

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DIEGO DE OLIVEIRA PEZZIN

**O ESTUDO DA ÓPTICA DA VISÃO POR MEIO DO ENSINO HÍBRIDO E SUA
CONEXÃO COM O EFEITO FOTOELÉTRICO**

CARIACICA

2022

APRESENTAÇÃO

Neste produto educacional iremos apresentar o conjunto de atividades e tarefas a serem desenvolvidas utilizando o modelo de aprendizagem híbrida conhecido como Rotações por Estações para ensinar óptica da visão e sua conexão com o efeito fotoelétrico, privilegiando a participação e engajamento dos estudantes.

A partir de encontros os alunos executarão uma série de atividades em grupo que envolvem questionários, pesquisas, experimentos e simulações computacionais a respeito da óptica geométrica e da visão, incluindo aspectos quânticos do efeito fotoelétrico, buscando sempre mesclar as tarefas de forma que auxiliem no entendimento dos conteúdos pelos estudantes. Dessa maneira, também buscamos ir além da tradição do professor de sempre seguir a sequência dos livros didáticos e, por exemplo, utilizar o processo de captação de luz pelo olho humano para a formação da imagem para introduzir o conteúdo do efeito fotoelétrico. Nesse sentido fazemos uma analogia entre esse processo de interação da radiação com a matéria e a absorção dos fótons pelas células da retina, buscando mostrar as semelhanças entre os dois processos.

O método utilizado na construção desta sequência didática é a aplicação de uma das modalidades de ensino híbrido desenvolvida por Christensen (2014), denominada de Rotações por estações, onde os alunos de uma determinada turma, devem ser divididos em pequenos grupos e desenvolverem atividades em diferentes estações de aprendizagem, cada uma abordando tarefas diferentes, porém, todas dentro do mesmo assunto. É de suma importância que, apesar de as atividades serem planejadas para serem realizadas em grupo com a autonomia dos alunos, o professor esteja mediando os grupos e auxiliando assim que for necessário.

CAPÍTULO 1 - APRESENTAÇÃO DE CONCEITOS INICIAIS IMPORTANTES SOBRE ÓPTICA

Neste encontro, a proposta é utilizar imagens projetadas através de slides para apresentar e discutir com os alunos alguns conceitos importantes que serão utilizados na aplicação do produto. Esta apresentação deve ser feita de forma dialogada com duração de uma aula de 50 minutos. Os objetivos desse encontro são:

- 1) Entender o fenômeno da reflexão;
- 2) Compreender o fenômeno da refração;
- 3) Reconhecer e entender o fenômeno da dispersão da luz;
- 4) Preparar os alunos para aplicação da primeira rotação com estações.

A seguir apresentamos as imagens e a descrição dos fenômenos relacionados.

Imagem 1: Uma paisagem e seu reflexo num lago mostrada na figura 1.

Figura 1: Foto de uma paisagem mostrando a reflexão luminosa desta paisagem em um lago.



Fonte: Fonte: Disponível em: <https://pixnio.com/pt/media/linda-foto-reflexao-lago-floresta-paisagem>. Acesso em outubro de 2020.

O primeiro fenômeno óptico discutido com os alunos é o fenômeno da reflexão luminosa que acontece quando um feixe luminoso incide sobre uma superfície e retorna para o meio de onde se originou. Este fenômeno é muito importante, pois, é através dele que somos capazes de observar os objetos sem luz própria, com a luz refletindo em cada objeto e chegando até nossos olhos. A figura 1 apresenta um

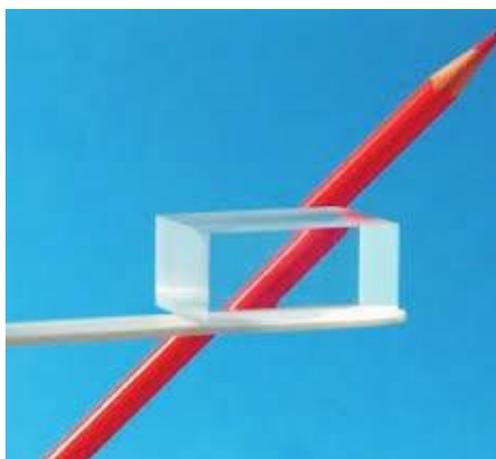
exemplo de reflexão luminosa e também da propagação retilínea dos raios de luz. Diante dessa imagem pode-se fazer os seguintes questionamentos: Porque é possível ver as montanhas e partes da paisagem dentro do lago a partir do ponto onde a fotografia foi tirada? Porque as imagens ficam invertidas? O que acontece com os raios de luz provenientes da luz do Sol quando chegam até a superfície do lago?

Imagem 2: A refração de um lápis na água e no vidro mostrada na figura 2.

Figura 2: Foto de dois lápis inseridos em um copo com água demonstrando o fenômeno da refração da luz e a imagem formada de um lápis através de um bloco de vidro.



Fonte: Disponível em:
<https://www.todamateria.com.br/refracao-da-luz/>. Acesso em outubro de 2020.



Fonte: Disponível em:
<https://www.aprendafisica.com/gallery/aula%2013%20-%20refra%C3%A7%C3%A3o%20luminosa.pdf>
. Acesso em outubro de 2020.

A refração luminosa representada na figura 2 é um fenômeno caracterizado pela mudança no comportamento óptico da luz à medida que ocorre uma mudança em seu meio de propagação. Nessas fotografias podemos questionar os alunos sobre o que está acontecendo com os raios de luz para formarem as imagens deformadas mostradas.

É a velocidade da luz que se altera nessa mudança de meio com índices de refração diferentes, o que proporciona as imagens como a figura 2 que nos dão a impressão de que os objetos dentro do copo com água estão tortos ou quebrados. Pela mesma razão, a imagem que mostra um lápis através de um bloco de vidro representando uma lâmina de faces paralelas, apresenta a imagem do lápis como se

estivesse quebrado, isso devido a alteração na velocidade da luz quando ela sai do ar, entre no bloco de vidro e volta para o ar.

Imagem 3: Um dos primeiros óculos mostrado na figura 3.

Figura 3: Foto de um exemplo dos primeiros óculos a serem construídos feito de uma armação de madeira com um rebite central permitindo o movimento de abrir e fechar e duas lentes de vidro.



Fonte: Disponível em: <https://www.zeiss.com.br/vision-care/melhor-visao/compreendendo-a-visao/a-historia-dos-oculos.html>. Acesso em outubro de 2020.

A figura 3 mostra uma imagem dos primeiros óculos de visão. Eles possuíam uma haste em madeira com um rebite central que permitia realizar o movimento de abrir e fechar para se adequar melhor ao tamanho de cada rosto. Ainda possuía duas lentes de vidro na haste, o que facilitava as pessoas da época que tinham problemas visuais a enxergar. Esses óculos antigos não possuíam as tecnologias dos atuais, mas, mesmo assim eles proporcionavam uma comodidade visual aos usuários. As lentes de vidro ocasionavam uma refração da luz que chegava aos olhos de que o estivesse usando e, muitas das vezes corrigia em parte o problema de visão da pessoa.

Aqui a pergunta que se pode fazer aos alunos é como que os óculos funcionam? Como eles podem facilitar a visão para pessoas com dificuldade de enxergar? Quais propriedades físicas estão atuando nesse processo? O que acontece com os raios de luz quando passam através dos óculos?

Imagem 4: A dispersão luminosa dos raios de luz do Sol em um arco-íris na figura 4.

Figura 4: Foto mostrando a dispersão da luz do Sol e a formação de um arco-íris.



Fonte: Disponível em: <https://www.significados.com.br/arco-iris/>. Acesso em outubro de 2020.

Quando a luz branca do Sol atravessa as gotículas de chuva presentes na atmosfera ela refrata e sofre a dispersão luminosa que é a separação da luz branca em todas as cores que a compõe, formando o efeito do arco-íris. Diante dessa imagem pode-se perguntar aos estudantes as seguintes questões: Como que a luz branca do Sol se separa em diversas outras cores? Como que a gota de chuva consegue produzir tal separação? O que diferencia uma cor da outra?

A dispersão luminosa ocorre sempre que a luz é refratada através de algum meio causando o fenômeno. A dispersão luminosa da luz branca também pode ser realizada utilizando um prisma de vidro.

Imagem 5: A cor do céu num final de tarde na figura 5.

Figura 5: Foto mostrando a dispersão da luz do Sol em um final de tarde com uma coloração avermelhada.



Fonte: Disponível em: <https://www.daninoce.com.br/viagem/buenos-aires/os-melhores-pontos-para-ver-o-nascer-e-o-por-sol-em-buenos-aires/>. Acesso em novembro de 2020.

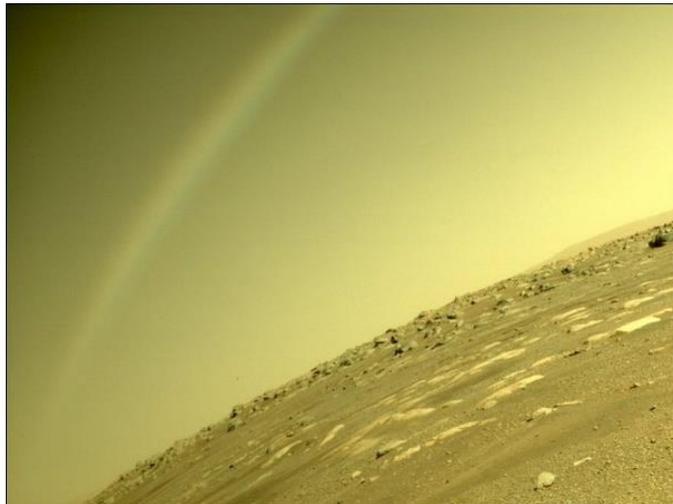
Uma pergunta muito comum a respeito do céu é: Por que o céu é azul? As respostas mais frequentes para essa pergunta são: Por que o céu reflete o mar ou porque a camada de ozônio tem a cor azul. Entretanto, essas respostas não condizem com a imagem da figura 5 de uma paisagem em um final de tarde com o céu avermelhado.

Se o céu fosse azul devido a reflexão dos oceanos, no final da tarde ele não poderia ficar na cor avermelhada como a figura 5 mostra. A coloração azulada do céu novamente se dá devido a dispersão luminosa da luz branca proveniente do Sol. Quando essa luz atravessa as partículas na atmosfera terrestre ocorre a maior dispersão no comprimento de onda do azul, dando essa coloração azulada ao céu. Esse mesmo fato também ocorre no final da tarde quando o céu se encontra muitas vezes num tom avermelhado ou alaranjado, pois, nesse período do dia, o ângulo em que a luz do Sol penetra na atmosfera terrestre ocorre uma dispersão da luz avermelhada em vez da azul, dando ao céu esse novo tom. À medida que o ângulo de incidência da luz do sol diminui em relação a atmosfera da terra, ou seja, nos

momentos de nascer e pôr do sol, a luz irá percorrer um maior trajeto até chegar aos olhos de um observador. A consequência disso é que a luz é vai sendo mais espalhada por percorrer este caminho maior e, somente a luz vermelha de menor frequência e maior velocidade consegue chegar aos olhos do observador.

Imagem 6: Um arco-íris em Marte na figura 5.

Figura 6: Foto de um robô tirada no planeta Marte onde aparece a formação de um arco-íris na atmosfera do planeta.



Fonte: Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2021/04/07/arco-iris-em-marte-nasa-explica-efeito-em-foto-curiosa-tirada-pelo-robo-perseverance.ghtml>. Acesso em novembro de 2020.

Essa figura 6 gera curiosidade e intriga a maior parte das pessoas que a vê, pois para que se forme um arco-íris na atmosfera de em Marte deveria haver partículas de água na atmosfera, que até os dias atuais não foram encontradas. partículas de água na atmosfera de Marte. Assim questionamos aos alunos se essa imagem poderia ser falsa? Ou se teria outra explicação?

Entretanto, a explicação mais aceitável foi que a luz, ao refratar na lente da câmera fotográfica do robô se dispersou nas cores que a compõe, formando assim o arco-íris. presente na imagem da figura 6.

CAPÍTULO 2 – PRIMEIRA ROTAÇÃO COM ESTAÇÕES: LENTES

Nesta etapa deve ser realizada a primeira Rotação que está estruturada em duas estações. Dessa forma, a turma deve ser dividida em grupos de no máximo quatro alunos, montados da maneira mais heterogênea possível. O tempo de duração de cada estação deve ser de 25 a 30 minutos. Ao final desse tempo, os grupos devem trocar de estação. O professor deve estar à disposição para orientar a atividade e tirar qualquer dúvida que venha a surgir, entretanto, é necessário incentivar o desenvolvimento da autonomia dos estudantes e as discussões dentro dos grupos.

Como são apenas duas estações, mais de um grupo de alunos estarão desenvolvendo a mesma estação sendo adequado dividir a aproximadamente a mesma quantidade de grupos para cada estação. O detalhamento das estações e das atividades são feitos a seguir.

2.1 - PRIMEIRA ESTAÇÃO: TEXTO SOBRE A HISTÓRIA DAS LENTES.

Na primeira estação, os alunos utilizarão um texto disponível: “A história dos óculos: de suas origens como "pedras de leitura" a acessórios de estilo de vida”. Este texto relata uma breve história das lentes e de como elas foram evoluindo com o passar dos anos, podendo ser lido tanto de forma virtual quanto impresso.

A atividade desta estação é mais simples e consiste na produção de um breve esquema sobre a evolução das lentes, desde as primeiras peças utilizadas até os óculos atuais. O texto dessa estação para essa produção se encontra disponível a seguir.

A história dos óculos: De suas origens como "pedras de leitura" à acessórios de estilo de vida.

De acordo com os especialistas, os óculos são a quinta invenção mais importante desde que a humanidade descobriu o fogo e inventou a roda. O motivo: pela primeira vez na história, milhões de pessoas puderam ver bem, apesar de terem problemas de visão. Isso pode parecer pouco relevante hoje, mas o fato é que, por muitos séculos, simplesmente não havia nenhuma solução para pessoas com problemas de visão – os óculos ainda não tinham sido inventados. O desenvolvimento dos óculos modernos que conhecemos hoje demandou muito

tempo. O processo exigiu muita experimentação, e muitos tipos de óculos surgiram e desapareceram.

A invenção dos óculos é considerada um importante passo na história cultural da humanidade: repentinamente, pessoas com problemas de visão puderam assumir um papel ativo no dia a dia, estudar mais, expandir seus conhecimentos e transmiti-los a terceiros. O grande orador romano Cícero (106-43 D.C.) lamentava a inconveniência de precisar de escravos para ler textos em voz alta. E pense em um instrumento visual especial criado pelo imperador Nero (37-68 D.C.): um apaixonado por lutas entre gladiadores, ele usava uma pedra verde transparente para assisti-las, na esperança de que a luz da pedra refrescasse os olhos. Essa crença durou até o século 19. Os "óculos de Sol" daquele período tinham lentes verdes e também eram usados em ambientes fechados. Mas quando e onde começou, de fato, a invenção de um instrumento de auxílio visual adequado?

O primeiro instrumento de auxílio visual do mundo

O estudioso e astrônomo árabe Ibn al-Heitam (c. 965-1040 D.C.) foi o primeiro a sugerir que lentes polidas poderiam ajudar pessoas com deficiência visual. Contudo, sua ideia de usar partes de uma esfera de vidro para ampliação óptica só veio a ser colocada em prática muitos anos depois. Seu "Livro da Óptica" foi traduzido para o latim em 1240, com uma ótima acolhida em muitas comunidades monásticas. Foi aí que as ideias de Ibn al-Heitam tornaram-se realidade: no século 13, monges italianos criaram uma lente semiesférica de cristal de rocha e quartzo que, ao ser colocada sobre um texto, ampliava as letras! Essa "pedra de leitura" foi uma verdadeira bênção para muitos monges mais velhos que sofriam de presbiopia e melhorou significativamente sua qualidade de vida. Nesse período, a palavra alemã para óculos (Brille) começou a ser usada. O termo deriva de beryll (berilo), o cristal de rocha que foi polido para a fabricação das primeiras lentes.

O lugar onde os óculos nasceram

Embora as pedras de leitura ajudassem as pessoas a ver no dia a dia, ainda havia um longo caminho a percorrer antes de se chegar aos óculos, tal qual os

conhecemos hoje. O que mudou isso foi uma invenção criada nas famosas oficinas de vidro de Murano, no século 13. Há muito tempo essa pequena ilha ao norte de Veneza já era considerada um centro de fabricação de vidro. Os conhecimentos especializados dos artesãos vidreiros não eram compartilhados com estranhos: as fórmulas eram um grande segredo, e os cristalleri, ou mestres vidreiros, eram proibidos de sair de Murano. Em determinada época, quem violasse essas regras podia ser condenado à morte. Nesse período, o mundo todo se voltava para a Itália porque o vidro branco necessário para a fabricação de instrumentos de auxílio visual era produzido exclusivamente nas oficinas de Murano. No final do século 13, os cristalleri realizaram uma grande revolução: pela primeira vez, produziram duas lentes convexas, colocaram-nas em um anel de madeira com um eixo e conectaram-os a um rebite. Eureka! O primeiro par de óculos tinha sido criado! Esse par de "óculos com rebite" não oferecia, contudo, nenhuma forma de apoio na cabeça do usuário. Ainda assim, representava a última palavra em conforto visual. Para corrigir a visão, o usuário só precisava segurar os "vidros duplos" na frente dos olhos. A invenção foi até imortalizada em um edifício da região. Em 1352, Tomaso di Modena retratou nos afrescos da capela do monastério dominicano de São Nicolau, em Treviso, um clérigo usando um par de óculos de rebite para leitura. E, apesar dos esforços dos vidreiros, não foi possível manter todos os segredos da fabricação. Para garantir a Veneza a manutenção da liderança do mercado de vidros, somente aqueles que aderissem totalmente às regras dos cristalleri tinham permissão para fabricar "vidros para os olhos" depois de 1300. Com o tempo, os óculos de rebite chegaram à Alemanha: o mais antigo exemplar foi descoberto na Abadia de Wienhausen, no norte do país.

2.2 - SEGUNDA ESTAÇÃO: IDENTIFICANDO OS TIPOS DE LENTES ESFÉRICAS ATRAVÉS DO SOFTWARE ALGODOO.

Na segunda estação a atividade é realizada utilizando o software Algodoo, que estará disponível nos computadores disponíveis para os grupos. Utilizando o programa computacional, os alunos, por meio de uma simulação de lentes, deverão identificar e manusear os tipos de lentes esféricas e o comportamento de cada uma seguindo um roteiro de atividade que será disponibilizado.

Na segunda estação a atividade é realizada utilizando o software Algodoo, que estará disponível nos computadores disponíveis para os, grupos. Utilizando o programa computacional, os alunos, por meio de uma simulação de lentes, deverão identificar e manusear os tipos de lentes esféricas e o comportamento de cada uma seguindo um roteiro de atividade que será disponibilizado.

Um breve tutorial de como produzir essa simulação com o programa Algodoo está disponível no apêndice A deste produto. A seguir, é apresentado o roteiro de atividade desta estação.

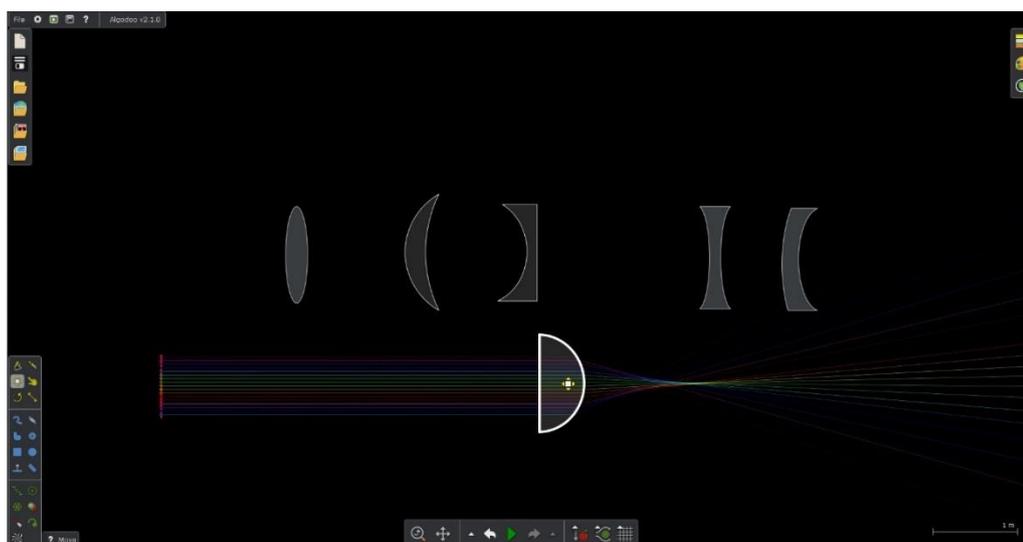
Roteiro da Atividade

Em grupo, os alunos deverão "manusear" as lentes da simulação para responder os itens abaixo seguindo os passos:

- Utilize a barra de ferramentas que fica no canto esquerdo inferior da área de trabalho do Algodoo.
- Colocando o mouse sobre as opções irá aparecer o nome de cada ferramenta. Assim, escolha a opção chamada "*move tool*".
- Com ela selecionada, basta clicar sobre os objetos da simulação e arrastar para que sejam movimentados.

1) A figura 7 apresenta essa ação para um tipo de lente plano-convexa da simulação deslocada para frente do raio de luz.

Figura 7: Simulação com tipos de lentes no Algodoo representando o deslocamento de uma lente plano-convexa na direção do feixe luminoso.



Fonte: Autor.

Agora, responda as questões abaixo utilizando a simulação.

a) Qual ou quais das lentes na simulação são convergentes? Faça o desenho da lente e diga o porquê da sua resposta.

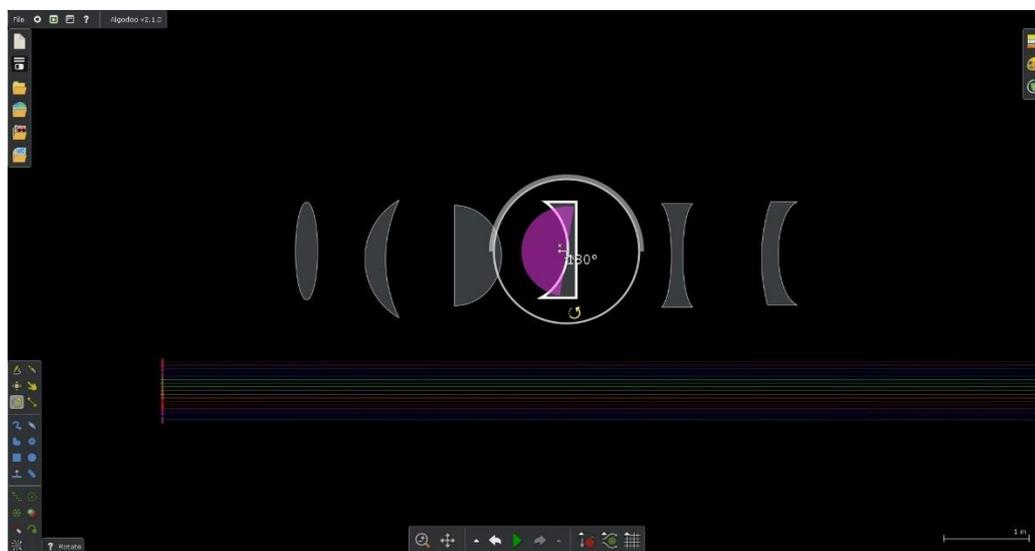
b) Qual ou quais das lentes na simulação são divergentes? Faça o desenho da lente e diga o porquê da sua resposta.

c) Compare as lentes das questões anteriores, você consegue perceber alguma diferença entre esses dois grupos? Explique.

d) Utilizando a ferramenta "*Rotate Objects*", gire as lentes 180° e coloque novamente cada uma delas sobre o feixe luminoso como mostra a figura 8.

O que ocorreu de diferente com o feixe para cada lente? Explique.

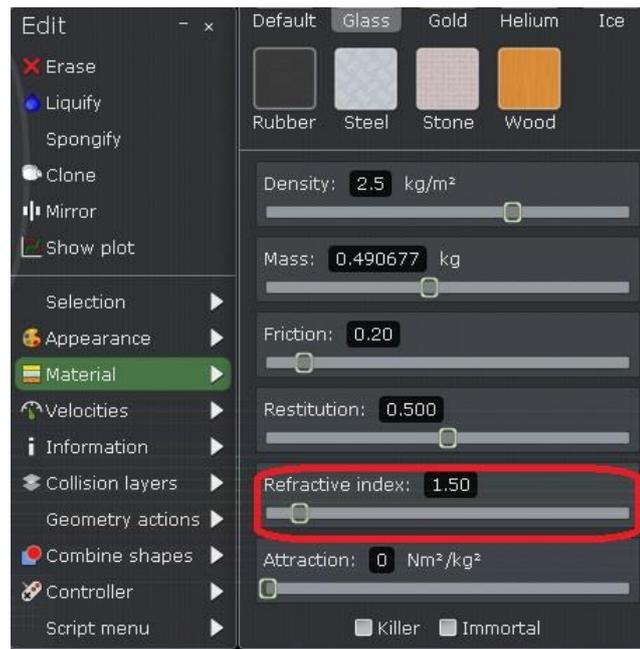
Figura 8: Simulação com tipos de lentes no Algodoo representando o movimento de giro das lentes no programa em 180° mostrado em roxo.



Fonte: Autor.

e) Clicando com o botão direito sobre as lentes, vá na opção "*Material*" e em seguida na opção "*refractive index*" e altere seu valor para mais e depois para menos conforme mostrado na figura 9. O que acontece com o feixe luminoso quando a lente é posta novamente a frente dele com esse índice alterado em cada lente? Explique porque esse valor altera o comportamento óptico da lente.

Figura 9: Tela do Algodoo mostrando o processo de alteração do índice de refração das lentes.



Fonte: Autor.

CAPÍTULO 3 –ESTUDO DA FORMAÇÃO DE IMAGENS EM LENTES ESFÉRICAS COM O SOFTWARE OPTGEO

A aula deste encontro deve ser dividida em duas partes e ministrada em um laboratório de informática ou alguma sala que tenha acesso a computadores para os alunos. No primeiro momento, utilizando uma construção no Optgeo¹ disponibilizado pelo professor, os alunos em grupos irão construir e identificar os raios notáveis e as características de cada raio seguindo um roteiro de atividade que será apresentado neste capítulo. No segundo momento, será proposto aos estudantes uma atividade onde eles deverão construir esquematicamente diferentes imagens de um objeto e identificar suas características para cada posição em que ele se encontra, ainda utilizando o software Optgeo. Cabe ressaltar que será disponibilizado a simulação pronta aos alunos, bastando apenas que eles reposicionem o objeto em diferentes pontos e façam a construção dos raios notáveis necessários para construção da imagem. Um breve tutorial de como construir essas simulações encontra-se no apêndice B deste produto educacional.

Roteiro de atividades

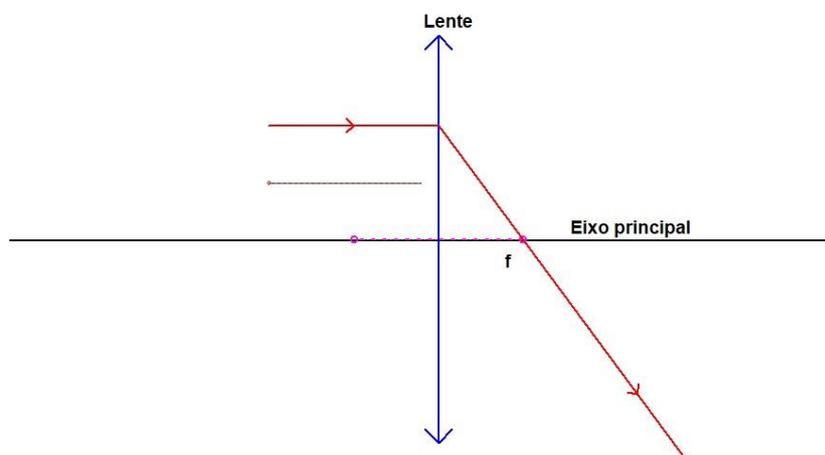
Atividade 1

Utilizado a simulação de lente convergente disponível do *Optgeo*, construa, para cada uma das situações dadas a seguir, vários raios de luz analisando seus comportamentos e, em seguida, para cada questão identifique as características das imagens obtidas.

- 1) Selecione o botão *add single ray* na barra *sources* para construir os raios de luz como mostra a figura 10;

¹ Optgeo é um software de simulações 2D de ótica geométrica disponível gratuitamente para download no site: <http://jeanmarie.biansan.free.fr/optgeo.html>.

Figura 10: Tela do programa Optgeo demonstrando a construção de raios de luz que incidem paralelamente ao eixo principal na lente convergente.



Fonte: Autor.

- a) Construa raios que incidam paralelos ao eixo principal;

- b) Construa os raios que incidam em direção ao foco da lente;

- c) Construa raios que incidam em direção ao centro de curvatura da lente;

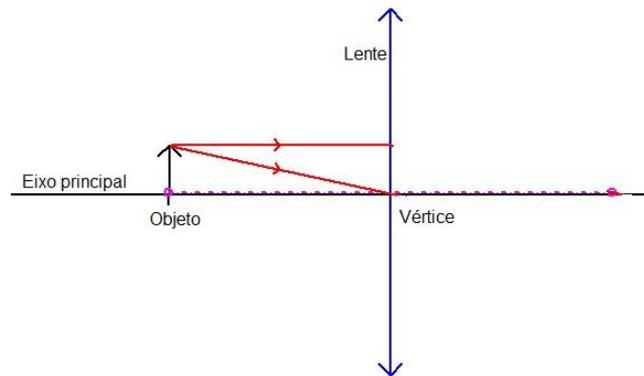
- d) Construa raios que incidam em direção ao vértice da lente;

Atividade 2

Construa as imagens para um objeto em diferentes posições usando os passos descritos a seguir e diga para cada um, se a imagem formada é real ou virtual, direita ou invertida e maior ou menor que o objeto. Salve a figura da simulação para cada alternativa do exercício feita.

- Construa para todas as questões a seguir, um raio que parte do objeto e incide paralelo ao eixo principal e outro raio que parte do objeto e passa pelo vértice da lente assim como mostra a figura 11.

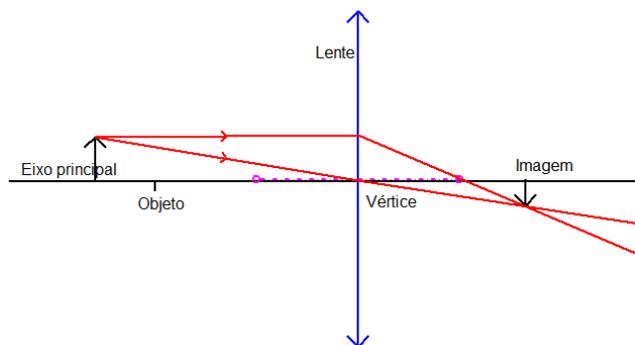
Figura 11: Representação do passo 2, com um raio de luz que parte do objeto e incide paralelo ao eixo principal e outro raio de luz que parte do objeto e incide em direção ao vértice da lente.



Fonte: Autor.

- O ponto onde as linhas se encontram após passar pela lente é aonde ocorre a formação da imagem. Assim, clique no botão *Add line, arrow* na barra *Various* do *optgeo* e construa a imagem onde as linhas vermelhas se encontram como mostra a figura 12.

Figura 12: Representação da formação da imagem do objeto.

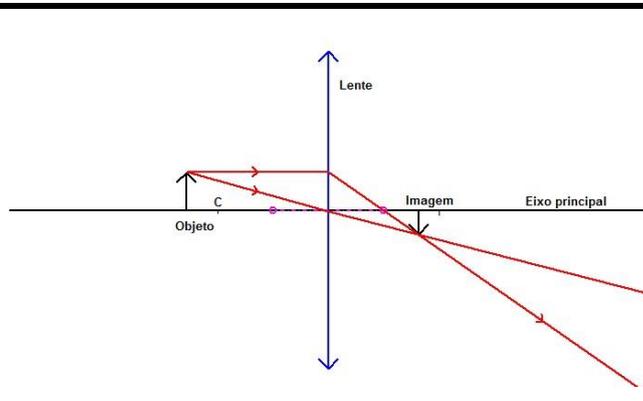


Fonte: Autor.

- Para mudar o objeto de posição, selecione a tecla "Move" na barra vertical a direita da tela e clique sobre o "X" verde do objeto para move-lo.
- Salve cada uma das imagens das questões. Para salvar a figura ao final, basta clicar em *File* → *Export graph* → *JPG*.
- Para finalizar, crie um documento de texto com seus colegas que conste cada

figura salva e as características da imagem como mostra o exemplo a seguir da figura 13.

Figura 13: Exemplo do documento de texto a ser criado pelos estudantes.



Objeto posicionado depois do centro de curvatura do espelho.

Classificação da Imagem formada:

- Real;
- Menor que o objeto;
- Invertida;

Fonte: Autor.

2) Realize os procedimentos para os seguintes casos:

- Objeto antes do centro de curvatura C:
- Objeto sobre o centro de curvatura C:
- Objeto entre o centro de curvatura C e o foco principal F:
- Objeto sobre o foco principal F:
- Objeto entre o foco principal F e o vértice da lente V:

3) Repita o processo para uma lente divergente e determine as características da imagem do mesmo objeto para os pontos.

- Objeto além de centro de curvatura C;
- Objeto entre o centro de curvatura C e o foco principal F;
- Objeto entre o foco principal F e o vértice da lente V.

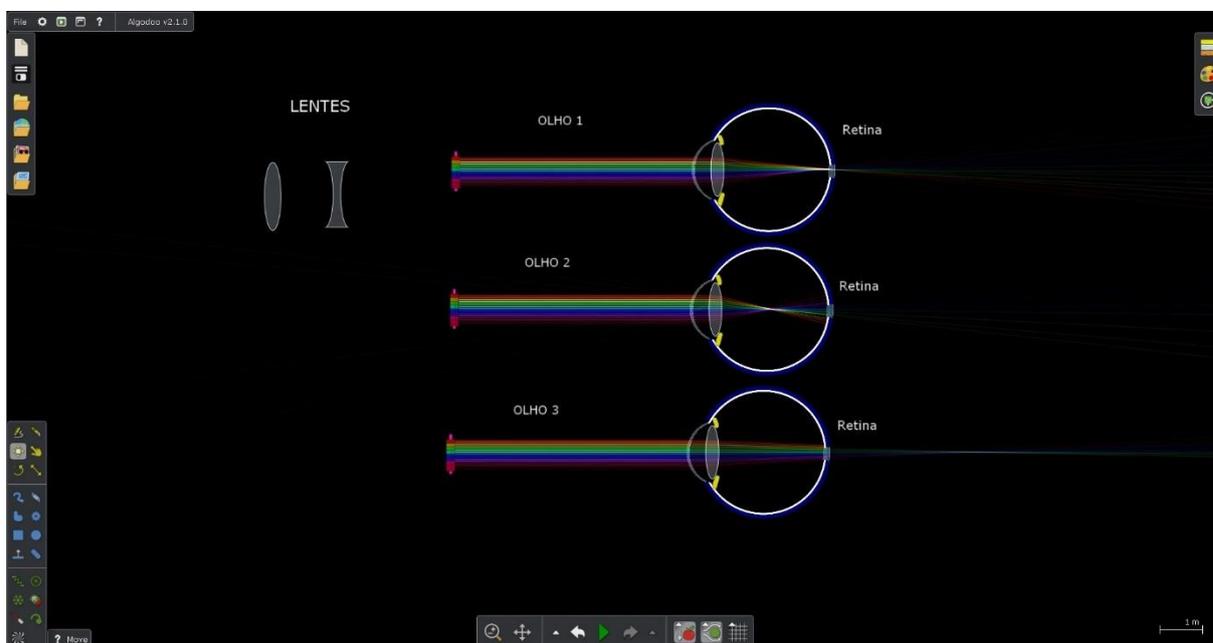
CAPÍTULO 4 – SEGUNDA ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES: ESTUDANDO O OLHO HUMANO

Nesta etapa será realizada a segunda rotação estruturada em três estações. Logo, a turma deve ser separada novamente nos grupos da rotação anterior para desenvolverem as atividades. Serão necessários, duas aulas conjugadas de 50 minutos cada para que utilize o tempo de 20 a 25 minutos para cada estação.

4.1. PRIMEIRA ESTAÇÃO: ESTUDANDO O OLHO HUMANO ATRAVÉS DO SOFTWARE ALGODOO.

Na primeira estação os alunos irão desenvolver uma atividade utilizando novamente o software algodoo com uma simulação pronta de um olho humano que o professor deve deixar já carregada nos computadores com o programa aberto. A imagem da simulação, mostrada a figura 14, introduz o estudo da óptica da visão.

Figura 14: Simulação do olho humano no programa algodoo mostrando duas lentes esféricas, um olho normal, um olho com miopia e um olho com hipermetropia.



Fonte: Autor.

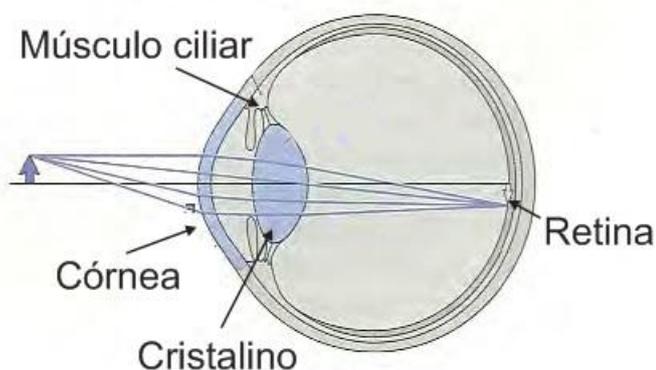
A partir da simulação, eles deverão seguir o roteiro da atividade interagindo com o olho humano no *algodoo* no momento adequado, entendendo o funcionamento do órgão. Os defeitos visuais são reproduzidos alterando-se o índice de refração da

lente que está representando o cristalino. Dessa maneira, utilizando lentes corretivas, é possível corrigir a convergência dos raios para formação da imagem na retina. Um roteiro de como construir esta simulação no *Algodoo* se encontra no apêndice C deste produto educacional.

Primeira estação - Roteiro Atividade

1) O olho humano é uma estrutura levemente esférica em média com 2,4 cm de diâmetro, aproximadamente. Basicamente, os principais elementos ópticos de um olho humano são a córnea, a pupila, o cristalino, os músculos ciliares e a retina. O olho focaliza os raios luminosos em uma imagem invertida na retina que possui células especializadas e sensíveis à luz, que funciona como um detector. Sendo assim, os raios luminosos que chegam até o olho são refratados principalmente pela córnea e depois ganham um ajuste fino nessa refração ao passar pela lente do olho chamada cristalino. Desta forma, o olho humano normal focaliza na retina os raios luminosos que chegam até ele, formando uma imagem invertida. A pupila é a parte responsável por controlar a entrada de luz, de forma que ela pode se alterar, ficando maior em ambientes escuros e menor em ambientes mais iluminados. Por fim, os músculos ciliares são responsáveis por comprimir e expandir a lente do olho, alterando assim o ponto focal, que corresponde a uma distância de aproximadamente 25 cm de distância a frente dos olhos, permitindo assim uma acomodação visual. Dessa forma, a imagem no fundo de um olho normal é formada sobre a retina como apresenta a figura 15.

Figura 15: Esquema de um olho humano normal e alguns de seus principais elementos visuais.



Fonte: Adaptado de Knight, 2009.

Agora, utilize o texto base e a simulação do Algodoo como mostra a figura 16 para responder às questões a seguir.

Figura 16: Simulação do olho humano no programa Algodoo mostrando duas lentes esféricas, um olho normal, um olho com miopia e um olho com hipermetropia.



Fonte: Autor.

a) Vocês acabaram de observar uma simulação representando três olhos humanos onde alguns deles apresentam alguns problemas visuais corriqueiros na vida das pessoas. Sem mexer na simulação, observe e diga se em algumas das opções de olho, está sendo representado a formação da imagem no local correto dentro do olho. Explique.

b) Uma pessoa com determinado problema de visão chamado de hipermetropia pode ver bem objetos distantes quando o olho está relaxado, ou seja, quando os músculos ciliares estão relaxados, mas seu ponto focal é mais distante do que o ideal. A causa disto é que o globo ocular dela é pequeno em relação a um olho normal, e dessa forma, a pessoa não consegue focalizar objetos próximos, o que a leva a ver mal a pequenas distâncias. Observando novamente a simulação, identifique qual ou quais das opções na simulação representa um olho com hipermetropia? Explique.

c) Uma pessoa com determinado problema de visão chamado de miopia pode ver bem objetos próximos quando o olho está relaxado, mas seu ponto focal é menor do que o ideal. A causa disto é que o globo ocular dela é comprido demais, dessa forma, a pessoa não consegue focalizar objetos distantes o que a leva a ver mal a grandes distâncias. Qual ou quais das opções na simulação representa um olho com miopia? Explique.

d) Uma das formas de correção de defeitos visuais é a utilização de lentes corretivas na frente dos olhos. Assim, utilize as lentes da simulação para tentar corrigir os defeitos visuais de cada olho que for necessário. Para isso, selecione a tecla *Move Tool*, clique sobre as lentes e as posicione a frente dos olhos na simulação. Explique então, qual a lente corretiva você utilizou para cada defeito visual e o porquê.

e) Onde poderíamos encontrar esses tipos de lentes no nosso dia a dia?

4.2. SEGUNDA ESTAÇÃO: LEITURA DE UM TEXTO SOBRE OS PRINCIPAIS PROBLEMAS DA VISÃO.

Os alunos irão utilizar um texto² referente a uma entrevista com um médico sobre o olho humano e os principais problemas da visão. A partir desta entrevista, a proposta de atividade é a aplicação de algumas perguntas investigativas a respeito do texto e do tema. A seguir se encontram as questões a serem respondidas pelos

² Texto disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/entrevistas-2/doencas-da-visao-entrevista/>

alunos.

Entrevista médica a respeito da visão humana

Drauzio – O cristalino não é a única lente que existe no olho. Qual é a outra?

Amaryllis Avakian – No olho, existem duas lentes principais que fazem a convergência da luz: a córnea e o cristalino. Quando olhamos um objeto à distância, os raios de luz que partem dele, chegam aos nossos olhos em linhas paralelas. Para que sejam focalizados na retina, precisam convergir e isso ocorre nessas duas lentes. Quando a luz que passou pela córnea e pelo cristalino chega à retina, as informações são transmitidas pelo nervo ótico ao cérebro. Na verdade, é com o cérebro que enxergamos. O olho é uma estrutura por onde passa a luz. Ele forma a imagem e transmite os impulsos nervosos para o córtex occipital, que fica na parte de trás do cérebro. É nele que se processa a visão.

Drauzio – Resumindo, como funciona o olho normal?

Amaryllis Avakian – A luz incide em raios paralelos na superfície anterior do olho, que se chama córnea. Na córnea, começa a convergência dos raios luminosos, que continua no cristalino. No olho normal eles caem exatamente sobre a retina, onde estão os receptores fotossensíveis, e são transformados em ondas elétricas que serão conduzidas pelo nervo ótico até o cérebro.

Drauzio- O que é miopia?

Amaryllis Avakian – Miopia é um defeito da visão em que, por aumento da convergência da córnea ou do cristalino ou porque o tamanho do olho é um pouco maior do que o padrão habitual, a convergência acaba ocorrendo antes da retina e por isso a visão fica embaçada

Drauzio – Quais são as principais características da visão do míope?

Amaryllis Avakian – Miopia é um defeito da visão que pode ocorrer em qualquer idade. A pessoa míope tem dificuldade para ver de longe, mas enxerga bem de perto.

Drauzio – É interessante notar que muitos idosos míopes tiram os óculos quando

vão ler. Por que isso acontece?

Amaryllis Avakian – Toda pessoa míope enxerga bem de perto sem óculos. Os míopes só têm dificuldade para a visão à distância. No caso dos idosos que não tinham miopia e de repente começam a não precisar de óculos para a leitura, em geral, há outros problemas envolvidos. Com a idade, a catarata começa a manifestar-se, o que aumenta a convergência da luz no cristalino, induzindo a miopia. Por isso, muitos idosos com catarata dizem estar surpresos com a melhora da visão para perto.

No entanto, para enxergar objetos situados à distância, a dificuldade aumenta. Acontece que, muitas vezes, eles nem percebem o problema, porque a vida do idoso acaba ficando mais circunscrita a atividades por perto.

Drauzio – Em que idade, geralmente, aparece a miopia?

Amaryllis Avakian – Isso varia de pessoa para pessoa, mas a miopia costuma aparecer na idade escolar ou na adolescência. O recém-nascido apresenta hipermetropia, que vai reduzindo com o crescimento do globo ocular. Às vezes, o grau de hipermetropia é zerado com esse crescimento. No entanto, quando o olho cresce um pouco mais, um quadro de miopia começa a desenvolver-se.

Drauzio – Como você caracteriza a hipermetropia?

Amaryllis Avakian – Na hipermetropia, a convergência final dos raios de luz, que penetram pela córnea, acaba ocorrendo num ponto atrás de retina. O resultado é o oposto da miopia: a pessoa enxerga mal de perto e bem de longe.

A hipermetropia é uma característica dos olhos pequenos. Em geral, toda criança nasce com 20° de hipermetropia, mas o olho vai crescendo e o grau, diminuindo.

Dependendo do grau, a hipermetropia é considerada normal até os quatro ou cinco anos e não há necessidade de lentes para corrigi-la.

Drauzio – A incidência de hipermetropia é mais ou menos comum a partir de certa idade?

Amaryllis Avakian – A hipermetropia é comum ao nascimento. Depois, a partir

dos 40 anos, existe um tipo de hipermetropia, chamado de presbiopia, que é vulgarmente conhecido como vista cansada. Por causa dele, pessoas que tinham visão normal até essa idade precisam de óculos para enxergar de perto.

Drauzio – Qual a diferença entre hipermetropia e presbiopia, ou seja, a vista cansada das pessoas mais velhas?

Amaryllis Avakian – A diferença está só na nomenclatura. Chamamos de hipermetropia o defeito de visão que aparece antes dos 40 anos e de presbiopia, ou vista cansada, o que aparece depois dessa idade. Em geral, depois dos 40 anos, a maior parte das pessoas precisa de óculos para leitura. Nessa fase, porém, os míopes são privilegiados, porque um defeito compensa o outro. Resultado: eles tiram os óculos que corrigem a visão para longe, quando vão ler, pois conseguem enxergar com nitidez de perto.

Drauzio – O que caracteriza o astigmatismo?

Amaryllis Avakian – O astigmatismo é determinado por uma diferença entre a curvatura da porção vertical e a curvatura da porção horizontal da superfície anterior do olho, ou seja, da córnea. Pensando bem, a maioria das pessoas tem um certo grau de astigmatismo assintomático, porque a córnea é ovalada, parecida com uma bola de futebol americano. Às vezes, porém, as alterações na curvatura do olho características do astigmatismo são provocadas por acidentes ou doenças. Por exemplo, num acidente, a pessoa pode perfurar o olho. Desse corte, deriva uma cicatriz irregular, de difícil correção com óculos a ponto de haver necessidade de um transplante de córnea. Este problema dificulta tanto a visão próxima quanto a distante de uma pessoa.

Roteiro de Atividade

1) Utilizando o texto de referência entregue pelo professor, responda as questões abaixo em grupo.

a) Quais os principais elementos do olho normal?

b) Como um olho normal funciona?

c) Os principais defeitos visuais de uma pessoa, miopia, hipermetropia e astigmatismo, ocorrem pela não focalização da imagem na retina no fundo do olho o que caracteriza determinado tipo de visão para cada problema visual. Dessa maneira, identifique para cada imagem da figura 17 abaixo o defeito visual correspondente e suas características utilizando também o texto de referência.

Figura 17: Representação de defeitos visuais mostrados em quatro imagens onde uma apresenta uma imagem de uma vista normal, uma vista com hipermetropia, uma com miopia e uma com astigmatismo.

(1)



(2)



(3)



(4)



Fonte: Lenscop, 2018.

Defeito visual da imagem 1: _____

Defeito visual da imagem 2: _____

Defeito visual da imagem 3: _____

Defeito visual da imagem 4: _____

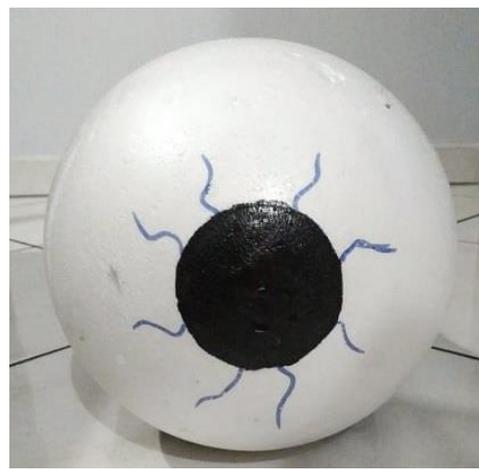
4.3. TERCEIRA ESTAÇÃO: ATIVIDADE EXPERIMENTAL COM UM MODELO DO OLHO HUMANO DE ISOPOR.

Nessa terceira estação, os alunos deverão utilizar um olho de isopor que será produzida pelo professor. Com este experimento, buscaremos identificar aos alunos a semelhança com o olho humano. Para isto, um questionário investigativo será entregue a respeito do funcionamento do experimento.

Roteiro de Atividade

- 1) Responda as questões abaixo utilizando o experimento do olho humano de isopor.

Figura 18: Fotos do experimento do olho humano de isopor utilizado pelos alunos.

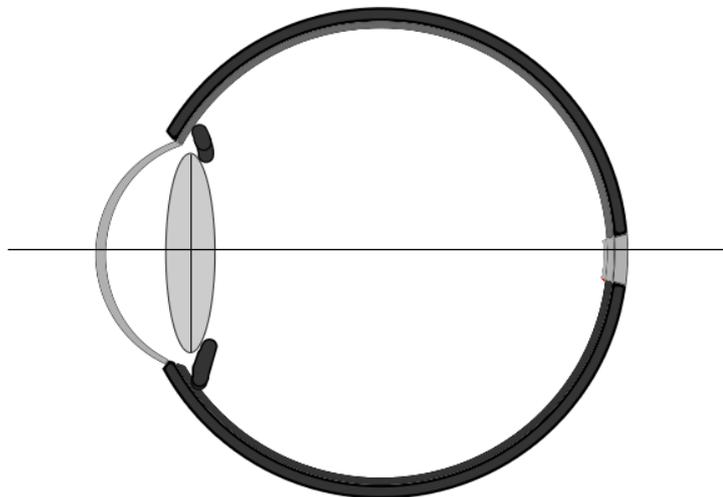


Fonte: Autor.

- a) Descreva quais são as características da imagem projetada no fundo deste modelo de olho humano. Explique.

b) O que acontece com a imagem quando você afasta ou aproxima o objeto do modelo do olho? Por que?

c) Faça um desenho esquematizando o experimento, objeto, imagem, olho e raios luminosos utilizando a figura abaixo.



CAPÍTULO 5 – RELAÇÃO ENTRE AS CÂMERAS FOTOGRÁFICAS E O EFEITO FOTOELÉTRICO

Neste encontro será realizado uma aula em sala com o objetivo de introduzir os conceitos importantes sobre efeito fotoelétrico e preparar os alunos para a terceira e última rotação por estações que abordará o assunto do efeito fotoelétrico relacionado com o processo de formação da visão humana. A apresentação e os tópicos a serem abordados nesta aula são descritos a seguir.

Imagem 1: A câmera escura de Aristóteles e o funcionamento de um desses aparatos mostrada na figura 19.

Figura 19: Representação do primeiro slide utilizado no encontro mostrando o esquema da câmara escura de Aristóteles.

História das câmeras

Câmara escura de Aristóteles



Fonte: Fonte: Disponível em: <http://energiainteligenteufff.com.br/como-funciona/como-funciona-cameras-fotograficas/>. Acesso em novembro de 2020.

O já conhecido fenômeno da câmara escura permitiu a construção das primeiras câmeras fotográficas. Esse aparato é uma caixa com um pequeno orifício por onde a luz passa e formando imagens dos objetos num anteparo que se encontra na parte de trás. A imagem formada parece mais uma sombra pois não é muito nítida. Com o passar dos anos, os mecanismos foram evoluindo até chegar a uma versão mais antiga das máquinas fotográficas como a figura 20, produzindo imagens nítidas.

Imagem 2: Uma câmera escura muito antiga e uma versão mais nova que utiliza filme fotográfico mostradas na figura 20.

Figura 20: Representação do segundo slide utilizado no encontro mostrando a evolução das câmeras fotográficas.

História das câmeras



Fonte: A esquerda, disponível em: <https://br.pinterest.com/pin/366339750924076465/>. A direita, Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/listas/noticia/2016/01/cinco-pontos-sobre-cameras-antigas-que-os-mais-jovens-nem-imaginam.html>. Acesso em novembro de 2020.

As versões mais antigas se assemelhavam a uma câmera escura de orifício, porém, elas possuíam uma série de mecanismos para conseguir uma fotográfica de qualidade. O grande desafio dessa evolução era conseguir um anteparo onde se formasse uma imagem nítida e fixa. Assim, as câmeras mais antigas, que utilizavam chapas de diversos materiais onde eram fixadas as imagens, foram evoluindo com o passar do tempo até que surgiram os primeiros filmes de câmera fotográfica, abrindo caminho para o surgimento da primeira câmera fotográfica compacta portátil.

Desde o surgimento do filme fotográfico, as máquinas fotográficas evoluíram até chegar em fotografias em cores e produzir imagens cada vez melhores. Com isso, surgiram as câmeras digitais como mostra a figura 21.

Imagem 3:A câmera digital moderna mostrada na figura 21.

Figura 21: Representação do terceiro slide utilizado no encontro mostrando a uma câmera fotográfica digital moderna.

História das câmeras



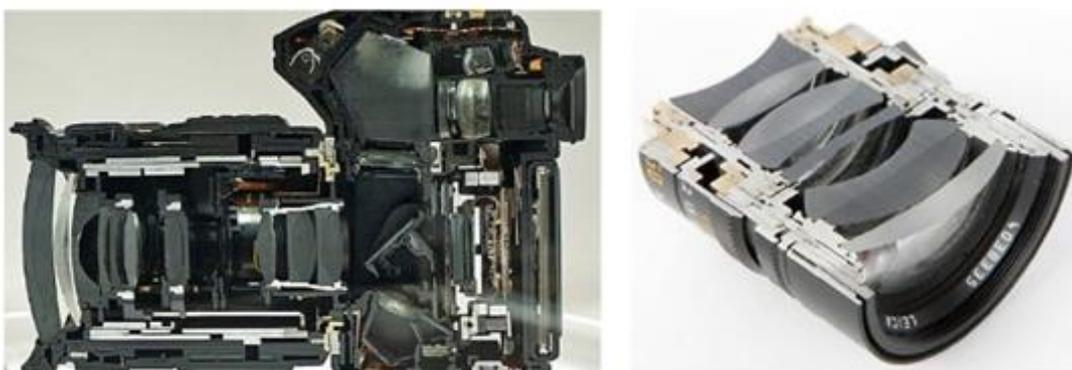
Fonte: disponível em: <https://www.detonashop.com.br/camera-digital-nikon-d5600-af-s-18-140mm-vr-24-2mp-full-hd-wi-fi.html>. Acesso em novembro de 2020.

As novas câmeras fotográficas digitais são equipamentos tecnológicos que utilizam uma série de novos recursos e mecanismos para se adquirir uma imagem de qualidade. A figura 22 mostra uma vista em corte da câmera digital da figura 21 acima.

Imagem 4: Um corte mostrando o interior de uma câmera digital moderna mostrada na figura 22.

Figura 22: Representação do quarto slide utilizado no encontro mostrando uma vista em corte de uma câmera fotográfica digital moderna.

Funcionamento da câmera fotográfica digital



Fonte: disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/post/12125-como-funciona-uma-camera-digital#:~:text=Funcionamento,com%20uma%20grada%C3%A7%C3%A3o%20em%20volts>. Acesso em novembro de 2020.

A câmera digital moderna ainda funciona pelo mesmo princípio da câmara escura de orifício. Ela possui um conjunto de lentes objetivas em seu interior e um conjunto de espelho responsáveis por captar e direcionar os feixes luminosos até o sensor que irá registrar a imagem no interior da câmera. Ao se apertar o botão de acionamento da câmera, um pequeno diafragma se levanta permitindo a passagem da luz até um sensor CCD que irá capturar e registrar esta imagem. Este sensor tem o princípio de funcionamento baseado no efeito fotoelétrico. A figura 23 mostra os três principais cientistas que estudaram este fenômeno.

Imagem 5: Os três principais cientistas que estudaram o Efeito fotoelétrico mostrados na figura 23.

Figura 23: Representação do quinto slide utilizado no encontro mostrando uma foto de Heinrich Hertz a esquerda, Philipp Lenard ao centro e Albert Einstein a direita.

Efeito fotoelétrico



Fonte: A esquerda, disponível em: <https://maestrovirtuale.com/heinrich-hertz-biografia-e-contribuicoes/>. Ao centro, disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Philipp_Lenard/. A direita, disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%AAmios_e_honrarias_recebidos_por_Albert_Einstein. Acesso em novembro de 2020.

A figura 23 mostra uma foto de Heinrich Hertz (foto à esquerda) que foi quem confirmou o fenômeno. Após isso, Lenard (foto do centro) estudou este efeito fotoelétrico mostrando que a energia do elétron ejetado era proporcional a frequência da luz. Somente mais tarde foi que Albert Einstein (foto da direita) descreveu o efeito fotoelétrico como é conhecido nos dias atuais e ganhou um prêmio Nobel de Física por isso. A figura 24 apresenta o esquema deste efeito.

Imagem 6: Representação do efeito fotoelétrico mostrados na figura 24

Figura 24: Representação do sexto slide utilizado no encontro mostrando um esquema do efeito fotoelétrico e algumas características ao lado deste fenômeno.

Efeito fotoelétrico

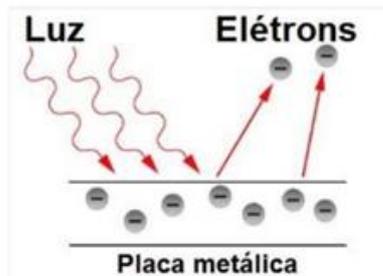
- A Luz é vista como partícula chamada de fóton
- Fótons carregam pacotes de energia denominados *quantum*.
- A energia de cada fóton é dado pela relação:

$$E = h \cdot f$$

E – Energia do fóton

h – Constante de Plank

f – Frequência



Fonte: Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/efeito-fotoeletrico-fotovoltaico/>. Acesso em novembro de 2020.

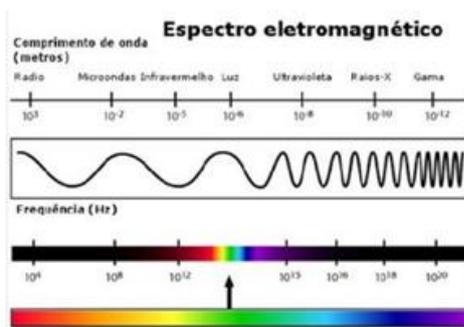
O efeito fotoelétrico é um efeito que ocorre quando há incidência de luz em certos materiais metálicos. Quando a luz incide sobre este material, a energia luminosa é absorvida pelos elétrons livres presentes no material fazendo com que eles sejam ejetados, e dessa maneira formando uma corrente elétrica. É necessário que a luz incidente tenha energia suficiente para conseguir arrancar esses elétrons da placa metálica, caso contrário, o efeito não ocorre. A energia da onda luminosa incidente está diretamente ligada à sua frequência como mostra o esquema do espectro eletromagnético da figura 25.

Imagem 7: Representação do Espectro eletromagnético mostrado na figura 25.

Figura 25: Representação do sétimo slide utilizado no encontro mostrando um espectro eletromagnético.

Efeito fotoelétrico

- Nem toda luz é capaz de produzir o efeito fotoelétrico.



Fonte: Disponível em: http://wiki.stoa.usp.br/Teced/textos/Grupo_8_. Acesso em novembro de 2020.

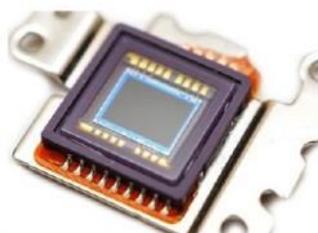
O efeito fotoelétrico é o mesmo que ocorre no sensor CCD das câmeras fotográficas digitais. A figura 26 mostra um tipo destes sensores.

Imagem 8: Representação dos sensores CCD mostrados na figura 26

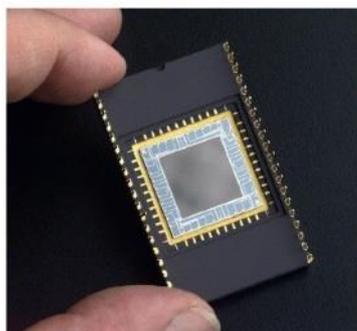
Figura 26: Representação do oitavo slide utilizado no encontro mostrando duas imagens de um sensor CCD das câmeras digitais.

Funcionamento do Sensor CCD (Charge Coupled Devices)

- Sensor CCD – Responsável por converter a luz captada em sinal elétrico



Fonte: disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/funcionamento-maquina-fotografica-digital.htm>



Fonte: disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_de_carga_acoplada

Fonte: A esquerda, disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/funcionamento-maquina-fotografica-digital.htm>. A direita, disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_de_carga_acoplada. Acesso em novembro de 2020.

A luz captada pela câmera fotográfica atinge esse sensor que funciona por meio do efeito fotoelétrico. Quando a luz atinge a placa metálica deste sensor a energia luminosa é absorvida por ele é convertida em um sinal elétrico de maneira proporcional a intensidade da luz recebida por ele, e o sinal é será transmitido até o registrador da câmera formando assim a captura de imagem.

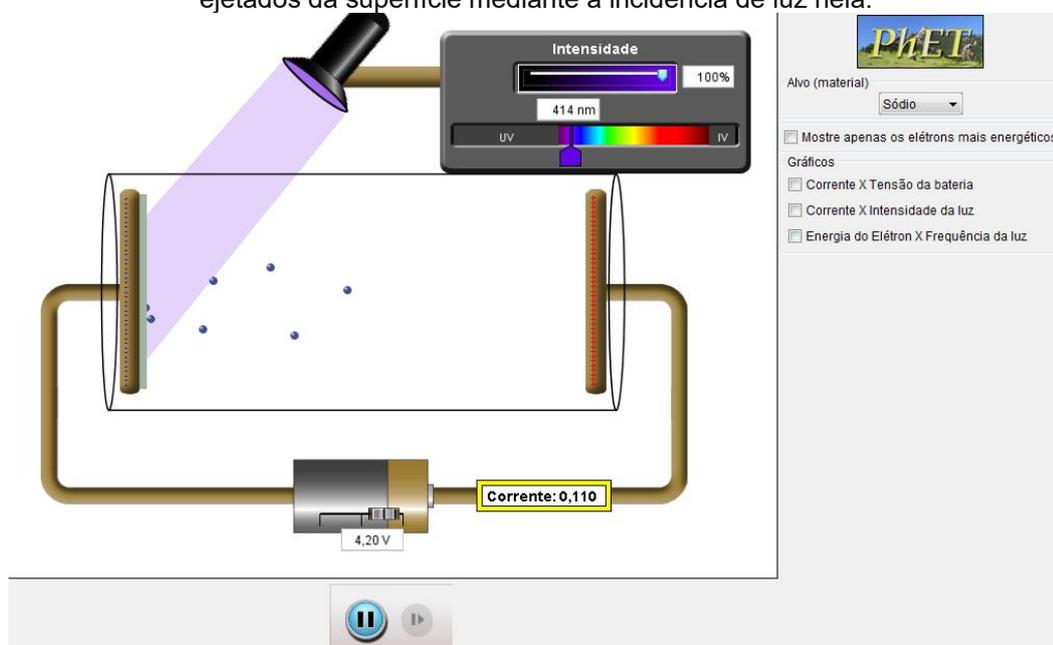
CAPÍTULO 6 - TERCEIRA ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES

Continuando a sequência proposta, a terceira rotação será aplicada novamente em três estações de ensino, relacionadas ao efeito fotoelétrico e à interação da radiação com a matéria. O objetivo é utilizar a semelhança do processo de captação da luz e a conversão em sinais elétricos que ocorrem nas células fotorreceptoras do olho, com a ejeção dos elétrons no efeito fotoelétrico. A seguir, serão detalhadas as três estações cada uma com duração de 20 a 25 minutos durante duas aulas conjugadas de 50 minutos.

6.1. PRIMEIRA ESTAÇÃO: SIMULAÇÃO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NA PLATAFORMA PHET COLORADO

Na primeira estação os alunos deverão desenvolver uma atividade utilizando os computadores do laboratório com a simulação do efeito fotoelétrico³ disponível na plataforma Phet como mostra a figura 28.

Figura 27: Simulação do efeito foto elétrico mostrando um print de tela onde os elétrons estão sendo ejetados da superfície mediante a incidência de luz nela.



Fonte: Phet, 2020.

³ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric>.

Roteiro de atividade

Na simulação, temos duas placas metálicas ligadas aos polos de uma bateria formando um circuito com um medidor de corrente elétrica acoplado a este circuito. A lâmpada posicionada a cima deste aparato emite uma luz de determinada cor e intensidade sobre uma das placas metálicas que começam a ejetar elétrons representados pelas bolinhas azuis da simulação. Com base nisto, utilizando a simulação no Phet Colorado sobre o efeito fotoelétrico, responda as questões abaixo.

a) O que acontece quando incide luz sobre uma das placas do circuito?

b) Manuseando a simulação é possível alterar a intensidade da lâmpada do experimento, isso faz com que a luz emitida por esta lâmpada emita mais luz ou menos luz sobre a placa metálica. Sabendo que os elétrons precisam adquirir energia para serem ejetados da placa metálica, altere a intensidade da luz para 10% e observe o resultado da experiência. Depois altere novamente a intensidade da fonte luminosa para 30%, depois para 60% e por último para 100%. O que acontece à medida que se altera os valores de intensidade luminosa?

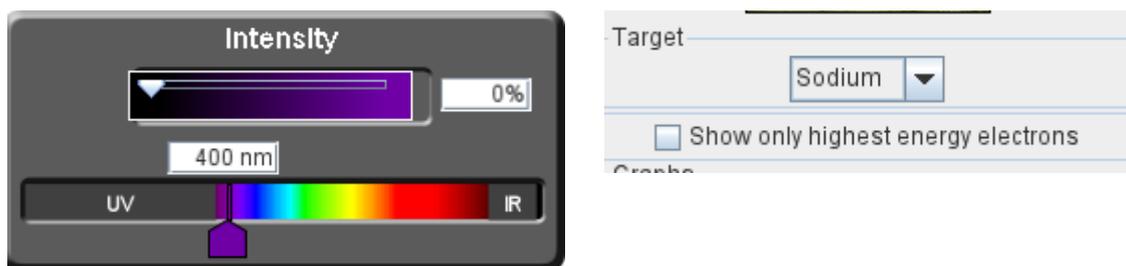
c) Quando a luz incide sobre o material metálico na simulação, elétrons são ejetados e percorrem o caminho até a placa metálica do lado oposto. A esse movimento de elétrons ordenado dentro deste aparato da simulação é dado o nome de corrente elétrica, onde, o aparelho responsável por medir o valor dessa corrente é o amperímetro. Com base nisto, observe a simulação e descreva qual a relação entre a intensidade da luz emitida pela lâmpada e o efeito fotoelétrico demonstrado na experiência. Essa relação está de acordo com os valores de corrente elétrica registrado no amperímetro? Explique.

d) Ao se diminuir a frequência da fonte luminosa até um determinado valor de frequência observa-se que o efeito fotoelétrico desaparece. Essa frequência foi chamada de frequência de corte e depende do material da placa onde a luz incide. No quadro cinza no canto superior direito da simulação, como apresentada na imagem a seguir da Figura 29, altere as cores da luz incidente sobre a placa metálica e determine aproximadamente a frequência de corte para cada material da placa. Observe que a simulação apresenta o comprimento de onda da luz emitida. Sendo assim, a frequência da fonte pode ser determinada pela relação:

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (1)$$

onde, v é a velocidade da onda luminosa no vácuo correspondente a 300000000 m/s, λ é o comprimento da onda em metros e f é a frequência em Hertz.

Figura 28: Controle da intensidade luminosa da simulação de efeito fotoelétrico com comprimento de onda dado em nanômetros e suas respectivas cores. A figura também mostra o controle da intensidade e o tipo de material.



Fonte: Phet, 2020

Material	Frequência de corte
Sódio	
Zinco	
Cobre	
Cálcio	

e) Qual conclusão você chegou da relação entre as diferentes cores da luz incidente, ou diferentes frequências, e o material da placa para o fenômeno. Explique.

6.2. SEGUNDA ESTAÇÃO: ATIVIDADE INVESTIGATIVA SOBRE ABSORÇÃO DA LUZ NA RETINA E A CONVERSÃO EM IMPULSOS ELÉTRICOS USANDO VÍDEOS.

Esta atividade consiste em assistir vídeos em grupo sobre o processo que ocorre dentro do olho humano quando a retina absorve a luz incidente sobre ela e converte a energia absorvida em impulsos elétricos que chegam até o cérebro transmitindo os dados da imagem. O vídeo de 3:53 minutos utilizado nesta estação está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SSeEqeeh8rg>.

Em seguida peça que os alunos em seus grupos façam um breve resumo com um mínimo de 10 linhas sobre como é o processo de formação de imagem no olho humano descrito no vídeo buscando identificar alguma relação entre o processo da visão e o efeito fotoelétrico.

6.3. TERCEIRA ESTAÇÃO: EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO SOBRE EFEITO FOTOELÉTRICO.

Nesta estação, os alunos irão utilizar uma ou mais unidades de um experimento de baixo custo a respeito do efeito fotoelétrico e em seguida desenvolver a atividade referente a esta estação. O experimento é como está representado na figura 30. Os materiais para sua construção e procedimentos se encontram no apêndice D deste produto.

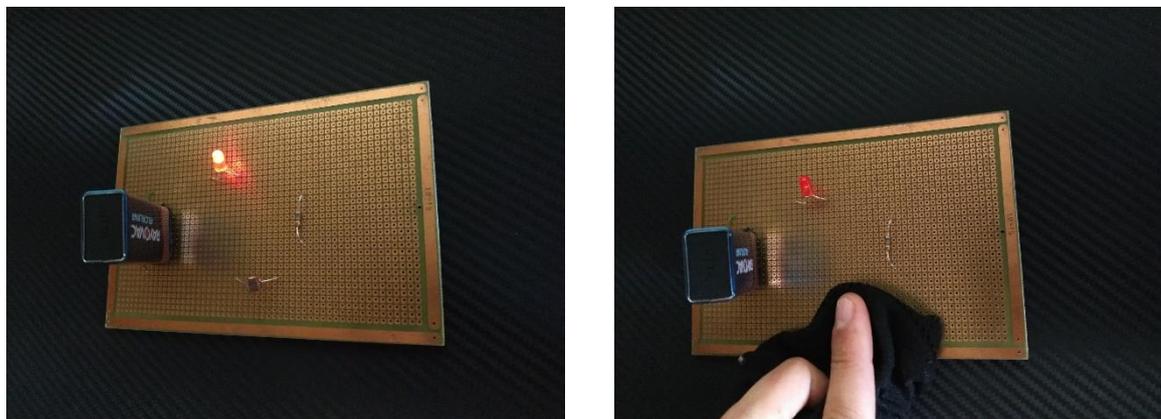
O sensor LDR⁴ é um tipo de resistor sensível a luz que tem um funcionamento

⁴ LDR (Light Dependent Resistor) é um resistor dependente de luz também chamado de fotoresistor.

muito simples. Quando os fótons incidem sobre a superfície do sensor, os elétrons que estão no material semicondutor recebem essa energia luminosa e são liberados. Dessa maneira, ocorre um aumento na condutividade do sensor e conseqüentemente uma diminuição na resistência. Sendo assim, quando a luz incide sobre o LDR ele diminui sua resistência permitindo a passagem de elétrons fazendo com que o LED⁵ ascenda, porém, quando a luminosidade sobre o sensor diminui, volta ter uma alta resistência impedindo a passagem dos elétrons que iriam acender o LED.

Diferentemente da simulação anterior do efeito fotoelétrico utilizada na sessão 6.1 deste capítulo, o efeito no sensor é mais indireto, uma vez que o material do sensor é um semicondutor e estes possuem um gap⁶ de energia maior que os metais onde o efeito fotoelétrico ocorre, ou seja, é necessário um pouco mais de energia para que os elétrons sejam ejetados e, por isso, o experimento é ligado a uma bateria de 9V para auxiliar neste funcionamento. Enquanto isso, os metais onde o efeito fotoelétrico ocorre possuem um gap de energia bem menor em relação aos semicondutores, o que significa que eles precisam de pouca energia para excitar os elétrons e torna-los livres.

Figura 29: Experimento de baixo custo do efeito fotoelétrico uma placa de montagem de circuitos, uma bateria de 9V ligado a um LED vermelho, um resistor e um sensor LDR.



Fonte: Autor.

Terceira estação – Roteiro de atividade

1) O experimento como mostra a figura 30 é composto por uma bateria ligada a um

⁵ LED é uma sigla em inglês (light emitting diode) que significa diodo emissor de luz.

⁶ Gap de energia ou gap de banda refere-se a um intervalo de energia entre as bandas de energia de um material.

APÊNDICE A

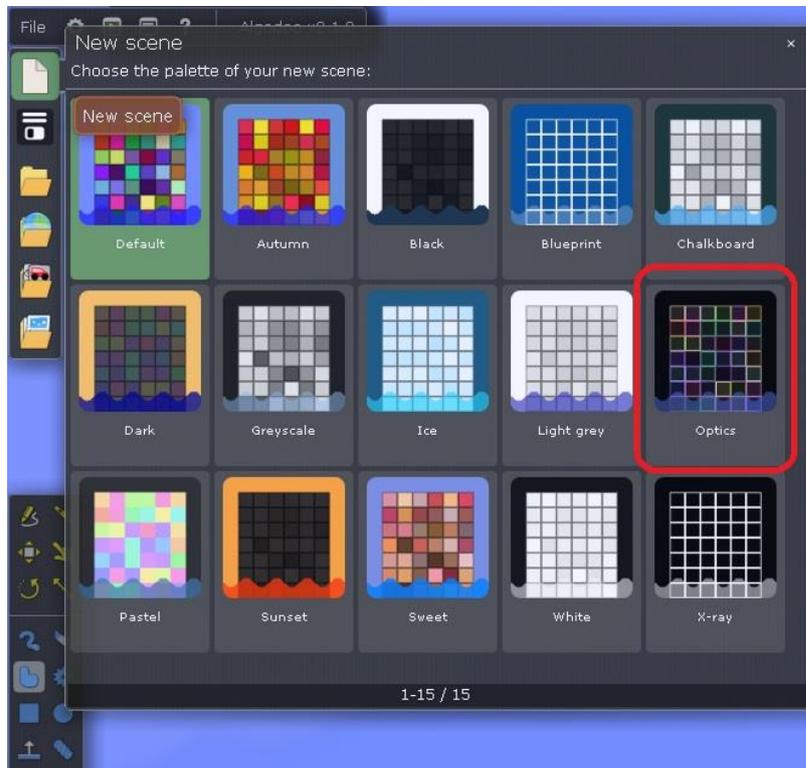
Construção da simulação com lentes no *Algodoo*

Abrindo o programa *Algodoo*, inicialmente você estará na área principal do programa onde são feitas as construções de simulações e projetos. O ambiente inicial é um ambiente mais geral que representa um piso verde e um céu em azul. Trocaremos este ambiente para o de óptica. Para isto, siga os passos abaixo.

1. Na parte superior esquerda da tela inicial, onde se encontra uma barra vertical de navegação você irá selecionar a primeira opção com a figura em formato de uma folha branca cujo o nome é “*new scene*”. Basta colocar o *mouse* sobre o ícone do programa e o nome de cada um vai aparecer.
2. Após clicar neste ícone, várias cenas possíveis aparecerão, logo devemos selecionar a cena referente a óptica com o nome de “*Optics*”.

A figura 31 representa esses passos descritos.

Figura 30: Instrução para selecionar a cena de óptica no *Algodoo*.



Fonte: Autor.

Após esses passos, a tela de trabalho ficou com um fundo preto e um plano colorido

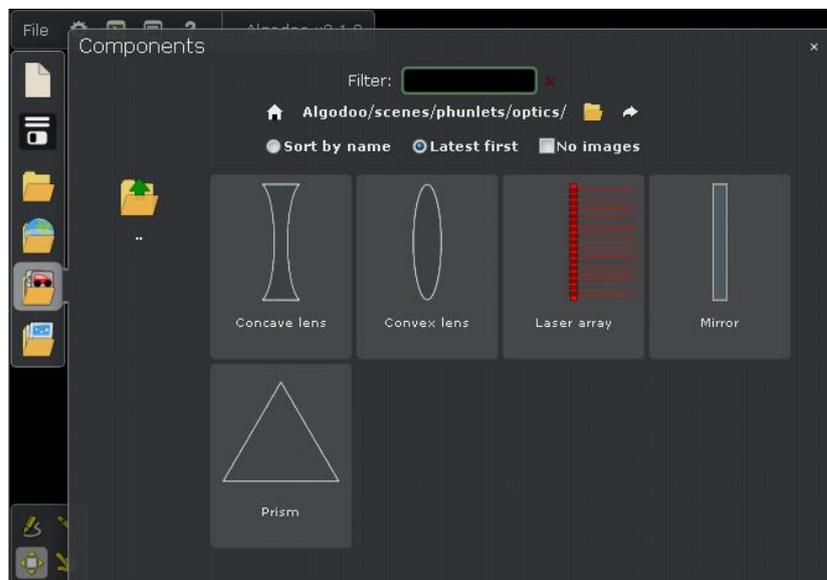
na parte mais de baixo. Clicando nesta parte colorida e apertando o botão “*delete*” você vai excluí-lo e ficar com um fundo todo preto.

Agora, para inserir as lentes e feixes luminosos da simulação basta seguir os passos a seguir.

1. Novamente na barra de navegação, selecione o ícone “*components*” e logo em seguida abrirá uma pasta com as lentes que foram utilizadas.
2. A seguir, basta clicar na lente desejada que ela já aparecerá na área da simulação
3. Observe que o feixe luminoso também se encontra na pasta com as lentes.

A figura 32 representa os passos descritos acima.

Figura 31: Inserir lentes no *algodoo*.



Fonte: Autor.

Para mover as lentes e o feixe luminoso na simulação, basta selecionar a opção “*move tool*” na barra de ferramentas que fica no canto esquerdo inferior da tela. Logo, clicando sobre os objetos da simulação com esta ferramenta é possível move-los pela área de trabalho.

Caso seja preciso alterar o tamanho das lentes ou mesmo do feixe luminoso, selecione a opção “*scale tool*” na barra de ferramentas e utilize o *mouse* para mudar a escala dos objetos.

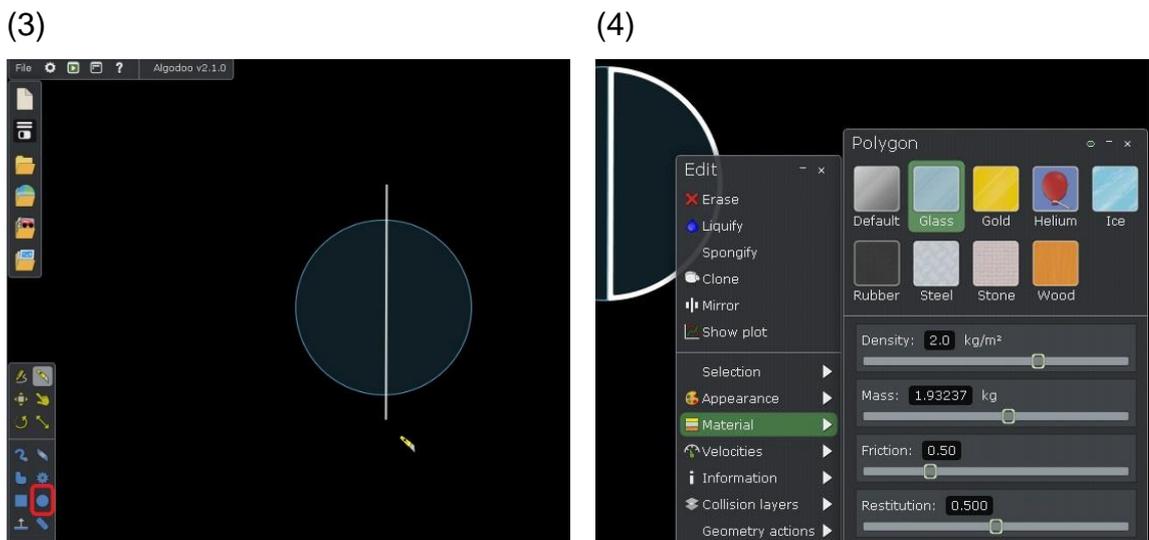
As lentes, plano-côncava, plano-convexa, côncava-convexa e convexa-côncava precisam ser construídas, pois o programa não as traz prontas. Para isto, siga os seguintes passos.

1. Na barra de ferramentas, selecione a opção “*circle tool*” para construir um círculo. Clique na área de trabalho segurando o botão do *mouse* e construa o círculo do tamanho desejado.
2. Em seguida, utilize a ferramenta “*knife*” na barra de ferramentas para fazer um corte vertical no círculo criado.
3. Com a ferramenta *knife* selecionada, pressionado a tecla “*shift*” do teclado, faça uma linha reta vertical para dividir o círculo ao meio e ficar com as duas metades no formato das lentes.
4. Finalmente, clique com o botão direito sobre cada metade, vá na opção “*material*” e mude o material da lente para o vidro (*glass*).

Realizando esses passos, teremos duas lentes de vidro, plano convexa e plano côncava faltando apenas posiciona-la no local desejado.

Os passos 3 e 4 estão representados na figura 33 a seguir.

Figura 32: Representação dos passos 3 e 4. Construção de uma lente plano convexa no Algodoo.

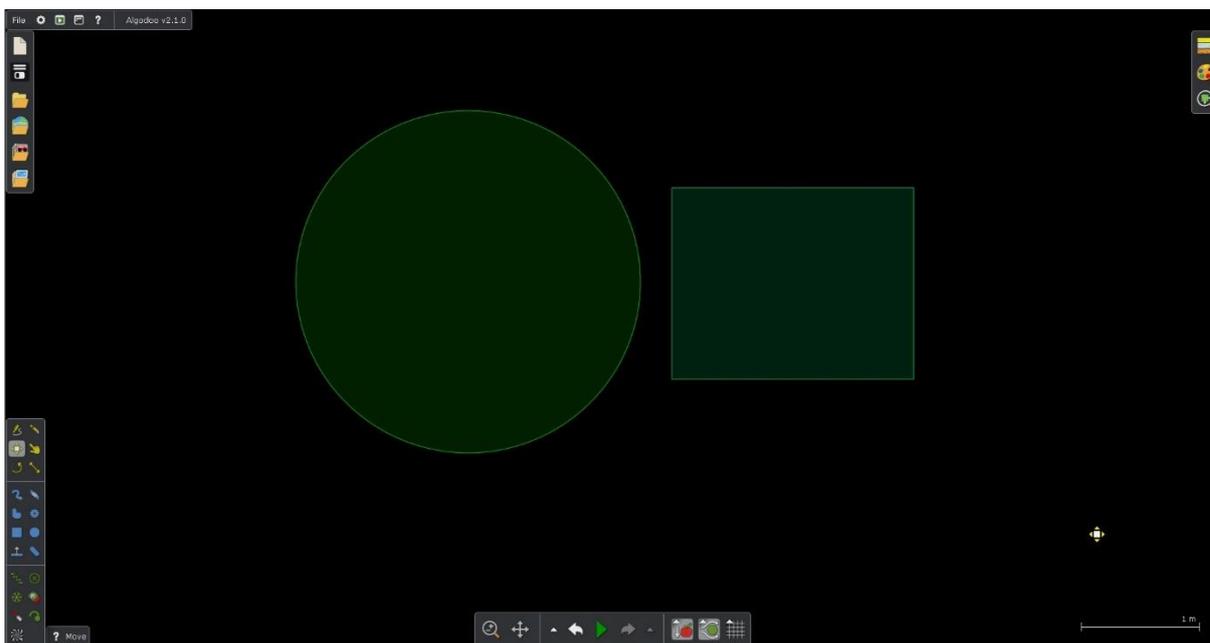


Fonte: Autor.

Para construir as outras lentes da simulação, siga os passos abaixo:

5. Na barra de ferramentas, construa um retângulo com a altura que deseja para suas lentes e um círculo maior que o retângulo como a figura 34.

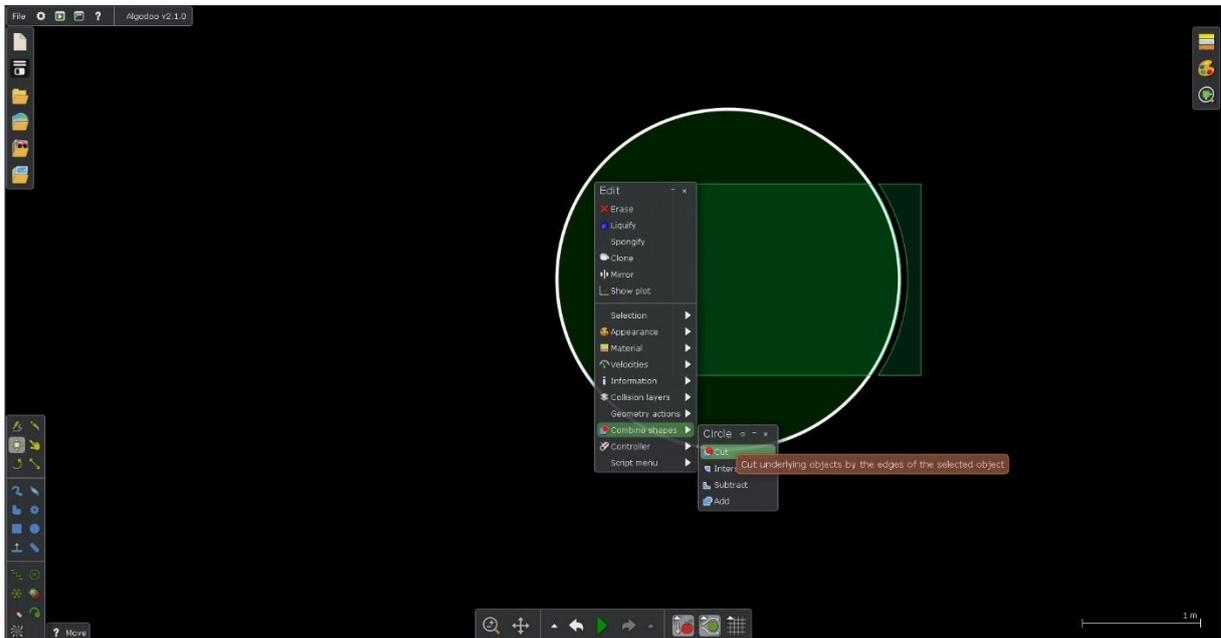
Figura 33: Representação da construção das lentes no simulador Algodo.



Fonte: Autor.

6. Em seguida, posicione o círculo sobre o retângulo para que possa cortar o formato da lente plano-côncava.
7. Após posicionar os objetos, clique com o botão direito sobre o círculo, selecione a opção “*combine shapes – cut*” para fazer um corte no retângulo utilizando o círculo como mostra a figura 35.

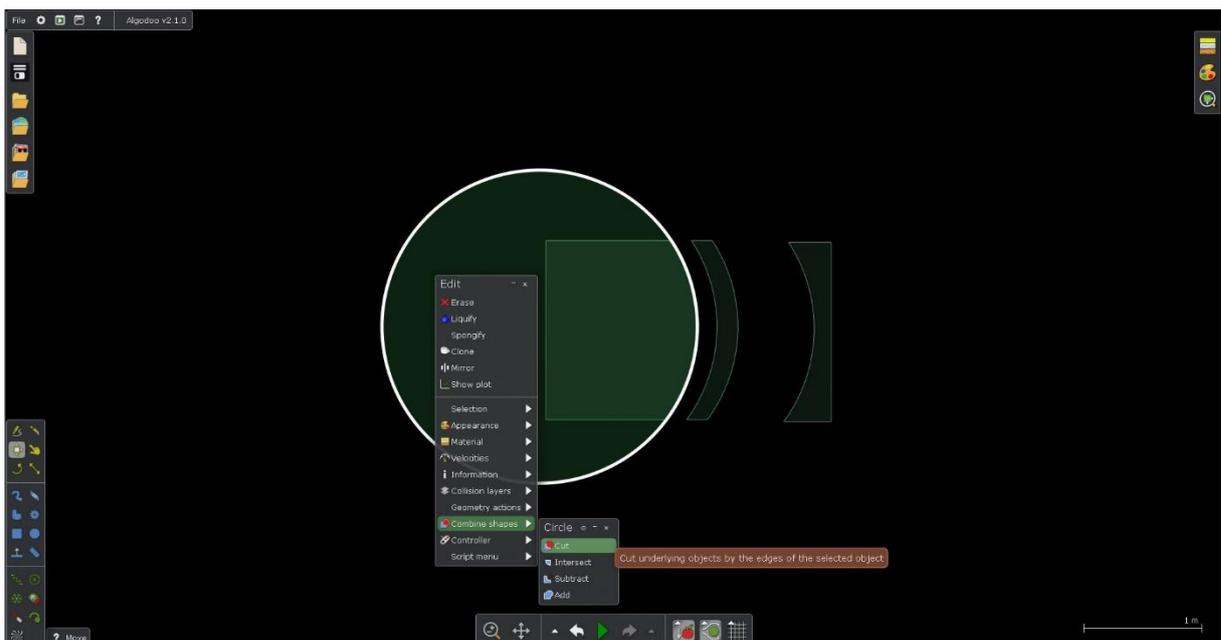
Figura 34: Representação do passo 7. Realizando um corte no retângulo utilizando o círculo para formar uma lente plano-côncava.



Fonte: Autor.

- Após o corte, o pedaço retirado já está no formato da lente plano-côncava. Agora, utilizando os mesmos objetos, posiciona o círculo mais à esquerda do restante do retângulo para fazer um novo corte da lente côncavo-convexa como mostra a figura 36.

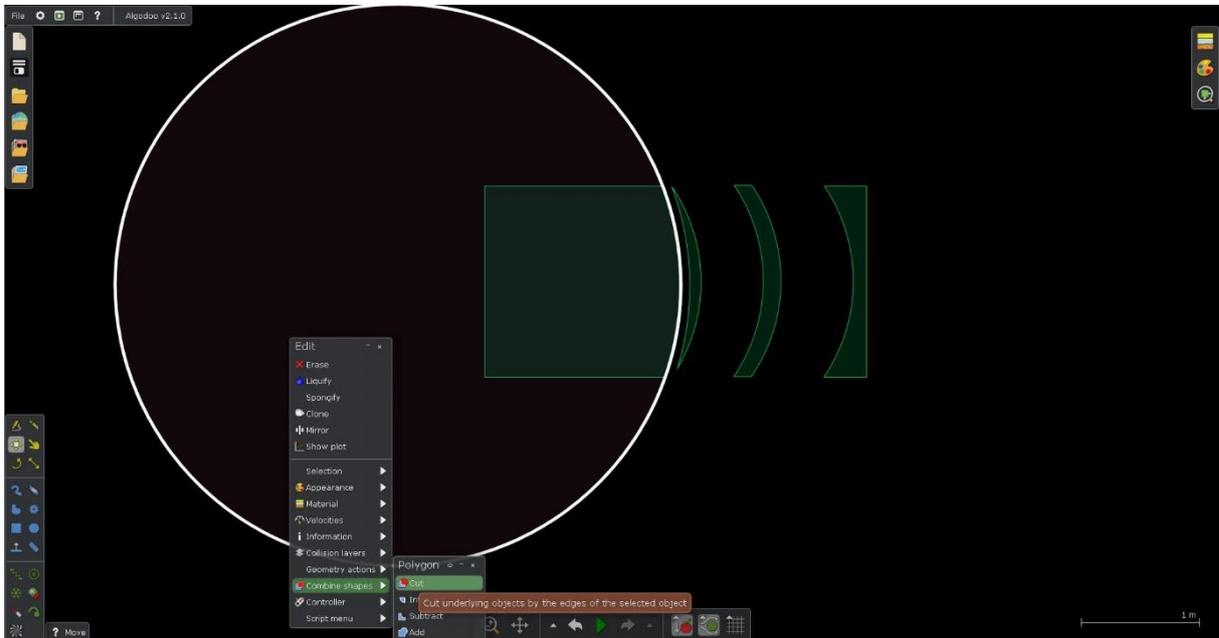
Figura 35: Representação do passo 8. Realizando um novo corte no retângulo utilizando a circunferência para formar uma lente côncavo-convexa.



Fonte: Autor.

9. Construa agora um círculo maior e repita o processo acima para construir uma lente côncavo-convexa como mostra a figura 37.

Figura 36: Representação do passo 9. Construção da lente côncavo-convexa no Algodoo.



Fonte: Autor.

10. Por fim, selecione todas as lentes construídas e mude o material delas para vidro como mostra o passo 4. Delete os objetos restantes.

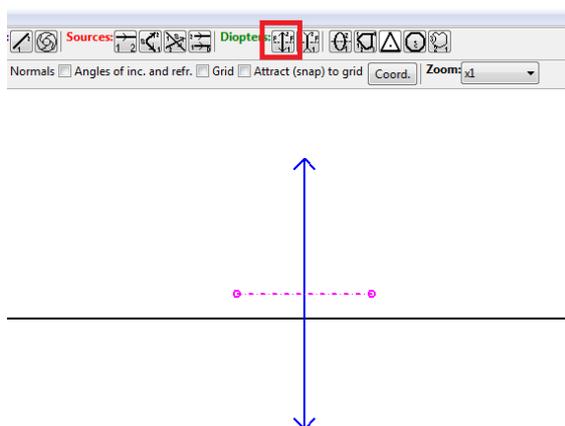
APÊNDICE B

Breve tutorial ao professor: *Optgeo*

Neste breve tutorial ensinaremos a construir uma simulação de um objeto e lente para construção de sua imagem no *software Optgeo*⁷. Para isto, siga os seguintes passos utilizando o programa.

- 1) Na parte superior do *Optgeo*, na aba “*Various*”, selecione a opção “*Add line, arrow*”, que possui um formato de seta.
- 2) Com a opção selecionada, clique em uma parte da área de trabalho do programa e segurando a tecla “*Control*” do teclado, construa uma linha horizontal.
- 3) Em seguida, na barra “*Sources*” selecione a primeira opção “*Add a converging thin lens*” e dessa forma, clique na área de trabalho do software e construa uma lente convergente vertical. Depois que fizer a linha da lente, você deve clicar para indicar o ponto focal da mesma em uma linha pontilhada rosa que irá aparecer como mostra a figura 38. Utilize a distância próxima a de um dedo polegar que mede aproximadamente 2,54 centímetros.

Figura 37: Representação do passo 3. Construção da lente convergente no *Optgeo* e posicionamento da ponto focal.



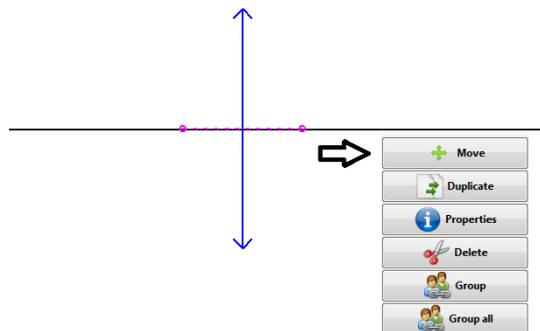
Fonte: Autor.

- 4) Selecione a tecla “*Move*” ao lado direito da tela e, após isso clique sobre o “*X*”

⁷ *Software Optgeo* em várias versões de sistema operacional disponível em: <http://jeanmarie.biansan.free.fr/optgeo.html>.

verde que apareceu no centro da lente como mostra a figura 39. Dessa forma, arraste-a até o centro da linha de forma que o “X” verde da linha coincida com o da lente que está movimentando.

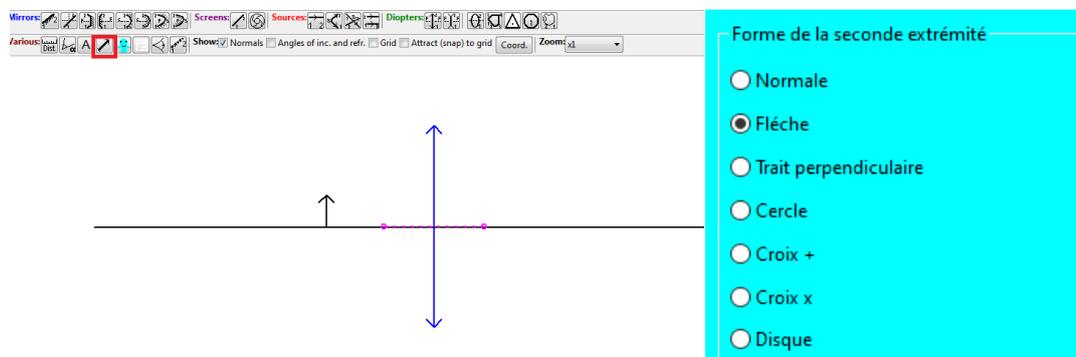
Figura 38: Passo 4. Utilizando a tecla “Move” para posicionar a lente corretamente sobre o eixo principal da simulação.



Fonte: Autor.

- 5) Agora crie o objeto do lado esquerdo da lente. Para isto, clique na opção “Add a line, arrow” na barra “Various”. Agora clique em qualquer ponto do eixo óptico, ou seja, na linha preta horizontal e faça uma linha vertical. Quando clicar novamente, surgirá uma janela onde você pode mudar o formato da linha. No quadro do meio que diz respeito ao formato da segunda extremidade da linha criada, selecione a segunda opção “Flèche” e finalize. A figura 40 apresenta esta operação.

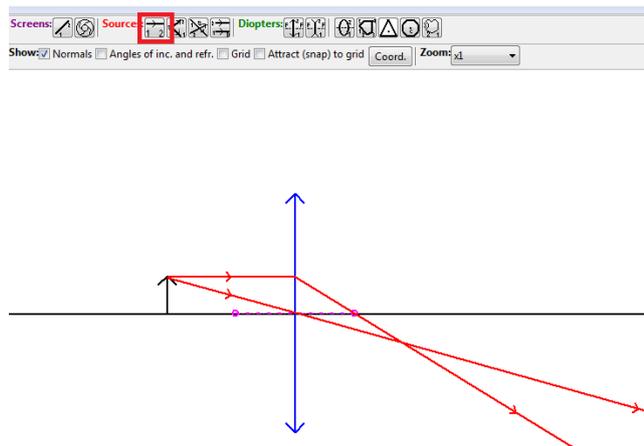
Figura 39: Representação do passo 5. Construção de um objeto representado por uma seta na simulação do Optgeo.



Fonte: Autor.

- 6) Na barra “Sources” selecione a primeira opção, “Add a single line” como a figura 41.

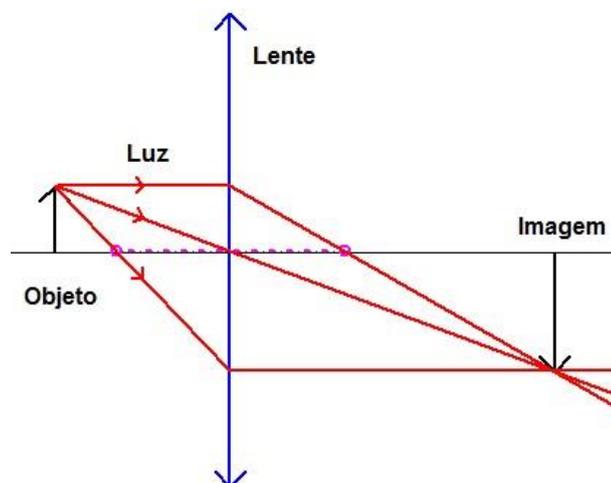
Figura 40: Representação do passo 6. Construção dos raios luminosos na simulação do Optgeo.



Fonte: Autor.

- 7) Agora construa as linhas luminosas clicando na ponta da seta, ou objeto, e puxando até a lente. Ao clicar novamente a linha luminosa é formada.
 - 8) Repita o processo para uma linha que incida na lente paralela ao eixo principal, depois para uma linha que passa pelo vértice da lente e em seguida para uma linha que passa pelo foco principal da lente.
 - 9) Onde os raios se encontram no lado direito da lente, repita o passo 5 para formar a imagem. Lembre-se de inverter o sentido da seta caso seja necessário. Observe novamente o passo 5 para colocar a seta no lado correto.
- Seguindo os passos de 1 a 9, o resultado final fica como, por exemplo, a figura 42:

Figura 41: Construção completa da imagem de um objeto com uma lente convergente no *Optgeo*.



Fonte: Autor.

Clicando na tecla “Move” ao lado direito na tela, você poderá mover o objeto e todos

os outros componentes da simulação que desejar. Dessa maneira, é possível mudar o objeto de posição para produzir diferentes imagens com características distintas. Também é possível alterar as características do objeto como tamanho, espessura da linha e outros utilizando a tecla "*Properties*" na barra vertical do canto direito da tela.

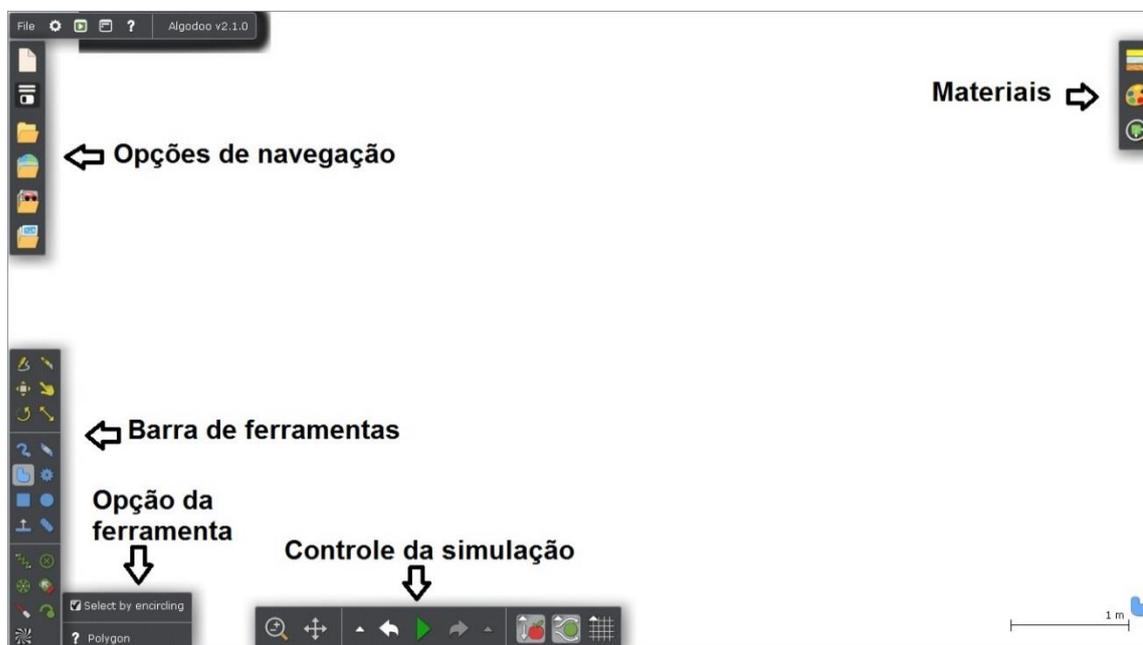
APENDICE C

Neste breve tutorial, iremos aprender a construir uma simulação de um olho humano no *Software algodoo*⁸. Este programa não apresenta grandes dificuldades de se manusear, mas ele proporciona uma grande variedade de opções para construção das simulações.

Utilize os passos em seguida para criação da simulação do olho humano.

Após o download e instalação do programa, a tela de trabalho é apresentada ao iniciar o software. A figura 43 a seguir apresenta as áreas dessa tela de trabalho inicial.

Figura 42: Barras de opções do *Algodoo*.

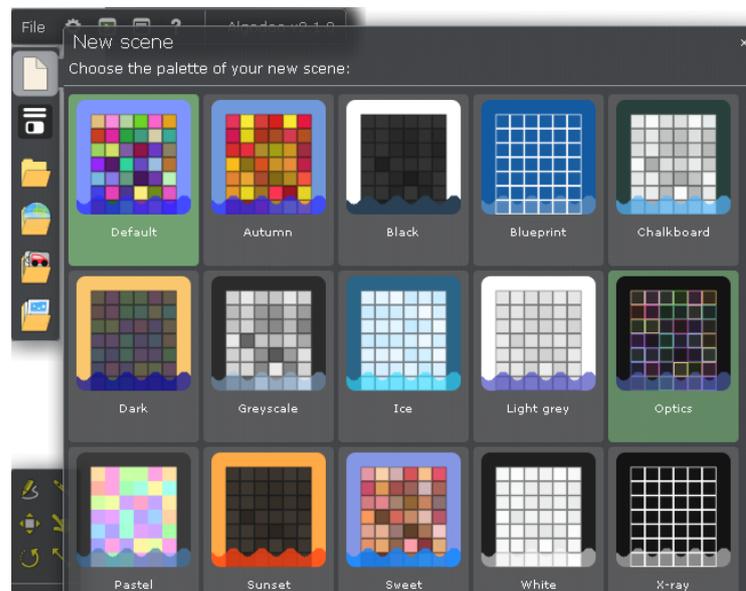


Fonte: Autor.

Colocando o cursor do *mouse* sobre cada ícone do programa os nomes de cada um irão aparecer. Dessa maneira, para iniciar um novo projeto, selecione a opção “*new scene*” nas opções de navegação e escolha dentre os vários cenários o mais adequado para a simulação que se deseja construir. Neste caso, selecione o cenário “*default*” para iniciar a nova construção assim como mostra a figura 44.

⁸ *Software algodoo* disponível gratuitamente para *Windows* e *Mac* em: <http://www.algodoo.com/download/>.

Figura 43: Tela do programa Algodoo mostrando como iniciar uma nova cena de óptica.

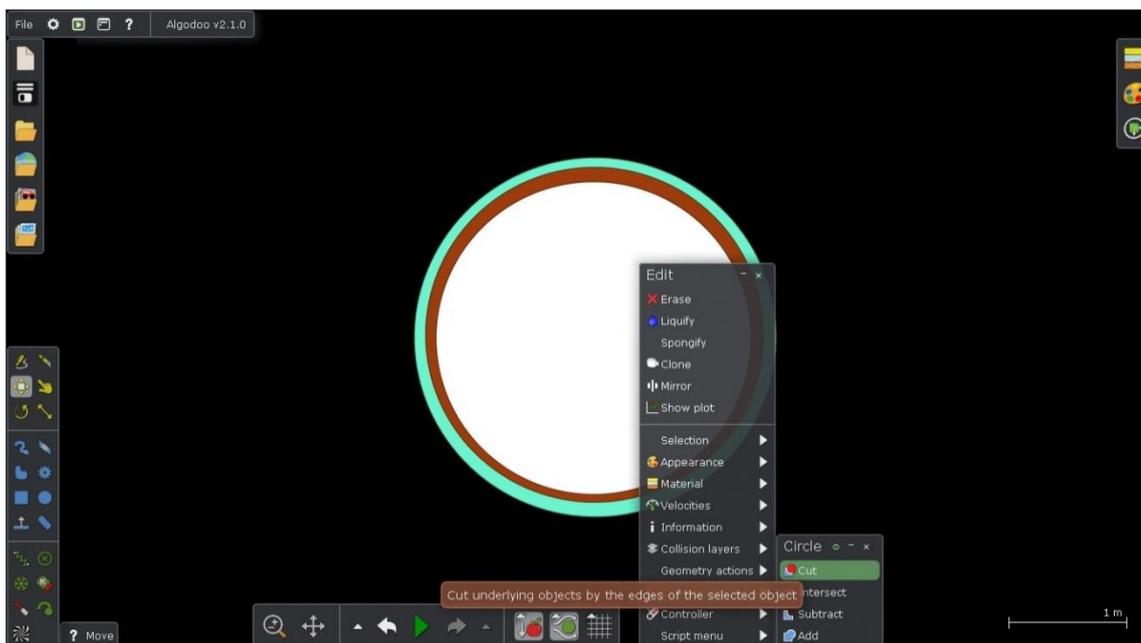


Fonte: Autor.

Já no cenário clique com o botão direito sobre o azul da cena e na opção *“material”* mude a cor do fundo para preto. Inicialmente iremos construir o globo ocular que configura mais a parte visual. Para isto, devemos iniciar a partir de um círculo e realizando cortes de acordo com os passos abaixo.

1. Ao iniciar o cenário, exclua o plano colorido que sempre aparece na parte de baixo da cena para ficar com uma área toda na cor preta.
2. Utilizando a ferramenta *“circle tool”* construa três círculos, um com 1,5 metros, outro com 1,4 metros e por último, um com 1,3 metros. Você também pode posicioná-lo com a ferramenta *“move tool”*.
3. Posicione os dois círculos menores dentro do maior de modo que os centros de ambos fiquem aproximadamente um por cima do outro.
4. Em seguida, clique com o botão direito do *mouse* sobre os dois círculos menores. Na opção *“combine shapes”* selecione a opção *“cut”*. Esta ação resultará num corte no círculo maior pelas linhas do círculo de menor raio, como mostrado na figura 45

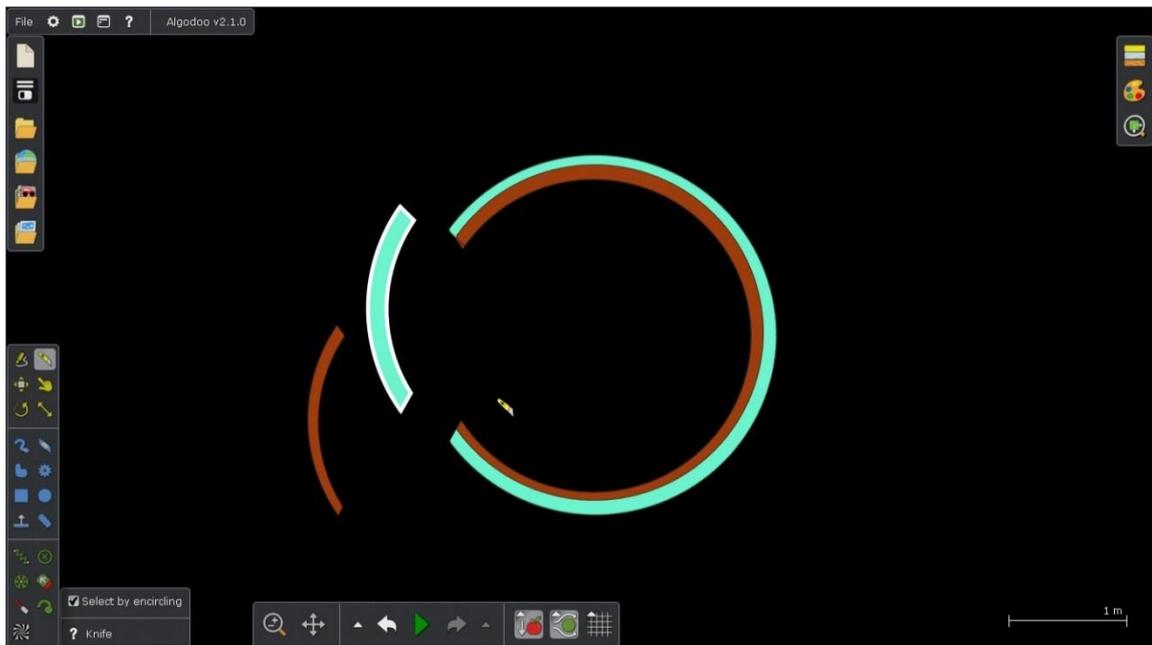
Figura 44: Representação do passo 4 da construção da simulação. Realizando um corte utilizando círculos sobrepostos.



Fonte: Autor.

5. Exclua as partes internas que foram cortadas utilizando a tecla *delete* para que fique com dois anéis concêntricos. Você pode mudar a cor dos anéis clicando novamente com o botão direito do *mouse* sobre cada anel e, em “*appearance*” escolher a nova cor.
6. Após excluir os centros, com a ferramenta “*knife*” use a faca pressionando a tecla *shift* para fazer dois cortes retos em cada anel como mostra a figura 46. Depois de fazer os cortes, selecione e delete cada pedaço cortado.

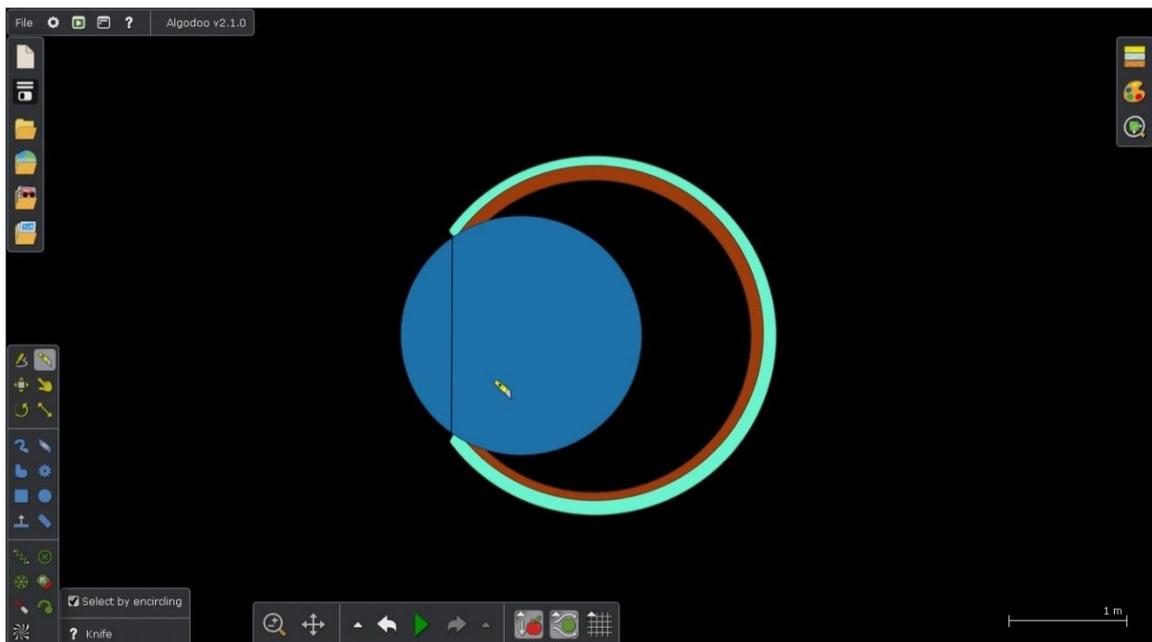
Figura 45: Representação do passo 6. Realizando um corte com a ferramenta "knif".



Fonte: Autor.

7. Construa um novo círculo de 1 metro de raio e posicione como na figura 47 abaixo. Em seguida, novamente com a ferramenta "knif" realize um corte vertical nesta nova circunferência e exclua a parte maior cortada.

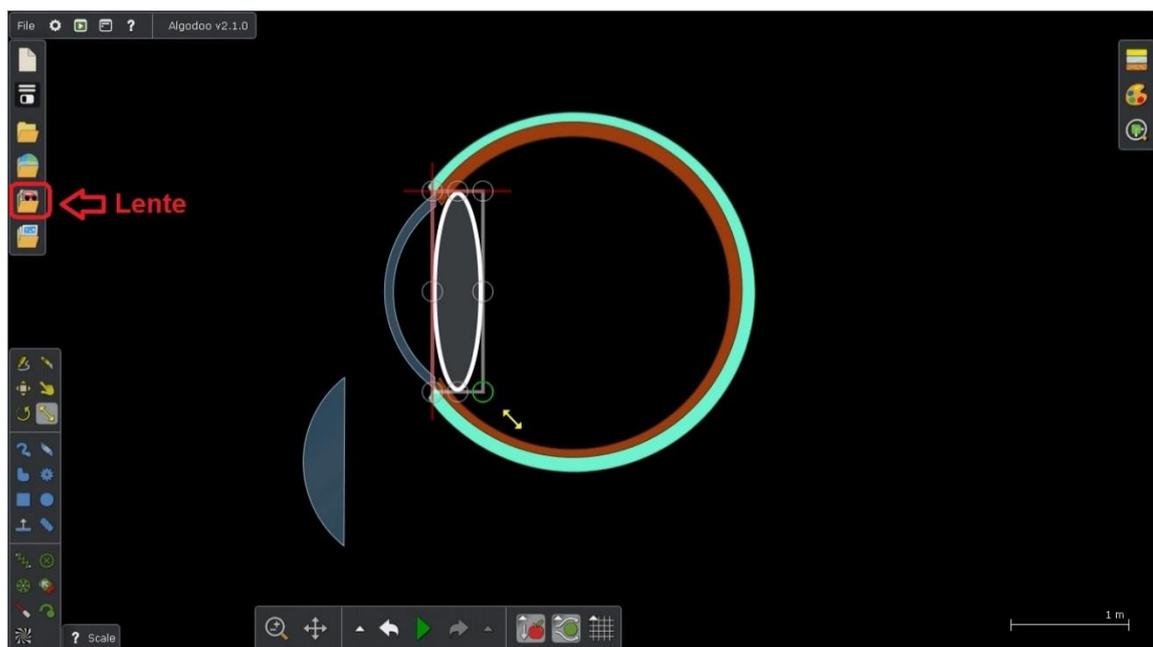
Figura 46: Representação do passo 7. Corte da circunferência menor utilizando a ferramenta "knife".



Fonte: Autor.

8. Clique com o botão direito no pedaço menor que foi cortado. Em “*material*”, selecione a opção “*Glass*” para alterar material desta parte para vidro e ainda nesta aba, reduza o índice de refração em “*refractive index*” da peça de vidro criada para o mínimo. Caso a opção não esteja aparecendo, crie um *laser* usando as ferramentas e direcione para a lente, agora a opção “*refractive index*” certamente estará presente.
9. Entre no ícone “*Components*” na barra de navegação e em seguida selecione a lente biconvexa para que ela apareça na simulação.
10. Utilizando a ferramenta “*move tool*” posicione a lente como mostra a figura 48 a seguir. Utilize também a ferramenta “*scale tool*” pressionando a tecla *shif* para redimensionar a lente do tamanho adequado.

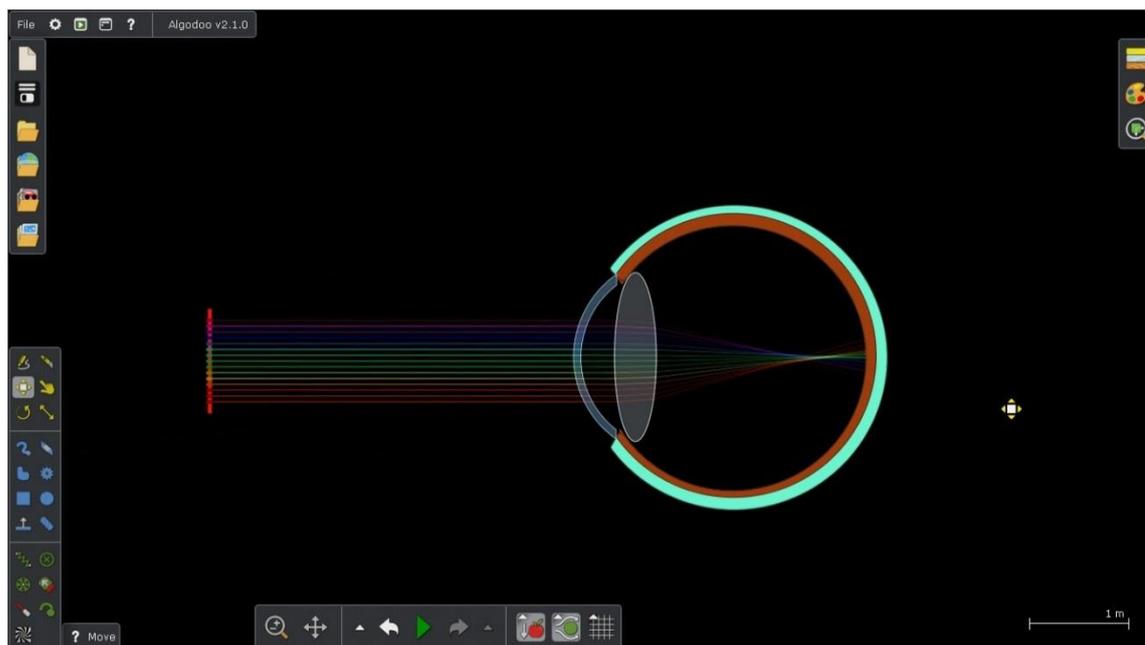
Figura 47: Representação do passo 10. Redimensionamento da lente biconvexa posicionada na simulação.



Fonte: Autor.

11. Para finalizar, ainda em “*Components*” na barra navegação, escolha agora o feixe de laser ao lado das lentes. Logo, ele aparecerá na simulação apenas em uma cor. Clicando com o botão direito sobre cada laser, é possível mudar as cores de forma que fique semelhante a um arco íris. A imagem 49 apresenta o final da construção.

Figura 48: Demonstração da construção final da simulação do olho humano no Algodoo finalizada.



Fonte: Autor.

12. A partir desta construção, você pode alterar o ponto focal do feixe mudando o índice de refração da lente. Para isto, clique com o botão direito do *mouse* sobre ela e altera o valor do “*refractive index*” em “*material*” e explore os problemas visuais.
13. As lentes corretivas podem ser inseridas em “*components*” assim como feito nos passos anteriores.

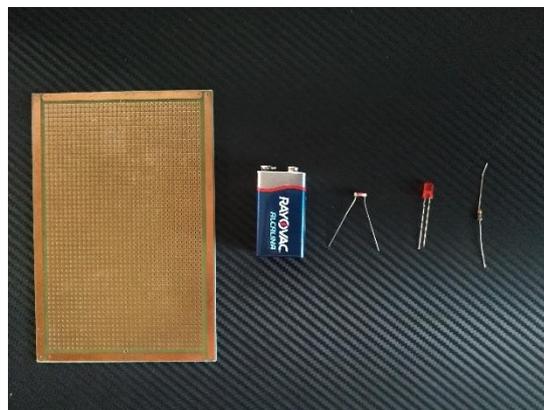
APÊNDICE D – EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO

O experimento de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico foi montado sobre uma placa simples de montagem de circuitos, entretanto, ele também pode ser feito utilizando uma *proto-board*, o que torna bem mais prático e fácil a montagem. A figura 50 mostra uma imagem dos materiais utilizados.

Materiais utilizados:

- Placa de montagem de circuitos;
- Resistor 680 Ω ;
- Sensor de luminosidade LDR de 7 mm;
- LED vermelho
- Bateria de 9V

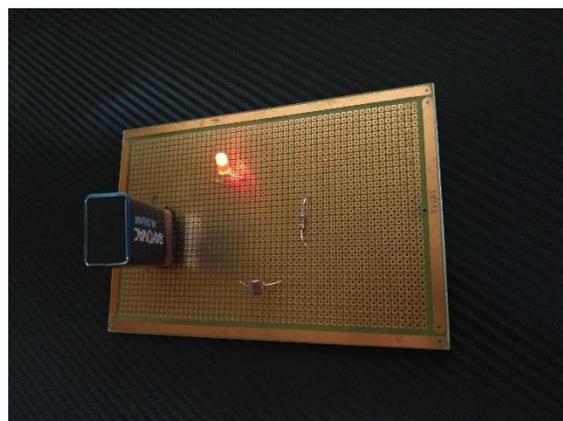
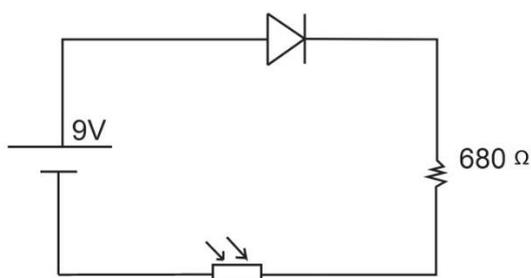
Figura 49: Materiais utilizados para construção do experimento de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico.



Fonte: Autor.

A figura 51 mostra a representação esquemática do circuito elétrico do experimento juntamente com a sua montagem final. A montagem deste circuito deve ser feita toda em série.

Figura 50: Representação esquemática do circuito e montagem final do experimento de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico.



Fonte: Autor.

O sensor LDR é um tipo de resistor sensível a luz que tem um funcionamento muito simples. Quando os fótons incidem sobre a superfície do sensor, os elétrons que estão no material semicondutor recebem essa energia luminosa e esses elétrons são liberados. Dessa maneira, ocorre um aumento na condutividade do sensor e conseqüentemente uma diminuição na resistência. Sendo assim, quando a luz incide sobre o LDR ele diminui sua resistência e, juntamente com o potencial gerado pela bateria permitem a passagem de elétrons fazendo com que o LED ascenda, porém, quando a luminosidade sobre o sensor diminui, ele volta ter uma alta resistência impedindo a passagem dos elétrons fazendo com que o LED fique com uma luminosidade fraca ou nem ascenda. O resistor elétrico de 680Ω garante uma diferença de potencial no circuito elétrico quando a luminosidade sobre o sensor for alta, ou seja, quando ele tiver com uma resistência muito baixa.