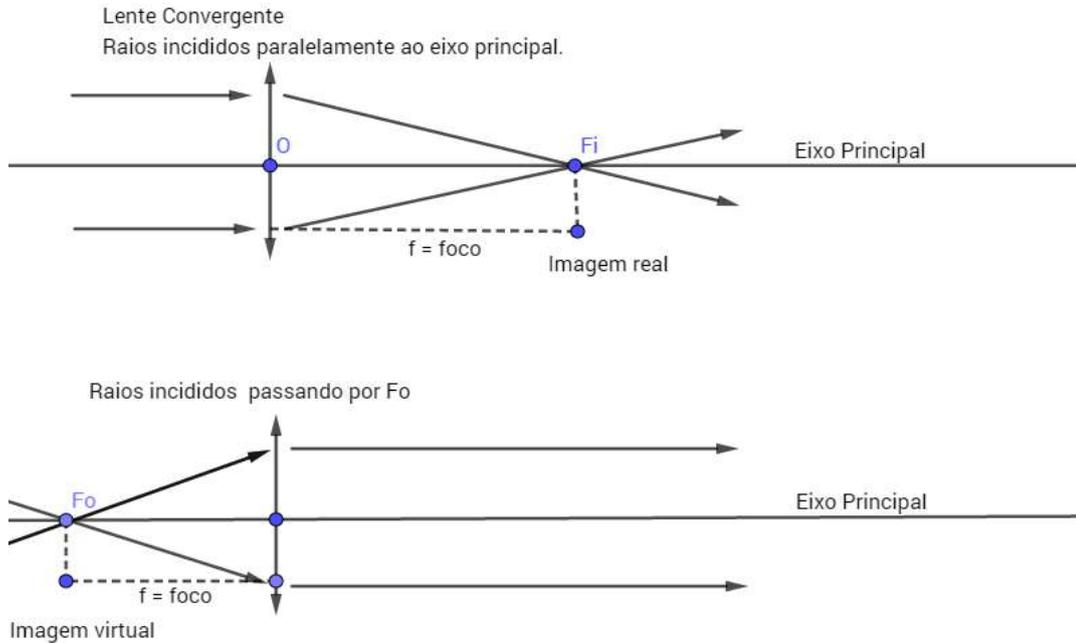
A distância focal  $f$  depende da lente.

Conhecer o foco e comportamento dos raios chamados principais incididos nas lentes convergentes e divergentes é de fundamental e extrema importância na localização das

imagens formadas dos objetos de acordo com as posições em relação às lentes.

Na lente convergente os raios que incidem paralelos ao eixo principal emergem passando por  $F_i$  formando uma imagem real, já os raios que incidem passando por  $F_o$  emergem paralelos ao eixo principal formando uma imagem virtual, como representa a figura.

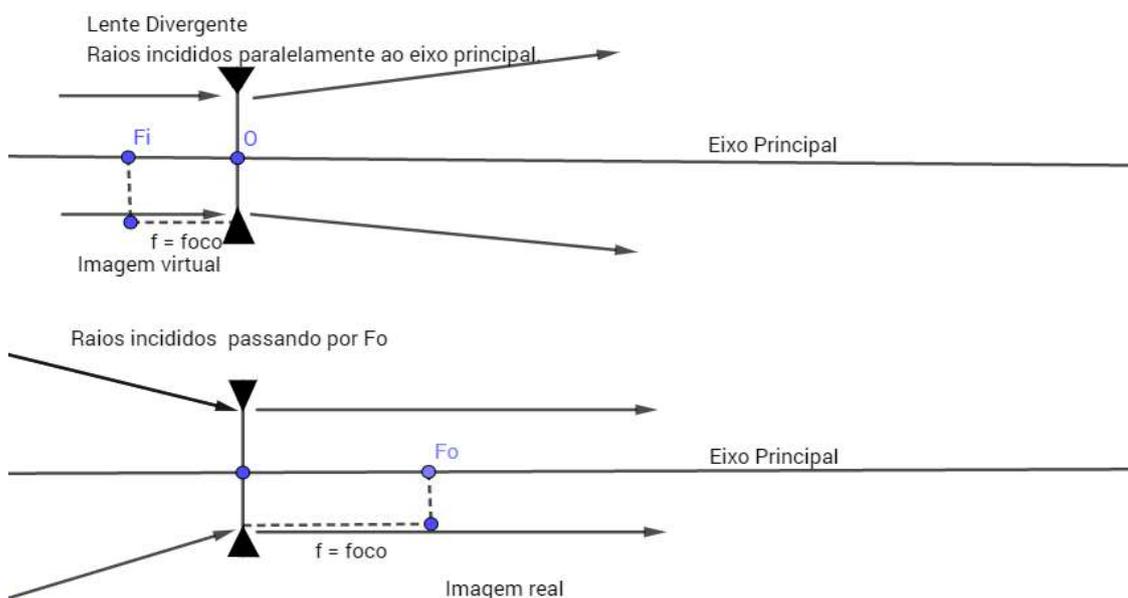
Figura 22: Comportamento dos raios de luz incididos na lente convergente



(Fonte: Acervo do autor)

Na lente divergente os raios que incidem paralelos ao eixo principal emergem passando por  $F_i$  formando uma imagem virtual, já os raios que incidem passando por  $F_o$  emergem paralelos ao eixo principal formando uma imagem real, como representa a figura.

Figura 23: Comportamento dos raios de luz incididos na lente divergente

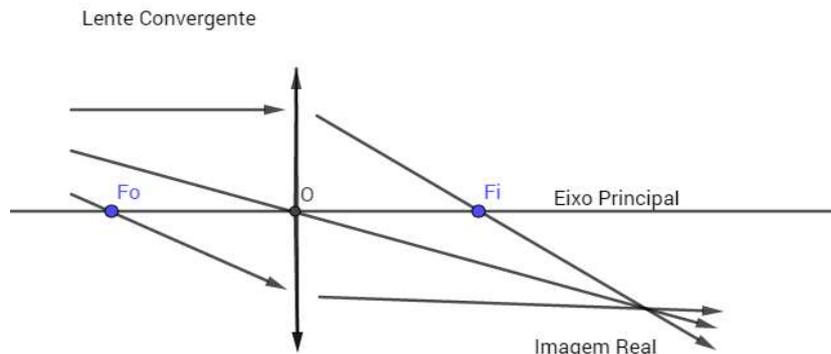


(Fonte: Acervo do autor)

Dessa maneira é perceptível que a forma como o raio de luz emerge da lente depende de

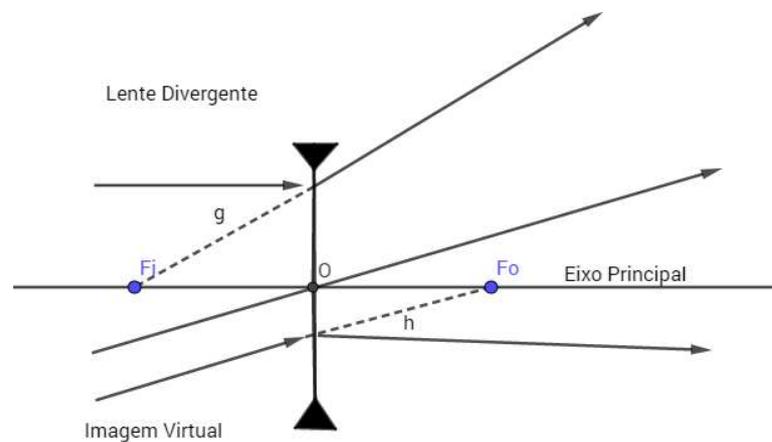
como ele incide na lente. Se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal ele emerge passando por  $F_i$ . Se um raio de luz incidir passando por O ele emerge sem sofrer desvio. Se um raio de luz incidir passando por  $F_o$  ele emerge paralelamente ao eixo principal. Nas figuras abaixo podemos observar a representação do comportamento das três situações (raios incidentes: paralelo ao eixo principal, passando por O e passando por  $F_o$ ) dos raios incididos na lente convergente e divergente respectivamente.

Figura 24: Três raios de luz incidindo na lente convergente



(Fonte: Acervo do autor)

Figura 25: Três raios de luz incidindo na lente divergente



(Fonte: Acervo do autor)

Para definir a posição e características principais (tamanho e orientação) das imagens são usados pelo menos dois desses raios particulares estudados até agora. Dependendo da posição do objeto próximo a uma lente convergente a imagem se forma com características distintas. Na lente divergente, independente da posição do objeto, a imagem se forma sempre da mesma maneira. Nos próximos desenhos é possível ver a representação dos possíveis casos de posicionamento do objeto e a formação das imagens nos dois tipos de lentes.

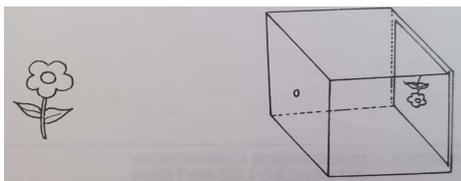
**FORMAÇÃO DAS IMAGENS:** Mostrar uma câmara escura com lata de alumínio, tinta preta e papel manteiga para observar a imagem da chama de uma vela invertida.

Abaixo, apresento uma sugestão de vídeo para confecção da câmara escura vale ressaltar que essa é apenas uma sugestão onde a execução pode ser adaptada, o objetivo principal aqui é observar o fenômeno da imagem invertida.

Link com sugestão de construção da câmara escura disponível no youtube: [Experimento - Câmara Escura](#)

Na sequência está apresentada uma ilustração de uma câmara escura que pode ser mostrada aos estudantes com a intenção de contextualizar o fenômeno observado no experimento da câmara.

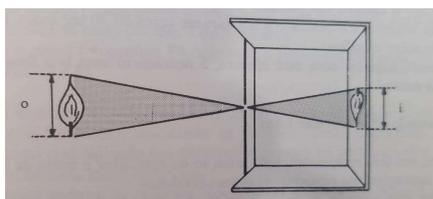
Figura 26: Representação de uma imagem obtida por uma câmara escura com orifício



Fonte: Física 2 GREF página 178

Complementando a figura anterior é possível apresentar a figura da chama da vela com a trajetória dos raios de luz saindo do objeto e formando a imagem invertida dentro da câmara.

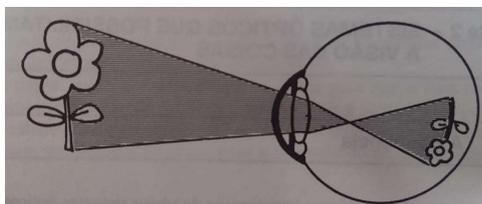
Figura 27: Ilustração da chama da vela na câmara escura



Fonte: Física 2 GREF página 251

Deixar claro aos estudantes que nosso olho funciona de forma semelhante à câmara escura e o objeto que vemos é projetado como uma imagem invertida na retina como representado na imagem:

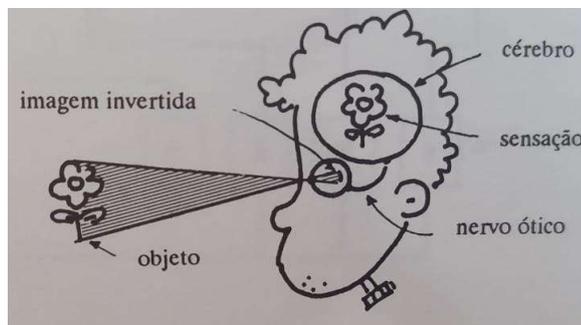
Figura 28: Representação da imagem invertida no olho humano



Fonte: Física 2 GREF página 264

O questionamento: “Se a imagem na retina é invertida, por que vemos as coisas na posição normal?” pode ser apresentado aos estudantes, que podem debater entre si. Seguido do debate a imagem a seguir pode ser apresentada:

Figura 29: Representação do sistema que permite a visão



Fonte: Física 2 GREF página 264

Sendo possível observar a representação em que o nervo óptico leva impulsos elétricos até o cérebro que inverte a imagem, dessa maneira não vemos as coisas de “cabeça para baixo”.

## **Aula 2 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- **Construção das imagens nas lentes convergente e divergente com resolução de problemas;**

### **CONSTRUÇÃO DAS IMAGENS COM OS RAIOS PARTICULARES**

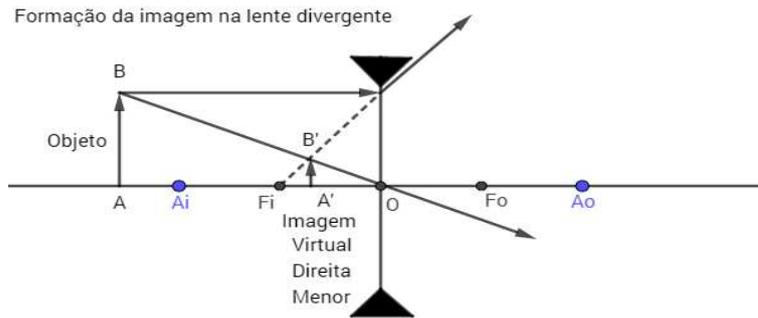
Nessa aula é sugerido que se faça a construção das imagens nas lentes divergentes e convergentes. Essa construção pode ser feita em uma folha A4 ou no caderno, utilizando régua e dois dos raios particulares estudados na aula anterior. Nesse momento é importante que o estudante desenhe primeiro o eixo principal e utilize a régua para localizar os pontos  $A_i$ ,  $F_i$ ,  $O$ ,  $F_o$  e  $A_o$  consecutivos entre si e manter a mesma distância entre eles.

Na sequência temos as imagens que representam as formações das imagens em cada caso nas lentes divergentes e convergentes.

#### **Construção da imagem na lente divergente:**

Deixar claro que na lente divergente temos um único caso, isso significa que qualquer que seja a posição do objeto AB as características de orientação e natureza da imagem A'B' são sempre as mesmas.

Figura 30: Formação da imagem na lente divergente



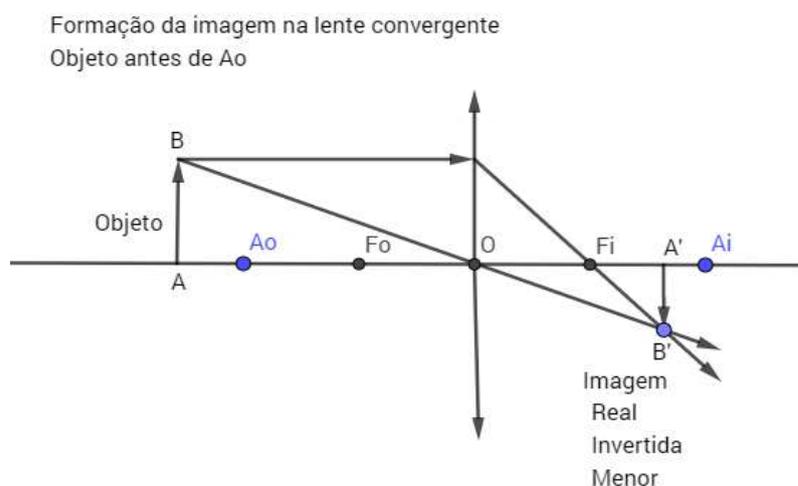
(Fonte: Acervo do autor)

Nesse momento o professor pode fazer mais de uma construção de imagem com objetos localizados em postos diferentes a fim de mostrar ao estudante que as características da imagem serão sempre virtual, direita e menor na lente divergente.

### Construção da imagem na lente convergente:

Diferentemente da lente divergente, na lente convergente existem vários casos na formação das imagens. Isso significa que dependendo da posição do objeto AB as características de orientação e natureza da imagem A'B' são diferentes.

Nesse momento é sugerido construir cada um dos casos de formação das imagens: antes de  $A_o$ , sobre  $A_o$ , entre  $A_o$  e  $F_o$ , sobre  $F_o$  e entre  $F_o$  e O totalizando cinco casos. A seguir temos a representação de cada um dos 5 casos com as características da imagem formada em cada figura.:

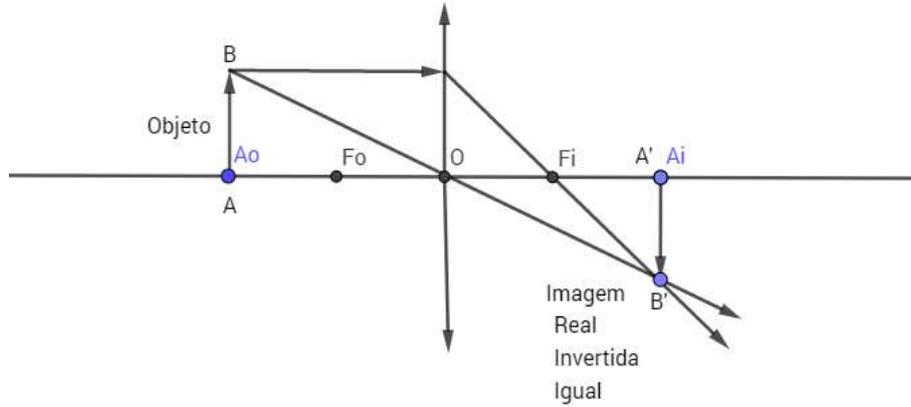
Figura 31: Objeto antes de  $A_o$ 

(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é real, invertida e menor.

**Figura 32: Objeto sobre  $A_o$**

Formação da imagem na lente convergente  
Objeto sobre  $A_o$

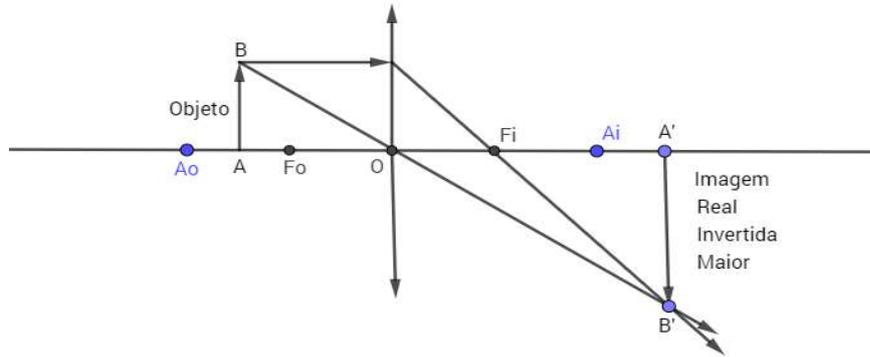


(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é real, invertida e igual.

**Figura 33: Objeto entre  $A_o$  e  $F_o$**

Formação da imagem na lente convergente  
Objeto entre  $A_o$  e  $F_o$

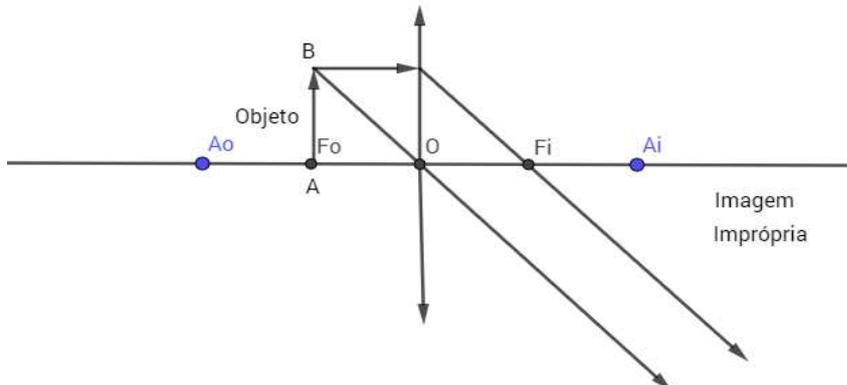


(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é real, invertida e maior.

**Figura 34: Objeto sobre  $F_o$**

Formação da imagem na lente convergente  
Objeto sobre  $F_o$



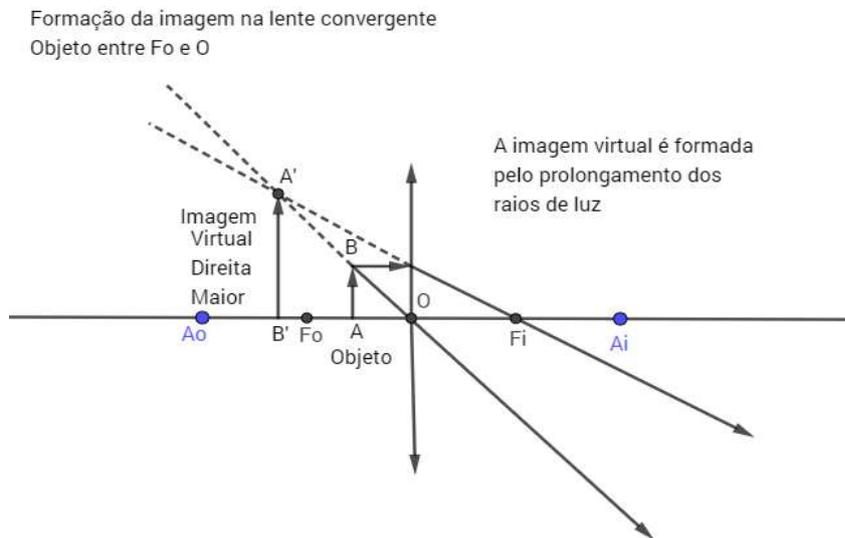
(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é imprópria já que os raios que emergem da

lente não se cruzam.

As lentes dos faróis e holofotes são aplicações deste caso.

**Figura 35: Objeto entre  $F_o$  e O**



(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso é possível observar que a imagem é virtual, direita e maior.

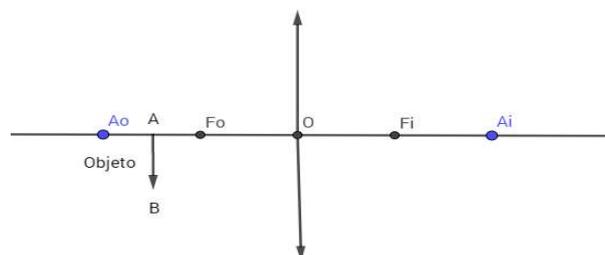
A lupa, o microscópio, o binóculo e o telescópio são aplicações deste caso.

Após a construção dos casos das formações das imagens serão realizados dois exercícios apresentados a seguir para melhor apropriação por parte do estudante.

**Exercício sobre o comportamento dos raios particulares e a formação da imagem, representando a situação por meio de desenho e analisando as características da imagem.**

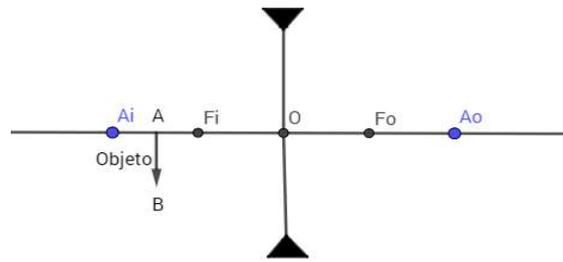
1) Com a auxílio de uma régua e lápis construa a imagem do objeto AB indicando as características da imagem (real/virtual, invertida/direita, maior/menor) formada em cada situação:

a) Utilize a imagem abaixo para representar a projeção do objeto:



(Fonte: Acervo do autor)

b) Utilize a imagem abaixo para representar a projeção do objeto:



(Fonte: Acervo do autor)

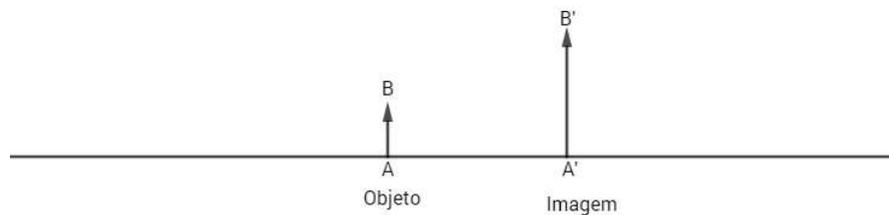
2) Localize o centro óptico O, represente a lente divergente/convergente e identifique as características da imagem (real/virtual, invertida/direita, maior/menor) em cada situação:

a) Utilize régua para a construção do desenho



(Fonte: Acervo do autor)

b) Utilize régua para a construção do desenho



(Fonte: Acervo do autor)

### Aula 3 – 180 minutos (4 horas/aula)

- **Apresentação das equações: Equação de Gauss; Aumento Linear Transversal; Vergência e dos Fabricantes de Lentes;**
- **Resolução de exemplos sobre Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal;**
- **Resolução de exercícios sobre equação de gauss e aumento linear .**

### UTILIZAR AS EQUAÇÕES DAS LENTES NA RESOLUÇÃO DE EXEMPLOS SOBRE FORMAÇÃO DAS IMAGENS

Equações das lentes esféricas:

1. Equação de Gauss:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$
2. Equação do aumento linear transversal:  $A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$

3. Equação de vergência e convergência:  $C = \frac{1}{f}$ . A unidade da vergência ou convergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptria} = \text{di}$ , que também pode ser medida em  $\frac{1}{cm} = \text{cm}^{-1}$ .

4. Equação dos fabricantes de lentes:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ .

A equação dos fabricantes de lentes foi desenvolvida pelo astrônomo e matemático inglês Edmond Halley. Caso a face da lente seja côncava  $R < 0$ , caso a face da lente seja convexa  $R > 0$ .

5. Equação dos fabricantes de lentes para uma face plana:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R}\right)$

Esta equação é utilizada quando uma das faces da lente for plana.

Significado das letras utilizadas nas equações:

- p: distância entre o objeto e a lente;
- p': distância entre a imagem e a lente;
- f: distância do foco da lente;
- F<sub>1</sub>: primeiro foco da lente;
- F<sub>2</sub>: segundo foco da lente;
- i: altura da imagem formada;
- o: altura do objeto;
- I: imagem;
- O: objeto;
- A: aumento linear transversal;
- C: vergência ou convergência da lente;
- n<sub>1</sub> e n<sub>2</sub>: índices de refração do meio e da lente respectivamente;
- R<sub>1</sub> e R<sub>2</sub>: raios de curvaturas da lente;

Existem algumas regras para os símbolos que serão apresentadas junto com as equações.

- Quando a lente for convergente  $f > 0$ , se a lente for divergente  $f < 0$ .
- Se o objeto for real  $p > 0$ , se o objeto for virtual  $p < 0$ .
- Se a imagem for real  $p' > 0$ , se a imagem for virtual  $p' < 0$ .

**Exemplos sobre a utilização das duas primeiras equações:** Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal

1) Uma lente convergente em uma lupa possui 10 cm de distância focal. O objeto está a 8 cm da lente. Determine o aumento linear transversal.

*Dados do problema:*

$$f = 10 \text{ cm}$$

$$p = 8 \text{ cm}$$

*Para calcular o A precisa calcular p' primeiro.*

$$A = \frac{-p'}{p}$$

$$A = \frac{-(-40)}{8}$$

$$A = 5$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

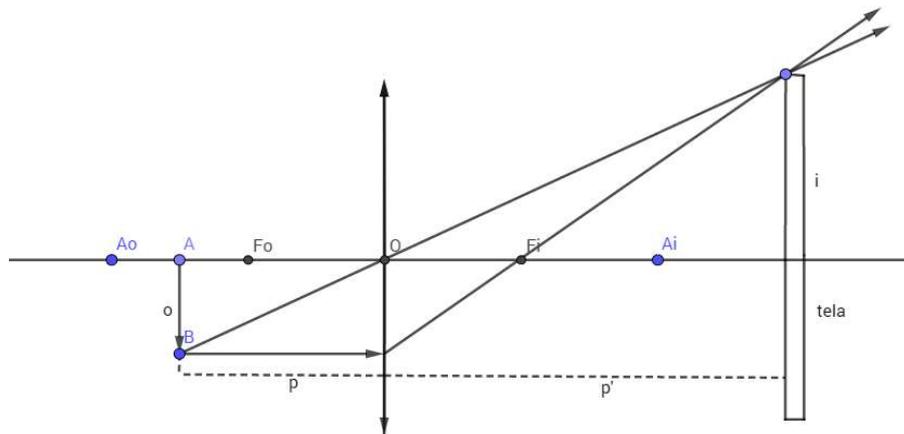
$$\frac{1}{10} - \frac{1}{8} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{4-5}{40} = \frac{1}{p'}$$

$$\frac{-1}{40} = \frac{1}{p'}$$

$$p' = -40 \text{ cm}$$

2) A lente objetiva de um projetor de cinema é uma lente convergente de foco 10 cm. Neste caso determine o comprimento da sala de projeção para que seja possível um aumento de 200 vezes.



(Fonte: Acervo do autor)

*Dados do problema:*

$$f = 10 \text{ cm} \quad A = -200$$

*Para calcular o comprimento da sala de projeção precisa calcular utilizar a equação do aumento linear sem finalizar primeiro.*

$$-200 = \frac{-p'}{p}$$

$$p' = 200p$$

*Substitui p = 10,05cm*

$$p' = 200 \cdot 10,05 = 2010 \text{ m}$$

$$p = 20,1 \text{ m}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$p = 10 + 0,05$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{p} + \frac{1}{200p}$$

$$p = 10,05 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{p} \left( 1 + \frac{1}{200} \right)$$

*Agora substitui esse valor na primeira equação.*

$$p = 10 \left( 1 + \frac{1}{200} \right)$$

$$p = 10 + \frac{10}{200}$$

***Provar a validade da equação de Gauss (desenho);***

Neste momento a proposta é pegar um dos exercícios resolvidos anteriormente e fazer o desenho em tamanho real, utilizando uma folha sulfite (A4) ou uma cartolina, com o auxílio de régua e esquadro. O objetivo da atividade é utilizar as definições dos raios particulares, posicionamento do ponto focal e centro óptico da lente para reproduzir um dos exercícios resolvidos e assim verificar a validade da Equação de Gauss e da Equação do aumento Linear Transversal.

**Exercícios sobre a utilização das duas primeiras equações: Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal**

1) Escolher um dos casos abaixo para reproduzir em tamanho real (utilize régua) verificando os cálculos com as medidas do desenho:

Um objeto de 10 cm de altura é colocado à distância  $x$  diante de uma lente convergente de distância focal de 18 cm. Calcule o tamanho da imagem e o aumento linear transversal nos seguintes casos:

- a)  $x = 90$  cm;                      b)  $x = 36$  cm;                      c)  $x = 9$  cm.

**EXERCÍCIOS EXTRA**

1) Uma lente convergente de distância focal de 6 cm está a 9 cm de um objeto de 4 cm de altura. Determine a posição do objeto e a altura da imagem.

2) Um objeto de 8 cm de altura está a 20 cm de uma lente divergente de 30 cm de foco. Calcule a posição, tamanho e natureza da imagem.

3) Uma lente de foco 20cm produz uma imagem real e invertida 4 vezes maior que o objeto. Determine a posição da imagem e o tipo da lente.

4) Um objeto está a 8 cm de uma lente convergente. A imagem virtual ( $A > 0$ ) formada é o triplo do tamanho do objeto. Calcule a distância focal da lente.

5) Uma lente convergente produz uma imagem com um terço do tamanho do objeto que está a 60 cm dela. Calcule a distância da imagem até a lente.

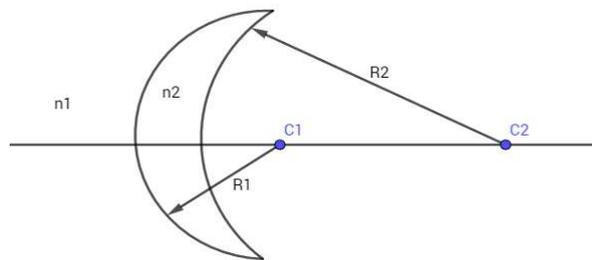
#### Aula 4 – 90 minutos (2 horas/aula)

- **Resolução de exemplos e exercícios sobre equação de vergência e dos fabricantes de lentes.**

### UTILIZAR A EQUAÇÃO DOS FABRICANTES DE LENTES NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

**Exemplo da fórmula dos fabricantes de lente e vergência ou convergência de uma lente.**

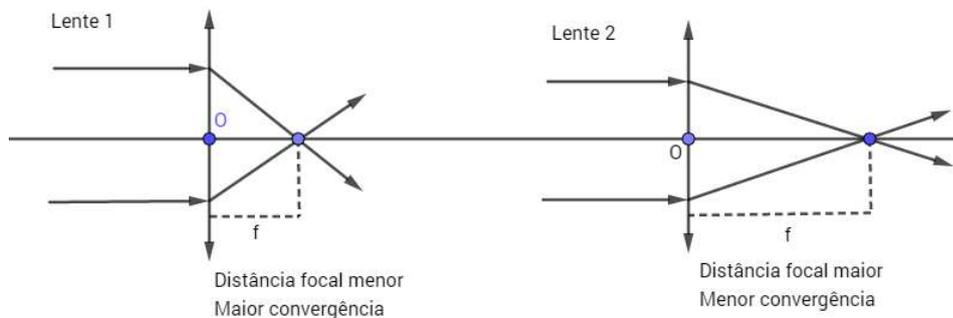
**Figura 36: Localização dos raios e centro da lente**



Fonte: (Acervo do autor)

Os símbolos  $n_1$  e  $n_2$  representam os índices de refração do meio exterior e da lente respectivamente. Equação dos fabricantes de lentes:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ , foi desenvolvida pelo astrônomo e matemático inglês Edmond Halley. Caso a face da lente seja côncava  $R < 0$ , caso a face da lente seja convexa  $R > 0$ . Esta equação é utilizada quando uma das faces da lente for plana:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R}\right)$ .

**Figura 37: Comparação do ponto focal de duas lentes**



Fonte: (Acervo do autor)

Analisando as figuras é possível observar que a distância focal menor causa maior convergência e isso pode ser medido com a equação:  $C = \frac{1}{f}$ . A unidade da vergência ou convergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptria} = \text{di}$ , que também pode ser medida em  $\frac{1}{cm} = \text{cm}^{-1}$ .

**Exemplo:** Uma lente convexo côncava tem raios de curvatura, respectivamente, iguais a 60 cm e 20 cm. O índice de refração da lente é 1,5. Sabendo que ela está imersa no ar, calcule a distância focal dessa lente e a vergência, em dioptrias.

*Dados do problema:*

*Convexa*

$$R_1 = 60 \text{ cm}$$

*Côncava*

$$R_2 = - 20 \text{ cm}$$

$$n_{1 \text{ ar}} = 1$$

$$n_2 = 1,5$$

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

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{1,5}{1} - 1 \right) \left( \frac{1}{60} - \frac{1}{20} \right)$$

$$\frac{1}{f} = 0,5 \left( \frac{1-3}{60} \right)$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-1}{60}$$

$$f = - 60 \text{ cm} = - 0,6 \text{ m}$$

$$C = \frac{1}{f} = \frac{-1}{0,6} = \frac{-10}{6} = \frac{-5}{3} \text{ di}$$

### **Exercícios sobre a equação dos fabricantes de lentes e vergência das lentes:**

- 1) Determine, em dioptrias, a convergência das seguintes lentes:
  - a) Convergente de distância focal 80 cm;
  - b) Divergente de distância focal 10 cm.

Considere as lentes abaixo imersas no ar (o ar tem índice de refração 1)

- 2) Uma lente côncava convexa tem raios iguais a 40 cm e 20cm respectivamente. O índice de refração da lente é igual a 2. Calcule sua convergência.
- 3) Calcule a distância focal de uma lente plano convexa de índice de refração absoluto igual a 1,2 e raio da face convexa 50 cm.
- 4) Uma lente convergente de 4 di, biconvexa, tem raios de curvatura  $R_1 = R_2 = 30 \text{ cm}$ . Determine o índice de refração da lente.
- 5) (ITA – SP) Uma vela se encontra a uma distância de 30 cm de uma lente plano convexa que projeta uma imagem nítida de sua chama em uma parede a 1,2 m da lente. Qual é o raio de curvatura da parte curva da lente se o seu índice de refração é 1,5?

### **Aula 5 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- **Resolução de exemplos sobre a combinação de lentes.**

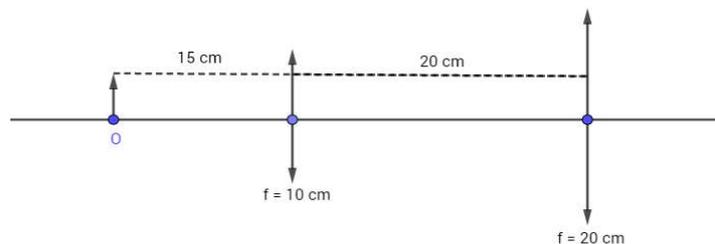
## COMBINAÇÃO DE LENTES DELGADAS.

Analisar a combinação do uso de lentes calculando a posição e características da imagem formada com a associação; texto e exemplos do PRINCÍPIOS DE FÍSICA páginas 1038 e 1039.

Se duas lentes delgadas são usadas para formar uma imagem, o sistema pode ser tratado da seguinte maneira: primeiro a imagem da primeira lente é calculada como se a segunda lente não estivesse presente. Então, a luz se aproxima da segunda lente como se tivesse originalmente vindo da imagem formada pela primeira lente. A imagem da segunda lente é a imagem final do sistema. Se a imagem da primeira lente se encontra na parte de trás da segunda lente, então a imagem é tratada como um objeto virtual pela segunda lente (ou seja,  $p$  é negativo). O mesmo procedimento pode ser estendido a um sistema com três ou mais lentes. A ampliação total de um sistema de lentes delgadas é igual ao produto das ampliações das lentes separadas.

### Exemplo 26.8 Onde está a imagem final? Página 1039

Duas lentes delgadas convergentes de distância focal de 10cm e 20cm estão separadas por uma distância de 20 cm, como mostra a figura. Um objeto é colocado a 15 cm à esquerda da primeira lente. Encontre a posição e a ampliação da imagem final.



Dados do problema:  $f_1 = 10 \text{ cm}$

$$p_1 = 15 \text{ cm}$$

$$f_2 = 20 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{15} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{3-2}{30}$$

$$p' = 30 \text{ cm}$$

as duas lentes o objeto da segunda lente é virtual então  $p_2 = -10 \text{ cm}$ .

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{20} = \frac{1}{-10} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{20} + \frac{1}{10} = \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{1+2}{20}$$

$$p'_2 = \frac{20}{3}$$

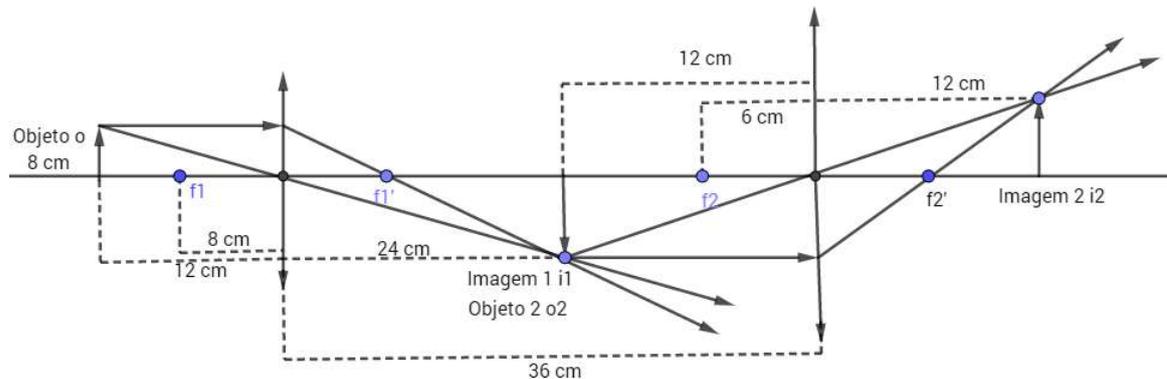
$$p'_2 = 6,67 \text{ cm}$$

Como  $p'$  é menor que a distância entre

Ampliação:  $A_1 = \frac{-p'}{p} = \frac{-30}{15} = -2$ ,  $A_2 = \frac{-p'}{p} = \frac{-6,67}{-10} = 0,667$  A ampliação das duas lentes é o produto das ampliações.  $A = A_1 \cdot A_2 = -2 \cdot 0,667 = -1,334$ . Assim a imagem final é real, maior e invertida em relação ao objeto.

### Exemplo 2 Young e Freedman, física 4, página 59

Imagem de uma imagem. Um objeto com 8 cm de altura é colocado 12 cm à esquerda de uma lente convergente com distância focal de 8 cm. Uma segunda lente convergente com distância focal 6 cm é colocada à 36 cm à direita da primeira lente. Ambas as lentes possuem o mesmo eixo óptico. Determine a posição, o tamanho e a orientação da imagem final produzida por essa combinação de lentes. (combinação de lentes convergentes são usadas em microscópios e telescópios)



(Fonte: Acervo do autor)

Dados do problema:  $f = 8 \text{ cm}$

$p = 12 \text{ cm}$

$o = 8 \text{ cm}$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{8} = \frac{1}{12} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{8} - \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{p'} = \frac{3-2}{24}$$

$$p' = 24 \text{ cm}$$

$$A = \frac{-p'}{p} = \frac{-24}{12} = -2$$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-2 = \frac{i}{8}$$

$$i = -16 \text{ cm}$$

Esse é o segundo objeto  $o_2$

Dados do problema:  $f_2 = 6 \text{ cm}$

$$p_2 = 36 - 24 = 12 \text{ cm}$$

$$o_2 = -16 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{1}{12} + \frac{1}{p'_2}$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{1}{6} - \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{p'_2} = \frac{2-1}{12}$$

$$p'_2 = 12 \text{ cm}$$

$$A = \frac{-p'_2}{p_2} = \frac{-12}{12} = -1$$

$$A = \frac{i}{o}$$

$$-1 = \frac{i}{-16}$$

$$i = 16 \text{ cm}$$

#### Aula 6 – 180 minutos (4 horas/aula):

- **Estudo do olho humano: morfologia, defeitos da visão;**
- **Construção do desenho sobre o olho humano e os componentes ópticos;**
- **Resolução de exemplos sobre a correção da miopia e hipermetropia.**

#### OLHO HUMANO

Identificar a morfologia e anatomia do olho humano;

#### **O TEXTO SE TRATA DE UMA CÓPIA NA ÍNTEGRA DO LIVRO: FÍSICA IV - ÓTICA E FÍSICA MODERNA DE YOUNG E FREEDMAN página 63**

A forma do olho é quase esférica, com diâmetro aproximadamente igual a 2,5 cm. A parte frontal é ligeiramente mais curva e é recoberta por uma membrana dura e transparente, a córnea. A região atrás da córnea contém um líquido chamado de humor aquoso. A seguir vem o cristalino, uma lente em forma de cápsula com uma gelatina fibrosa dura no centro e progressivamente mais macia à medida que se aproxima de sua borda. A lente do cristalino é sustentada por ligações com o músculo ciliar, localizado em sua borda. Atrás dessa lente, o olho está cheio de um líquido gelatinoso chamado de humor vítreo. Os índices de refração do humor vítreo e do humor aquoso são ambos aproximadamente iguais a 1,336, valor quase igual ao índice de refração da água. O cristalino, apesar de não ser homogêneo, possui um índice de refração de 1,437. Esse valor não é muito diferente do índice de refração do humor vítreo e do humor aquoso; a maior parte da refração da luz que chega ao olho ocorre na superfície externa da córnea.

A refração na córnea e nas superfícies da lente produz uma imagem real do objeto que está

sendo observado. A imagem é formada sobre a retina, uma membrana sensível à luz situada junto à superfície interna e traseira do olho. A retina desempenha o mesmo papel do filme na máquina fotográfica. Os cones e os bastonetes existentes na retina agem como minúsculas fotocélulas, que captam a imagem e transmitem os impulsos através do nervo óptico para o cérebro. A visão é mais precisa em uma pequena região central chamada fóvea central, com diâmetro aproximado de 0.25 mm.

A íris se localiza na parte dianteira do cristalino. Ela contém uma abertura com diâmetro variável denominada pupila que se abre ou se fecha para adaptar a entrada de luz de acordo com a variação da luminosidade. Os receptores da retina também possuem mecanismos de adaptação da intensidade.

Para que um objeto seja visto com bastante nitidez, a imagem deve ser formada exatamente sobre a retina. O olho se ajusta a diferentes distâncias  $s$  do objeto, variando a distância focal  $f$  de sua lente; a distância  $s'$  entre a lente e a retina não varia. Em um olho normal, um objeto no infinito é focalizado quando o músculo ciliar está relaxado. Para reduzir uma imagem bem focalizada sobre a retina de um objeto próximo, a tensão no músculo ciliar que envolve o cristalino aumenta, o músculo ciliar se contrai e o cristalino fica mais grosso na parte central, reduzindo os raios de curvatura de suas superfícies; logo, a distância focal diminui. Esse processo é chamado de acomodação.

Os extremos do intervalo em que a visão distinta é possível são chamados de ponto próximo e ponto distante. O ponto distante de um olho normal se encontra no infinito. A posição do ponto próximo depende da capacidade do músculo ciliar de reduzir o raio de curvatura do cristalino. O intervalo de acomodação diminui gradualmente à medida que a pessoa envelhece, pois o cristalino aumenta durante a vida (para uma idade de 60 anos ele é 50% maior do que aos 20 anos), e os músculos ciliares tornam-se menos capazes de contrair uma lente maior. Por essa razão, a distância do ponto próximo aumenta à medida que a pessoa envelhece. Esse aumento da distância do ponto próximo recebe o nome popular de vista cansada e o nome científico de presbiopia. Por exemplo, uma pessoa com 50 anos não consegue focalizar com nitidez nenhum objeto que esteja a uma distância menor do que cerca de 40 cm.

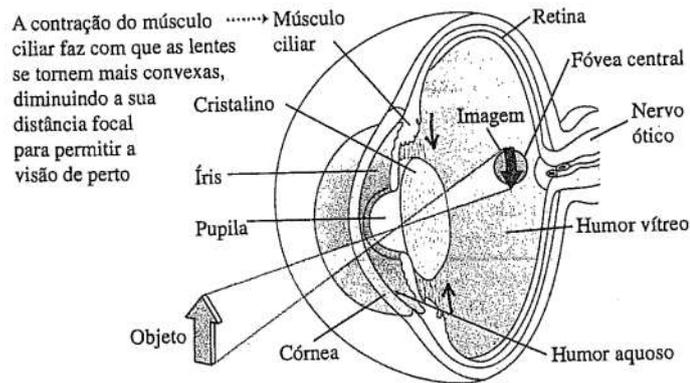
Tabela 1 Ponto próximo do olho humano segundo a idade

Idade (anos)	Ponto próximo (cm)
10	7
20	10
30	14
40	22
50	40
60	200

Fonte: Young e Freedman, p. 63

A tabela 1 apresenta as variações dos pontos próximos de um olho de acordo com a idade das pessoas, sendo possível observar como este aumenta proporcionalmente à medida que a idade também aumenta.

Figura 38 - Diagrama do olho humano



Fonte: Young e Freedman, p. 63

Diante da imagem 38 é possível observar a localização dos componentes ópticos essenciais do olho humano. Conhecer os componentes ópticos bem como suas funções pode ser essencial no estudo dos problemas relacionados à visão.

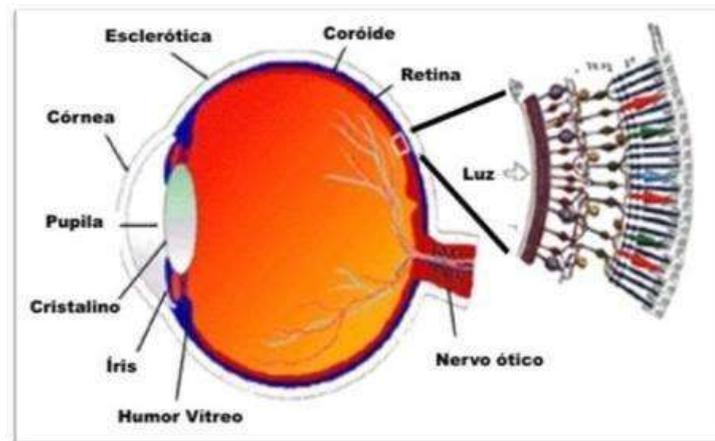
Figura 39: Desenho do olho humano



(Fonte: Acervo do autor)

Existem dois tipos de células sensíveis à luz na retina. Os bastonetes são mais sensíveis à luz do que os cones, contudo somente os cones são sensíveis às diferenças entre as cores. Um olho humano típico contém cerca de  $1,3 \times 10^8$  bastonetes e  $7 \times 10^6$  cones. Na imagem a seguir temos um corte na retina onde localizam-se os cones e bastonetes.

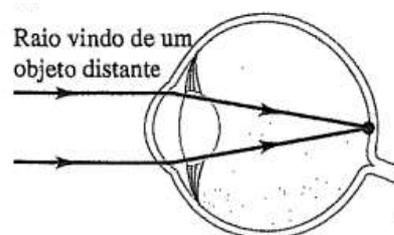
Figura 39: Corte na retina com a localização dos cones e bastonetes



Fonte: luztecnologiaarte.weebly.com

Seguimos com a representação da formação da imagem em um olho normal:

Figura 40 - Olho normal



Fonte: Young e Freedman, p. 64

A figura 40 representa a formação de uma imagem na retina. Essa característica representa a formação da imagem em um olho normal, ou seja, sem problemas relacionados à visão quanto ao posicionamento da imagem.

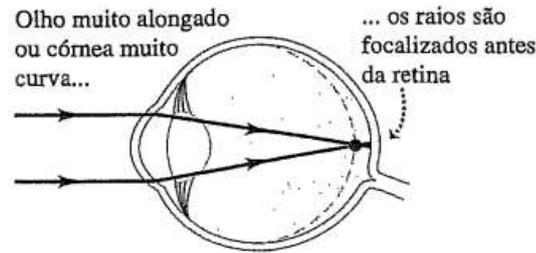
### Defeitos da visão

Este item é reservado a uma breve apresentação dos defeitos da visão relacionados ao posicionamento da imagem antes e depois da retina. Os problemas apresentados são miopia, hipermetropia e astigmatismo.

A figura 41 apresenta um olho míope onde é possível perceber que a formação da imagem acontece antes da retina. No olho míope, o globo ocular é muito alongado em comparação com o raio de curvatura da córnea (ou a córnea é curva demais), e os raios de um objeto situado no infinito são focalizados antes da retina. O mesmo autor aponta que o olho míope

produz uma convergência demasiadamente grande dos raios paralelos.

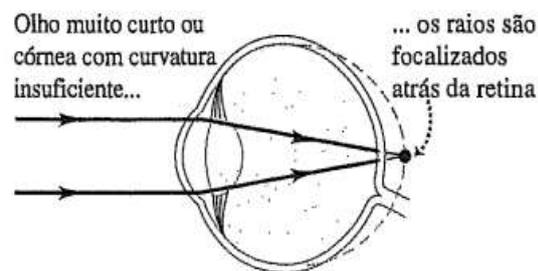
Figura 41 - Olho míope



Fonte: Young e Freedman, p. 64

A figura 42 apresenta uma representação do olho hipermetrope onde é perceptível que a imagem se forma após a retina. No olho hipermetrope, o globo ocular é muito curto ou a córnea não é suficientemente curva; assim, os raios de um objeto situado no infinito são focalizados atrás da retina. O mesmo autor aponta que o olho hipermetrope produz uma convergência insuficiente.

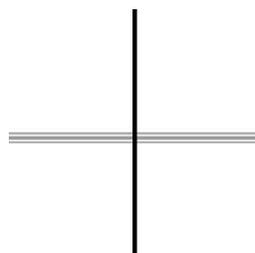
Figura 42 - Olho hipermetrope



Fonte: Young e Freedman, p. 64

O astigmatismo é um tipo de defeito diferente em que a superfície da córnea não é esférica, mas sim acentuadamente mais curva em um plano do que no outro. Em consequência, as linhas horizontais podem formar imagens em um plano diferente do plano formado pelas linhas verticais. Um exemplo apresentado pelo autor é que o astigmatismo pode tornar impossível a focalização simultânea das barras verticais e horizontais de uma janela, esse exemplo pode ser melhor visualizado com a ilustração abaixo:

Figura 43: Representação da imagem visualizada por um olho astigmático



Fonte: neydiasopticaoftalmica

A cruz acima demonstra as linhas horizontais desfocadas e a linha vertical perfeita. É a visão de

um portador de astigmatismo miópico simples com deficiência na direção horizontal. Esta dificuldade de visão apenas em uma direção, faz com que o portador desta deficiência visual não distinga bem símbolos, letras e objetos, dependendo do grau de astigmatismo.

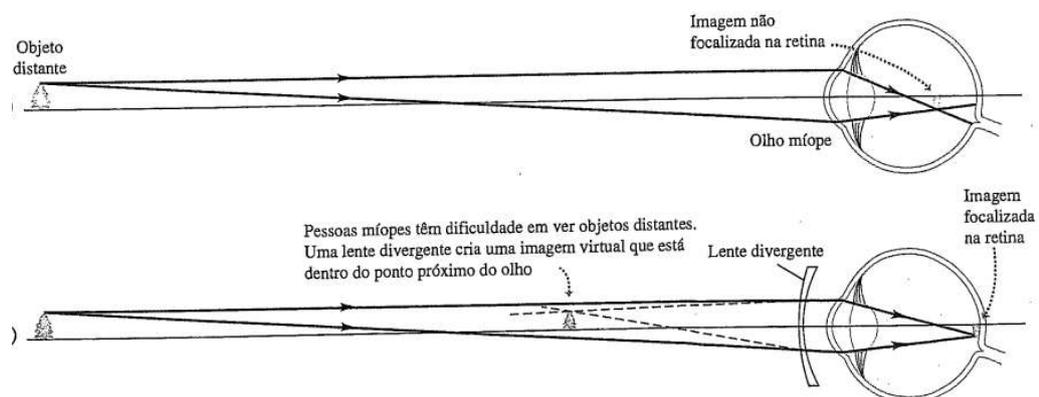
A dificuldade de visão do astigmata não é somente nas linhas horizontais como o desenho acima. O astigmatismo pode ocorrer em quaisquer direções, de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , muito embora na maioria das vezes ocorre próximo à direção horizontal.

Fonte: neydiasopticaoftalmica

### Correções com uso de lentes

Para cada problema na visão, descrito no item anterior, existe uma possível correção com o uso de lentes comumente comercializadas em forma de óculos ou lentes de contatos, proporcionando uma visão nítida. Este item é dedicado a uma breve apresentação das possíveis correções da miopia, astigmatismo e hipermetropia.

Figura 44 - Olho míope e correção



Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura anterior é possível observar o olho míope e o local onde a imagem é formada antes da retina, seguido do ajuste do ponto onde a imagem é formada a partir de uma lente divergente.

### EXEMPLO: CORREÇÃO DA MIOPIA

O ponto distante de um certo olho míope fica 50 cm à frente do olho. Para ver com nitidez um objeto situado no infinito, qual é a lente necessária para os óculos de correção? Suponha que a lente seja usada a uma distância de 2 cm do olho.

Resolução: O ponto distante de um olho míope está mais próximo do que o infinito. Para enxergar com nitidez objetos mais afastados do que o ponto distante desse olho é necessário que a imagem virtual do objeto se forme a uma distância que não seja maior do que o ponto distante. Suponha que a imagem virtual do objeto no infinito é formada no ponto distante, 50

cm à frente do olho e 48 cm à frente das lentes dos óculos. Ou seja, quando  $p =$  , desejamos que  $p'$  seja igual a  $-48$  cm.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{-48}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-1}{48}$$

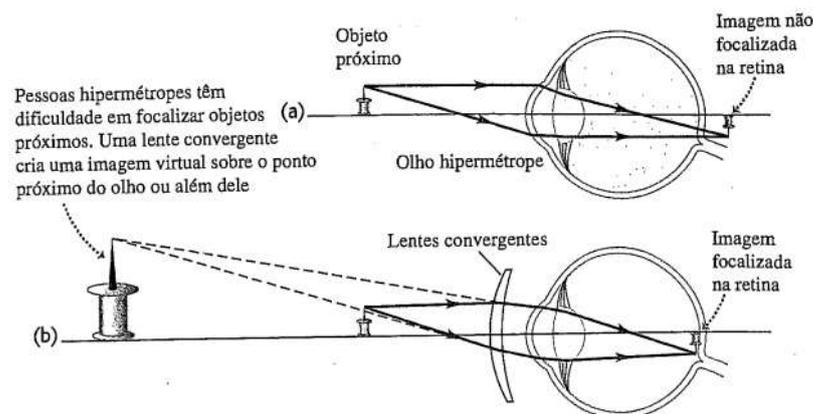
$$f = -48 \text{ cm} = -0.48 \text{ m}$$

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0,48} = -2.1 \text{ di}$$

Precisamos de uma lente divergente com distância focal  $-48 \text{ cm} = -0.48 \text{ m}$ . A potência correspondente é igual a  $-2,1$  dioptrias. Se fossem usadas lentes de contato em vez de óculos  $f$  seria igual a  $-50 \text{ cm} = -0.5 \text{ m}$  e a potência seria  $-2$  dioptrias.

Uma lente negativa (divergente) produz uma divergência dos raios para compensar a convergência excessiva do olho míope.

Figura 45 - Olho hipermetrope e correção



Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura anterior é possível observar o olho hipermetrope e o local onde a imagem é formada após a retina, seguido do ajuste do ponto onde a imagem é formada a partir de uma lente convergente.

### EXEMPLO: CORREÇÃO DA HIPERMETROPIA

O ponto próximo de um certo olho hipermetrope fica 100 cm à frente do olho. Para ver com nitidez um objeto a uma distância de 25 cm do olho, qual é a lente de contato necessária?

Resolução: desejamos que a lente forme uma imagem virtual do objeto em um local correspondente ao ponto próximo do olho, a uma distância de 100 cm do olho. Ou seja, quando  $p = 25 \text{ cm}$ ,  $p'$  deve ser igual a  $-100 \text{ cm}$ .

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-100}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{4-1}{100}$$

$$f = \frac{100}{3} = 33,33 \text{ cm} = 0,33\text{m}$$

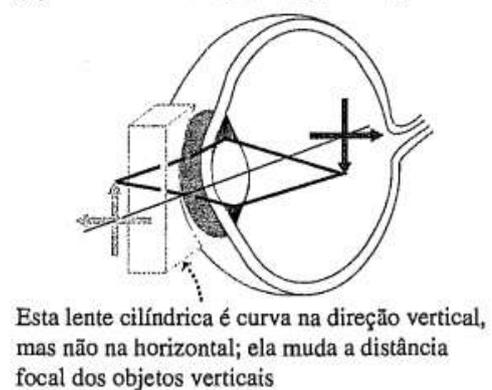
$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,33\dots} = 3\text{di}$$

Precisamos de uma lente convergente com distância focal 33,33 cm. A potência correspondente é de 3 dioptrias.

Uma lente positiva (convergente) fornece a convergência extra necessária para um olho hipermetrope focalizar a imagem sobre a retina. Nesse exemplo usamos uma lente de contato para corrigir a hipermetropia. Se tivéssemos usado óculos, teríamos de levar em consideração a separação entre o olho e a lente dos óculos, e uma potência um tanto diferente seria necessária.

Figura 46 - Um tipo de astigmatismo

(a) As imagens de linhas verticais se formam antes da retina. (b) Uma lente cilíndrica corrige o astigmatismo.



Fonte: Young e Freedman, p. 66

Na figura anterior é possível observar um tipo de olho astigmático e o modo distorcido que imagem é formada, seguido do ajuste ideal para este exemplo.

## Aula 7 – 90 minutos (2 horas/aula)

- **Aplicação do experimento;**

### EXPERIMENTO FINAL

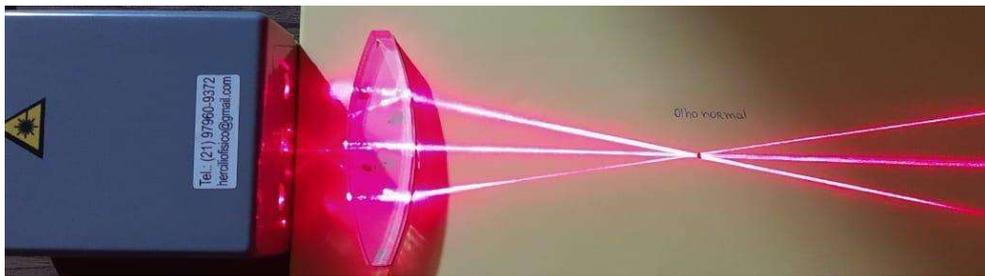
Diante da realidade vivenciada no período de aplicação, o professor irá manusear as lentes de acordo com as orientações dos estudantes, permanecendo assim de acordo com as normas sanitárias de segurança adotadas no período vigente.

Utilizando o laser e o conjunto de lentes nesse momento se dá início ao experimento em que se observa a representação do local da formação da imagem em um olho normal, seguido de

um olho míope e hipermetrópe. Seguindo a observação iniciamos o experimento com combinações das lentes do conjunto para associar uma ou mais lentes à combinação do olho míope e hipermetrópe com a finalidade de demonstrar os efeitos da correção da visão ajustando o ponto focal na retina.

1º passo: Observar a formação da imagem em um olho normal através do experimento;

Figura 47: Olho normal

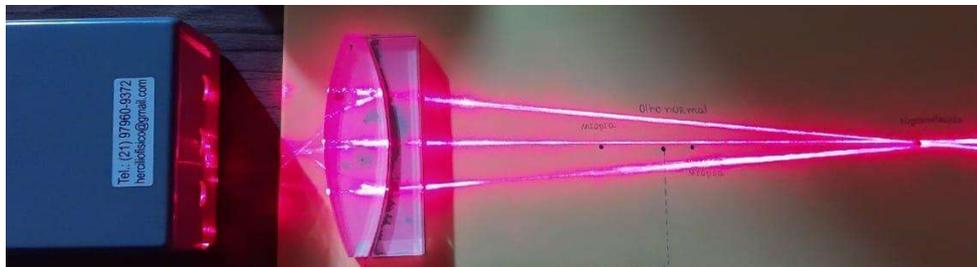


(Fonte: Acervo do autor)

Imagem formada sobre a retina.

2º passo: Observar a formação da imagem em um olho míope e hipermetrópe através do experimento;

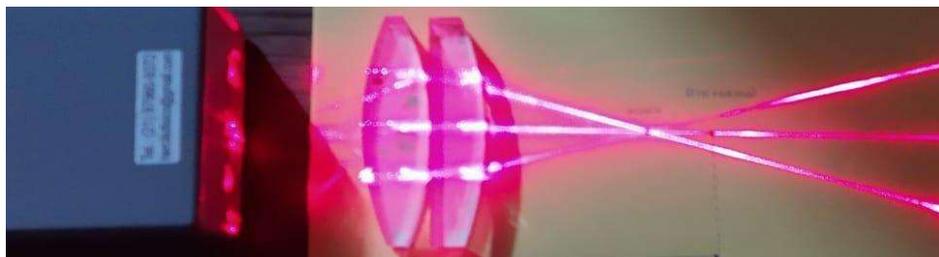
Figura 48: Olho hipermetrópe:



(Fonte: Acervo do autor)

Imagem formada depois da retina.

Figura 49: Olho míope:



(Fonte: Acervo do autor)

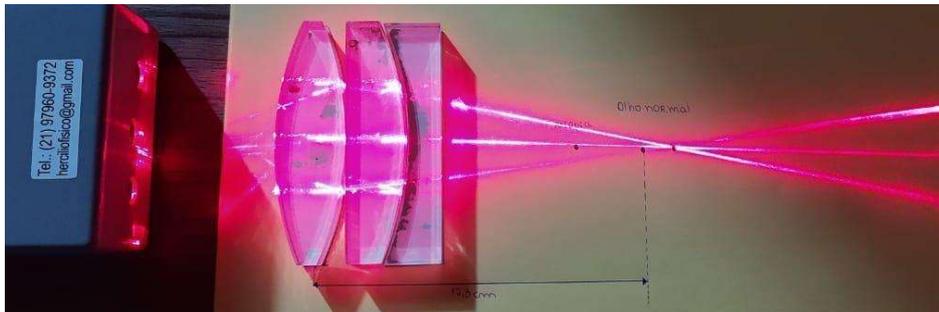
Imagem formada antes da retina.

4º passo: Testar possibilidades de correção dos defeitos da visão observados no experimento, através da associação de lentes representando o olho humano em duas dimensões;

Neste momento, o estudante deve testar as possibilidades de associação das lentes para ajustar a imagem sobre a retina. Como a combinação de lentes é limitada nesse momento se deve deixar claro que se trata de uma representação dos efeitos da correção da visão, já que as lentes podem ser combinadas antes e depois da lente que representa o cristalino, ou seja, quando a visão é corrigida com o uso de óculos ou lentes de contato ela são posicionadas antes do olho e no experimento talvez seja necessário posicionar a lente depois do cristalino.

**Resultados esperados:** a seguir são apresentados possíveis combinações que representam os efeitos da correção da miopia e da hipermetropia.

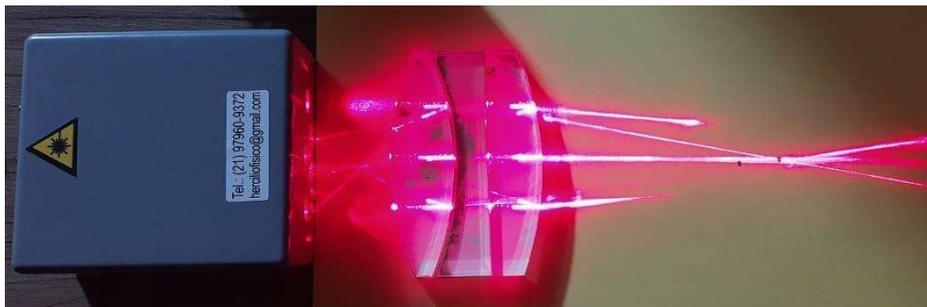
Figura 50: Correção da miopia:



(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso, acrescentamos uma lente plano côncava que combinada as lentes bicôncava e plano convexa aumenta a distância focal da combinação. Dessa maneira é possível observar que para corrigir a miopia precisamos associar uma lente que aumente a distância focal.

Figura 51: Correção da hipermetropia:



(Fonte: Acervo do autor)

Neste caso, acrescentamos uma lente plano convexa que combinada com as lentes bicôncava e plano côncava diminui a distância focal da combinação. Dessa maneira é possível observar que para corrigir a hipermetropia precisamos associar uma lente que possa diminuir a distância focal.

Ao finalizar o experimento os estudantes podem socializar entre si os resultados encontrados com a finalidade de comparar suas conclusões.

**Aula 8 – 90 minutos (2 horas/aula): Construção do mapa mental**

**ATIVIDADE:** A partir dos estudos e atividades realizados em sala de aula, produza um mapa mental relacionando características do olho humano normal, míope, hipermetrope e astigmático com as características na formação da imagem e as correções com uso de lentes esféricas. Para melhor desenvolver a atividade, faça a leitura do texto retirado do livro de YOUNG e FREEDMAN acerca do objeto de estudo tratado nas últimas aulas. Utilize uma folha A4, com letra legível, ou o aplicativo CMAPTOOLS em seu celular ou computador.

**AVALIAÇÃO**

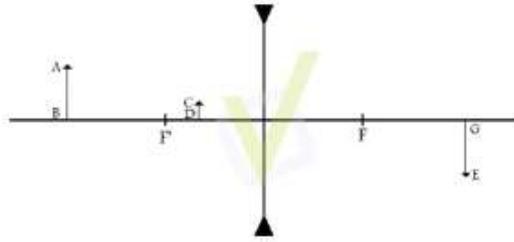
A avaliação será por meio de um processo contínuo durante o desenvolvimento de todas as aulas. Por esse motivo serão adotados diversos meios de verificação da aprendizagem, possibilitando a expressão do aprendizado da diversidade de aprendizagem apresentada pela heterogeneidade dos estudantes da classe.

As atividades de verificação são:

- 30 % - Participação no experimento e desenvolvimento das atividades propostas;
- 20 % - Verificação da equação de Gauss;
- 40 % - Mapa Mental;
- 10 % - Avaliação individual e sem consulta;

**2 SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA ATIVIDADE AVALIATIVA TIPO PROVA**

1) (PIETROCOLA) A figura mostra um objeto, AB, localizado no eixo principal de uma lente delgada, esférica e divergente, assim como os focos (F' e F) da referida lente.



É correto afirmar que a imagem é:

- a) AB e virtual.
- b) CD e real.
- c) CD e virtual.
- d) EG e real.
- e) EG e virtual.

2) (PIETROCOLA) (PUC - MG) A lente da historinha do Bidu pode ser representada por quais das lentes cujos perfis são mostrados a seguir?



- a) 2 ou 3.
- b) 1 ou 3.
- c) 1 ou 2.
- d) 3 ou 4.
- e) 2 ou 4.

3) (RAYMOND) Uma lente delgada tem uma distância focal de 25 cm. Localize e descreva a imagem quando o objeto é colocado

- a) 26 cm à frente da lente.
- b) 24 cm à frente da lente.

4) (RAYMOND) Uma lente convergente tem uma distância focal de 20 cm. Localize a imagem para distâncias do objeto de:

- a) 40 cm
- b) 20 cm
- c) 10 cm

Para cada caso, determine se a imagem é real ou virtual e se é direita ou invertida. Encontre a ampliação em cada caso.

5) (RAYMOND) Um objeto posicionado 32 cm à frente de uma lente forma uma imagem sobre uma tela 8 cm atrás da lente.

- a) Encontre a distância focal da lente.

b) Determine a ampliação.

c) A lente é convergente ou divergente?

6) (RAYMOND) Uma lente de aumento é uma lente convergente de distância focal de 15 cm. A qual distância de um selo você deve segurar essa lente para obter uma ampliação de + 2?

7) (RAYMOND) Uma lente de contato é feita de plástico com um índice de refração de 1,50. A lente tem um raio externo de curvatura de 2 cm e um raio interno de curvatura de 2,5 cm. Qual é a distância focal da lente?

8) (RAYMOND) A face esquerda de uma lente biconvexa tem um raio de curvatura de magnitude 12 cm e a face direita tem um raio de curvatura de magnitude de 18 cm. O índice de refração do vidro é 1,44.

a) Calcule a distância focal da lente.

b) Calcule a distância focal se os raios de curvatura das duas faces forem trocados.

9) (SEARS) A parte do olho responsável por transmitir impulsos ao cérebro é:

a) Músculo ciliar

d) Córnea

b) Fóvea central

e) Nervo óptico

c) Humor vítreo

10) (SEARS) Existem dois tipos de células sensíveis à luz na retina. Os \_\_\_\_\_ mais sensíveis a luz e os \_\_\_\_\_ mais sensíveis às diferenças entre cores.

11) (SEARS) A refração na córnea e nas superfícies da lente produz uma imagem \_\_\_\_\_ do objeto que está sendo observado. A imagem é formada sobre a \_\_\_\_\_, uma membrana sensível à luz situada junto à superfície \_\_\_\_\_ da parte \_\_\_\_\_ do olho.

A alternativa que melhor completa a afirmação a seguir é:

a) Virtual, córnea, externa, dianteira.

b) Real, retina, interna, traseira.

c) Virtual, retina, externa, traseira.

d) Real, córnea, interna, dianteira.

e) Virtual, retina, interna, traseira.

12) (SEARS) No olho míope, o globo ocular é muito \_\_\_\_\_ em comparação ao raio de curvatura da córnea (ou a córnea é curva demais), e os raios de um objeto situado no infinito são focalizados \_\_\_\_\_ da retina. O olho míope produz uma convergência demasiadamente \_\_\_\_\_ dos raios paralelos ao eixo óptico. Pessoas míopes têm dificuldade em ver objetos distantes. Uma lente \_\_\_\_\_ cria uma imagem virtual que está dentro do ponto próximo do olho e corrige a visão.

- a) Curto, na frente, grande, convergente.
- b) Alongado, na frente, grande, divergente.
- c) Curto, atrás, grande, convergente.
- d) Alongado, atrás, grande, divergente.

13) (SEARS) No olho hipermetrope, o globo ocular é muito \_\_\_\_\_ ou a córnea não é suficientemente curva; assim os raios de um objeto situado no infinito são focalizados \_\_\_\_\_ da retina. O olho hipermetrope produz uma convergência \_\_\_\_\_ e forma a imagem depois da retina. Pessoas hipermetropes têm dificuldade em focalizar objetos próximos. Uma lente \_\_\_\_\_ cria uma imagem virtual sobre o ponto próximo do olho ou além dele e corrige a visão.

- a) Curto, na frente, insuficiente, convergente.
- b) Alongado, na frente, insuficiente, divergente.
- c) Curto, atrás, insuficiente, convergente.
- d) Alongado, atrás, insuficiente, divergente.

14) (SEARS) O astigmatismo é um tipo de defeito diferente em que a superfície da \_\_\_\_\_ não é esférica, mas sim acentuadamente mais curva em um plano do que em outro. Em consequência, as linhas horizontais podem formar imagens em um plano diferente do plano formado pelas linhas verticais.

A parte do olho que completa a afirmação é:

- |            |                  |               |
|------------|------------------|---------------|
| a) Córnea  | c) Retina        | e) Cristalino |
| b) Esclera | d) Fóvea central |               |

15) (PIETROCOLA) (UEL – PR) Um hipermetrope não consegue ver com nitidez objetos situados a uma distância menor que 1 metro. Para que ele possa ver com clareza a uma distância de 25 cm, seus óculos devem ter convergência, em dioptrias, igual a:

- a) 1                      b) 2                      c) 3                      d) 4                      e) 5

16) (PIETROCOLA) (Unirio – RJ) O olho humano sem problemas de visão, emétrepe, é um sistema óptico convergente que projeta sobre a retina a imagem de um ponto objeto real localizado no infinito. No entanto, o olho necessita ter a capacidade de aumentar a sua vergência, para que continue sobre a retina a imagem de um ponto objeto que dele se aproxima. Tal capacidade, denominada poder de acomodação, é perdida com o envelhecimento.

O aumento necessário na vergência de um olho para que seja capaz de enxergar um objeto que dele se aproximou do infinito até a distância de 0.25m é, em di, igual a:

- a) 1                      b) 2                      c) 3                      d) 4                      e) 5

### 3 MATERIAL PARA O ALUNO

#### Aula 1

#### EXPERIMENTO INICIAL

OLHO NORMAL: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho normal. **Abaixo faça o desenho representando a observação.**

Identificação do ponto onde a imagem é formada.

OLHO HIPERMÉTROPE: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho hipermetrópe. **Abaixo faça o desenho representando a observação.**

Identificação do ponto onde a imagem é formada seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho hipermetrópe.

OLHO MIOPE: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho míope. **Abaixo faça o desenho representando a observação.**

Identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho míope. Abaixo escreva a comparação entre o olho normal, míope e hipermetrópe quanto a localização da imagem.

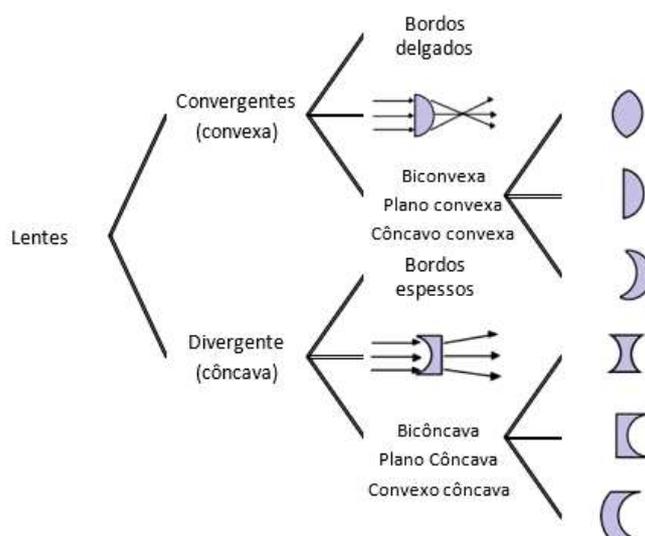
DESAFIO FINAL: Apresentação do desafio: combinar lentes de modo a representar os efeitos da correção feitas por lentes de contato, óculos e cirurgias quando apresentados os seguintes problemas na visão.

Estamos trabalhando com combinações de lentes que são limitadas a observar os efeitos da correção, tendo em vista que a correção com uso de lentes se dá na frente do olho e talvez nesse experimento precisaremos combinar lentes atrás do olho.

### TIPOS DE LENTES

Existem diferentes tipos de lentes que são separadas em dois grupos: as lentes convergentes e as divergentes. Nas lentes convergentes, os raios luminosos convergem para um mesmo ponto depois de passar pela lente. Nas lentes divergentes, os raios luminosos se afastam após passar pela lente. Na figura abaixo podemos identificar os diferentes tipos de lentes divergentes e convergentes.

Figura 1: Tipos de lentes



Fonte: acervo do autor.

*Identificação das representações dos tipos de lentes e suas características de vergência e convergência com uso do laser*

As lentes usam os símbolos de representação: convexa , côncava .

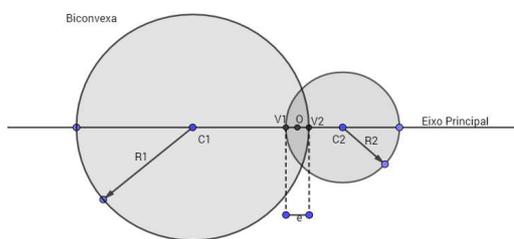
No estudo de lentes, existem algumas grandezas importantes (chamadas componentes ópticos) que estão relacionadas com as características das lentes. São eles:

- $C_1$  e  $C_2$  = centros de curvatura das faces das lentes;
- Reta  $C_1$  e  $C_2$  = eixo principal (EP);
- $V_1$  e  $V_2$  = vértices das faces da lente;
- $R_1$  e  $R_2$  = raios das faces da lente;
- $O$  = centro óptico que é o ponto médio de  $V_1$  e  $V_2$ ;
- $e$  = espessura da lente;
- $F_i$  e  $F_o$  = foco principal da imagem e do objeto respectivamente;
- $f$  = distância focal da lente;
- $A_i$  e  $A_o$  = ponto antiprincipal da imagem e do objeto respectivamente. Estes pontos tem a distância igual ao dobro da distância focal da lente.

A seguir temos as representações de cada uma das lentes e a localização dos componentes: Centros de curvaturas; Raios; Vértices; Centro Óptico e espessura na forma dos símbolos especificados acima.

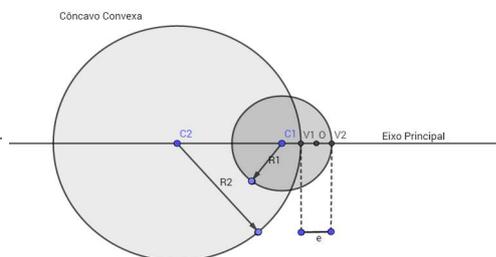
Destaque com marca texto ou caneta colorida cada uma das lentes:

Figura 2: Lente Biconvexa



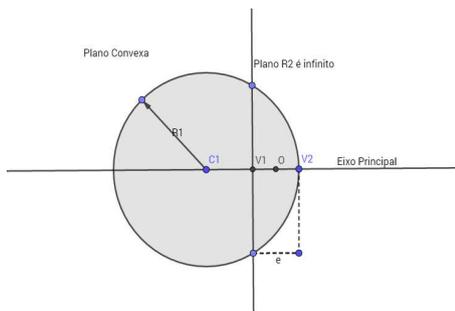
Fonte: acervo do autor.

Figura 3: Lente Côncavo Convexa



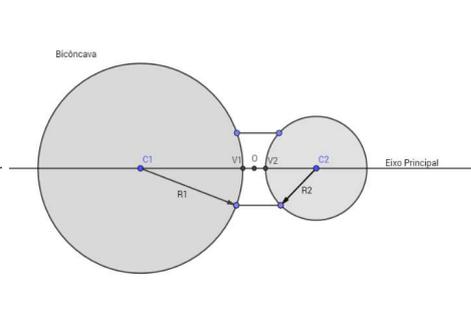
Fonte: acervo do autor.

Figura 4: Lente Plano Convexa



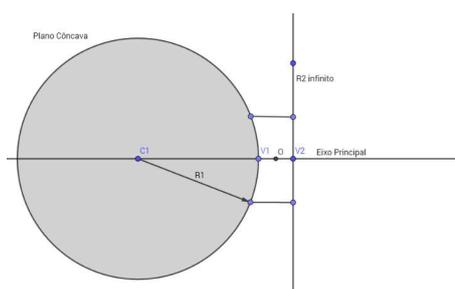
Fonte: acervo do autor.

Figura 5: Lente Biconvexa



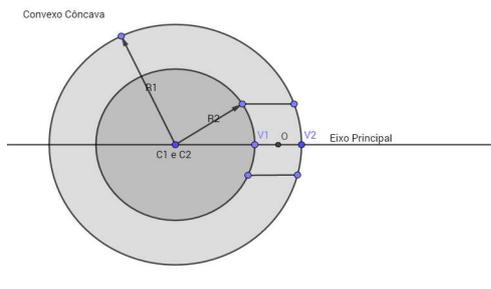
Fonte: acervo do autor.

Figura 6: Lente Plano Côncava



Fonte: acervo do autor.

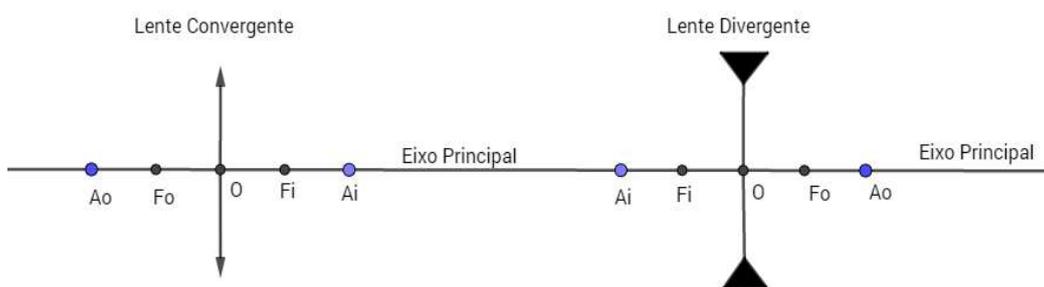
Figura 7: Lente Convexo Côncava



Fonte: acervo do autor.

Nas figuras abaixo, temos a ilustração da localização dos pontos focais e pontos antiprincipais das lentes convergentes e divergentes. Esses pontos serão importantes quando formos estudar a formação de imagens, sendo assim fique atento às diferenças nas localizações desses pontos quando se trata de uma lente convergente e uma lente divergente.

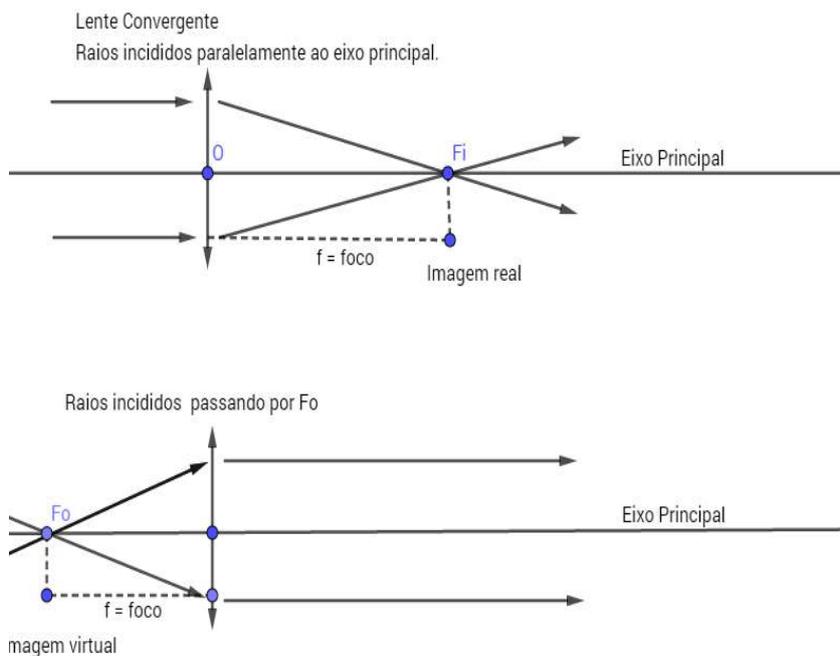
Figura 8: Pontos focais e antiprincipais nas lentes divergente e convergente.



Fonte: acervo do autor.

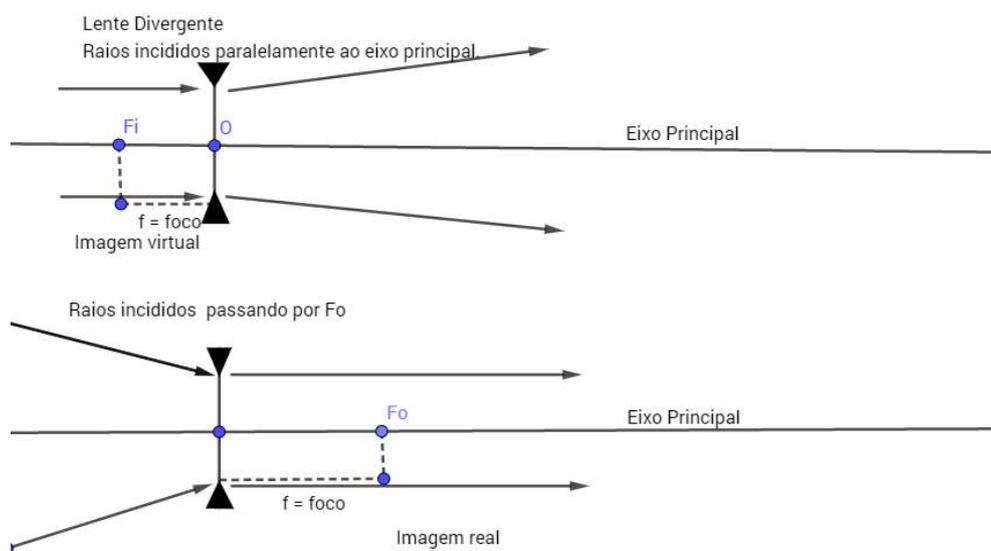
A distância focal  $f$  depende do formato e material que compõe a lente. O foco e comportamento dos raios incididos nas lentes convergentes e divergentes apresentam as representações apresentadas nos desenhos abaixo.

Figura 9: Comportamento dos raios na lente convergente



*Fonte: acervo do autor.*

Figura 10: Comportamento dos raios na lente divergente

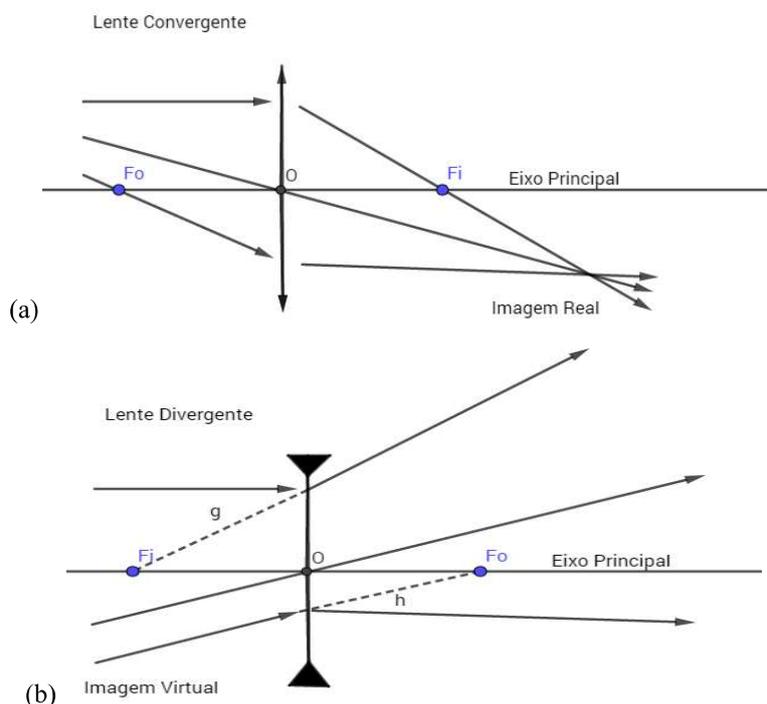


*Fonte: acervo do autor.*

A maneira como o raio de luz emerge da lente depende da forma como ele incide na mesma. Se um raio de luz incidir paralelamente ao eixo principal ele emerge passando por  $F_i$ . Se um raio de luz incidir passando por  $O$  ele emerge sem sofrer desvio. Se um raio de luz incidir passando por  $F_o$  ele emerge paralelamente ao eixo principal. As figuras abaixo representam o comportamento das três situações (raio incidindo paralelo ao eixo principal; raio incidindo passando por  $O$ ; Raios incidindo passando por  $F_o$ ) na

lente convergente e divergente respectivamente.

Figura 11: Raios de luz incidindo nas lentes convergente (a) e divergente (b)



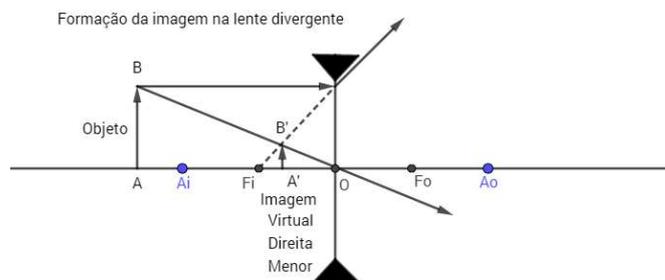
Fonte: acervo do autor.

Para definir a posição e características principais (tamanho e orientação) das imagens são usados pelo menos dois raios particulares. Dependendo da posição do objeto próximo a uma lente convergente a imagem se forma com características distintas. Na lente divergente independente da posição do objeto a imagem se forma sempre da mesma maneira. Nas próximas figuras (figuras: 12, 13, 14, 15, 16 e 17) será possível ver a representação dos possíveis casos de posicionamento do objeto e a formação das imagens nos dois tipos de lentes.

## Aula 2 CONSTRUÇÃO DAS IMAGENS COM OS RAIOS PARTICULARES

Lente divergente: No caso de uma lente divergente, apenas um tipo de imagem é formada. Independente da posição do objeto AB, as características de orientação e natureza da imagem formada A'B' são sempre as mesmas.

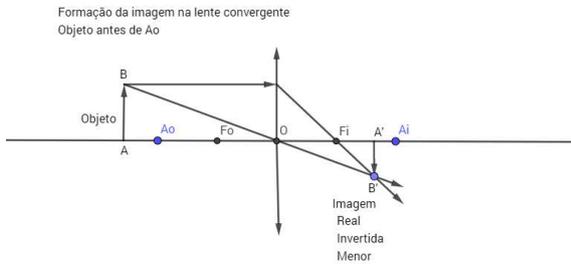
Figura 12: imagem na lente divergente



Fonte: acervo do autor.

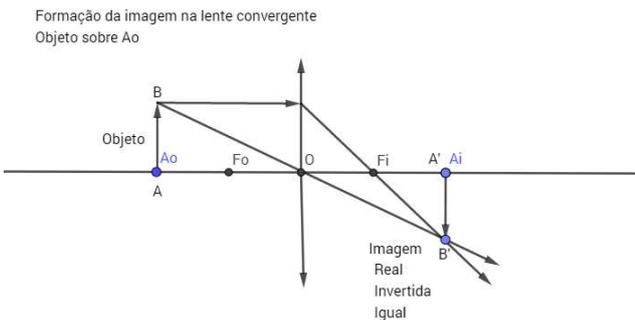
Lente convergente: Quando temos uma lente convergente, as características da imagem formada vai depender da posição do objeto AB em relação aos diferentes componentes ópticos, Com isso, as características de orientação e natureza da imagem A'B' são diferentes em cada caso. Abaixo vemos uma ilustração dos diferentes casos.

Figura 13: Objeto antes de  $A_o$



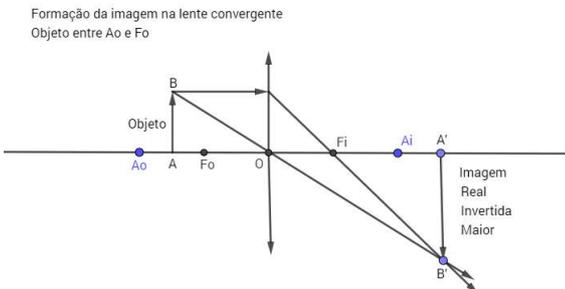
Fonte: acervo do autor.

Figura 14: Objeto sobre  $A_o$



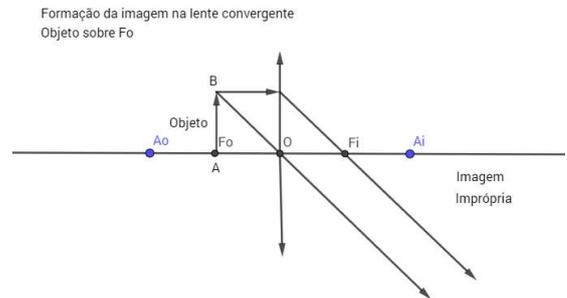
Fonte: acervo do autor.

Figura 15: Objeto entre  $A_o$  e  $F_o$



Fonte: acervo do autor.

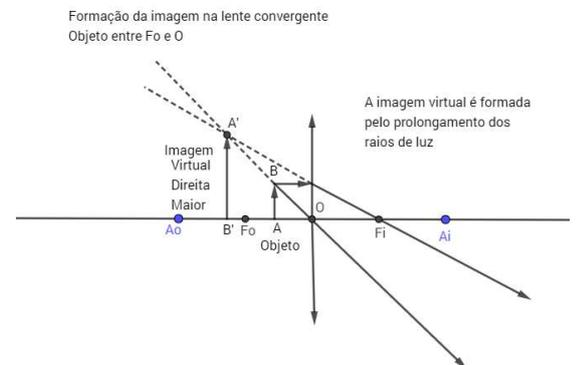
Figura 16: Objeto sobre  $F_o$



As lentes dos faróis e holofotes são aplicações deste caso.

Fonte: acervo do autor.

Figura 17: Objeto entre  $F_o$  e O



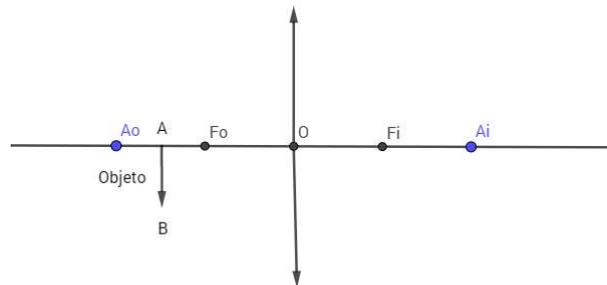
A lupa, o microscópio, o binóculo e o telescópio são aplicações deste caso.

Fonte: acervo do autor.

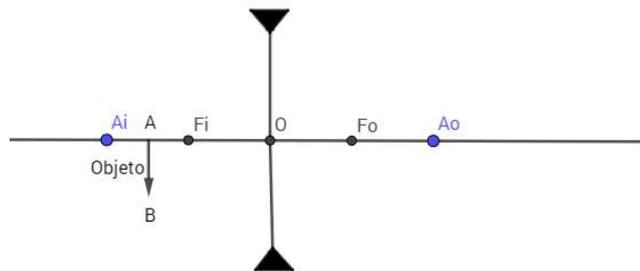
**Exercício sobre o comportamento dos raios particulares e a formação da imagem, representando a situação por meio de desenho e analisando as características da imagem.**

1) Com a auxílio de uma régua e lápis construa a imagem do objeto AB indicando as características da imagem (real/virtual, invertida/direita, maior/menor) formada em cada situação:

a) Utilize a imagem abaixo para representar a projeção do objeto:



b) Utilize a imagem abaixo para representar a projeção do objeto:

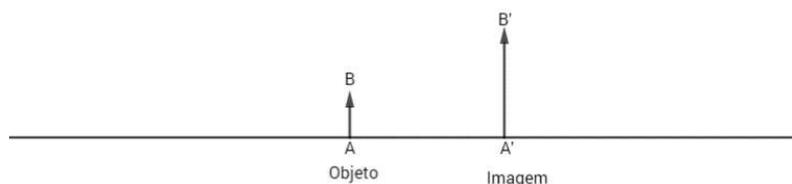


2) Localize o centro óptico O, represente a lente divergente/convergente e identifique as características da imagem (real/virtual, invertida/direita, maior/menor) em cada situação:

a) Utilize régua para a construção do desenho



b) Utilize régua para a construção do desenho



### Aula 3 - EQUAÇÕES

Existem algumas equações que nos permitem prever as características das imagens formadas a partir das dimensões reais do objeto. Além disso, também conseguimos relacionar diferentes características das lentes esféricas.

Equações das lentes esféricas:

1. Equação de Gauss:  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$
2. Equação do aumento linear transversal:  $A = \frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$
3. Equação de vergência e convergência:  $C = \frac{1}{f}$ . A unidade da vergência ou convergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptria} = \text{di}$ , que também pode ser medida de em  $\frac{1}{cm} = cm^{-1}$ .
4. Equação dos fabricantes de lentes:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ .

A equação dos fabricantes de lentes foi desenvolvida pelo astrônomo e matemático inglês Edmond Halley. Caso a face da lente seja côncava  $R < 0$ , caso a face da lente seja convexa  $R > 0$ .

5. Equação dos fabricantes de lentes para uma face plana:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R}\right)$

Esta equação é utilizada quando uma das faces da lente for plana.

Significado das letras utilizadas nas equações:

- p: distância entre o objeto e a lente;
- p': distância entre a imagem e a lente;
- f: distância do foco da lente;
- F<sub>1</sub>: primeiro foco da lente;
- F<sub>2</sub>: segundo foco da lente;
- i: altura da imagem formada;
- o: altura do objeto;
- I: imagem;
- O: objeto;
- A: aumento linear transversal;
- C: vergência ou convergência da lente;

- $n_1$  e  $n_2$  : índices de refração do meio e da lente respectivamente;
- $R_1$  e  $R_2$ : raios de curvaturas da lente;

Existem algumas regras para os símbolos que serão apresentadas junto com as equações.

- Quando a lente for convergente  $f > 0$ , se a lente for divergente  $f < 0$ .
- Se o objeto for real  $p > 0$ , se o objeto for virtual  $p < 0$ .
- Se a imagem for real  $p' > 0$ , se a imagem for virtual  $p' < 0$ .

**Exemplos:** Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal

1) Uma lente convergente em uma lupa possui 10 cm de distância focal. O objeto está a 8 cm da lente. Determine o aumento linear transversal.

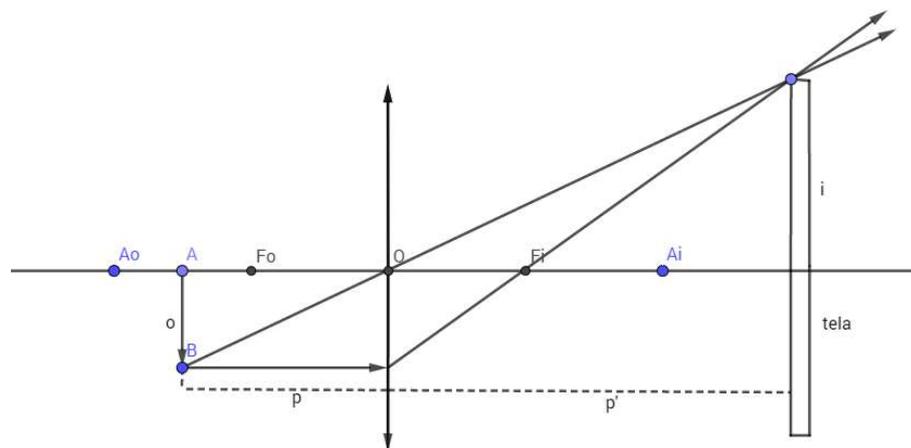
*Dados do problema:*

$$f = 10 \text{ cm}$$

$$p = 8 \text{ cm}$$

*Para calcular o A precisa calcular  $p'$  primeiro.*

2) A lente objetiva de um projetor de cinema é uma lente convergente de foco 10 cm. Neste caso determine o comprimento da sala de projeção para que seja possível um aumento de 200 vezes.



*Dados do problema:*

$$f = 10 \text{ cm} \quad A = -200$$

*Para calcular o comprimento da sala de projeção precisa calcular utilizar a equação do aumento linear sem finalizar primeiro.*

**Exercícios utilizando a equação de Gauss e aumento linear;**

***Provar a validade da equação de Gauss (desenho);***

Depois de resolver os exercícios abaixo você vai escolher um deles para fazer o desenho em tamanho real, ou seja, você vai utilizar uma folha sulfite (A4) ou uma cartolina, régua e esquadro para reproduzir as distâncias focais, tamanho do objeto, projetar a imagem e medir a mesma comparando suas medidas com o cálculo realizado. O objetivo da atividade é utilizar as definições dos raios particulares, posicionamento do ponto focal e centro óptico da lente para reproduzir um dos exercícios resolvidos e assim verificar a validade da Equação de Gauss e da Equação do aumento Linear Transversal.

**Exercícios sobre a utilização das duas primeiras equações: Equação de Gauss e Equação do Aumento Linear Transversal**

1) Escolher um dos casos abaixo para reproduzir em tamanho real (utilize régua) verificando os cálculos com as medidas do desenho:

Um objeto de 10 cm de altura é colocado à distância  $x$  diante de uma lente convergente de distância focal de 18 cm. Calcule o tamanho da imagem e o aumento linear transversal nos seguintes casos:

- a)  $x = 90$  cm;
- b)  $x = 36$  cm;
- c)  $x = 9$  cm.

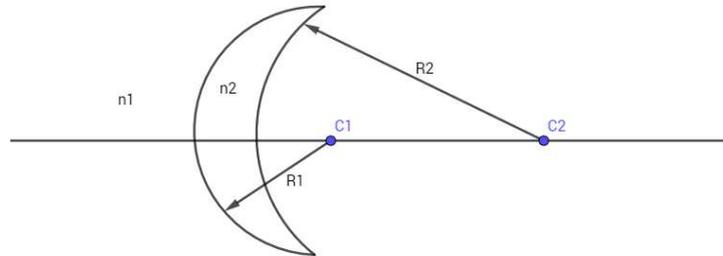
**EXERCÍCIOS EXTRA**

- 1) Uma lente convergente de distância focal de 6 cm está a 9 cm de um objeto de 4 cm de altura. Determine a posição do objeto e a altura da imagem.
- 2) Um objeto de 8 cm de altura está a 20 cm de uma lente divergente de 30 cm de foco. Calcule a posição, tamanho e natureza da imagem.
- 3) Uma lente de foco 20cm produz uma imagem real e invertida 4 vezes maior que o objeto. Determine a posição da imagem e o tipo da lente.
- 4) Um objeto está a 8 cm de uma lente convergente. A imagem virtual ( $A > 0$ ) formada é o triplo do tamanho do objeto. Calcule a distância focal da lente.
- 5) Uma lente convergente produz uma imagem com um terço do tamanho do objeto que está a 60 cm dela. Calcule a distância da imagem até a lente.

## Aula 4 - UTILIZAR A EQUAÇÃO DOS FABRICANTES DE LENTES NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

### Exemplo da fórmula dos fabricantes de lente e vergência ou convergência de uma lente.

Figura 18: Identificação dos raios e centro da lente.



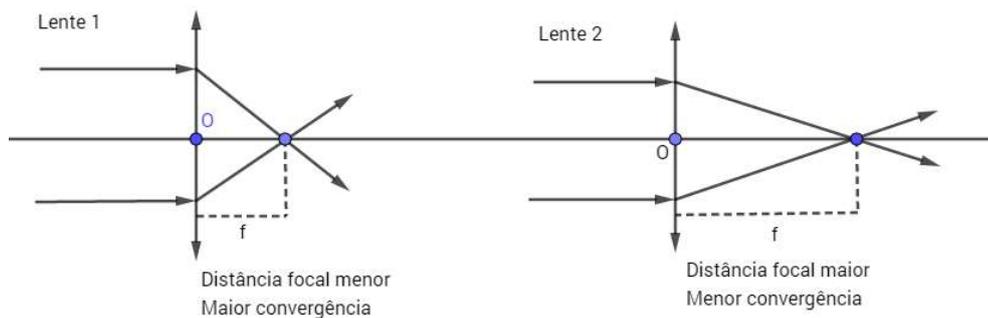
Fonte: acervo do autor.

Na figura 18, os símbolos  $n_1$  e  $n_2$  representam os índices de refração do meio exterior e da lente respectivamente.

A equação dos fabricantes de lentes:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$ , foi desenvolvida pelo astrônomo e matemático inglês Edmond Halley. Quando a face da lente seja côncava  $R < 0$ , caso a face da lente seja convexa  $R > 0$ .

No caso de um das faces da lente ser plana, utilizamos a equação:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{R}\right)$ .

Figura 19: Comparação da distância focal de duas lentes



Fonte: acervo do autor.

Analisando as figuras é possível observar que a distância focal menor causa maior convergência e isso pode ser medido com a equação:  $C = \frac{1}{f}$ . A unidade da vergência ou convergência é  $\frac{1}{m} = m^{-1} = \text{dioptria} = \text{di}$ , que também pode ser medida em  $\frac{1}{cm} = \text{cm}^{-1}$ .

**Exemplo:** Uma lente convexo côncava tem raios de curvatura, respectivamente, iguais a 60 cm e 20 cm. O índice de refração da lente é 1,5. Sabendo que ela está imersa no ar, calcule a distância focal dessa lente e a vergência, em dioptrias.

*Dados do problema:*

*Côncava*

*Convexa*

$$R_2 = -20 \text{ cm}$$

$$R_1 = 60 \text{ cm}$$

$$n_{1\text{ ar}} = 1$$

$$n_2 = 1,5$$

### **Exercícios sobre a equação dos fabricantes de lentes e vergência das lentes:**

- 1) Determine, em dioptrias, a convergência das seguintes lentes:
  - a) Convergente de distância focal 80 cm;
  - b) Divergente de distância focal 10 cm.

Considere as lentes abaixo imersas no ar (o ar tem índice de refração 1)

- 2) Uma lente côncavo convexa tem raios iguais a 40 cm e 20cm respectivamente. O índice de refração da lente é igual a 2. Calcule sua convergência.
- 3) Calcule a distância focal de uma lente plano convexa de índice de refração absoluto igual a 1,2 e raio da face convexa 50 cm.
- 4) Uma lente convergente de 4 di, biconvexa, tem raios de curvatura  $R_1 = R_2 = 30 \text{ cm}$ . Determine o índice de refração da lente.
- 5) (ITA – SP) Uma vela se encontra a uma distância de 30 cm de uma lente plano convexa que projeta uma imagem nítida de sua chama em uma parede a 1,2 m da lente. Qual é o raio de curvatura da parte curva da lente se o seu índice de refração é 1,5?

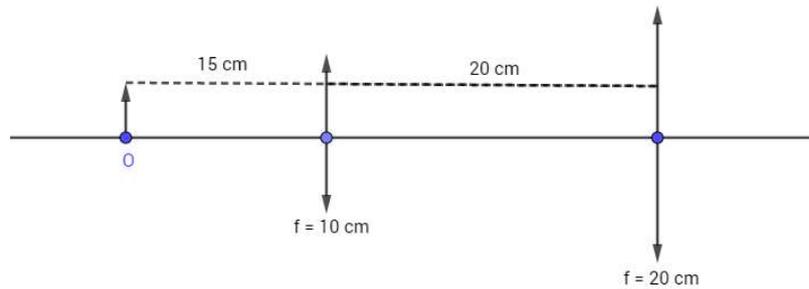
### **Aula 5 - COMBINAÇÃO DE LENTES DELGADAS.**

Se duas lentes delgadas são usadas para formar uma imagem, o sistema pode ser tratado da seguinte maneira: primeiro a imagem da primeira lente é calculada como se a segunda lente não estivesse presente. Então, a luz se aproxima da segunda lente como se tivesse originalmente vindo da imagem formada pela primeira lente. A imagem da segunda lente é a imagem final do sistema. Se a imagem da primeira lente se encontra na parte de trás da segunda lente, então a imagem é tratada como um objeto virtual pela segunda lente (ou seja,  $p$  é negativo). O mesmo procedimento pode ser estendido a um sistema com três ou mais lentes. A ampliação total de um sistema de lentes delgadas é igual ao produto das ampliações das lentes separadas.

#### **Exemplo: Onde está a imagem final?**

Duas lentes delgadas convergentes de distância focal de 10cm e 20cm estão separadas por

uma distância de 20 cm, como mostra a figura abaixo. Um objeto é colocado a 15 cm à esquerda da primeira lente. Encontre a posição e a ampliação da imagem final.



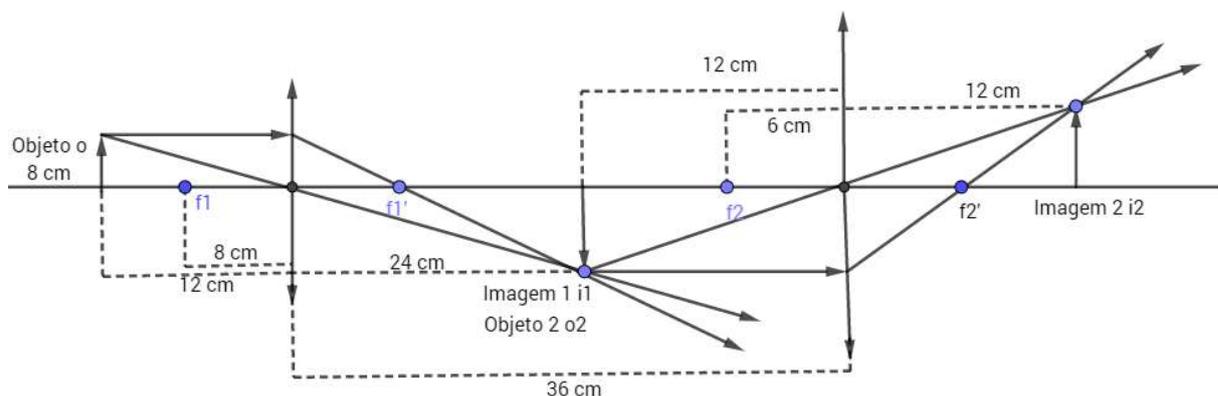
Dados do problema:  $f_1 = 10 \text{ cm}$

$f_2 = 20 \text{ cm}$

$p_1 = 15 \text{ cm}$

### Exemplo 2 Imagem de uma imagem.

Um objeto com 8 cm de altura é colocado 12 cm à esquerda de uma lente convergente com distância focal de 8 cm. Uma segunda lente convergente com distância focal 6 cm é colocada à 36 cm à direita da primeira lente. Ambas as lentes possuem o mesmo eixo óptico. Determine a posição, o tamanho e a orientação da imagem final produzida por essa combinação de lentes. (combinação de lentes convergentes são usadas em microscópios e telescópios)



Dados do problema:  $f = 8 \text{ cm}$

$p = 12 \text{ cm}$

$o = 8 \text{ cm}$

### Aula 6 - OLHO HUMANO

O texto que você lê abaixo foi extraído na íntegra de Física IV - Ótica e Física Moderna Young e Freedman p. 63

A forma do olho é quase esférica, com diâmetro aproximadamente igual a 2,5 cm. A parte frontal é ligeiramente mais curva e é recoberta por uma membrana dura e transparente, a córnea. A região atrás da córnea contém um líquido chamado de humor aquoso. A seguir vem o cristalino, uma lente em forma de cápsula com uma gelatina fibrosa dura no centro e progressivamente mais macia à medida que se aproxima de sua borda. A lente do cristalino é sustentada por ligações com o músculo ciliar, localizado em sua borda. Atrás dessa lente, o olho está cheio de um líquido gelatinoso chamado de humor vítreo. Os índices de refração do humor vítreo e do humor aquoso são ambos aproximadamente iguais a 1,336, valor quase igual ao índice de refração da água. O cristalino, apesar de não ser homogêneo, possui um índice de refração de 1,437. Esse valor não é muito diferente do índice de refração do humor vítreo e do humor aquoso; a maior parte da refração da luz que chega ao olho ocorre na superfície externa da córnea.

A refração na córnea e nas superfícies da lente produz uma imagem real do objeto que está sendo observado. A imagem é formada sobre a retina, uma membrana sensível à luz situada junto à superfície interna e traseira do olho. A retina desempenha o mesmo papel do filme na máquina fotográfica. Os cones e os bastonetes existentes na retina agem como minúsculas fotocélulas, que captam a imagem e transmitem os impulsos através do nervo óptico para o cérebro. A visão é mais precisa em uma pequena região central chamada fóvea central, com diâmetro aproximado de 0.25 mm.

A íris se localiza na parte dianteira do cristalino. Ela contém uma abertura com diâmetro variável denominada pupila que se abre ou se fecha para adaptar a entrada de luz de acordo com a variação da luminosidade. Os receptores da retina também possuem mecanismos de adaptação da intensidade.

Para que um objeto seja visto com bastante nitidez, a imagem deve ser formada exatamente sobre a retina. O olho se ajusta a diferentes distâncias  $p$  do objeto, variando a distância focal  $f$  de sua lente; a distância  $s'$  entre a lente e a retina não varia. Em um olho normal, um objeto no infinito é focalizado quando o músculo ciliar está relaxado. Para reduzir uma imagem bem focalizada sobre a retina de um objeto próximo, a tensão no músculo ciliar que envolve o cristalino aumenta, o músculo ciliar se contrai e o cristalino fica mais grosso na parte central, reduzindo os raios de curvatura de suas superfícies; logo, a distância focal diminui. Esse processo é chamado de acomodação.

Os extremos do intervalo em que a visão distinta é possível são chamados de ponto próximo e ponto distante. O ponto distante de um olho normal se encontra no infinito. A posição do

ponto próximo depende da capacidade do músculo ciliar de reduzir o raio de curvatura do cristalino. O intervalo de acomodação diminui gradualmente à medida que a pessoa envelhece, pois o cristalino aumenta durante a vida (para uma idade de 60 anos ele é 50% maior do que aos 20 anos), e os músculos ciliares tornam-se menos capazes de contrair uma lente maior. Por essa razão, a distância do ponto próximo aumenta à medida que a pessoa envelhece. Esse aumento da distância do ponto próximo recebe o nome popular de vista cansada e o nome científico de presbiopia. Por exemplo, uma pessoa com 50 anos não consegue focalizar com nitidez nenhum objeto que esteja a uma distância menor do que cerca de 40 cm.

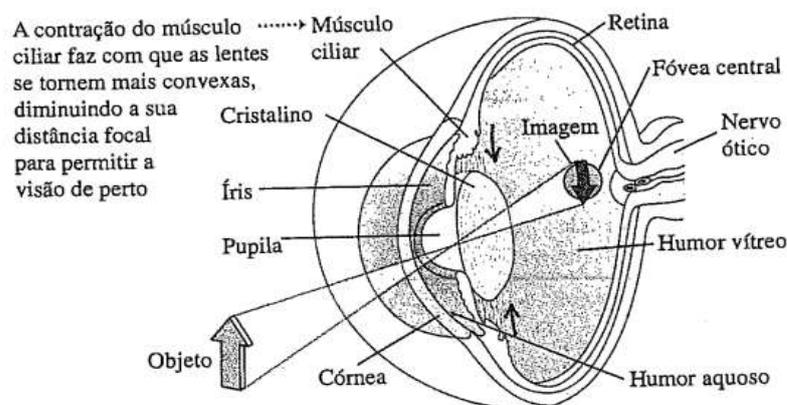
Tabela 1 Ponto próximo do olho humano segundo a idade

Idade (anos)	Ponto próximo (cm)
10	7
20	10
30	14
40	22
50	40
60	200

Fonte: Young e Freedman, p. 63

A tabela 1 apresenta as variações dos pontos próximos de um olho de acordo com a idade das pessoas, sendo possível observar como este aumenta proporcionalmente à medida que a idade também aumenta.

Figura 20 - Diagrama do olho humano



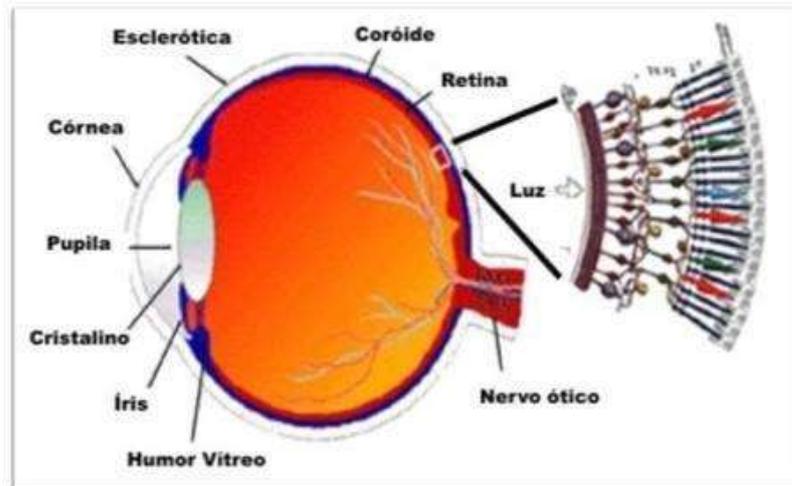
Fonte: Young e Freedman, p. 63

Diante da imagem 26 é possível observar a localização dos componentes ópticos essenciais

do olho humano. Conhecer os componentes ópticos bem como suas funções pode ser essencial no estudo dos problemas relacionados à visão.

Existem dois tipos de células sensíveis à luz na retina. Os bastonetes são mais sensíveis à luz do que os cones, contudo somente os cones são sensíveis às diferenças entre as cores. Um olho humano típico contém cerca de  $1,3 \times 10^8$  bastonetes e  $7 \times 10^6$  cones. Na imagem a seguir temos um corte na retina onde localizam-se os cones e bastonetes.

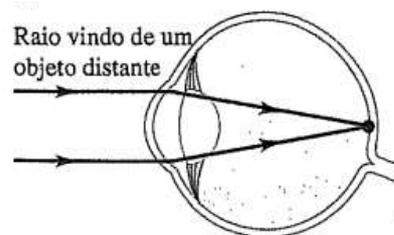
Figura 21: Corte na retina onde localizam-se os cones e bastonetes



Fonte: luztecnologiaarte.weebly.com

Seguimos com a representação da formação da imagem em um olho normal:

Figura 22 - Olho normal



Fonte: Young e Freedman, p. 64

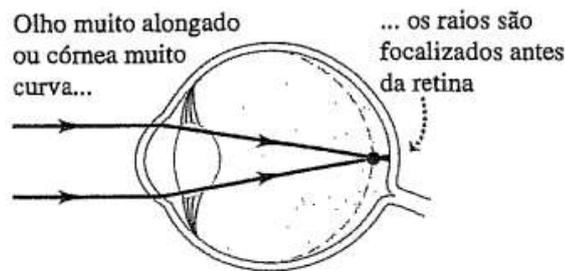
A figura 22 representa a formação de uma imagem na retina. Essa característica representa a formação da imagem em um olho normal, ou seja, sem problemas relacionados à visão quanto ao posicionamento da imagem.

### Defeitos da visão

A partir de agora vamos discutir alguns defeitos da visão relacionados ao posicionamento da imagem antes e depois da retina. Os problemas apresentados são miopia, hipermetropia e astigmatismo.

A figura 23 apresenta um olho míope onde é possível perceber que a formação da imagem acontece antes da retina. no olho míope, o globo ocular é muito alongado em comparação com o raio de curvatura da córnea (ou a córnea é curva demais), e os raios de um objeto situado no infinito são focalizados antes da retina. O mesmo autor aponta que o olho míope produz uma convergência demasiadamente grande dos raios paralelos.

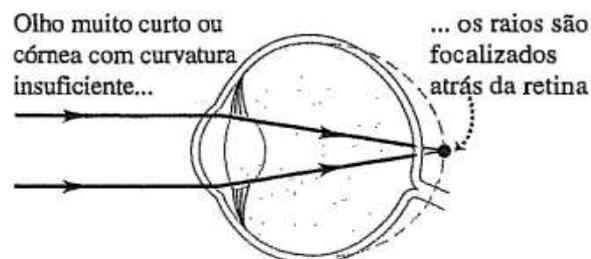
Figura 23 - Olho míope



Fonte: Young e Freedman, p. 64

A figura 24 apresenta uma representação do olho hipermetrope onde é perceptível que a imagem se forma após a retina. no olho hipermetrope, o globo ocular é muito curto ou a córnea não é suficientemente curva; assim, os raios de um objeto situado no infinito são focalizados atrás da retina. O mesmo autor aponta que o olho hipermetrope produz uma convergência insuficiente.

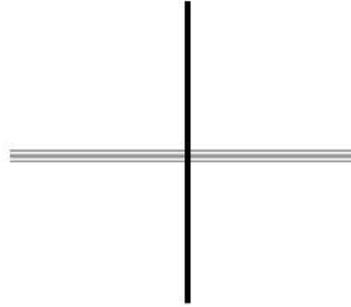
Figura 24 - Olho hipermetrope



Fonte: Young e Freedman, p. 64

O astigmatismo é um tipo de defeito diferente em que a superfície da córnea não é esférica, mas sim acentuadamente mais curva em um plano do que no outro. Em consequência, as linhas horizontais podem formar imagens em um plano diferente do plano formado pelas linhas verticais. Um exemplo apresentado pelo autor é que o astigmatismo pode tornar impossível a focalização simultânea das barras verticais e horizontais de uma janela, esse exemplo pode ser melhor visualizado com a ilustração abaixo:

Figura 25: Ilustração de como pode ser a focalização do astigmatismo



Fonte: neydiasopticaoftalmica

A cruz acima demonstra as linhas horizontais desfocadas e a linha vertical perfeita. É a visão de um portador de astigmatismo miópico simples com deficiência na direção horizontal. Esta dificuldade de visão apenas em uma direção, faz com que o portador desta deficiência visual não distinga bem símbolos, letras e objetos, dependendo do grau de astigmatismo.

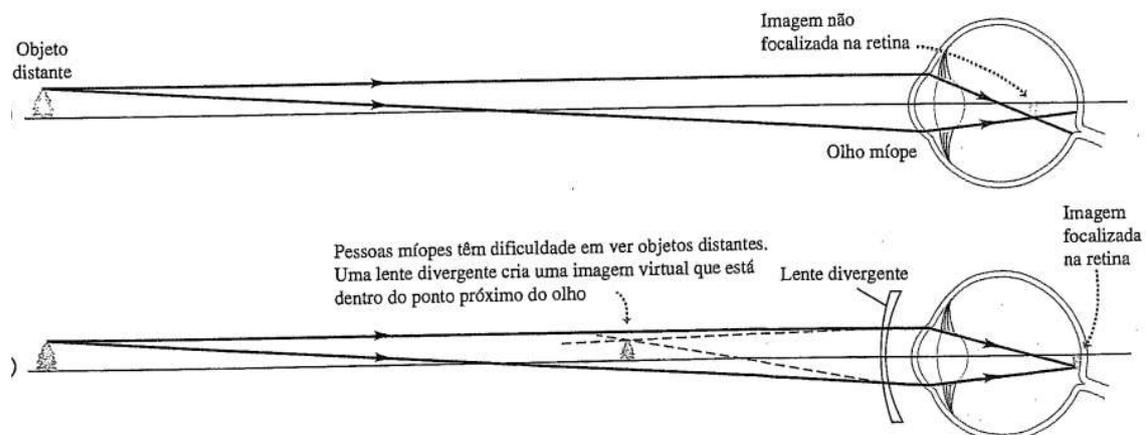
A dificuldade de visão do astigmata não é somente nas linhas horizontais como o desenho acima. O astigmatismo pode ocorrer em quaisquer direções, de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , muito embora na maioria das vezes ocorra próximo à direção horizontal.

Fonte: neydiasopticaoftalmica

### Correções com uso de lentes

Para cada problema na visão, descrito no item anterior, existe uma possível correção com o uso de lentes comumente comercializadas em forma de óculos ou lentes de contato. Após a correção, a imagem formada no olho se torna mais nítida. Vamos analisar possíveis correções da miopia, astigmatismo e hipermetropia.

Figura 26 - Olho míope e correção



Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura anterior podemos observar que a imagem em um olho míope se forma antes da retina. A correção feita é através de uma lente divergente, que traz a imagem para a retina,

tornando-a nítida. **EXEMPLO: CORREÇÃO DA MIOPIA**

O ponto distante de um certo olho míope fica 50 cm à frente do olho. Para ver com nitidez um objeto situado no infinito, qual é a lente necessária para os óculos de correção? Suponha que a lente seja usada a uma distância de 2 cm do olho.

Resolução: O ponto distante de um olho míope está mais próximo do que o infinito. Para enxergar com nitidez objetos mais afastados do que o ponto distante desse olho é necessário que a imagem virtual do objeto se forme a uma distância que não seja maior do que o ponto distante. Suponha que a imagem virtual do objeto no infinito é formada no ponto distante, 50 cm à frente do olho e 48 cm à frente das lentes dos óculos. Ou seja, quando  $p = \infty$ , desejamos que  $p'$  seja igual a  $-48$  cm.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-48}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-1}{48}$$

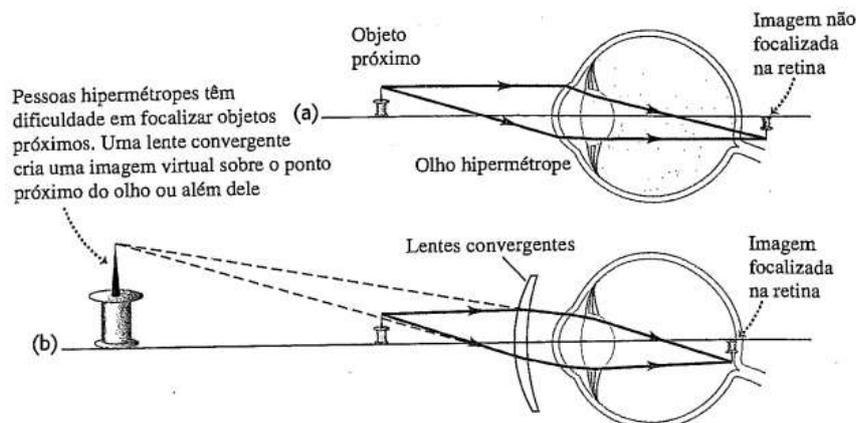
$$f = -48 \text{ cm} = -0.48 \text{ m}$$

$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{-0,48} = -2.1 \text{ di}$$

Precisamos de uma lente divergente com distância focal  $-48 \text{ cm} = -0.48 \text{ m}$ . A potência correspondente é igual a  $-2,1$  dioptrias. Se fossem usadas lentes de contato em vez de óculos  $f$  seria igual a  $-50 \text{ cm} = -0.5 \text{ m}$  e a potência seria  $-2$  dioptrias.

Uma lente negativa (divergente) produz uma divergência dos raios para compensar a convergência excessiva do olho míope.

Figura 27 - Olho hipermetrope e correção



Fonte: Young e Freedman, p. 65

Na figura anterior é possível observar que no olho hipermetrope a imagem se forma depois da retina. A correção é feita usando-se uma lente convergente que traz a imagem para a retina.

### EXEMPLO: CORREÇÃO DA HIPERMETROPIA

O ponto próximo de um certo olho hipermetrope fica 100 cm à frente do olho. Para ver com nitidez um objeto a uma distância de 25 cm do olho, qual é a lente de contato necessária?

Resolução: desejamos que a lente forme uma imagem virtual do objeto em um local correspondente ao ponto próximo do olho, a uma distância de 100 cm do olho. Ou seja, quando  $p = 25$  cm,  $p'$  deve ser igual a  $-100$  cm.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{25} + \frac{1}{-100}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{4-1}{100}$$

$$f = \frac{100}{3} = 33,33 \text{ cm} = 0,33\text{m}$$

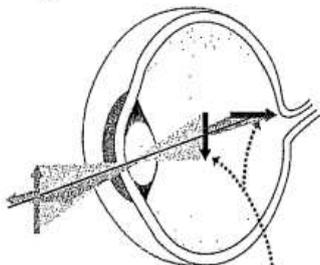
$$C = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,33\dots} = 3\text{di}$$

Precisamos de uma lente convergente com distância focal 33,33 cm. A potência correspondente é de 3 dioptrias.

Uma lente positiva (convergente) fornece a convergência extra necessária para um olho hipermetrope focalizar a imagem sobre a retina. Nesse exemplo usamos uma lente de contato para corrigir a hipermetropia. Se tivéssemos usado óculos, teríamos de levar em consideração a separação entre o olho e a lente dos óculos, e uma potência um tanto diferente seria necessária.

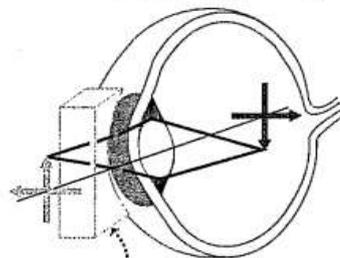
Figura 28 - Um tipo de astigmatismo

(a) As imagens de linhas verticais se formam antes da retina.



A forma do globo ocular ou das lentes faz com que os objetos na vertical e na horizontal focalizem-se em distâncias diferentes

(b) Uma lente cilíndrica corrige o astigmatismo.



Esta lente cilíndrica é curva na direção vertical, mas não na horizontal; ela muda a distância focal dos objetos verticais

Fonte: Young e Freedman, p. 66

Na figura anterior é possível observar um tipo de olho astigmático e o modo distorcido que imagem é formada. Isso acontece pois o olho astigmático focaliza imagens verticais e horizontais em distâncias diferentes. Um ajuste para esse problema é através de uma lente cilíndrica que modifica a distância focal dos objetos verticais.

## Aula 7 - EXPERIMENTO FINAL

Vamos fazer um experimento utilizando o laser e o conjunto de lentes através do qual será possível observar a representação do local da formação da imagem em um olho normal, seguido de um olho míope e de um olho hipermetrópe. Ainda nesse experimento será realizada uma série de combinações das lentes do conjunto com as associações que representam a formação da imagem no olho míope e hipermetrópe com a finalidade de demonstrar os efeitos da correção da visão ajustando o ponto focal na retina.

Para que isso seja possível seguiremos os seguintes passos:

1º passo: Observar a formação da imagem em um olho normal através do experimento registrando onde a imagem é formada.

2º passo: Observar a formação da imagem em um olho míope e hipermetrópe através do experimento registrando onde a imagem é formada.

3º passo: Registrar em forma de desenho as três situações na tabela abaixo:

Olho normal	Olho hipermetrópe:	Olho míope:

4º passo: Testar possibilidades de correção dos defeitos da visão observados no experimento, através da associação de lentes representando o olho humano em duas dimensões;

Neste momento, você deve testar as possibilidades de associação das lentes para ajustar a imagem sobre a retina. Como a combinação de lentes é limitada deve ficar claro que este experimento se trata de uma representação dos efeitos da correção da visão, já que as lentes podem ser combinadas antes e depois da lente que representa o cristalino, ou seja, quando a visão é corrigida com o uso de óculos ou lentes de contato ela são posicionadas antes do olho e no experimento talvez seja necessário posicionar a lente depois do cristalino.

**Faça os registros dos resultados observados das possíveis associações (aquelas que conseguem representar os efeitos da correção, ou seja, ajustam a posição da imagem sobre a retina) nos quadros abaixo:**

**Dica: anote as associações que você já fez, incluindo aquelas que não obtiveram**

**resultados satisfatórios, em seu caderno para otimizar seu tempo.**

Correção da miopia:



Correção da hipermetropia:



Após essa atividade compare seus resultados com os resultados de seus colegas e observe se há semelhanças ou diferentes maneiras de combinar as lentes e obter resultados positivos.

### **Aula 8 - MAPA MENTAL**

**ATIVIDADE:** A partir dos estudos e atividades realizados em sala de aula, produza um mapa mental relacionando características do olho humano normal, míope, hipermetrope e astigmático com as características na formação da imagem e as correções com uso de lentes esféricas. Para melhor desenvolver a atividade, faça a leitura do texto retirado do livro de YOUNG e FREEDMAN acerca do objeto de estudo tratado nas últimas aulas. Utilize uma folha A4, com letra legível, ou o aplicativo CMAPTOOLS em seu celular ou computador.

### **AGENDAMENTO DA AVALIAÇÃO**

#### **4 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL**

TEMA: Proposta de sequência didática com uso de experimentação para abordagem do olho humano e problemas na visão, utilizando lentes.

##### **OBJETIVOS**

###### **Objetivo geral**

- Promover através de uma sequência didática situações que proporcionem o desenvolvimento do interesse e participação ativa no processo de ensino aprendizagem favorecendo a construção do conhecimento sobre a morfologia do olho humano e os problemas de visão utilizando diferentes metodologias, sob a luz da Teoria da Aprendizagem Significativa crítica de Moreira, a partir da aplicação em sala de aula de um experimento envolvendo associação de lentes delgadas representando o funcionamento do olho humano quanto a localização da imagem formada no interior do olho.

###### **Objetivos específicos**

###### **Aula 1 – 90 minutos (3 horas/aula)**

- Apresentar o experimento inicial representando a formação da imagem no olho humano com a intenção de desenvolver a curiosidade dos estudantes e facilitar o engajamento no processo de ensino.
- Identificar a morfologia do olho humano;
- Realizar o experimento de identificação do movimento de paralaxe característico da posição dos olhos;
- Identificar os diferentes tipos de lentes, bem como suas características de divergência e convergência, por meio do manuseio das lentes e uso laser;
- Observar a formação da imagem em um olho normal através do experimento;
- Estudar os problemas da visão miopia, hipermetropia e astigmatismo;
- Observar a formação da imagem em um olho míope e hipermetrope através do experimento;
- Solicitar da pesquisa sobre componentes morfológicos do olho humano e materiais para construção da câmara escura e olho de massinha de modelar.

**Aula 2 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Corrigir a pesquisa realizada como tarefa;
- Construir um desenho com os componentes do olho humano;
- Construir a câmara escura e observar a imagem invertida, relacionando com a característica de formação da imagem invertida no olho humano;
- Construir o olho de massinha de modelar.

**Aula 3 – 180 minutos (3 horas/aula)**

- Testar os efeitos da correção dos defeitos da visão observados no experimento, através da associação de lentes no experimento utilizando as lentes delgadas;
- Registrar os resultados encontrados por meio de desenho e sínteses construídas a partir da observação do experimento;
- Construir um olho de massinha de modelar, contendo a Esclera, Íris, pupila e nervos ópticos com uma planificação contendo a retina e o nervo óptico.

**Aula 4 – 90 minutos (2 horas/aula)**

- Produzir um mapa mental sobre a morfologia do olho humano, defeitos da visão e correção com o uso de lentes a partir do texto e representações entregues ao estudante;
- Realizar atividade avaliativa.

**CONTEÚDO**

- Lentes esféricas;
- Olho humano;
- Defeitos da visão;
- Efeitos da correção dos defeitos da visão com uso de lentes esféricas.

**METODOLOGIA****Aula 1 – 90 minutos (2 horas/aula):**

Apresentação formal com identificação do trabalho a ser realizado com os estudantes durante aproximadamente 10 aulas com discussão do cronograma e componentes curriculares.

Iniciar a aula com a apresentação da maquete do olho humano disponível na

escola mostrada na figura 1.

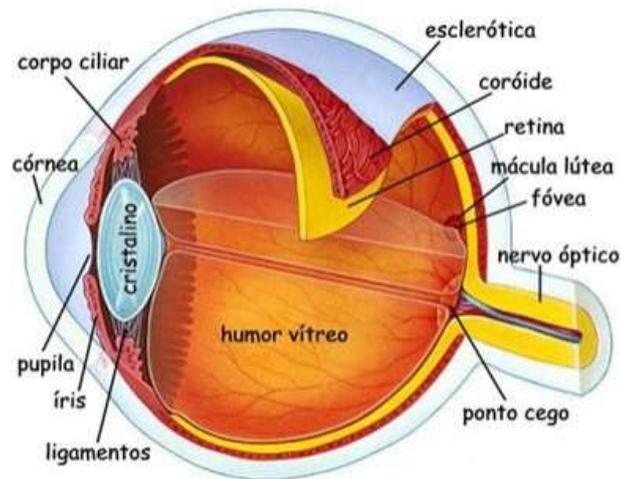
Figura 1: Maquete do olho disponível na escola



Fonte: Acervo do autor.

A maquete da figura 1 pode ser substituída por uma imagem morfológica do olho como a imagem da figura 2:

Figura 2: Morfologia do Olho Humano



Fonte: [todoestudo.com.br/biologia/olhos](http://todoestudo.com.br/biologia/olhos)

Depois de mostra a figura ou a maquete do olho é possível apresentar os seguintes vídeos disponíveis no youtube para os estudantes:

[O olho e as suas partes - Visão - Os sentidos para crianças](#)

Este vídeo é referente às partes do olho que pode ser seguido do vídeo:

[Como funciona a visão? - O Olho - Os sentidos para crianças](#)

O segundo vídeo é sobre como funciona a visão.

Seguido da visualização do vídeo seguimos com a solicitação da pesquisa sobre os principais componentes do olho humano.

Pesquisa: Escrever uma breve definição e utilidade de cada uma das partes do olho: Esclera; Nervo óptico; Retina; Íris; Cones; Bastonetes; Córnea; Pupila; Cristalino e

Músculos ciliares. A pesquisa deve ficar no caderno para discussão coletiva na próxima aula.

Seguindo com a solicitação dos materiais para confecção da câmara escura e da massinha de modelar para confeccionar o modelo do olho humano.

Para a câmara escura será preciso: Uma lata (de leite ou achocolatado) pintada de preto, papel manteiga, EVA ou papel cartão preto. Cada aluno deve trazer o seu material.

Uma sugestão de vídeo para confecção da câmara escura: [Experimento - Câmara Escura](#) disponível no youtube.

Depois das solicitações é possível aplicar o experimento inicial utilizando as lentes e o laser para representar a formação da imagem no olho normal, míope e hipermetrópe iniciando com a discussão:

Você já parou para pensar o que o óculos faz na frente do nosso olho que nos faz enxergar melhor? O que microscópios, lunetas, binóculos e telescópios fazem que nos fazem ver coisas muito pequenas ou coisas que estão muito longe com uma nitidez melhor e muitas vezes bem precisa dos objetos?

Figura 3: óculos



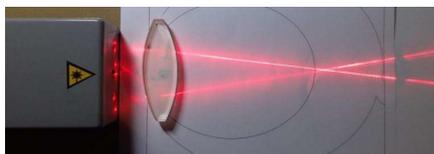
Fonte: [ativosaude.com/saude-dos-olhos/doencas-dos-olhos-comuns/](http://ativosaude.com/saude-dos-olhos/doencas-dos-olhos-comuns/) e [oticawaldefaraj.blogspot.com/2015/03/8-curiosidades-sobre-miopia.html](http://oticawaldefaraj.blogspot.com/2015/03/8-curiosidades-sobre-miopia.html)

### EXPERIMENTO INICIAL

Neste momento faremos uma breve demonstração do experimento com abordagem investigativa dos conhecimentos prévios dos alunos.

**OLHO NORMAL:** Apresentação da representação da formação da imagem em um olho normal.

Figura 4: Laser e lente biconvexa

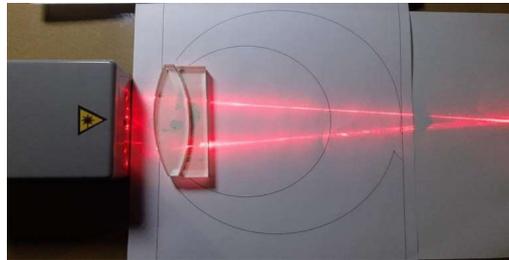


Fonte: Acervo do autor

Identificação do ponto onde a imagem é formada.

OLHO HIPERMÉTROPE: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho hipermetrope.

Figura 5: Laser, lente biconvexa e lente plano côncava.

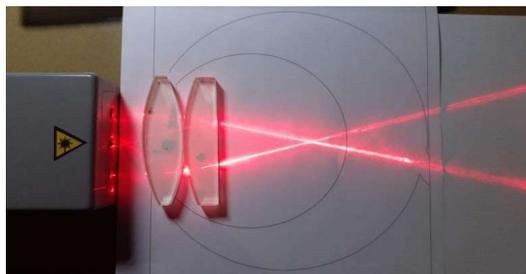


Fonte: Acervo do autor

Identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho hipermetrope.

OLHO MIOPE: Apresentação da representação da formação da imagem em um olho miope.

Figura 6: Laser, lente biconvexa e lente plano convexa



Fonte: Acervo do autor

Identificação do ponto onde a imagem é formada, seguida da comparação das posições dos pontos entre o olho normal e o olho miope.

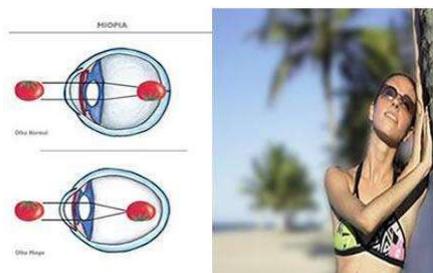
DESAFIO: Apresentação do desafio: combinar lentes de modo a representar os efeitos da correção feitas por lentes de contato, óculos e cirurgias quando apresentados os seguintes problemas na visão.

Deixar claro que estamos trabalhando com combinações de lentes que são limitadas a observar os efeitos da correção, tendo em vista que a correção com uso de lentes se dá na frente do olho e talvez nesse experimento precisaremos combinar lentes atrás do olho.

Depois do experimento é possível classificar as lentes em convergente e divergente. Essa classificação pode ser feita através do posicionamento das lentes na frente do laser observando o comportamento dos raios de luz. Essa classificação pode ser registrada no caderno dos estudantes.

Depois da classificação das lentes é possível mostrar as imagens de como as pessoas enxergam com alguns defeitos da visão:

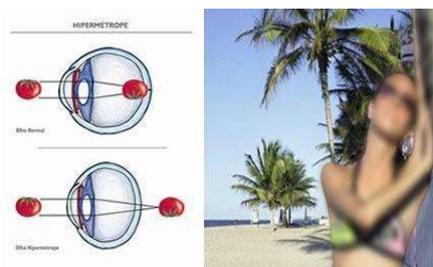
Figura 7: Olho com miopia



Fonte:brasilescola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 7 podemos identificar a visão de um olho míope que tem dificuldade de focalizar objetos distantes.

Figura 8: Olho com hipermetropia



Fonte:brasilescola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 8 podemos identificar a visão de um olho hipermetrope que tem dificuldade de focalizar objetos próximos.

Figura 9: Olho com astigmatismo



Fonte:brasilescola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 9 podemos identificar a visão de um olho com astigmatismo que tem dificuldade de focalizar objetos próximos e distantes.

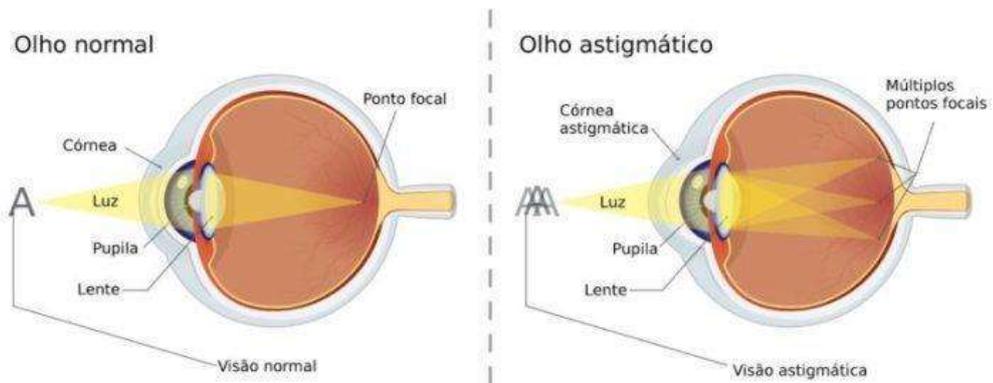
Figura 10: Visão astigmática e visão normal



Fonte:brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 10 podemos identificar a visão de um olho com astigmatismo em um cenário noturno comparado com uma visão de um olho normal.

Figura 11: olho normal/ olho Astigmático



Fonte:brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 11 podemos visualizar o esquema representando os vários pontos focais em um olho com astigmatismo.

Figura 12: comparação das visões normal/míope/hipermétrope/astigmática



Fonte:brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm

Na figura 12 podemos visualizar as imagens vistas por um olho normal comparado com um olho míope, hipermetrópe e astigmático.

**Aula 2 – 90 minutos (2 horas/aula)**

A segunda aula pode começar com a discussão da pesquisa feita pelos estudantes,

seguida da construção do desenho do olho humano na folha A4. Depois da construção do desenho se dá início à construção da câmara escura que pode seguir o vídeo 3 sugerido anteriormente.

Depois da construção da câmara escura se dá início à observação das imagens invertidas para que o estudante passe a se familiarizar com o conceito de imagem invertida através do posicionamento de uma vela com a chama acesa em frente a câmara escura.

Seguida da observação é sugerido que o estudante faça anotações em seu caderno sobre o fenômeno observado, dessa maneira o estudante passa a perceber que cada experimento deve ser seguido de análise.

Finalizando a aula com a construção do olho de massinha de modelar, nesse momento o estudante deve construir um modelo de olho humano com massinha de modelar sendo sugerido que o professor oriente com os seguintes passos:

1º Separar a massinha branca em duas porções: uma maior para construir o olho em três dimensões e uma menor para a planificação. Com as duas partes o estudante deve modelar duas esferas a menor dela deve ser achatada modelando um círculo.

2º Escolher uma das cores para fazer a íris do olho (verde, marrom ou azul) e modelar uma esfera para juntar à esfera branca maior.

3º Modelar com a massinha vermelha três músculos e posicionar os mesmos no olho em três dimensões.

4º Com a massinha preta modelar a pupila.

5º Com a massinha amarela modelar o nervo óptico e posicioná-lo na massinha branca em forma de círculo.

6º Com a massinha salmão modelar um círculo menor que o círculo branco para representar a retina.

7º Com a massinha azul e vermelha modelar a artéria e os vasos sanguíneos da retina.

Finalizando a construção, o olho de massinha pode ser exposto junto com os desenhos dos estudantes.

### **Aula 3 – 180 minutos (2 horas/aula)**

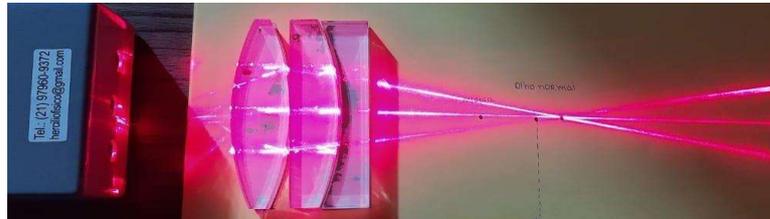
Neste momento, o estudante deve testar as possibilidades de associação das lentes para ajustar a imagem sobre a retina. Como a aplicação dessa sequência didática se dá em momento de pandemia, os alunos irão passar as instruções e o professor irá manusear o

experimento. Assim eles observarão os efeitos das associações das lentes na representação da formação das imagens.

### Resultados finais esperados:

Na figura 13 podemos observar um possível resultado para a correção da miopia:

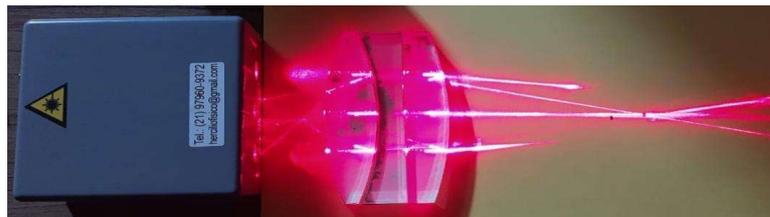
Figura 13: Exemplo de correção da miopia



Fonte: Acervo do autor.

Na figura 14 podemos observar um possível resultado para a correção da hipermetropia:

Figura 14: Exemplo de correção da hipermetropia



Fonte: Acervo do autor.

Fica como sugestão registrar os resultados encontrados pelos estudantes que podem ser diferentes do encontrado inicialmente.

## Aula 4 – 90 minutos (2 horas/aula)

### MAPA MENTAL

**ATIVIDADE:** A partir dos estudos e atividades realizados em sala de aula, produza um mapa mental relacionando características do olho humano normal, míope, hipermetrope e astigmático com as características na formação da imagem e as correções com uso de lentes esféricas. Para melhor desenvolver a atividade, faça a leitura do texto retirado do livro de didático CIÊNCIAS NATURAIS APRENDENDO COM O COTIDIANO acerca do objeto de estudo tratado nas últimas aulas. Utilize uma folha A4, com letra legível, ou o aplicativo CMAPTOOLS em seu celular ou computador.

### AVALIAÇÃO

A avaliação será por meio de um processo contínuo durante o desenvolvimento de todas as

aulas. Por esse motivo serão adotados diversos meios de verificação da aprendizagem, possibilitando a expressão do aprendizado da diversidade de aprendizagem apresentada pela heterogeneidade dos estudantes da classe.

As atividades de verificação são:

- 30 % - Participação no experimento e desenvolvimento das atividades propostas;
- 40 % - Mapa Mental;
- 30 % - Avaliação individual e sem consulta;

## 5 SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA ATIVIDADE AVALIATIVA TIPO PROVA

1) Desenhe uma lente divergente e uma lente convergente diferenciando uma da outra com os efeitos dos raios de luz passando por elas:

--	--

2) Identifique qual imagem é vista por um olho míope, hipermetrópe e astigmático, escrevendo embaixo de cada imagem qual o problema da visão que mais se adequa à imagem:



3) Nosso olho funciona como uma câmara escura, onde a imagem formada dentro do olho sobre a \_\_\_\_\_, é \_\_\_\_\_ e menor.

A alternativa que contém as palavras que completam a frase corretamente é:

- a) Retina, direita.
- b) Retina, invertida.
- c) Esclera, direita.
- d) Esclera, invertida.

4) (SEARS) A parte do olho responsável por transmitir impulsos ao cérebro é:

- a) Músculo ciliar
- b) Fóvea central
- c) Humor vítreo
- d) Córnea

e) Nervo óptico

5) A parte do olho que regula a entrada de luz chama-se:

a) Esclera

b) Retina

c) Córnea

d) Iris

e) Pupila

6) (SEARS) Complete a frase:

Existem dois tipos de células sensíveis à luz na retina. Os \_\_\_\_\_ mais sensíveis a luz e os \_\_\_\_\_ mais sensíveis às diferenças entre cores.

7) (SEARS) No olho \_\_\_\_\_, o globo ocular é muito alongado em comparação ao raio de curvatura da córnea (ou a córnea é curva demais), e os raios de um objeto situado no infinito são focalizados antes da retina. O olho com esse problema produz uma convergência demasiadamente grande dos raios paralelos ao eixo óptico. Pessoas que apresentam esse problema na visão tem dificuldade em ver objetos distantes. Uma lente \_\_\_\_\_ cria uma imagem virtual que está dentro do ponto próximo do olho e corrige a visão.

a) Hipermetrópe, convergente.

b) Hipermetrópe, divergente.

c) Míope, convergente.

d) Míope, divergente.

8) (SEARS) No olho \_\_\_\_\_, o globo ocular é muito curto ou a córnea não é suficientemente curva; assim os raios de um objeto situado no infinito são focalizados ATRÁS da retina. O olho com esse problema produz uma convergência INSUFICIENTE e forma a imagem depois da retina. As pessoas com esse problema tem dificuldade em focalizar objetos próximos. Uma lente \_\_\_\_\_ cria uma imagem virtual sobre o ponto próximo do olho ou além dele e corrige a visão.

a) Hipermetrópe, convergente.

b) Hipermetrópe, divergente.

c) Míope, convergente.

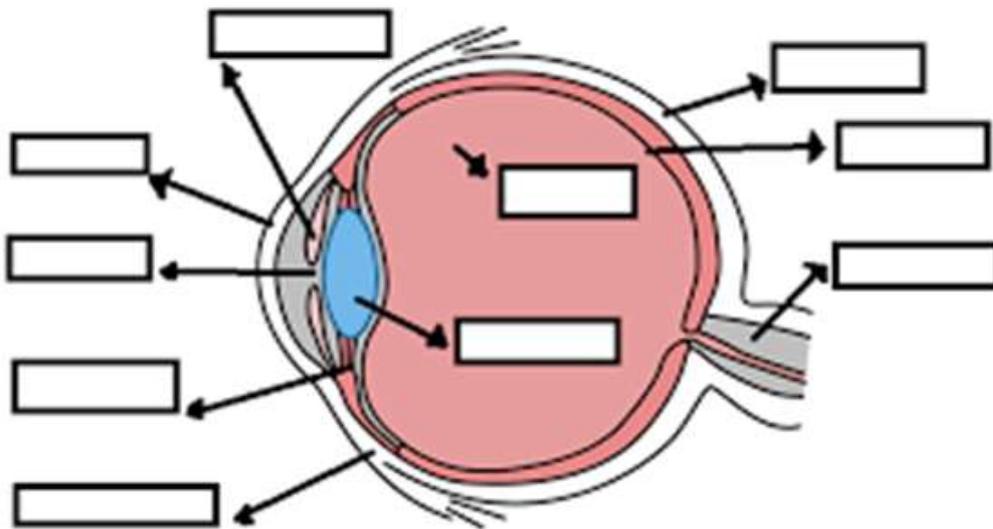
d) Míope, divergente.

9) (SEARS) O astigmatismo é um tipo de defeito diferente em que a superfície da \_\_\_\_\_ não é esférica, mas sim acentuadamente mais curva em um plano do que em outro. Em consequência, podemos ver imagens “embassadas”.

A parte do olho que completa a afirmação é:

- a) Córnea
- b) Esclera
- c) Retina
- d) Fóvea central
- e) Cristalino

10) Complete cada uma das partes do olho:



11) A parte COLORIDA do olho que varia de acordo com a herança genética chama-se:

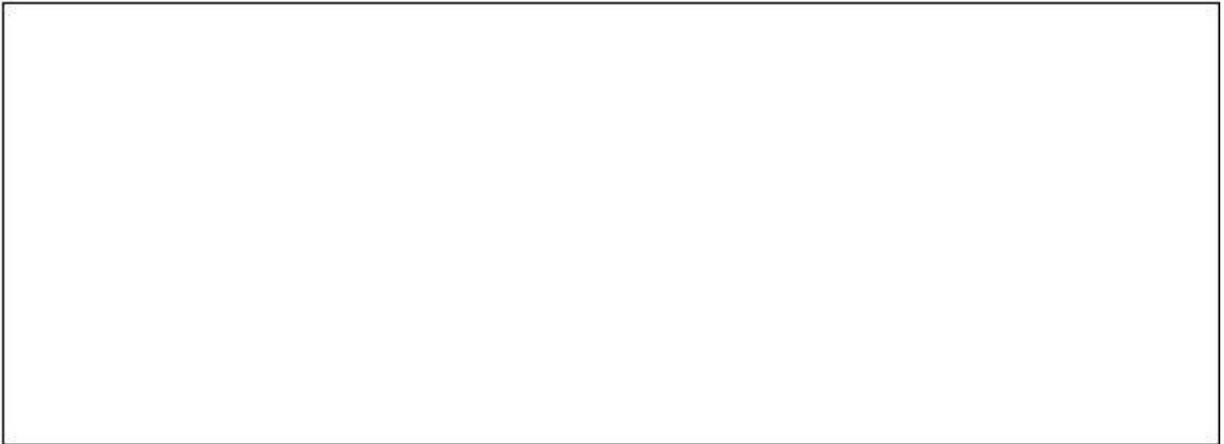
- A) Esclera
- B) Retina
- C) Córnea
- D) Iris
- E) Pupila

12) Nossos olhos tem uma característica importante referente a localização dos objetos graças ao seu posicionamento na frente da face, diferente dos cavalos por exemplo que seus olhos ficam localizados na parte lateral de suas cabeças. Podemos identificar esse movimento em um experimento feito em sala de aula na qual observamos o:

- a) Movimento dos olhos;
- b) Movimento do pescoço;
- c) Movimento das sobrancelhas;
- d) Movimento de paralaxe;

e) Movimento do nervo óptico.

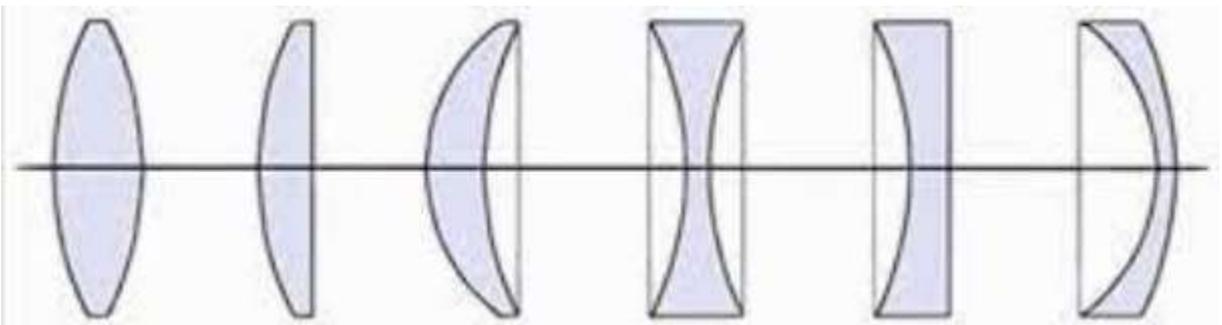
13) Desenhe um olho humano contendo a esclera, íris, pupila, cristalino, retina e nervo óptico. Depois de desenhar escreva o nome de cada uma das partes citadas. Caso você queira desenhar mais componentes estudados, não há problemas.



14) Identifique qual imagem é vista por um olho, NORMAL MIOPE, HIPERMÉTROPE e ASTIGMÁTICO, escrevendo embaixo de cada imagem qual o problema da visão que mais se adequa à imagem:



15) Classifique as lentes em divergentes e convergentes e desenhe os raios de luz em cada uma delas:



Depois de classificar enumere cada uma delas com seus respectivos nomes:

- ( ) Plano convexa
- ( ) Convexo côncava

- ( ) Plano Côncava
- ( ) Biconvexa
- ( ) Côncavo convexa
- ( ) Bicôncava

**ATIVIDADE 2:** CONSTRUIR UM MAPA MENTAL UTILIZANDO AS PALAVRAS:

OLHO HUMANO

IRIS

PUPILA

CÓRNEA

RETINA

IMAGEM

ANTES

DEPOIS

CRISTALINO

MIOPIA

HIPERMETROPIA

ASTIGMATISMO

NERVO ÓPTICO

CÉREBRO

O MAPA MENTAL DEVE TER UM TERMO CENTRAL QUE PODE SER O OLHO HUMANO E AS DEMAIS PALAVRAS DEVEM FICAR AO SEU REDOR SENDO LIGADAS POR SETAS E PALAVRAS DE CONEXÃO. ELE VAI DEMONSTRAR O QUANTO VOCÊ APRENDEU SOBRE O OLHO HUMANO.

## 6 CONCLUSÃO

O presente produto educacional trata-se de uma proposta para aplicação nas aulas de ciências e física no ensino fundamental e médio, oportunizando ao professor metodologias e possibilidades para abordagem das lentes, olho humano e problemas da visão em óptica geométrica.

A partir dos resultados apresentados durante sua aplicação é esperado que o professor possa criar um ambiente potencialmente significativo para a construção da aprendizagem significativa crítica, a partir da execução de uma variedade metodológica acessível aos níveis de ensino fundamental e médio, rompendo com abordagens puramente tradicionais.

O processo de ensino aprendizagem traz consigo a necessidade de aperfeiçoamento constante por parte do professor, dessa maneira esse produto visa contribuir com esse aperfeiçoamento e com o resgate do ensino de física de forma leve e significativa, rompendo barreiras culturais para com a física.

## REFERÊNCIAS

**Ametropias e lentes compensadoras.** Disponível em <https://sites.google.com/site/neydiasopticaoftalmica/ametropias-e-lentes-compensadoras?tmpl=system%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1> acesso em 24 de junho de 2021 às 16 horas.

CAVALCANTE, Kleber. **Defeitos na visão humana.** Brasil Escola. Disponível em <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/defeitos-na-visao-humana.htm>, acesso em 21 de março de 2021 às 11:04 horas.

COELHO, Lucas. **As 19 doenças dos olhos mais comuns que existem.** Ativo Saúde. Disponível em: <https://www.ativosaude.com/saude-dos-olhos/doencas-dos-olhos-comuns/> acesso em 21 de março de 2021 às 11:17 horas.

FARAJ, Walde. **8 curiosidades sobre miopia.** Disponível em: <http://oticawaldefaraj.blogspot.com/2015/03/8-curiosidades-sobre-miopia.html>, acesso em 10 de junho de 2021 as 11:03 horas.

GRAF. **Física 2:** física térmica, óptica. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 5ª Ed, 2000.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física:** Óptica e Física Moderna. Rio de Janeiro: LTC, 10ª Ed, 2016.

**Luz:** olho humano e percepção de cores. Luz tecnologia e Arte, disponível em: <http://luztecnologiaearte.weebly.com/luz-e-fisiologia-da-visatildeo.html>, acesso em 24 de junho de 2021 as 14:20 horas.

PIETROCOLA, Maurício; et. al.. **Física em contextos.** Vol 2. São Paulo: Editora do Brasil, 1ª Ed, 2016.

SERWAY, Raymond A.; JR., John W. Jewett. **PRINCÍPIOS DE FÍSICA VOL IV:** Óptica e Física Moderna. São Paulo: Cengage Learning, 3ª Ed, 2010.

SJONLINE. **Muitas pessoas só percebem que têm astigmatismo depois de ver essas imagens.** São Joaquim Online. Disponível em:

<https://saojoaquimonline.com.br/saude/2019/04/03/muitas-pessoas-so-perceberam-que-tem-a-stigmatismo-depois-de-ver-essas-imagens/>, acesso em 21 de março de 2021 as 11:06 horas.

SOUTO, Ana Lucia. **O olho.** Khan Academy. Disponível em:

<https://pt.khanacademy.org/science/6-ano/vida-e-evolucao-a-visao/o-olho/a/o-olho-humano-e-a-visao>, acesso em 24 de junho de 2021 as 14:06 horas.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.. **Física IV: Ótica e física moderna.** São Paulo: Addison Wesley, 12<sup>o</sup> Ed, 2009.