

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

DIEGO DE OLIVEIRA PEZZIN

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM BASE EM METODOLOGIAS
ATIVAS POR MEIO DO ENSINO HÍBRIDO PARA O ENSINO DA ÓPTICA DA
VISÃO E DO EFEITO FOTOELÉTRICO**

Cariacica

2022

DIEGO DE OLIVEIRA PEZZIN

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM BASE EM METODOLOGIAS
ATIVAS POR MEIO DO ENSINO HÍBRIDO PARA O ENSINO DA ÓPTICA DA VISÃO
E DO EFEITO FOTOELÉTRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Otavio Buffon

Coorientador: Prof. Me. Robson Leone Evangelista

Cariacica

2022

(Biblioteca do *Campus* Cariacica do Instituto Federal do Espírito Santo)

P522p Pezzin, Diego de Oliveira.

Uma proposta de sequência didática com base em metodologias ativas por meio do ensino híbrido para ensino da óptica da visão e do efeito fotoelétrico / Diego de Oliveira Pezzin – 2022.

178, [61] f. : il. ; 30 cm

Orientador: Luiz Otávio Buffon.

Coorientador: Robson Leone Evangelista.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2022.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Óptica. 3. Visão. 4. Efeito fotoelétrico. 5. Aprendizagem ativa. I. Buffon, Luiz Otávio. II. Evangelista, Robson Leone. III. Instituto Federal do Espírito Santo. Campus Cariacica. IV. Sociedade Brasileira de Física. V. Título.

CDD: 530.07

(Bibliotecária: Luciana Dumer - CRB6-ES nº 662)



DIEGO DE OLIVEIRA PEZZIN

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO METODOLOGIAS
ATIVAS POR MEIO DO ENSINO HÍBRIDO PARA O ENSINO DA ÓPTICA DA
VISÃO E DO EFEITO FOTOELÉTRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 27 de maio de 2022

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Otavio Buffon
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Cleiton Kenup Piumbini
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro interno



Prof.ª Dr.ª Mariluz Sartori Deorce
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro interno



Prof. Dr. Geide Rosa Coelho
Universidade Federal do Espírito Santo
Membro externo



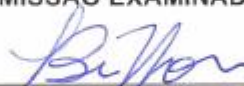
DIEGO DE OLIVEIRA PEZZIN

PEZZIN, Diego de Oliveira; BUFFON, Luiz Otavio; EVANGELISTA, Robson Leone. **O estudo da óptica da visão por meio do ensino híbrido e sua conexão com o efeito fotoelétrico.** Cariacica: Ifes, 2022. 61 p.

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 27 de maio de 2022

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Luiz Otavio Buffon
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Cleiton Kenup Piumbini
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro interno



Prof.ª Dr.ª Majiluz Sartori Deorce
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro interno



Prof. Dr. Geide Rosa Coelho
Universidade Federal do Espírito Santo
Membro externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido a oportunidade de cursar e concluir um mestrado em tempos tão difíceis.

Agradeço a toda a minha família por ter sempre estado ao meu lado e me apoiado e a todos meus amigos de turma, em especial ao aluno Márcio Gomes.

Ao meu orientador, professor doutor Luiz Otavio Buffon e ao meu coorientador, professor mestre, Robson Leone Evangelista, pelo apoio de sempre e grandes ensinamentos passados a mim.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo pela oportunidade e por oferecer uma excelente estrutura e apoio para realização do curso.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de financiamento 001.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de sequência didática para o Ensino da óptica da visão e sua conexão com o efeito fotoelétrico. Para isso, buscou-se elaborar uma sequência didática com características investigativas onde a construção, a aplicação e a avaliação foram feitas no contexto da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A metodologia de ensino utilizada na construção da sequência didática foi a Aprendizagem Ativa, mais especificamente o Ensino Híbrido através de Rotações por Estações. Contudo, a aplicação deste produto ocorreu durante a pandemia da COVID-19, e desta forma, houve a necessidade de realizar adaptações para que ela se encaixasse nas restrições de saúde impostas pelo Estado do Espírito Santo e pela escola. Para avaliar a aplicabilidade da proposta e a aprendizagem dos alunos, foram aplicados um pré-teste e um pós-teste, que, após serem comparados e analisados, através do método de análise de conteúdo de Laurence Bardin, forneceram uma parte dos resultados apresentados neste trabalho. Além disso, foram analisados o comportamento dos alunos em relação ao engajamento e os principais resultados nos encontros ministrados através de um relato de experiência. Dentre as atividades que compõe a sequência, algumas simulações utilizadas pelos alunos foram produzidas pelo professor através de programas gratuitos disponibilizados virtualmente como as simulações de lentes esféricas e de problemas visuais no olho humano feitas com o software *Algodo* e a simulação de formação de imagens em lentes esféricas com o software *Optgeo*. Além disso, utilizou-se a simulação sobre o efeito fotoelétrico da plataforma Phet e a realização de atividades experimentais. Os resultados da pesquisa apontaram que houve uma boa participação dos alunos no desenvolvimento das atividades além de evidências de indícios de aprendizagem dos assuntos desenvolvidos com um aumento significativo de questões corretas no pós-teste em relação ao pré-teste. Ao final, um questionário de opinião revelou uma boa aceitação das atividades por parte dos alunos.

Palavras-chaves: Óptica da visão; Efeito fotoelétrico; Ensino Híbrido; Rotações por estações; Optgeo; Algodo; Phet.

ABSTRACT

This work presents a proposal for a didactic sequence for the teaching of the optics of vision and its connection with the photoelectric effect. For this, we sought to develop a didactic sequence with investigative characteristics where the construction, application and evaluation were made in the context of David Ausubel's Theory of Meaningful Learning. The teaching methodology used in the construction of the didactic sequence was Active Learning, more specifically the Hybrid Teaching through Rotations by Stations. However, the application of this product took place during the COVID-19 pandemic, and thus, there was a need to make adaptations so that it fit the health restrictions imposed by the State of Espírito Santo and by the school. To evaluate the applicability of the proposal and the students' learning, a pre-test and a post-test were applied, which, after being compared and analyzed, using Laurence Bardin's content analysis method, provided part of the results presented in this job. In addition, the behavior of students in relation to engagement and the main results in the meetings held through an experience report were analyzed. Among the activities that make up the sequence, some simulations used by the students were produced by the teacher through free programs made available virtually, such as the simulations of spherical lenses and visual problems in the human eye made with Algodoo software and the simulation of image formation in lenses. spherical with Optgeo software. In addition, the simulation of the photoelectric effect of the Phet platform and the performance of experimental activities were used. The research results showed that there was a good participation of students in the development of activities in addition to evidence of evidence of learning of the subjects developed with a significant increase of correct questions in the post-test in relation to the pre-test. In the end, an opinion questionnaire revealed a good acceptance of the activities by the students.

Keywords: Optics of vision; Photoelectric effect; Blended Learning; Rotations by stations; optgeo; cotton; Phet.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema mostrando o contínuo entre a aprendizagem significativa e mecânica	17
Figura 2: As diversas propostas de ensino híbrido.....	20
Figura 3: Ângulos de reflexão e de refração. P1 é o raio de luz incidente. P1' é o raio de luz refletido. P2 é o raio de luz refratado. θ_1, θ_1' são os ângulos de incidência e reflexão respectivamente e θ_2 é o ângulo de refração.....	28
Figura 4: Explicação ondulatória da reflexão. P, P ₁ , Q ₁ , Q' ₁ e B são pontos de um mesmo plano onde passarão frentes de onda.....	29
Figura 5: Explicação ondulatória da refração. P, P ₁ , Q e Q ₂ são pontos de um mesmo plano por onde irão passar frentes de onda. θ_1 e θ_2 são os ângulos de incidência e refração destas frentes de onda.	30
Figura 6: Representação dos tipos de lentes de bordas finas e lentes de bordas grossas quando o índice de refração da lente é maior que a do meio.....	32
Figura 7: Representação de uma lente delgada convergente e seus elementos óticos.	33
Figura 8: Feixe incidente paralelo em uma lente convergente convergindo para o foco f.	34
Figura 9: Representação de raios de luz que incidem na lente convergente passando pelo foco e raios de luz que incidem na lente passando pelo vértice.	34
Figura 10: Formação da imagem real na lente convergente para um objeto colocado entre o foco e o centro de curvatura da lente.	35
Figura 11: Formação da imagem virtual na lente convergente quando o objeto se encontra entre o foco e a lente.	36
Figura 12: Objeto posicionado sobre o foco de uma lente convergente mostrando que não à formação de imagem.	37
Figura 13: Feixe incidente em uma lente divergente.....	37
Figura 14: Representação de raios de luz que incidem na lente divergente passando em direção ao foco imagem e os raios de luz que incidem na lente em direção ao seu vértice.....	38
Figura 15: Formação de uma imagem virtual na lente divergente.	38

Figura 16: Esquema de uma lente delgada biconvexa. Um feixe luminoso incide do ponto P em direção ao ponto Q passando pelo ponto A, enquanto outro feixe luminoso incide do ponto P em direção ao ponto Q passando pelo centro ótico (O) da lente. .39	39
Figura 17: Esquema de um olho humano mostrando os principais componentes relacionados ao processo da visão.....45	45
Figura 18: Representação experimental do efeito fotoelétrico. Luz entra numa câmara evacuada e incide no catodo C, que ejeta elétrons medidos pelo amperímetro. A bateria varia a tensão nas placas.47	47
Figura 19: Gráfico corrente elétrica versus tensão elétrica (I x V) do experimento do efeito fotoelétrico. Onde V_0 é o potencial de corte do efeito fotoelétrico, i_a e i_b são as correntes de saturação.....48	48
Figura 20: Exemplo de reflexão luminosa na superfície plana de um lago.57	57
Figure 21: Exemplos de refração luminosa na água à esquerda e em um tipo de lâmina de faces paralelas à direita.57	57
Figura 22: Primeiros óculos criados feito em uma armação de madeira e com duas lentes convexas.....58	58
Figure 23: Representação da refração e dispersão luminosa em um arco íris.....59	59
Figura 24: Representação da dispersão luminosa em um pôr do sol.59	59
Figura 25: Foto tirada no planeta Marte apresentando a formação de um arco-íris na atmosfera.....60	60
Figura 26: Tela da simulação de lentes no Algodoo representando 6 tipos de lentes esféricas e um feixe luminoso.61	61
Figura 27: Simulação da construção de imagens com o software Optgeo mostrando um objeto e 2 raios luminosos emitidos em direção a uma lente convergente.....63	63
Figura 28: Construção da imagem de um objeto com o software Optgeo mostrando uma lente convergente, um objeto representado pela seta vertical e 2 raios luminosos atravessando a lente e formando a imagem representada por outra seta vertical direcionada para baixo.64	64
Figura 29: Realização da atividade com software Optgeo no laboratório de informática.65	65
Figura 30: Parte do documento de uma dupla com as respostas da atividade. O documento mostra os prints tirados pelos alunos da formação da imagem do objeto para diferentes posições e ao lado as características de cada imagem.66	66

Figura 31: Simulação do olho humano no programa Algodoo mostrando um modelo de olho normal (olho 1), um modelo com miopia (olho 2) e um modelo com hipermetropia (olho 3).	67
Figura 32: Realização da atividade com simulação no <i>Algodoo</i> mostrando os alunos desenvolvendo a atividade.....	68
Figura 33: Respostas de um dos alunos da terceira série A da atividade com a simulação de olho humano no Algodoo.....	69
Figure 34: Utilização do experimento da atividade com o modelo de olho humano do lado de fora da sala de aula.....	70
Figura 35: Atividade desenvolvida por uma das duplas com o experimento do modelo de olho humano de isopor.....	71
Figure 36: Respostas da atividade feita por um aluno referente a segunda tarefa a ser feita em casa.	72
Figura 37: Apresentação de slides utilizada na aula 7 para introduzir o assunto do efeito fotoelétrico.	73
Figura 38: Simulação do efeito fotoelétrico na plataforma Phet com comprimento de onda dado em nanômetros e suas respectivas cores. A figura também mostra o controle da intensidade e do tipo de material.	75
Figure 39: Utilização da simulação do efeito fotoelétrico durante o encontro.....	76
Figura 40: Respostas da atividade feita por um aluno referente a atividade sobre o efeito fotoelétrico com o Phet.....	77
Figura 41: Experimento de baixo custo sobre efeito fotoelétrico mostrando a diminuição da resistência elétrica no sensor causada pela presença de luz, permitindo o acionamento do LED. O experimento é composto por uma bateria de 9V, um LED vermelho, um resistor e um sensor de luminosidade LDR.	78
Figura 42: Respostas da atividade feita por um aluno referente ao experimento de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico.	79
Figura 43: Resumo do vídeo feito por um aluno referente a terceira tarefa a ser feita em casa.....	80
Figura 44: refração da luz na interface entre o ar e água.....	85
Figura 45: Respostas da questão 5 do questionário inicial. A da esquerda foi categorizada como C e a da direita como I.	87
Figura 46: Respostas da questão 9 do questionário inicial, sendo a da esquerda C e a da direita I.....	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados da categorização das respostas do pré-teste	85
Gráfico 2: Resultados da categorização das respostas do pós-teste.	93
Gráfico 3: Resultados da atividade do 4º encontro presencial.....	100
Gráfico 4: Resultados da atividade do 5º encontro presencial.....	102
Gráfico 5: Resultados da atividade do 6º encontro presencial.....	105
Gráfico 6: Resultados da atividade do 7º encontro presencial.....	107
Gráfico 7: Resultados da atividade com texto sobre problemas da visão da 2ª tarefa a ser feita em casa.	108
Gráfico 8: Resultados da atividade do 9º encontro presencial.....	110
Gráfico 9: Resultados da atividade do 10º encontro presencial.....	112
Gráfico 10: Resultados da atividade com vídeo da 2ª tarefa feita em casa sobre o processo de visão humana e efeito fotoelétrico.....	113
Gráfico 11: Classificação das respostas da primeira e segunda questão do questionário de opinião.	115
Gráfico 12: Classificação das respostas da terceira questão do questionário de opinião.....	116
Gráfico 13: Classificação das respostas da quarta questão do questionário de opinião.	116
Gráfico 14: Classificação das respostas da quarta questão do questionário de opinião.	117

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO E REVISÃO DA LITERATURA ..	14
2.1. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL	14
2.2. ENSINO HÍBRIDO	18
2.2.1. Modelo de Rotações	20
2.2.1.1. Rotações por estações	20
2.2.1.2. Laboratório rotacional	21
2.2.1.3. Sala de aula invertida	21
2.2.1.4. Rotação individual.....	22
2.2.2 Modelo Flex	22
2.2.3 Modelo À Lacarte	22
2.2.4 Modelo Virtual Enriquecido	22
2.3. USO DA APRENDIZAGEM ATIVA NO ENSINO DE FÍSICA	23
2.4. O ENSINO DE ÓPTICA E FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA	25
3. PRINCÍPIOS FÍSICOS DA ÓPTICA, DO FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO E DO EFEITO FOTOELÉTRICO	28
3.1 ÓPTICA	28
3.1.1 Leis da Reflexão e da Refração	28
3.1.2 lentes delgadas e formação de imagens.....	31
3.2. O PROCESSO DA VISÃO HUMANA.....	43
3.2.1 Descrição do olho humano.....	44
3.2.2. Acomodação e defeitos visuais	43
3.3. EFEITO FOTOELÉTRICO.....	47
4. METODOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	50
4.1. OS SUJEITOS DA PESQUISA	50

4.2. TIPO DE PESQUISA.....	51
4.3. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	51
4.4. O PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	52
4.5. APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E RELATO DOS ENCONTROS...	53
4.5.1 Primeiro Encontro – Apresentação do Projeto de Pesquisa	55
4.5.2 Segundo Encontro - Aplicação do Pré-Teste	55
4.5.3 Terceiro Encontro - Apresentação de conceitos de óptica utilizando imagens através de slides	56
4.5.4. 1ª Tarefa a ser feita em casa: Leitura do Texto 1 sobre a história das lentes	60
4.5.5 Quarto Encontro - Identificando os tipos de lentes com o Algodoo ..	61
4.5.6 Quinto Encontro - Lentes e formação de imagens com o software Optgeo.....	62
4.5.7 - Sexto Encontro - Estudando o olho humano através do Software algodoo	66
4.5.8 - Sétimo Encontro - Atividade com modelo de olho humano de isopor.	69
4.5.9. 2ª Tarefa a ser feita em casa: Leitura do Texto 2 sobre os principais problemas da visão.....	72
4.5.10 - Oitavo Encontro - Apresentação sobre os tipos e funcionamento das câmeras fotográficas e dispositivos CCD.....	73
4.5.11 - Nono Encontro - Simulação do efeito fotoelétrico usando o Phet .	75
4.5.12 – Décimo Encontro - Experimento de baixo custo sobre efeito fotoelétrico.....	78
4.5.13. 3ª Tarefa a ser feita em casa: Atividade sobre absorção da luz na retina e conversão em impulsos elétricos usando vídeos.....	80
4.5.14 – Décimo Primeiro Encontro– Pós-teste e Questionário de opinião	81
5. ANÁLISE DOS DADOS, RESULTADOS E DISCUSSÕES	82
5.1. METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS.....	82

5.2. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO PRÉ-TESTE.....	84
5.3. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO PÓS-TESTE	92
5.4. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 4º ENCONTRO PRESENCIAL.....	99
5.5. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 5º ENCONTRO PRESENCIAL.....	101
5.6. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 6º ENCONTRO PRESENCIAL.....	104
5.7. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 7º ENCONTRO PRESENCIAL.....	107
5.8. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA 2ª TAREFA A SER FEITA EM CASA	108
5.9. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 9º ENCONTRO PRESENCIAL.....	109
5.10. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 10º ENCONTRO PRESENCIAL.....	112
5.11. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA 3ª TAREFA A SER FEITA EM CASA	113
5.12. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO	114
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
REFERÊNCIAS.....	121
APÊNDICE A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE IMAGEM E VOZ	125
APÊNDICE B – PRÉ TESTE	127
APÊNDICE C – PÓS TESTE.....	132
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO.....	135
APÊNDICE E – RESPOSTAS DOS ALUNOS AO PRÉ TESTE E PÓS TESTE	136
APÊNDICE F – RESPOSTAS DOS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO	172
APÊNDICE G – O PRODUTO EDUCACIONAL	178

1. INTRODUÇÃO

A Física é a ciência que tem por objetivo o entendimento da natureza e está em contínua evolução, sempre buscando analisar, explicar, entender e descrever os fenômenos. Assim, é muito importante que nas escolas a Física seja ensinada de forma atrativa, incluindo as mais recentes descobertas científicas da Física Moderna e Contemporânea (FMC) (OSTERMANN; MOREIRA, 2000) e utilizando-se as mais eficientes Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) (FERNANDES, RODRIGUES e FERREIRA, 2015).

Além disso, a metodologia de ensino utilizada busca demonstrar que a Física, como toda ciência, está em permanente construção e não consiste num conhecimento acabado e estático, como muitas vezes é transmitida nas escolas. Segundo Ostermann e Moreira, (2000), outra preocupação importante de se ter é evitar uma visão fragmentada da ciência, como muitas vezes é passada nas instituições de ensino, pois o estudo da natureza requer conhecimentos integrados de diversas áreas.

É importante que o ensino de ciências se aproxime da forma como as pesquisas e descobertas científicas são realizadas, para que os alunos tenham alguma ideia de como as ciências se desenvolvem. De acordo com Antonowiski *et al* (2017, p. 51):

A Física no ensino médio deve assegurar que a competência investigativa resgate o espírito questionador, o desejo de conhecer o mundo onde se habita, logo é uma ciência que permite investigar os mistérios do mundo, compreender a natureza da matéria macroscópica e atômica.

Segundo Gardelli (2004), os livros didáticos também contribuem para que seja formada no aluno uma visão de ciência fragmentada, onde o conhecimento já é algo pronto e acabado, que foi criado por grandes personagens da história da ciência. Tal pensamento acaba gerando um desconforto e desmotivação provocando um sentimento de incapacidade nos estudantes de descobrirem algo novo. Essa desmotivação é perceptível em escolas da sociedade brasileira, pois a cada ano que termina os alunos se mostram mais desinteressados pela área científica, além de apresentarem também deficiências de conteúdos básicos (ALMEIDA e SARTORI, 2012).

O resgate dessa motivação para a aprendizagem se caracteriza como um dos principais desafios atuais enfrentados pelos professores em sala de aula (PAIVA; BARBATO, et al., 2018). Por outro lado, enquanto a tecnologia avança em grande escala em todas as dimensões da sociedade, algumas escolas ainda tendem a resistir às inovações, insistindo no mesmo formato de aula tradicional com alunos passivos atuando como meros receptores de informações e conteúdos e os professores como transmissores de conhecimento (FERNANDES; LOCKSTEIN e FACIN, 2018). O uso da tecnologia aliado a uma relação pedagógica coerente entre professor e aluno pode propiciar uma aula mais dialógica e participativa por parte dos alunos. Assim, a questão que se põe é: como inserir as tecnologias de comunicação e de informação de forma que elas contribuam na educação?

Para Moraes (2002), funções cognitivas vêm sendo desenvolvidas, ampliadas e modificadas, de diferentes maneiras, as tecnologias digitais vêm favorecendo novas formas de acesso à informação, novos estilos de pensar, raciocinar e novas dinâmicas no processo de construção de conhecimento. Dessa forma, tecnologias como simuladores e ferramentas de vídeo surgem como um excelente facilitador para a aprendizagem dos estudantes. Contudo, faz-se necessário que os educadores passem a adotar diferentes metodologias que se encaixem melhor com a proposta de utilizar as novas tecnologias, além de também tornarem os alunos mais ativos, questionadores, capazes de atuar criticamente, possibilitando que eles construam o conhecimento.

Assim sendo, na tentativa de encontrar maneiras que possam colocar em prática esse novo perfil de aluno e de professor, que tanto se almeja na educação contemporânea, vários estudos, metodologias e modelos foram desenvolvidos, combinando recursos tecnológicos com práticas presenciais e online, na busca pela autonomia, proatividade do aluno e por uma aprendizagem mais significativa (BARION e MELLI, 2017).

Nesse cenário, a metodologia ativa do Ensino Híbrido possibilita combinar o uso das tecnologias digitais com as interações presenciais, visando a personalização do ensino e da aprendizagem (BACICH et al., 2015). Segundo Moran (2017), a junção de metodologias ativas com modelos híbridos traz contribuições importantes para resolver os problemas do ensino atual.

Dessa maneira, esta dissertação apresenta uma proposta de uma sequência didática de atividades relacionadas ao ensino de óptica no ensino médio, tendo como base a

Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e utilizando como metodologia uma modalidade do ensino híbrido conhecida como Rotações por estações, onde os alunos desenvolvem atividades em grupo em diferentes estações de aprendizagem e alternando-se com os outros grupos das outras estações, sendo que todas propõem atividades sobre o mesmo assunto estudado (BACICH et al., 2015).

Em relação ao estudo da óptica, o ensino tradicional, com foco na resolução de exercícios e na preparação para exames de admissão ao ensino superior, dificulta o professor ir além e se aprofundar em assuntos mais recentes e contextualizados, tais como, a óptica da visão e em fenômenos quânticos relacionados à luz e sua interação com a matéria. (SANTOS, 2017).

Durante toda minha trajetória acadêmica como aluno do ensino médio, o tema de óptica me foi apresentado brevemente pelo professor de Física, que ministrava as aulas puramente tradicionais e sem recursos adequados, utilizando desenhos que muitas vezes, eram de difícil entendimento. O ensino da Física moderna é considerado por muitos professores como um grande desafio por vários motivos como por exemplo, falta de tempo para passar o conteúdo, deficiências na formação dos professores, entre outros. Segundo Antonowiski, Alencar e Rocha (2017, p. 53):

Fica evidente que para um bom aproveitamento do ensino de Física Moderna na educação básica é necessário primeiro conhecer a realidade das escolas como por exemplo a sua estrutura física e a falta de equipamento que dificultam o trabalho do professor na apresentação do conteúdo. É necessário um olhar atento para o professor, qual tempo disponível ele tem para ministrar essas aulas e capacitá-lo, sendo necessário todo esse suporte para que o professor consiga desempenhar um bom trabalho.

A partir disso, a motivação deste projeto é ensinar a óptica, utilizando-se com tema a óptica da visão, que consiste num tema bastante presente no cotidiano da sociedade. Segundo uma recente investigação publicada no *Ophthalmology Journal*, até 2050, cerca de 4,8 bilhões de pessoas em todo o mundo serão obrigadas a usar óculos, quase 50% da população (VINICIUS, 2016). Logo, é notório que esse tema é presente, mas, mesmo assim, poucas pessoas sabem o que um problema de visão causa dentro do olho humano proporcionando os desconfortos visuais que lhe obrigam a utilizar óculos, lentes de contato ou fazer cirurgias para a correção de um

problema de visão. No nosso projeto são abordados também aspectos quânticos da interação da radiação eletromagnética com a matéria, na tentativa de compreender o processo microscópico da formação da imagem no cérebro humano.

Diante destes fatores apresentados, a proposta de ensino apresentada nessa dissertação é baseada em metodologias ativas, envolvendo ensino híbrido e com a inserção de tecnologias de simulações computacionais, baseadas em softwares gratuitos tais como o Algodoo¹ e o Optgeo² e a plataforma PhET³. Além disso, as atividades envolvem o uso de alguns materiais tais como, lentes esféricas e fontes luminosas.

Contudo, na aplicação da sequência didática na sala de aula, foi necessário efetuar alterações devido às limitações impostas pela pandemia de Covid 19 e as atividades das rotações não foram realizadas em conjunto em um único encontro e sim uma de cada vez por encontro. Isso aconteceu para que se evitassem a formação de grupos e o rodizio dos alunos nos mesmos locais das atividades evitando a transmissão do vírus.

O desenvolvimento desta pesquisa foi norteado pela seguinte pergunta:

Uma proposta de ensino de óptica geométrica e Física moderna e contemporânea, associadas à visão humana, desenvolvida tendo como referência os pressupostos da teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e aplicada por meio do modelo híbrido de Rotações por estações, auxilia a aprendizagem contribuindo para que o aluno desenvolva uma participação mais ativa?

A pesquisa realizada teve como objetivo geral:

- Compreender como uma proposta didática para o ensino da óptica da visão e do efeito fotoelétrico, envolvendo metodologias ativas e ensino híbrido contribuem para aprendizagem e participação dos estudantes em sala de aula.

1 Algodoo é uma ferramenta gratuita de desenho 2D que permite a construção e análises de experimentos e sistemas físicos de forma lúdica.

2 Optgeo é um Software Livre de simulação para óptica geométrica em duas dimensões, que possibilita a construção de sistemas ópticos com lentes e espelhos.

3 Phet é uma plataforma virtual gratuita da Universidade do Colorado que possui em seu acervo várias simulações interativas de matemática e ciências em geral.

A partir do objetivo geral da pesquisa, os objetivos específicos da pesquisa foram:

- Identificar os conhecimentos prévios dos alunos em relação à óptica e ao efeito fotoelétrico.
- Aplicar e avaliar a contribuição ao aprendizado do produto educacional produzido.
- Relacionar o processo da formação da imagem no olho humano com processos quânticos de interação da radiação com a matéria, mais especificamente, o Efeito fotoelétrico.
- Avaliar a aplicação do produto educacional utilizando-se a opinião dos alunos em relação às atividades e ao produto educacional.

Em suma, essa dissertação está organizada em capítulos. Nesse capítulo um (1) é feita uma introdução sobre o assunto abordado na construção do produto educacional e na dissertação, justificando a escolha do tema e da metodologia.

No capítulo dois (2) são introduzidos os referenciais teóricos e metodológicos que fundamentam o trabalho, que são a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, o uso das metodologias ativas no ensino e o Modelo de Ensino Híbrido proposto por Christensen, bem como é realizada uma breve revisão da literatura relacionada ao tema do ensino de Óptica e da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio

No capítulo três (3) são apresentados os princípios físicos que envolvem o estudo da visão dentro da óptica geométrica, óptica ondulatória e até os processos quânticos relacionados à interação da radiação eletromagnética com a matéria, aplicados ao estudo da visão.

No capítulo quatro (4) é apresentada toda a metodologia da construção e aplicação da sequência didática, as características dos alunos onde a pesquisa foi realizada, as técnicas de pesquisa utilizadas, bem como os instrumentos usados na coleta de dados e informações para a pesquisa.

O capítulo cinco (5) apresenta a metodologia de análise, os dados coletados com os estudantes, os resultados obtidos durante o desenvolvimento do trabalho, o relato da aplicação do produto educacional, bem como todas as análises das atividades realizadas.

Por fim, nas considerações finais feitas no capítulo seis (6) são apresentadas as conclusões da pesquisa. O produto educacional utilizado nessa pesquisa é apresentado no apêndice G.

2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO E REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresentaremos a teoria de aprendizagem adotada neste trabalho que é a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, as vantagens de se usar as tecnologias na promoção de metodologias ativas no ensino de Física, a técnica de aplicação do Ensino Híbrido e por fim uma breve revisão da literatura referente à pesquisa realizada.

2.1. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Quando se trabalha no ensino de Física, é comum esperar que seus educandos sejam capazes de compreender conceitos básicos elementares já estudados anteriormente e, a partir disso, eles sejam capazes de construir um raciocínio para aprender fenômenos e teorias mais complexas. Assim, antes de iniciar qualquer assunto é importante averiguar se os alunos possuem os conhecimentos prévios necessários. Nessa sondagem é fundamental discutir situações do cotidiano do aluno, pois será mais fácil para ele lembrar, do que assuntos muito específicos e abstratos que talvez ele já tenha estudado.

Uma vez identificado os conhecimentos prévios e iniciado o ensino propriamente dito, é importante adotar metodologias que tornem os alunos mais ativos no desenvolvimento de atividades e proporcionem uma interação e troca de significados entre os colegas (MOREIRA, 2012).

Diante desse contexto, neste trabalho foi adotada como teoria de aprendizagem a Teoria da Aprendizagem Significativa (AS) de David Ausubel (1918-2008). Ele foi um psicólogo da educação estadunidense que atuava como professor da universidade de Columbia, em Nova York (MOREIRA, 2011). Ausubel acreditava que a compreensão de conceitos, princípios e idéias é alcançada através do raciocínio dedutivo, fomentando um aprendizado com significado em oposição à aprendizagem mecânica.

A Teoria da Aprendizagem Significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não literal, não ao pé da letra, e não arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum

conhecimento prévio especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2012).

Assim, o aluno associa os novos conhecimentos adquiridos com o conhecimento pré-existente, que foi definido por Ausubel (2003) como subsunçor ou ideia âncora, sendo esse processo interativo, onde cada novo significado que é adquirido se torna um novo subsunçor para o próximo novo conhecimento.

Dessa maneira, o subsunçor é um conhecimento específico, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura de conhecimentos do aluno. Ele é considerado por Ausubel (2003) como o fator mais importante para aprendizagem significativa, sendo uma estrutura específica ao qual uma nova informação pode se integrar na estrutura cognitiva no cérebro humano. Assim, quando os novos conceitos são relacionados a eles na estrutura cognitiva, o conhecimento prévio se enriquece. Esta estrutura cognitiva, na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel é dada como um conjunto de subsunçores que são dinamicamente interligados (MOREIRA, 2009).

De acordo com Moreira, o subsunçor:

É um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Não é conveniente 'coisificá-lo', 'materializá-lo' como um conceito, por exemplo. O subsunçor pode ser também uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos. (MOREIRA, 2012, p. 8)

Dessa maneira, Moreira (2009) diz que uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo. Esse tipo de material recebe este nome devido a característica de ser relacionável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não-literal.

Em oposição à (AS) existe o tipo de aprendizagem mecânica (AM) que também é conhecida como memorística, onde novas informações são recebidas praticamente sem interagirem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ancorarem-se a conceitos pré-existentes específicos. A aprendizagem mecânica é

aquela que mais ocorre nas escolas sendo caracterizada pela memorização de conteúdo. “A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação” (MOREIRA, 2009, p. 9).

Para Moreira:

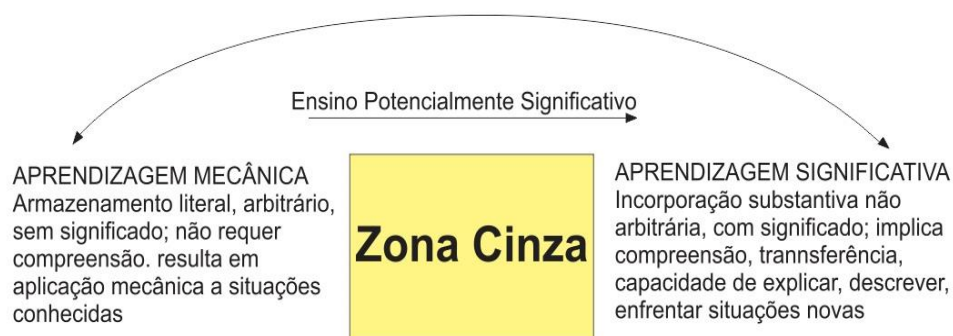
A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é natural, ou automática; é uma ilusão pensar que o aluno pode inicialmente aprender de forma mecânica pois ao final do processo a aprendizagem acabará sendo significativa; isto pode ocorrer, mas depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; na prática, tais condições muitas vezes não são satisfeitas e o que predomina é a aprendizagem mecânica. (MOREIRA, 2012, p. 12).

Dessa forma, as aprendizagens significativa e mecânica constituem um contínuo, onde a maior parte da aprendizagem ocorre na zona intermediária, chamada zona cinza como representado na figura 1. Além disso, um ensino potencialmente significativo facilita o caminho nessa zona cinza da AM para a AS.

Entretanto, a existência dessa zona cinza, implica em alguns esclarecimentos. Segundo Moreira (2012):

- A passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não ocorre de maneira natural ou automática. O aluno pode inicialmente aprender um conteúdo de forma mecânica, e ao final do processo à aprendizagem acabará sendo significativa ou não, dependendo do processo.
- A aprendizagem significativa ocorre de forma *progressiva*, pois a construção de um subsunçor surge de um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados, podendo assim levar tempo.
- A Aprendizagem significativa é um processo que envolve uma negociação de significados entre discente e docente e que pode ser longo. O significado é a parte mais estável do sentido e este depende do domínio progressivo de situações-problema e de situações de aprendizagem.

Figura 1: Esquema mostrando o contínuo entre a aprendizagem significativa e mecânica



Fonte: Adaptado de Moreira, 2012.

Ainda assim, para que o objetivo de se aprender significativamente seja alcançado, Ausubel (2003) propõem a utilização de tarefas e atividades chamadas Organizadores Prévios. Este é uma estratégia elaborada pelo educador quando o aprendiz não dispõe de subsunçores adequados que lhe permitam atribuir significados aos novos conhecimentos.

Nesta estratégia, o conteúdo é apresentado de forma a permitir que o novo conceito seja formado a partir de conceitos já existentes (JESUS e SILVA, 2004). Segundo Moreira e Masini (1982), o organizador prévio é:

Material introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, porém em nível mais alto de generalidade, inclusividade e abstração do que o material em si e, explicitamente, relacionado às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva e à tarefa de aprendizagem. Destina-se a facilitar a aprendizagem significativa, servindo de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender o novo material de maneira significativa. É uma espécie de ponte cognitiva (MOREIRA e MASINI, 1982).

De maneira simplificada, um organizador prévio é uma tarefa apresentada de forma introdutória que pode ser utilizado para suprir a deficiência de subsunçores. Ele pode ser um enunciado, uma questão, um filme, uma simulação, uma situação problema, entre outras diversas possibilidades.

Há dois tipos organizadores prévios, o expositivo que é utilizado quando o material de aprendizagem não é familiar ao estudante e o comparativo que é utilizado quando o novo material é familiar ao estudante.

Dessa forma, o organizador expositivo deve promover uma ancoragem de ideias em termos que são familiares aos estudantes, enquanto o organizador comparativo ajudará o aluno a integrar novos conhecimentos a estrutura cognitiva e, ao mesmo tempo diferenciá-los de conhecimentos já existentes nessa estrutura que possam ser confundidos (MOREIRA, 2009).

2.2. ENSINO HÍBRIDO

A concepção de ensino híbrido já é um pouco antiga, tendo surgido no ensino superior no contexto da educação à distância. Essa expressão é ligada fortemente a ideia de que a aprendizagem é um processo contínuo e que de fato pode ocorrer de diversas formas. Também conhecido como *blended learning*, o ensino híbrido se encontra bastante em evidência nesse início do século XXI (MORÁN, 2017).

Ele é uma metodologia que realiza uma combinação entre a aprendizagem online com a off-line, podendo permitir que o aluno estude sozinho em casa, ou presencialmente valorizando a interação entre grupos de alunos e o professor. (CHRISTENSEN, HORN e STAKER, 2013).

Na parte presencial, o professor propõe trabalhos, tarefas e atividades, em pequenos grupos, que foquem na interação interpessoal dos alunos, o que intensifica a troca de experiências entre eles. Já na parte realizada com o uso da tecnologia, o aluno se torna mais autônomo podendo até escolher onde estudar e o tempo de estudo.

Nesse processo de ensino híbrido, as Tecnologia digitais de informação e comunicação (TDICs) precisam ser integradas de modo que os estudantes possam adquirir um aprendizado com significado, em um ambiente que contemple ambos os espaços, presencial e virtual (NETTO e FERNANDES, 2017). Dessa forma, esses dois ambientes de estudo, o virtual e a sala de aula tornam-se complementares, sendo que, essa forma de ensino “proporciona ampliação do espaço da sala de aula, favorecendo a aprendizagem para além do espaço tradicional, proporcionando experimentos diversificados” (NETTO e FERNANDES, 2017, p. 3).

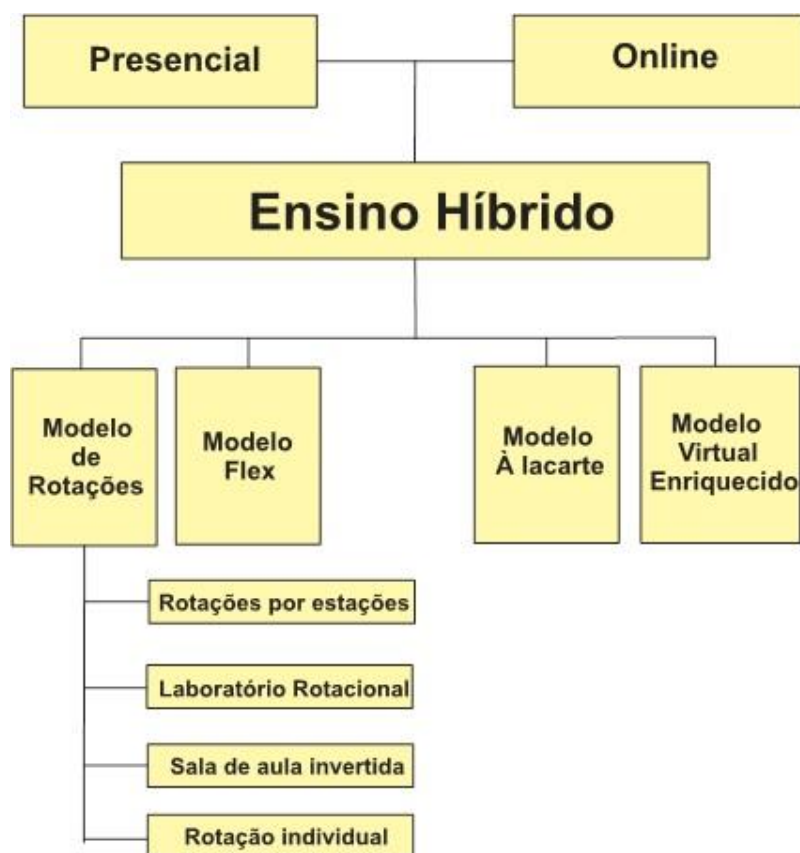
De acordo com Bacich:

O papel desempenhado pelo professor e pelos alunos sofre alterações em relação a proposta de ensino considerado tradicional, e as configurações das aulas favorecem momentos de interação, colaboração e envolvimento com as tecnologias digitais (BACICH, NETO, *et al.*, 2015).

O ensino híbrido tem suas modalidades organizadas de acordo com o esquema da figura 2, que mostra quatro modelos de ensino: Modelo de Rotações, Modelo Flex, Modelo à Lacarte e o Modelo Virtual Enriquecido. Nessa dissertação usamos somente o Modelo de Rotações, que por sua vez é dividido em Rotações por Estações, Laboratório Rotacional, Sala de Aula Invertida e Rotação Individual. Dentre essas quatro modalidades de Modelos de Rotações escolhemos nessa dissertação as Rotações por Estações, que será melhor detalhada a seguir juntamente com uma breve demonstração das outras modalidades.

Christensen, Horn e Staker (2013), propõe que no modelo de Rotações os alunos, em grupos previamente definidos, se revezam em atividades realizadas em um horário pré-determinado para cada tarefa. Essas atividades podem envolver realizações de experimentos em grupo, leitura e discussão de textos, simulações, atividades escritas, contudo dentre elas, uma deve ser necessariamente online.

Figura 2: As diversas propostas de ensino híbrido.



Fonte: Adaptado de BACICH, NETO, et al., 2015

A seguir, serão apresentadas de forma breve cada modelo proposto de Ensino Híbrido.

2.2.1. Modelo de Rotações

2.2.1.1. Rotações por estações

Neste modelo, os alunos são divididos em grupos, preferencialmente de forma heterogênea, de forma que alunos que tenham mais facilidade com os conteúdos façam parte de grupos com aqueles que têm mais dificuldade, para que assim haja um equilíbrio maior. As atividades de cada estação podem ser textos, vídeos, simulações, experimentos, jogos ou propostas online, planejadas de forma que a princípio possam ser realizadas sem ajuda do professor. É claro que em alguns grupos que estejam com mais dificuldade na realização das atividades, o professor pode estar mais próximo auxiliando esses alunos.

Bacich *at al* (2015), afirma que é importante que sejam valorizados os momentos de interação entre os estudantes trabalhando de forma colaborativa e aqueles momentos que eles possam trabalhar individualmente. Após um determinado tempo estipulado pelo professor, os grupos de alunos devem fazer a troca de estações, ou seja, eles irão trocar a atividade que está sendo desenvolvida. Cada estação possui uma atividade determinada pelo professor e todos os estudantes deverão passar por todas elas. Essas tarefas das estações não são planejadas de forma sequencial, ou seja, elas não dependem uma da outra, o que permite que um determinado conjunto de alunos possa começar por qualquer estação sem que isso influencie na execução da tarefa seguinte.

2.2.1.2. Laboratório rotacional

Este modelo de rotação mescla a sala de aula com laboratórios. Ele começa na sala de aula tradicional e em seguida adiciona uma rotação para um laboratório de ensino ou um computador. Os “Laboratórios Rotacionais frequentemente aumentam a eficiência operacional e facilitam o aprendizado personalizado, mas não substituem o foco nas lições tradicionais em sala de aula” (CHRISTENSEN, HORN e STAKER, 2013, p. 30).

2.2.1.3. Sala de aula invertida

Neste modelo o estudo é realizado em casa de forma online pelos alunos e a sala de aula é utilizada para discussões, resolução de atividades, entre outras propostas. Este modelo muda o modelo tradicional, sendo que, ele permite aos estudantes que se preparem e antecipem em casa, o conhecimento que será trabalho durante a aula presencial. A sala de aula invertida é bastante utilizada para promover o engajamento dos estudantes (BACICH, 2016).

Nesse método, o estudo do conteúdo que era feito em sala de aula agora é feito em casa, enquanto que a realização das tarefas e atividades propostas, que eram feitas em casa, agora são realizadas em sala de aula, daí o nome sala de aula invertida.

2.2.1.4. Rotação individual

Cada estudante deve cumprir uma lista de atividades, rotacionando individualmente de acordo com uma agenda determinada (BACICH, 2016). Logo, ao contrário dos outros modelos de rotação, os alunos não precisam necessariamente rotacionar por cada estação. Eles passarão apenas pelas atividades programadas de sua lista.

2.2.2 Modelo Flex

Este modelo permite que os estudantes se movam em horários flexíveis entre as atividades, de acordo com suas necessidades. Segundo Christensen, Horn e Staker (2013), o ensino online é caracterizado como a espinha dorsal do aprendizado mesmo que os alunos ainda realizem atividades presenciais.

2.2.3 Modelo À Lacarte

Neste modelo, pelo menos uma disciplina é realizada inteiramente online, podendo as outras serem presenciais, proporcionando aos estudantes mais flexibilidade sobre seus horários de estudo. Ele apresenta um cenário em que os estudantes podem optar em fazer diversos cursos totalmente online com o intuito de complementar os cursos presenciais.

Segundo Staker e Horn (2012), a modalidade de ensino híbrido mais comumente utilizada no ensino médio é o modelo à la carte. Ele inclui qualquer curso ou disciplina que um estudante faça inteiramente online enquanto também frequenta uma escola Física tradicional.

2.2.4 Modelo Virtual Enriquecido

Essa modalidade tem um potencial para economia de recursos financeiros nas escolas (CHRISTENSEN, HORN e STAKER, 2013).

O modelo virtual enriquecido é um modelo, que traz uma experiência para toda a escola que em cada matéria os alunos dividem seu tempo entre aprendizagem online e presencial, o aluno pode ir à escola uma vez na

semana, esse modelo também é considerado disruptivo, pois ele rompe com os modelos tradicionais de ensino existentes no país (GODINHO e GARCIA, 2016, p. 5).

No modelo Virtual Enriquecido, os alunos dividem o tempo entre o aprendizado em uma localidade física e a educação remota online. Dificilmente eles irão a uma sala de aula todos os dias da semana, entretanto, existem sessões obrigatórias presenciais no qual os estudantes devem comparecer.

2.3. USO DA APRENDIZAGEM ATIVA NO ENSINO DE FÍSICA

O processo de ensino baseado na simples transmissão de informações, característica do ensino tradicional, já foi considerado inadequado a bastante tempo por teóricos como Dewey (1978), Novak (1981). Eles evidenciaram a necessidade de se superar a educação bancária, com o aluno como sujeito passivo onde os conhecimentos são depositados e, dessa forma, torná-lo ativo no processo de ensino aprendizagem.

Dessa maneira, a aprendizagem ativa é geralmente definida como um método que permite o engajamento dos alunos ao processo de ensino aprendizagem, solicitando que os estudantes pensem e questionem sobre suas ações nas tarefas, e não apenas escutem o que está sendo passado a eles (PRINCE, 2004).

O ensino de Física vem se aperfeiçoando a cada ano que passa e isso decorre em parte devido ao crescimento acentuado das novas tecnologias de ensino que surgem no intuito de facilitar a aprendizagem dos alunos. Como diz Morán (2015, p. 16):

O que a tecnologia traz hoje é integração de todos os espaços e tempos. O ensinar e aprender acontece numa interligação simbiótica, profunda, constante entre o que chamamos mundo físico e mundo digital. Não são dois mundos ou espaços, mas um espaço estendido, uma sala de aula ampliada, que se mescla, e se hibridiza constantemente. Por isso a educação formal é cada vez mais *blended*, misturada, híbrida, porque não acontece só no espaço físico da sala de aula, mas nos múltiplos espaços do cotidiano, que incluem os digitais. O professor precisa seguir comunicando-se face a face com os alunos, mas também digitalmente, com as tecnologias móveis, equilibrando a interação com todos e com cada um. (MORÁN, 2015, p. 16).

Segundo Valente (2014, p.149), “A interação mediada pelas tecnologias digitais de informação tem como objetivo, a realização de ciclos de ações, facilitando o processo de construção de conhecimento ou a espiral de aprendizagem”.

Além disso, uma pesquisa realizada em duas turmas de ensino superior num trabalho de Netto e Fernandes (2017) aponta que 85,5% dos estudantes de uma das turmas alvo da pesquisa afirmaram não terem dificuldades para utilizar programas, computadores, aplicativos, redes sociais, entre outros. Essa boa relação dos jovens com as tecnologias pode contribuir muito para o uso dos modelos de aprendizagem híbrida.

Em relação às novas metodologias, Morán (2015, p. 17) afirma que:

Sob essa perspectiva, as metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos, ou seja, se o objetivo é tornar o aluno mais ativo em seu processo de aprendizagem, deve-se adotar metodologias que proporcionem a ele isso. Se queremos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes. Se queremos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa (MORÁN, 2015, p. 17).

Fernandes, Lockstein e Facin (2018), desenvolveram um trabalho, baseado em uma pesquisa que tinha como objetivo analisar o impacto na aprendizagem dos estudantes, utilizando como estratégia o modelo de rotações por estações. Ao final de sua pesquisa, os autores concluíram que a medida que o aluno vai avançando nas estações de aprendizagem, o conhecimento dos estudantes vai se aperfeiçoando e se tornando mais efetivo.

Masson, et al. (2018), mostrou que a cooperação entre a sala de aula e o ambiente é capaz de auxiliar no desenvolvimento da capacidade de interpretação, criatividade, contribuindo para a diminuição da evasão escolar.

Os modelos de ensino que acabam caindo dentro da zona híbrida estão em uma trajetória sustentada em relação à sala de aula tradicional (CHRISTENSEN, HORN e STAKER, 2013). Com isso, temos uma poderosa combinação entre a aprendizagem ativa e híbrida para desenhar formas interessantes de ensinar e aprender. A aprendizagem ativa focaliza no papel protagonista do aluno, ao seu envolvimento, buscando o tornar participativo e reflexivo em todas as etapas do processo com a

orientação do professor, enquanto a aprendizagem híbrida destaca a flexibilidade, compartilhamento de espaços, tempos, atividades, materiais, técnicas e tecnologias que compõem esse processo ativo.

Dessa forma, as metodologias ativas são estratégias de ensino que podem proporcionar uma aprendizagem significativa do conhecimento que é trabalhado pelos alunos. Nelas o professor deixa de ser o centro do processo e apenas um transmissor de conhecimentos, se tornando um mediador. Já os alunos, deixam de ser aqueles receptores passivos de informações, passando a ter papel ativo na construção do conhecimento.

2.4. O ENSINO DE ÓPTICA E FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Segundo Silva e Tavares (2005), o ensino da óptica através do método narrativo tradicional não têm permitido uma adequada contextualização com a realidade dos alunos.

A aprendizagem de Física é ensinada nos dias atuais de forma mais efetiva a partir do primeiro ano do ensino médio e vem enfrentando várias dificuldades oriundas de diversos fatores como má formação das séries iniciais, por exemplo.

Ao se estudar Óptica no Ensino Médio o enfoque, na maior parte das vezes, é a Óptica geométrica, onde os elementos são representados por retas e pontos e se ignorando, por exemplo, que a luz se propaga num espaço tridimensional e que há fontes de luz. Também é desconsiderado, aspectos de sua natureza, da interação com a matéria e sua ligação com o processo de visão (GIRCOREANO e PACCA, 2001). Dessa maneira, alguns trabalhos publicados mostram que essa realidade do ensino está sendo alterada com as novas formas e metodologias de aprendizagem.

Albuquerque, Santos e Ferreira (2014), produziram um trabalho buscando seguir os parâmetros curriculares atuais e, dessa forma, provocando uma mudança na abordagem usual. Em seu trabalho, eles desenvolveram uma proposta baseada na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos para promover uma participação mais efetiva dos estudantes e melhor compreensão dos assuntos tratados e, finalmente, tiveram resultados positivos com todas as turmas onde a proposta foi trabalhada.

Em outra proposta envolvendo óptica, Nunes (2015), dissertou sobre sua pesquisa que diz respeito a construir um roteiro de práticas que possam auxiliar professores do

9º ano do ensino fundamental em suas aulas experimentais de óptica, com ênfase em espelhos planos. Neste trabalho ele tinha como objetivo central promover a integração teoria-prática baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

A mediação de atividades experimentais e diferenciadas pelo professor exige do mesmo uma formação específica e continuada, a fim de que não haja prejuízo no que diz respeito à conceitos e condução dos experimentos (NUNES, 2015). Da mesma maneira, atividades e projetos que utilizam modelos híbridos e novas tecnologias também necessitam do mínimo de preparo do professor para conduzir as propostas. Além disso, a Física é uma ciência que avança a cada ano com novas pesquisas e descobertas, sendo assim, necessário que o currículo do ensino médio (EM) seja sempre atualizado. A preocupação de incluir tópicos mais recentes de FMC no EM já vem sendo uma preocupação desde a década de 90 (TERRAZZAN, 1992).

Entretanto, a ausência da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio, nas escolas públicas principalmente, é uma realidade e, pode ser considerada uma falha grave, já que na sociedade atual quase metade dos recursos tecnológicos existentes fazem uso de conceitos relacionados à FMC (ANTONOWISKI, ALENCAR e ROCHA, 2017).

É de suma importância que o estudante do ensino médio conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente poderá definir a sua carreira profissional. Daí a importância de se introduzir conceitos básicos de FMC e, em especial, de se fazer uma ponte entre a Física da sala de aula e a Física do cotidiano (VALADARES e MOREIRA, 1998).

Em uma larga revisão bibliográfica no ano de 2000, analisando artigos publicados, Moreira e Ostermann destacam inúmeras razões para se introduzir os tópicos de FMC na escola média. Dentre essas razões, destacam-se:

Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próximo a eles;

Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;

É do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;

É mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;

Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p. 24).

Ostermann e Moreira (2000), concluem que uma questão desafiadora é a escolha de quais temas de FMC deveriam ser ensinados nas escolas ou, da mesma forma, quais temas de FMC deveriam ser objeto de especial atenção na formação de professores de Física com vistas a uma adequada transposição didática para o ensino médio.

Encontra-se há décadas essa discussão sobre inserção de temas de FMC em aulas de Física está presente na literatura da área de Ensino de Física. No início, a maior preocupação era com as justificativas para o ensino de FMC no EM, hoje, a maior preocupação está relacionada a como fazer a inserção da FMC no EM e quais as dificuldades para aplicar as propostas na sala de aula (EVANGELISTA, 2016).

Em suma, o que se percebe com a análise dos trabalhos e revisões desenvolvidas é que o ensino de FMC no EM é uma preocupação do meio acadêmico e que sua inserção já foi aceita e justificada. Atualmente, as discussões estão voltadas no aspecto de qual a melhor maneira e como introduzir esses temas em sala de aula e na formação dos professores

3. PRINCÍPIOS FÍSICOS DA ÓPTICA, DO FUNCIONAMENTO DO OLHO HUMANO E DO EFEITO FOTOELÉTRICO

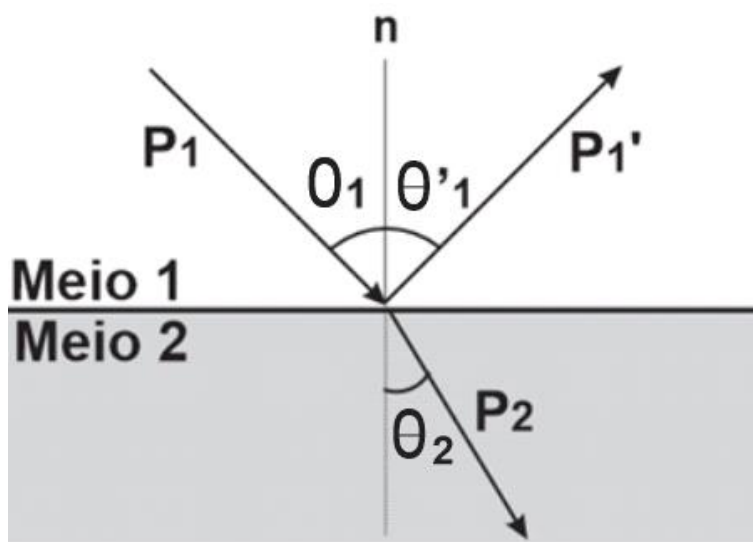
Neste capítulo serão apresentados os conteúdos científicos relacionados ao tema abordado na sequência didática em um nível de profundidade superior ao do ensino médio com o objetivo de dar suporte aos professores caso necessitem.

3.1 ÓPTICA

3.1.1 Leis da Reflexão e da Refração

Em um meio homogêneo como o ar ou um líquido puro transparente ou ainda no vácuo do espaço interestelar, a luz se propaga aproximadamente em linha reta. Quando a luz passa de um meio homogêneo transparente para outro ocorrem os fenômenos da reflexão e refração do raio luminoso como ilustra a figura 3.

Figura 3: Ângulos de reflexão e de refração. P_1 é o raio de luz incidente. P_1' é o raio de luz refletido. P_2 é o raio de luz refratado. θ_1, θ_1' são os ângulos de incidência e reflexão respectivamente e θ_2 é o ângulo de refração.

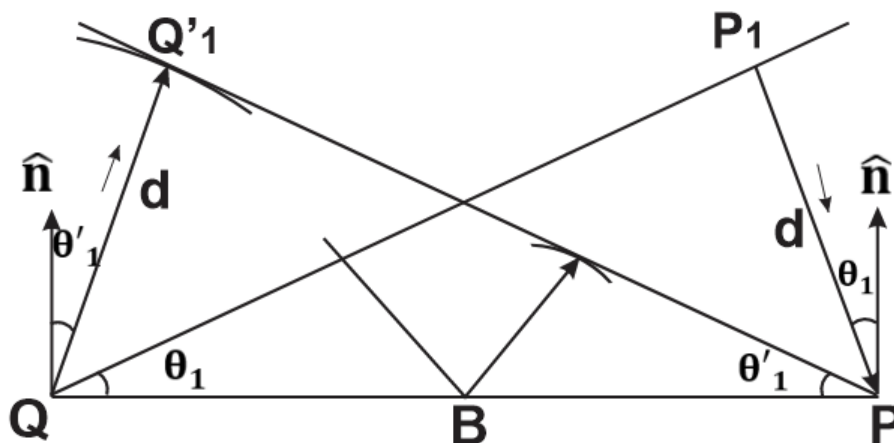


Fonte: Adaptada de Nussenzveig, 1998.

Apesar desses fenômenos poderem ser descritos pelas leis da óptica geométrica, eles são melhor compreendidos através da óptica ondulatória. Dessa maneira, utilizando o

princípio de Huygens⁴, podemos obter a lei da reflexão a partir da figura 4, onde QP_1 representa uma frente de onda incidente segundo um ângulo θ_1 .

Figura 4: Explicação ondulatória da reflexão. P, P_1 , Q, Q_1 e B são pontos de um mesmo plano onde passarão frentes de onda.



Fonte: Adaptada de Nussenzveig, 1998.

O ponto P_1 da frente de onda incidente QP_1 chega à interface após o intervalo de tempo:

$$t = \frac{d}{v_1} \quad , \quad (1)$$

sendo v_1 a velocidade da onda luminosa no meio 1. No mesmo instante, a frente de onda refletida que parte do ponto Q chega ao ponto Q'_1 , formando a frente de onda Q'_1P . Visto que $QQ'_1 = d$, os triângulos QP_1P e QQ'_1P são congruentes, e assim:

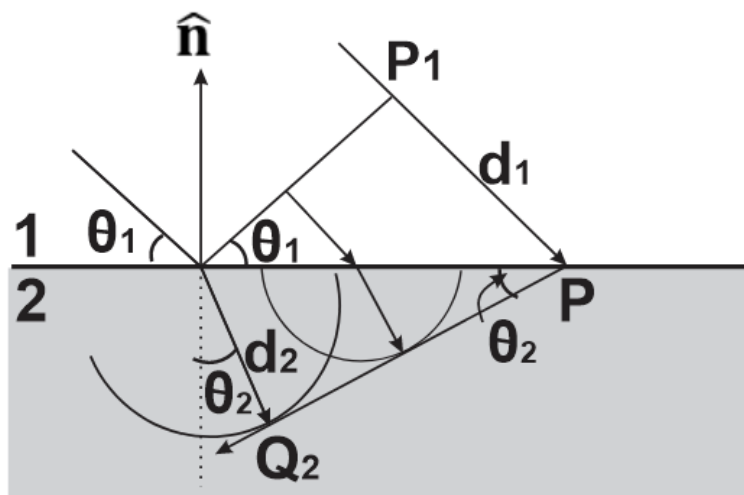
$$QQ'_1 = PP_1 = d \Rightarrow \theta_1 = \theta'_1 \quad . \quad (2)$$

Com isso, a 1ª lei da reflexão nos diz que o ângulo de incidência θ_1 de um raio que incide sobre uma superfície refletora é igual a seu ângulo de reflexão θ'_1 , sendo esses ângulos medidos em relação à normal \hat{n} a essa superfície.

⁴ Christian Huygens (1629-1695) foi um físico, matemático e astrônomo holandês que desenvolveu vários trabalhos inclusive relacionados à teoria ondulatória da luz. Seu princípio diz que cada ponto de uma frente de onda se constitui em uma nova fonte pontual, produzindo ondas que se propagam com mesma frequência que as ondas originais.

De maneira análoga, partindo da figura 5 podemos mostrar a lei da refração.

Figura 5: Explicação ondulatória da refração. P, P₁, Q e Q₂ são pontos de um mesmo plano por onde irão passar frentes de onda. θ_1 e θ_2 são os ângulos de incidência e refração destas frentes de onda.



Fonte: Adaptado de Nussenzveig, 1998.

De acordo com a figura 5, a frente de onda incidente QP_1 ao chegar na superfície de separação entre os dois meios, passa parcialmente para o meio 2 gerando a onda refratada Q_2P . Visto que a frequência não muda, o tempo de um ciclo, necessário para a onda percorrer a distância d_1 , no meio 1, e d_2 , no meio 2, são iguais. Dessa forma, temos:

$$t = \frac{d_1}{v_1} = \frac{d_2}{v_2} \Rightarrow \frac{d_1}{d_2} = \frac{v_1}{v_2}, \quad (3)$$

sendo v_1 e v_2 as velocidades das ondas nos meios 1 e 2, respectivamente. Nos triângulos QP_1P e QQ_2P , temos que as distâncias são:

$$d_1 = QP \operatorname{sen}\theta_1, \quad d_2 = QP \operatorname{sen}\theta_2, \quad (4)$$

E assim, obtemos:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{QP \operatorname{sen}\theta_1}{QP \operatorname{sen}\theta_2} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{QP \operatorname{sen}\theta_1}{QP \operatorname{sen}\theta_2}, \quad (5)$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_2} = \frac{\text{sen}\theta_1}{\text{sen}\theta_2}, \quad (6)$$

O índice de refração n de um meio em relação ao vácuo é dado por:

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

sendo c a velocidade da luz no vácuo. Dessa maneira, a equação 6 se torna:

$$n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2, \quad (7)$$

Que consiste na lei descoberta no ano de 1621 por Willebrord Snell, conhecida como a lei de refração ou também Lei de Snell.

3.1.2 Lentes delgadas e formação de imagens

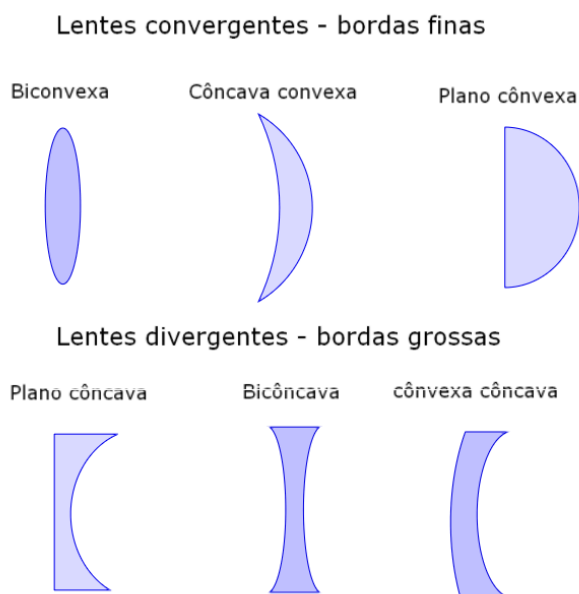
3.1.2.1 Propriedades das lentes e tipos de imagens

Uma lente é um objeto transparente limitado por duas superfícies refratoras e um eixo central comum. A lente é chamada de delgada quando sua espessura máxima é pequena em comparação com as demais distâncias dos pontos da lente (RESNICK et al., 2009). Elas podem ser:

- Convergentes: a lente faz com que os raios luminosos incidentes de forma paralela sobre seu eixo central se aproximem do mesmo;
- Divergentes: a lente faz com que os raios luminosos incidentes de forma paralela sobre seu eixo central se afastem do mesmo;

A figura 6 apresenta os 6 tipos de lentes separadas em dois grupos, as lentes de bordas finas convergentes e as lentes de bordas grossas divergentes, isso no caso de o índice refração da lente ser maior do que o índice de refração do meio onde ela está imersa. Caso o índice de refração da lente seja menor do que o índice de refração do meio teremos o comportamento oposto, isto é, as lentes de bordas finas serão divergentes e as de bordas grossas serão convergentes.

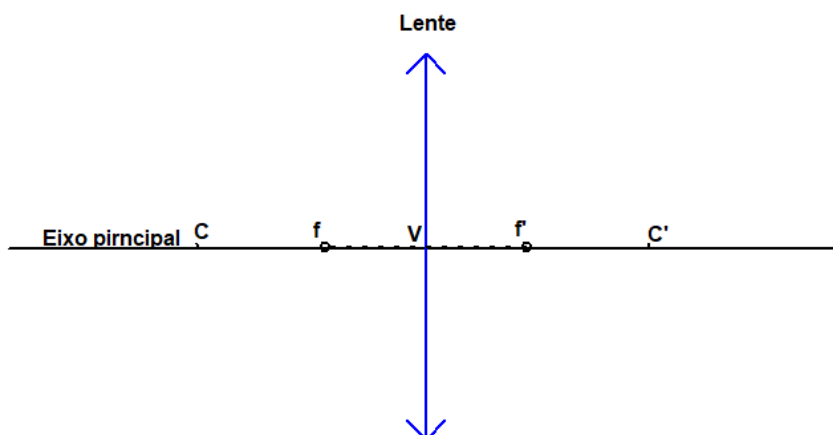
Figura 6: Representação dos tipos de lentes de bordas finas e lentes de bordas grossas quando o índice de refração da lente é maior do que o índice de refração do meio.



Fonte: Autor.

Entretanto, as lentes delgadas de bordas finas e bordas grossas como mostra a figura 6, são classificadas como convergentes e divergentes sempre que seu índice de refração for maior que o índice de refração do meio em que elas estão inseridas. Logo, quando o índice de refração de uma lente de borda fina for menor que o do meio em que ela está, essa lente irá se comportar como uma lente divergente. Da mesma forma, quando uma lente de bordas grossas possuir um índice de refração menor que o do meio em que ela se encontra, ela irá se comportar como uma lente convergente. As lentes delgadas ainda possuem alguns pontos importantes conhecidos como elementos de uma lente. A figura 7 apresenta estes elementos para uma lente delgada.

Figura 7: Representação de uma lente delgada convergente e seus elementos óticos.



Fonte: Autor.

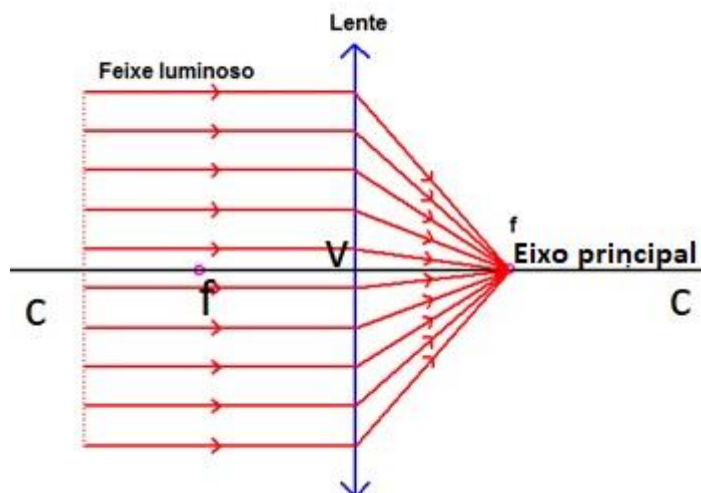
O foco antiprincipal do objeto (C) e da imagem (C') também são conhecidos como centro de curvatura da lente e representam a medida do raio da esfera que tem como superfície a lente esférica. Essa distância corresponde ao dobro da distância focal da lente.

O centro ótico ou vértice da lente (V) para uma lente delgada é o ponto de simetria da lente. Já o eixo principal é uma linha imaginária que contém os elementos da lente.

O chamado ponto focal objeto (f) e ponto focal imagem (f') de uma lente convergente, consiste num ponto de convergência de todos raios luminosos que incidem paralelos ao eixo central, após atravessarem a lente. Nas lentes divergentes esse ponto focal também existe, mas nele convergem os prolongamentos dos raios luminosos incidentes paralelos ao eixo central após atravessarem a lente (KNIGHT, 2009).

A figura 8 representa como os raios do feixe luminoso incidente paralelamente ao eixo ótico, convergem todas para o ponto focal, no caso de uma lente convergente.

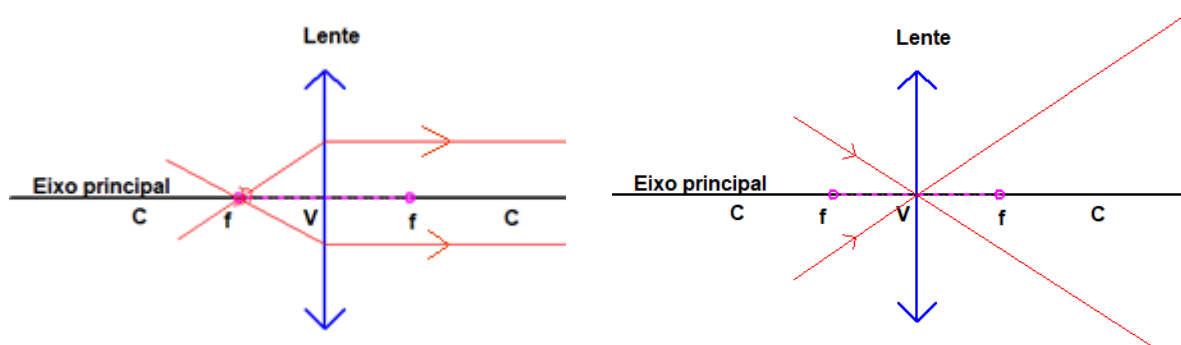
Figura 8: Feixe incidente paralelo em uma lente convergente convergindo para o foco f .



Fonte: Autor.

Para o tipo de lente convergente a posição dos raios não será alterada caso, os sentidos dos raios na figura 8 e sejam invertidos e a Lei de Snell se manterá válida. Uma outra propriedade das lentes é que todo raio de luz que incide na lente passando pelo foco é refratado paralelamente ao eixo principal. Além disso, todo raio de luz que incide em direção ao vértice da lente não sofre desvio. A figura 9 demonstra essas duas propriedades.

Figura 9: Representação de raios de luz que incidem na lente convergente passando pelo foco e raios de luz que incidem na lente passando pelo vértice.

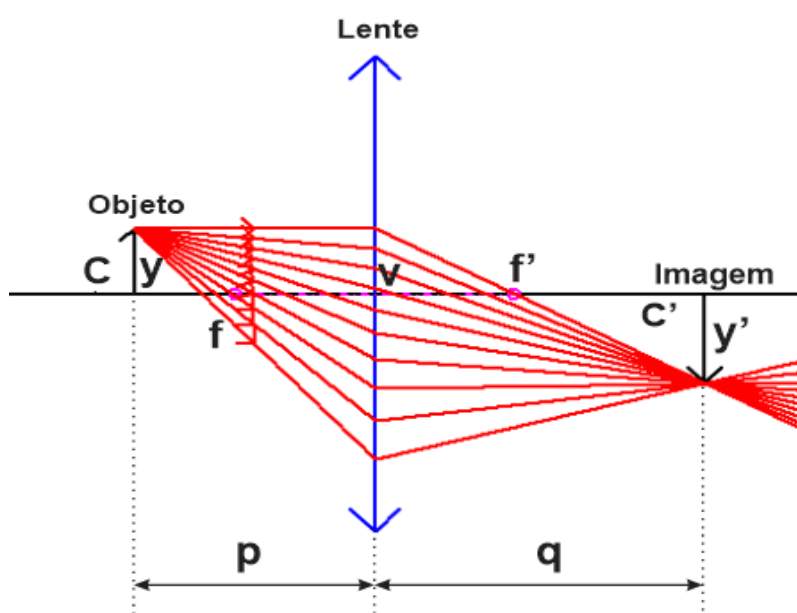


Fonte: Autor.

Se um objeto for colocado em frente destas lentes a uma determinada distância da mesma, os raios provenientes do objeto serão refratados pela lente formando assim uma imagem com características particulares.

A figura 10 demonstra a formação de um tipo de imagem que a lente convergente produz.

Figura 10: Formação da imagem real na lente convergente para um objeto colocado entre o foco e o centro de curvatura da lente.



Fonte: Autor.

A partir da figura 10 nota-se que os raios provenientes do ponto onde se encontra o objeto se refratam na lente e convergem para um ponto comum no lado oposto da lente. Este local onde os raios refratados se encontram é onde ocorre a formação da imagem e por esta característica é conhecida como imagem real (KNIGHT, 2009).

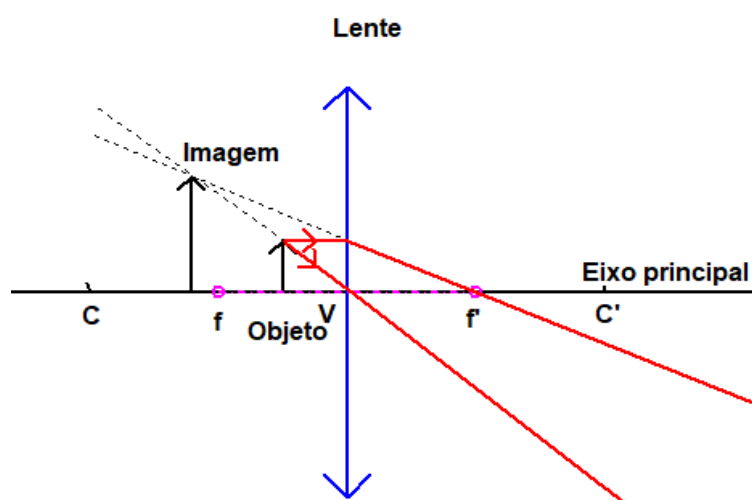
Uma outra característica desta construção com lentes convergentes da figura 10 é que a imagem do objeto formada se encontra invertida em relação ao mesmo, além de seu tamanho e distância em relação a lente terem sido alterados. Sendo assim, o aumento linear m da imagem pode ser calculado por meio da semelhança de triângulos aplicada na figura 9, sendo p e q as distâncias entre o objeto e a lente e entre a imagem e a lente, respectivamente

Fazendo isso obtemos o resultado:

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{q}{p}. \quad (8)$$

Quando o objeto se encontra entre o foco e a lente temos a formação de uma imagem virtual, localizada no mesmo lado do objeto como mostrado na figura 11.

Figura 11: Formação da imagem virtual na lente convergente quando o objeto se encontra entre o foco e a lente.

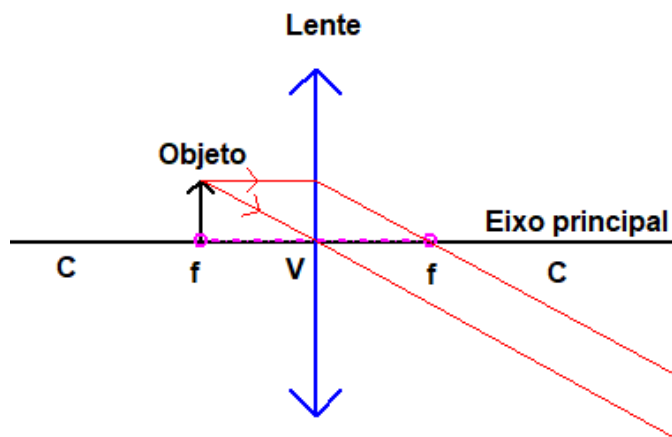


Fonte: Autor.

Neste caso, após a refração dos raios na lente convergente, nota-se que no lado direito eles se afastam cada vez mais à medida que a distância em relação a lente aumenta, logo, a imagem real não se formará. Nesta situação, a imagem se forma pelo prolongamento dos raios, representados na figura 11 pelas linhas tracejadas. Dessa maneira, a imagem do objeto surge no mesmo lado que o próprio objeto, de forma direita ou não invertida e com um aumento linear. A este tipo de imagem, formada pelos prolongamentos dos feixes, é dado o nome de imagem virtual.

Ainda na lente convergente, quando o objeto é posicionado exatamente sobre o foco da lente, não há formação de imagem do objeto, pois os raios de luz refratam paralelos, ou seja, eles nunca se encontram para a formação da imagem. Este caso também é conhecido como imagem imprópria apresentado na figura 12.

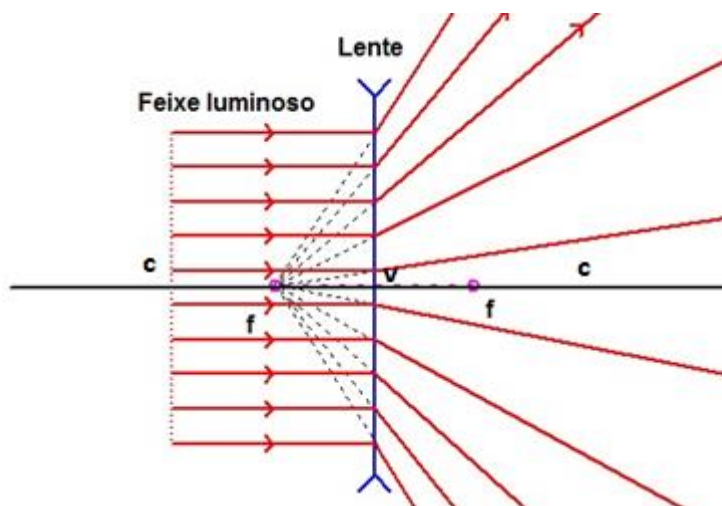
Figura 12: Objeto posicionado sobre o foco de uma lente convergente mostrando que não à formação de imagem.



Fonte: Autor.

Já para o caso das lentes divergentes, todo raio incidente paralelamente ao eixo óptico refrata se afastando uns dos outros, entretanto, os prolongamentos desses raios convergem todos para o ponto focal como mostra a figura 13.

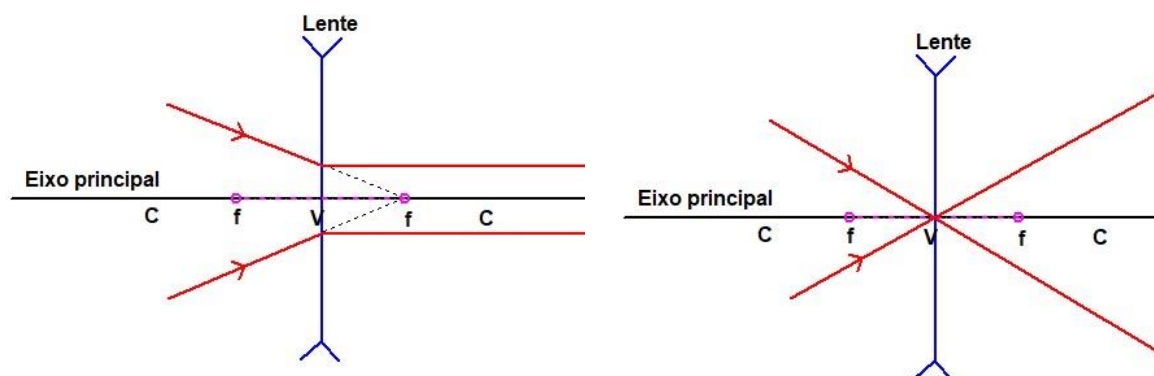
Figura 13: Feixe incidente em uma lente divergente.



Fonte: Autor.

Esse tipo de lente também possui algumas propriedades em relação a propagação dos raios de luz incidentes sobre elas. Todo raio de luz que incide na lente em direção ao foco imagem é refratado paralelamente ao eixo principal. Além disso, todo raio de luz que incide na lente divergente passando pelo vértice da mesma não sofre nenhum desvio. A figura 14 demonstra essas características.

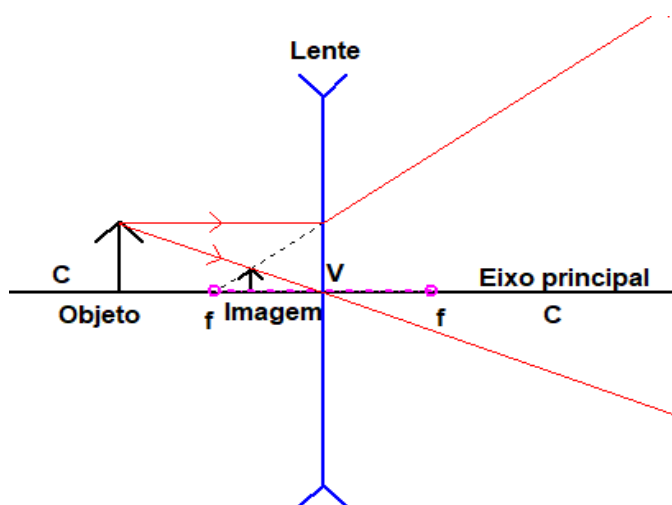
Figura 14: Representação de raios de luz que incidem na lente divergente passando em direção ao foco imagem e os raios de luz que incidem na lente em direção ao seu vértice.



Fonte: Autor.

Se um objeto for colocado à frente da lente divergente a formação da imagem será como representada na figura 15.

Figura 15: Formação de uma imagem virtual na lente divergente.



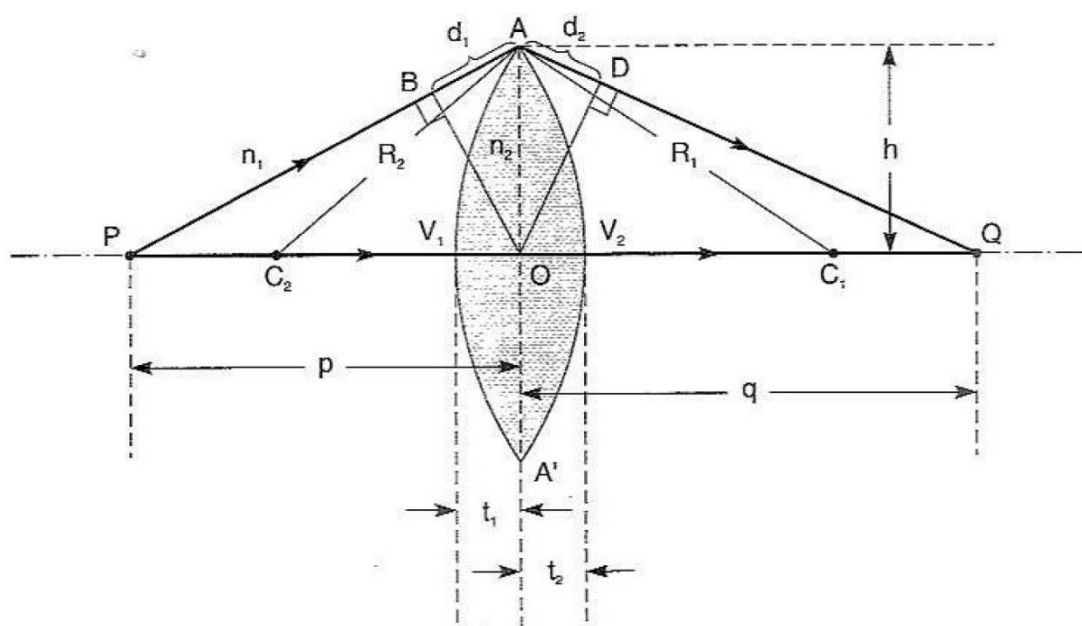
Fonte: Autor.

Logo, toda imagem produzida por uma lente divergente é formada a partir do prolongamento dos raios, o que implica que todas as imagens geradas são virtuais e direitas para qualquer posição que se encontre o objeto a frente da lente. Ainda assim, o aumento linear aparente pode ser calculado utilizando a equação (8), o que mostrará que a imagem será sempre menor que o objeto.

3.1.2.2 Relação entre as distâncias do objeto e da imagem à lente

A partir das formações das imagens representadas anteriormente é de se notar que, em geral, a imagem difere do objeto no tamanho, na distância à lente e na orientação vertical. Nessa análise, considere a lente biconvexa representada na Figura 16.

Figura 16: Esquema de uma lente delgada biconvexa. Um feixe luminoso incide do ponto P em direção ao ponto Q passando pelo ponto A, enquanto outro feixe luminoso incide do ponto P em direção ao ponto Q passando pelo centro ótico (O) da lente.



Fonte: Nussenzveig, 1998.

Para a lente delgada, é possível obter uma relação entre as distâncias do objeto e da imagem à lente, representadas por p e q , respectivamente utilizando o princípio de Fermat. Segundo Nussenzveig (1998), este princípio diz que o caminho ótico, ou seja, o caminho percorrido pela luz em um meio, é estacionário em relação a pequenas variações. “Em outras palavras, o princípio é que a luz toma a trajetória tal que existam muitos outros caminhos que levam exatamente quase o mesmo tempo” (FEYNMAN, 2008).

Nussenzveig (1998), ainda afirma que uma das consequências ocasionadas do princípio de Fermat é que se existem diversos caminhos óticos estacionários, todos eles ligando dois pontos, esses caminhos devem necessariamente ser iguais.

Dessa maneira, utilizando esta consequência do princípio de Fermat de que o caminho do feixe óptico [PAQ] na figura 16 deve ser igual ao caminho [POQ], temos que a diferença entre eles deve ser:

$$[\text{PAQ}] - [\text{POQ}] = 0 \quad (9)$$

Como o segmento OB é perpendicular a AP e OD é perpendicular a AQ, aproximação de lente delgada e raios que fazem um pequeno ângulo com o eixo ótico, ou seja, raios paraxiais, permite dizer que $\overline{BP} \cong \overline{PO}$ e $\overline{DQ} \cong \overline{OQ}$. Na figura 16, esses tamanhos estão exagerados. Sendo assim, a diferença PAQ – POQ tem duas componentes. A primeira componente devido a diferença das distâncias percorridas pela luz é:

$$[\text{PAQ}] = n_1 d_1 + n_1 d_2 \quad (10)$$

$$[\text{PAQ}] = n_1 (d_1 + d_2) \quad (11)$$

Onde n_1 e n_2 são respectivamente os índices de refração do meio externo e da lente. Já a segunda componente é dada quando se substitui n_1 por n_2 no trajeto $V_1 V_2$ que representa a espessura da lente, logo:

$$\text{POQ} = (n_2 - n_1) \overline{V_1 V_2} \quad (12)$$

$$\text{POQ} = (n_2 - n_1)(t_1 + t_2) \quad (13)$$

Assim sendo, o princípio de Fermat resulta em:

$$0 = [\text{PAQ}] - [\text{POQ}] \quad (14)$$

$$\therefore n_1 (d_1 + d_2) - (n_2 - n_1)(t_1 + t_2) = 0 \quad (15)$$

Como $\overline{PB} \cong \overline{PO} = p$, podemos aplicar o teorema de Pitágoras no triângulo PAO, sendo que $\overline{AO} = h$, temos:

$$\text{PA}^2 = \text{PO}^2 + \text{AO}^2 \quad (16)$$

$$(PB + d_1)^2 = PO^2 + AO^2 \quad (17)$$

$$(p + d_1)^2 = h^2 + p^2 \Rightarrow h^2 = (p + d_1)^2 - p^2 \quad (18)$$

$$\therefore h^2 = p^2 + 2pd_1 + d_1^2 - p^2 \Rightarrow h^2 = 2pd_1 + d_1^2 \quad (19)$$

O termo d_1^2 se torna muito pequeno para lente delgada, logo, desprezando o termo d_1^2 , temos:

$$d_1 = \frac{h^2}{2p} \quad (20)$$

Analogamente, no triângulo AOQ, temos:

$$d_2 = \frac{h^2}{2q} \quad (21)$$

Da mesma maneira, nota-se que no triângulo AOC₁, $C_1V_1 = C_1A = R_1$, onde R_1 é o raio de curvatura da lente. Dessa forma, aplicando o teorema de Pitágoras no triângulo AOC₁, temos:

$$R_1^2 = C_1O^2 + AO^2 \quad (22)$$

$$R_1^2 = (R_1 - t_1)^2 + h^2 \Rightarrow h^2 = 2R_1t_1 - t_1^2 \quad (23)$$

Novamente, para a lente delgada a espessura máxima da lente é muito pequena em relação as demais distâncias, logo, as distâncias t_1 e t_2 são muito pequenas comparadas as demais. Dessa forma, desprezando o termo t_1^2 , temos:

$$t_1 = \frac{h^2}{2R_1} \quad (24)$$

De maneira análoga:

$$t_2 = -\frac{h^2}{2R_2} \quad (25)$$

Substituindo as equações (20), (21), (24) e (25) em (15), temos:

$$n_1 \left(\frac{h^2}{2p} + \frac{h^2}{2q} \right) - (n_2 - n_1) \left(\frac{h^2}{2R_1} - \frac{h^2}{2R_2} \right) = 0 \quad (26)$$

$$n_1 \frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q} \right) - (n_2 - n_1) \frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = 0 \quad (27)$$

Dividindo por n_1 em ambos os lados:

$$\frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q} \right) = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \frac{h^2}{2} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (28)$$

Dividindo por $h^2/2$ em ambos os lados da equação (28), temos:

$$\therefore \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q} \right) = (n_{12} - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (29)$$

Onde n_{12} é o índice de refração do meio 1 em relação ao meio 2.

Nota-se que pela equação 29 que se $p \rightarrow \infty$, q vai diminuindo gradativamente. De certa maneira, quando o ponto P da figura 16 se afasta, o ponto Q se aproxima, e vice versa. Logo, conforme o ponto P da figura 16 vai ao infinito, o ponto Q onde se forma a imagem se movimenta em direção a lente até atingir uma determinada distância conhecida como distância focal (f). Dessa forma, se os raios de luz paralelos incidem na lente, eles se encontrarão no foco.

Logo, a equação (29) se torna:

$$\frac{1}{f} = (n_{12} - 1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (30)$$

$$\therefore \frac{1}{f} = \left(\frac{1}{p} + \frac{1}{q} \right) \quad (31)$$

A equação (31) é a fórmula básica para lentes delgadas na forma gaussiana que foi obtida por Karl Friedrich Gauss, conhecida como equação dos pontos conjugados ou também como Lei de Gauss e demonstra a relação entre as distâncias do objeto e da imagem em relação a uma lente esférica.

3.2. O PROCESSO DA VISÃO HUMANA

3.2.1. Acomodação e defeitos visuais

Dentro do olho humano existem diversos músculos responsáveis pela movimentação do mesmo. Ao contrário do que se pensa, é a córnea a maior responsável pela refração dos raios luminosos que incidem sobre o olho, pois a diferença acentuada entre os índices de refração do ar e da córnea causam uma significativa refração dos raios de luz. Contudo, essa diferença de índice de refração entre o humor aquoso e o cristalino é bem menor, o que causa uma refração bem menos intensa. Assim, o cristalino tem mais a função de um ajuste final da refração luminosa (KNIGHT, 2009). Segundo Tipler e Mosca (2011), o formato da lente do olho pode ser alterado por meio da ação dos músculos ciliares responsáveis por este controle. Isso permite que a distância focal do sistema de lentes possa mudar, e dessa maneira, quando este músculo está relaxado a pessoa consegue focalizar um objeto muito distante e o seu foco visual passa a ser máximo. Em contrapartida, quando este músculo se contrai ele proporciona um leve aumento na curvatura da lente, provocando assim uma diminuição na distância focal. Este é o processo conhecido como acomodação visual. A maior distância que um olho normal é capaz de focalizar é chamado de ponto distante (PD) e tende ao infinito, enquanto que a menor distância é chamada de ponto próximo (PP) e correspondente a uma distância de aproximadamente 25 centímetros. Logicamente, é possível enxergar um objeto próximo a uma distância inferior à do ponto próximo, entretanto a imagem é sem nitidez (NUSSENZVEIG, 1998). Essas distâncias focais e a chamada acomodação visual sofrem alterações durante o decorrer da vida e a mudança de idade de um indivíduo. Uma criança por exemplo, pode ter uma distância focal com cerca de 10 centímetros a menos do que a de um adulto. O PP de uma pessoa começa a aumentar geralmente a partir dos 40 anos (KNIGHT, 2009) devido a alterações na flexibilidade da lente, acarretando a perda na

acomodação visual, sendo esse defeito visual chamado de presbiopia que pode ser corrigido utilizando-se uma lente corretora convergente.

Além da presbiopia, outro defeito refrativo do olho é a miopia que acontece quando a pessoa possui um olho mais alongado do que o normal dificultando o indivíduo de enxergar de longe. Isso afeta a visão de maneira que os objetos mais distantes são focados em um ponto anterior à retina. Para corrigir este problema, são utilizadas lentes divergentes para que os raios luminosos formem a imagem novamente sobre a retina.

Outra possibilidade de defeito visual é a hipermetropia que ocorre quando um indivíduo possui um olho mais curto do que o normal, fazendo com que os raios luminosos refratados pelo olho de objetos próximos sejam focalizados após a retina, dessa maneira, a dificuldade da pessoa é de enxergar de perto enquanto não a problema para observar objetos distantes. Para que a hipermetropia seja corrigida é necessário utilizar lentes corretivas convergentes que irão aumentar a convergência dos raios no olho trazendo a formação da imagem novamente para a retina e proporcionando sua nitidez.

Astigmatismo é o último defeito visual tratado neste trabalho. Segundo Tipler e Mosca (2011), o astigmatismo ocasiona uma irregularidade na córnea de maneira que ela não seja totalmente esférica resultando na falta de nitidez de objetos. Para que este problema seja corrigido, são utilizadas lentes cilíndricas ao invés das esféricas como na presbiopia, miopia e hipermetropia.

As lentes corretivas para problemas visuais são prescritas por sua convergência C que tem relação direta com a distância focal (f)

$$C = \frac{1}{f}, \quad (32)$$

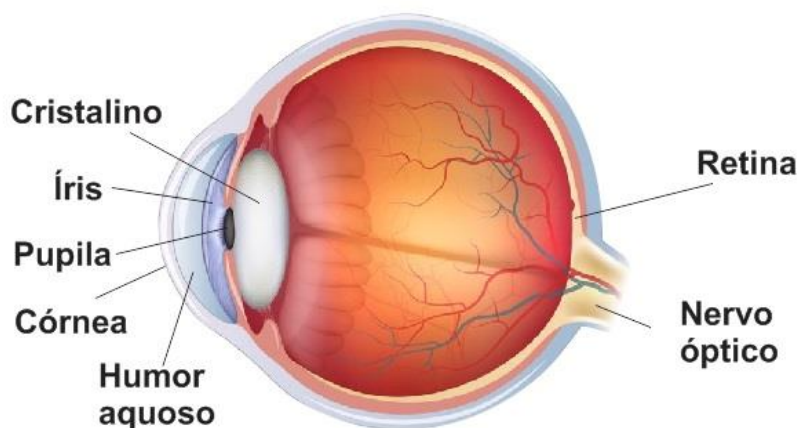
onde a unidade de medida da convergência de uma lente é a dioptria (D).

3.2.2 Descrição do olho humano

O olho humano, assim como vários equipamentos ópticos tais como a câmera fotográfica, o telescópio, entre outros, também funciona por meio de lentes que controlam e direcionam a passagem da luz. As principais partes do olho humano

relacionadas ao processo óptico da visão estão representadas na figura 17. Os demais componentes e detalhes biológicos não serão comentados neste trabalho.

Figura 17: Esquema de um olho humano mostrando os principais componentes relacionados ao processo da visão.



Fonte: Adaptado de Pro Visu, 2019.

Vilela (2019) descreve as principais partes do olho relacionada à visão:

- Córnea: é uma estrutura transparente externa meio abaulada que funciona como uma lente convergente sendo a principal superfície refratora do olho;
- Humor aquoso: é um fluido aquoso situado entre a córnea e o cristalino;
- Íris: é uma estrutura muscular que possui variadas cores.
- Pupila: é um orifício central à íris responsável por controlar a quantidade de luz que entra no olho. A pupila consegue este controle variando seu diâmetro de acordo com a quantidade de luz do ambiente;
- Cristalino: é uma lente biconvexa coberta por uma membrana transparente e está situada na parte de trás da pupila. Sua função é de orientar toda a luz que passa pelo olho até a retina. Além disso, o cristalino funciona como uma superfície refrativa do olho, também está relacionado à acomodação visual através do relaxamento dos músculos ciliares que podem fazer com que ele aumente ou diminua de tamanho.

- Retina: é a estrutura fundamental do olho. É a membrana mais interna e está debaixo da coroide, composta por várias camadas celulares designadas de acordo com sua relação ao centro do globo ocular.

Toda a luz incidente ao olho é refratada pelo conjunto de lentes do olho que direciona esse feixe para que a imagem seja formada sobre a retina, que possui células chamadas de cones e bastonetes.

Os cones são responsáveis pela visão de cores, ou seja, eles são capazes de discriminar as frequências luminosas fornecendo uma imagem mais nítida e rica em detalhes, além de que necessitam de um pouco mais de luz enquanto os bastonetes são sensíveis ao claro e escuro e não possuem um poder de resolução tão bom, mesmo possuindo uma sensibilidade de luz maior que os cones (KNIGHT, 2009).

Scarinci e Marineli (2014), afirmam que o olho humano possui três tipos de cones e que cada um deles, possui uma substância fotorreceptora com um pico de sensibilidade característica para cada célula.

Segundo Vilela (2019), quando estas células na retina são excitadas pela energia luminosa, ocorre o estímulo de células nervosas, desencadeando um complexo de reações químicas. Deste modo, ocorre a geração de impulsos elétricos que se propagam pelo nervo óptico até a região do cérebro responsável por interpretar esse sinal e formar a imagem.

Ainda sobre as células fotorreceptoras:

Esses fotorreceptores representam o primeiro neurônio da organização sensorial visual, contendo pigmentos sensíveis à luz (rodopsina nos bastonetes, iodopsina nos cones) que ao se decomporem por ação dela numa proteína (opsina) e num carotenóide (relacionado a aldeídos da vitamina A) desencadeiam alterações do potencial elétrico celular [...] (BICAS, 1997, p. 12).

A rodopsina é uma proteína conjugada que tem a função de mediar a percepção de sinais luminosos na retina de mamíferos. A luz é absorvida pela proteína rodopsina, causando fotoativação dos elétrons na retina.

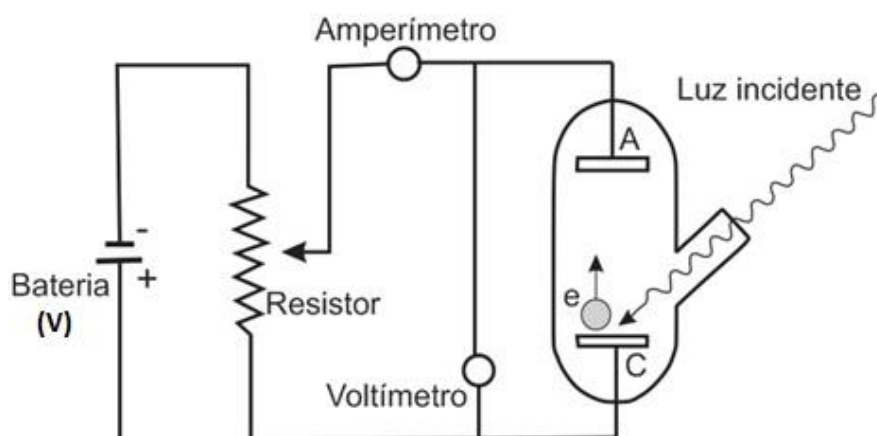
Ainda sobre os fotorreceptores La Valle (2020, p. 131), afirma que “os fotorreceptores são transdutores que convertem o estímulo de energia da luz em um sinal elétrico chamado impulso neural, inserindo assim informações sobre o mundo exterior em nossas estruturas neurais”.

Este processo descrito de conversão do sinal luminoso em impulsos elétricos se assemelha a um processo conhecido como Efeito fotoelétrico que será discutido posteriormente.

3.3. EFEITO FOTOELÉTRICO

A partir de suas experiências realizadas no ano de 1887, o físico alemão Heinrich Hertz conseguiu descobrir que incidindo uma luz ultravioleta sobre eletrodos ele promovia uma descarga elétrica com maior facilidade. Posteriormente, “Lenard mostrou que a luz ultravioleta facilita a descarga de forma que os elétrons sejam emitidos do cátodo” (EISBERG e RESNICK, 1994, p. 51). A emissão de elétrons de uma superfície condutora ao ser atingida por uma luz incidente recebeu o nome de efeito fotoelétrico como mostra o experimento representado na figura 18:

Figura 18: Representação experimental do efeito fotoelétrico. Luz entra numa câmara evacuada e incide no catodo C, que ejeta elétrons medidos pelo amperímetro. A bateria varia a tensão nas placas.



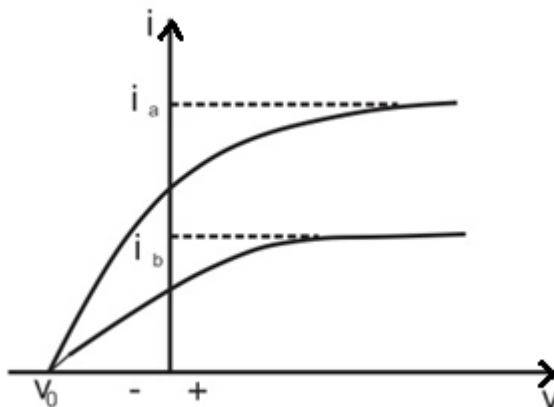
Fonte: Adaptado de Tipler e Mosca, 2011.

Esses elétrons emitidos nessas condições recebem o nome de fotoelétrons indicando a origem dos mesmos. Os vários fotoelétrons emitidos são acelerados pela diferença de potencial aplicada (V) e formam uma corrente elétrica entre o catodo (C) e anodo (A) que será medida no amperímetro. Entretanto, foi observado que à medida que a diferença de potencial era elevada se tornando muito grande, a corrente elétrica se

aproximava de um valor de saturação onde todos os elétrons emitidos do catodo são coletados pelo anodo como mostra o gráfico da figura 19.

Figura 19: Gráfico corrente elétrica versus tensão elétrica ($I \times V$) do experimento do efeito fotoelétrico.

Onde V_0 é o potencial de corte do efeito fotoelétrico, i_a e i_b são as correntes de saturação.



Fonte: Adaptado de Eisberg e Resnick, 1994.

Ainda assim, se o potencial tivesse seu valor invertido, a corrente elétrica não cairia diretamente a zero. Isso era o indício de que os elétrons emitidos possuíam uma energia cinética, todavia, com esse potencial suficientemente grande a corrente elétrica gerada cai a zero quando o chamado potencial de corte é atingido. Essa diferença de potencia V_0 multiplicada pela carga do elétron mede a energia cinética máxima do elétron, ou seja:

$$K_{m\acute{a}x} = eV_0 \quad (33)$$

Entretanto, de acordo com a teoria eletromagnética clássica, uma onda eletromagnética transporta energia. Essa energia por ela transportada é diretamente proporcional a intensidade da onda para qualquer que seja sua frequência. Dessa maneira, ao se aumentar a intensidade da onda era esperado que a energia cinética (K) também aumentasse e, conseqüentemente, o potencial de corte V_0 . Entretanto, isso não é observado experimentalmente. O aumento da intensidade luminosa só aumenta a intensidade da corrente elétrica emitida como mostra a figura 19 sem aumentar o potencial de corte (V_0). Isso a teoria clássica não consegue explicar.

Em 1905, Einstein com seus estudos mostrou que a explicação do fato da energia cinética máxima dos elétrons emitidos ser a mesma para um dado comprimento de

onda, era que a energia luminosa devia ser quantizada em pacotes chamados de fótons, onde a energia dos fótons emitidos é dada pela equação 26:

$$E = h\nu, \quad (34)$$

onde ν é a frequência da onda e h é a constante de Planck com valor de $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s.

Logo, a energia cinética (K) de um elétron quando ele é emitido da superfície do metal é:

$$K = h\nu - w \quad (35)$$

sendo (w) o trabalho necessário para superar os campos de atração dos átomos na superfície do metal e remover o elétron. Quando a ligação for mais fraca e não houver nenhuma perda de energia interna, a energia cinética do elétron emitido é máxima e é dada por:

$$K_{Máx} = h\nu - w_0, \quad (36)$$

sendo w_0 a chamada função trabalho que representa a energia mínima para o elétron vencer as forças atrativas que o ligam ao metal.

Após os trabalhos de Einstein a respeito do efeito fotoelétrico, em 1924, o físico Louis de Broglie sugeriu em seus trabalhos que o fóton às vezes se manifesta em efeitos que os caracterizam como partículas como, por exemplo, o efeito Compton. Todavia ao mesmo tempo, os fótons ainda dependem de características e propriedades ondulatórias como a equação 37 apresenta.

$$p = \frac{h}{\lambda} \quad (37)$$

A equação 37 mostra uma relação verdadeira entre o momento (p) de um fóton que é uma característica de uma partícula e o seu comprimento (λ) de onda que é uma característica de uma onda. Essa teoria enunciada por de Broglie ficou conhecida como Dualidade onda partícula.

4. METODOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A metodologia deste trabalho consistiu na construção de uma sequência didática utilizando uma modalidade de ensino híbrido denominada de Rotações por estações de aprendizagem. Nessa modalidade, os alunos divididos em grupos heterogêneos se revezam em atividades realizadas nas estações e em um tempo fixo estipulado pelo professor. Cada estação possui uma tarefa específica relacionada com o objetivo de ensino, sendo que, dentre essas atividades propostas, uma deve ser necessariamente feita online.

Contudo, na aplicação da sequência didática na sala de aula, feita pelo pesquisador, foi necessário efetuar alterações devido às limitações impostas pela pandemia de Covid 19 e as rotações não foram realizadas em conjunto e sim uma de cada vez para a turma toda. Apesar disso, foi possível coletar, analisar e classificar as informações das tarefas realizadas em todas as etapas da pesquisa através da aplicação dos questionários, observações e diário de bordo.

4.1. OS SUJEITOS DA PESQUISA

A sequência didática foi aplicada durante dez encontros na minha turma da terceira série A do ensino médio na escola Técnica CEDTEC – Ensino e Soluções Didáticas, localizada no município de Serra, no Espírito Santo, durante o segundo trimestre do ano de 2021 em meio à pandemia da COVID-19. Devido a essa situação de emergência na saúde, no período em que ocorreu a aplicação da sequência didática, a escola estava adotando um modelo presencial híbrido apenas com as terceiras séries. Dessa forma, os alunos que não se sentiam à vontade ou não tinham segurança de retornar às aulas presenciais, poderiam acompanhar virtualmente de suas casas através da transmissão simultânea das aulas disponibilizada pela escola. Essa instituição é uma escola particular que adota para as terceiras séries um modelo de conteúdo revisional com o intuito de preparação para os exames de ingresso no ensino superior, ou seja, as turmas estudam todo o conteúdo do ensino médio de maneira revisional e o conteúdo da sequência didática se encontra no programa de ensino da escola.

Em relação às características da turma, ela possuía 34 alunos em idades entre 16 e 18 anos que já haviam estudado parcialmente o conteúdo tradicional de óptica do ensino médio. Foi observado que no retorno às aulas presenciais essa turma se mostrou imensamente agitada e em grande parte desmotivada.

4.2. TIPO DE PESQUISA

Neste trabalho, foi desenvolvido uma pesquisa de natureza qualitativa descritiva baseada na pesquisa-ação. Segundo Tripp (2005), a pesquisa-ação educacional é caracterizada de maneira principal como uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de maneira que eles possam utilizar seus trabalhos de pesquisas para aprimorar seu ensino e, conseqüentemente, o aprendizado de seus próprios alunos.

Os dados foram coletados de forma descritiva a partir de questionários respondidos pelos alunos durante todas as atividades realizadas na aplicação, do diário de bordo elaborado pelo professor-pesquisador e do acompanhamento do ambiente da turma.

4.3. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Foram utilizados vários instrumentos para coletar os dados, tais como, questionários pré e pós-teste, questionários online e presenciais, sendo estes últimos aplicados durante os encontros que envolveram o uso de simuladores como o PHET, Algodo e Optgeo, além de leitura de textos e atividades experimentais. Os questionários aplicados tiveram por objetivo analisar se houve indícios da aprendizagem significativa.

No questionário pré-teste foram utilizadas 11 questões abertas, contextualizadas, relacionadas ao cotidiano dos alunos. Foi informado aos alunos que o pré-teste não seria utilizado como atividade avaliativa e que o conteúdo abordado ainda seria desenvolvido mediante o decorrer das aulas. Já no pós-teste foram utilizadas 8 questões também abertas ligeiramente diferentes das questões do pré-teste, porém ambos os testes tratavam questões relacionadas ao mesmo assunto. Ao final foi aplicado um questionário de opinião.

4.4. O PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Inicialmente a sequência didática foi planejada e estruturada pelo professor pesquisador em 9 encontros a serem realizados em sala de aula e no laboratório de informática, já que seria necessário a utilização de computadores com acesso à rede de internet. Desses 9 encontros, 4 fazem parte de atividades mais longas, logo eles seriam realizados em duas aulas de 50 minutos cada. O restante dos encontros seria em apenas uma aula de 50 minutos. O método utilizado seria uma modalidade do ensino híbrido chamada de rotações por estações e a sequência didática planejada é mostrada de forma resumida no quadro 1, onde foram listadas as atividades a serem desenvolvidas durante os encontros.

Quadro 1: Planejamento da sequência didática antes da adaptação realizada pelo motivo da pandemia da COVID-19.

ENCONTRO	TEMPO DE AULA	ATIVIDADE
1º	30 min	Apresentação do projeto de pesquisa e entrega dos documentos de autorização
2º	50 min	Aplicação do pré-teste. (Apêndice B)
3º	50 min	Apresentação de conceitos sobre óptica utilizando imagens através de slides.
4º	140 min	1ª Rotação por estações: - <i>Atividade 1: Identificando os tipos de lente com o Algodoo.</i> - <i>Atividade 2: Leitura e produção de um resumo a partir de um texto sobre a história das lentes.</i>
5º	140 min	Construção de imagens utilizando o Optgeo.
6º	140 min	2ª Rotação por estações: - <i>Atividade 1: Atividade sobre defeitos visuais utilizando texto de apoio.</i> - <i>Atividade 2: Estudando o olho humano com o Algodoo.</i> - <i>Atividade 3: Experimento com olho humano de isopor.</i>

7°	50 min	Apresentação sobre os tipos e funcionamento das câmeras fotográficas e dispositivos CCD ⁵ .
8°	140 min	3ª rotação por estações. - <i>Atividade 1: Simulação do efeito fotoelétrico usando o PhET.</i> - <i>Atividade 2: Experimento de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico.</i> - <i>Atividade 3: Relação entre o processo de visão e o efeito fotoelétrico utilizando vídeo.</i>
9°	50 min	Pós-teste e questionário de opinião. (Apêndice C e D)

Fonte: Autor.

4.5. APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E RELATO DOS ENCONTROS

Após a sequência didática estar pronta conforme o quadro 1, no ano de 2021, o Brasil e o mundo ainda enfrentavam o cenário pandêmico da COVID-19, o que implicou às escolas e instituições de ensino a aplicarem medidas protetivas e preventivas ao Corona vírus para que fosse possível abrir suas portas. A escola onde ocorreu esta aplicação não foi diferente e dessa forma, a sequência apresentada nessa dissertação, que utilizou a metodologia de ensino híbrido de rotações por estações na sua construção, precisou ser adaptada pelo professor pesquisador para a aplicação em sala de aula, de maneira que se adequasse às normas de prevenção impostas pelo governo e pela escola. Essa adaptação foi necessária, uma vez que na modalidade de rotações por estações, os alunos precisam ser divididos em grupos para trabalharem juntos, porém foi recomendado que não se formassem grupos na sala de aula.

Dessa maneira, a sequência didática adaptada para realidade sanitária no período da aplicação é resumida no quadro 2.

⁵ CCD (Charge coupled device), em português, dispositivo de carga acoplada, é um sensor semicondutor que recebe luz através de suas lentes captadoras e converte esse sinal luminoso em sinais elétricos formando assim uma imagem.

Quadro 2: Resumo da sequência didática adaptada aplicada durante a pandemia de Covid 19.

ENCONTRO	TEMPO DE AULA	ATIVIDADE
1° Encontro presencial	50 min	Apresentação do Projeto de Pesquisa e entrega dos documentos de autorizações.
2° Encontro presencial	50 min	Aplicação do pré-teste. (Apêndice B)
3° Encontro presencial	50 min	Apresentação de conceitos de óptica utilizando imagens através de slides. ⁶
<i>1ª Tarefa a ser feita em casa</i>	-	Leitura do Texto 1 sobre a história das lentes ⁷
4° Encontro presencial	50 min	Identificando tipos de lente com o Algodoo ⁸ .
5° Encontro presencial	140 min	Construção de imagens com o Optgeo ⁹ .
6° Encontro presencial	50 min	Estudando o olho humano com o Algodoo. ¹⁰
7° Encontro presencial	50 min	Experimento com olho humano de isopor. ¹¹
<i>2ª Tarefa a ser feita em casa</i>	-	Leitura do Texto 2 sobre os principais problemas da visão ¹²
8° Encontro presencial	50 min	Apresentação sobre os tipos e funcionamento das câmeras fotográficas e dispositivos CCD ¹³ .
9° Encontro presencial	50 min	Simulação do efeito fotoelétrico usando o Phet ¹⁴ .
10° Encontro presencial	50 min	Experimento de baixo custo sobre efeito fotoelétrico. ¹⁵

⁶ Página 3 do produto educacional.

⁷ Página 9 do produto educacional.

⁸ Página 11 do produto educacional.

⁹ Página 16 do produto educacional.

¹⁰ Página 20 do produto educacional.

¹¹ Página 28 do produto educacional.

¹² Página 23 do produto educacional.

¹³ Página 30 do produto educacional.

¹⁴ Página 38 do produto educacional.

¹⁵ Página 41 do produto educacional.

<i>3ª Tarefa a ser feita em casa</i>	-	Atividade sobre absorção da luz na retina e conversão em impulsos elétricos usando vídeos ¹⁶
11º Encontro presencial	50 min	Pós-teste e questionário de opinião. (Apêndice C e D)

Fonte: Autor.

Devido à pandemia, as atividades das rotações que antes seriam realizadas em grupos, e em duas aulas geminadas, foram agora desenvolvidas em duplas e feitas uma a cada encontro. Nessa adaptação foram introduzidas 3 tarefas a serem feitas em casa nas quais os alunos poderiam atuar sozinhos sem grandes dificuldades. A seguir apresentamos o relato de cada encontro.

4.5.1 Primeiro Encontro – Apresentação do Projeto de Pesquisa

No primeiro encontro da aplicação com os alunos, foi apresentado todo o projeto da sequência didática a ser aplicada e os objetivos, além dos documentos de autorização da participação na pesquisa a serem assinados pelos responsáveis mostrados no Apêndice A. Apresentei brevemente um resumo das tarefas e tirei qualquer tipo de dúvida que surgiu sobre o projeto.

4.5.2 Segundo Encontro - Aplicação do Pré-Teste

O pré-teste, mostrado no Apêndice B, foi aplicado presencialmente durante uma aula de 50 minutos com o objetivo de identificar os conhecimentos iniciais dos alunos sobre os conteúdos de óptica da visão e do efeito fotoelétrico, além de identificar possíveis concepções alternativas sobre o assunto. No pré-teste, foram utilizadas 11 questões abertas contextualizadas ao cotidiano dos alunos.

Os alunos apresentaram grande preocupação devido ao medo de responderem errado e perderem nota. Entretanto, foi deixado esclarecido a todos que a avaliação não seria simplesmente sobre suas respostas neste teste e sim, após o término de

¹⁶ Página 41 do produto educacional.

todas as atividades da sequência didática aplicada de acordo com a participação, desenvolvimento e resultados.

Após a finalização da aplicação da sequência didática, uma comparação dos resultados do pré-teste e do pós-teste pode indicar ou não indícios de aprendizagem.

4.5.3 Terceiro Encontro - Apresentação de conceitos de óptica utilizando imagens através de slides

No terceiro encontro, foram utilizadas imagens projetadas para discutir e apresentar aos alunos alguns conceitos importantes da óptica. Alguns desses conceitos já haviam sido estudados anteriormente no conteúdo de espelhos e, além disso, como já foi dito anteriormente, as terceiras séries da escola onde foi aplicado a sequência didática, estudam um conteúdo revisional de todo ensino médio. Contudo, é importante informar que apesar disso, muitos conteúdos não foram estudados pelos alunos devido ao ano anterior de 2020 ter sido o primeiro ano da pandemia do Corona vírus e o ensino ter sido não presencial na maior parte do tempo.

Esta apresentação foi feita de forma dialogada com duração de uma aula de 50 minutos. A seguir, apresentaremos de forma resumida essas imagens, que são apresentadas em mais detalhes nas páginas 3 a 8 do produto educacional do Apêndice G. A figura 20 foi o primeiro slide selecionado para as discussões e teve como objetivo lembrar aos alunos o fenômeno da reflexão luminosa e a propagação retilínea dos raios de luz. Alguns destes fenômenos já haviam sido estudados na parte de espelhos anteriormente. Um dos questionamentos feitos aos alunos em relação à figura 20 foi por qual motivo a imagem refletida no lago permitia observar as montanhas a frente e não simplesmente o céu. O intuito deste questionamento foi buscar algum conhecimento dos estudantes sobre os ângulos de incidência e de reflexão na superfície plana do lago.

Figura 20: Exemplo de reflexão luminosa na superfície plana de um lago.



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

A figura 21 à esquerda apresenta um exemplo clássico de refração luminosa onde o objetivo foi conhecer o fenômeno evidenciando o comportamento do feixe luminoso nos diferentes meios. Na figura 21 da direita temos exemplo de lâmina de faces paralelas. Um dos alunos questionou se este seria o mesmo fenômeno que ocorre quando uma pessoa utiliza o rodo de limpar piscina, onde o mesmo parece ficar torto ao ser colocado dentro da água e o professor lhe respondeu que era exatamente o mesmo fenômeno.

Figure 21: Exemplos de refração luminosa na água à esquerda e em um tipo de lâmina de faces paralelas à direita.



Fonte: À esquerda, disponível em: <https://www.todamateria.com.br/refracao-da-luz/>. À direita, disponível em: <https://www.aprendafisica.com/gallery/aula%2013%20-%20refra%C3%A7%C3%A3o%20luminosa.pdf>. Acesso em outubro de 2020.

A figura 22 apresenta um exemplo dos primeiros óculos construídos em uma armação de madeira com um eixo central e duas lentes convexas presas a esta armação. Foi interessante a apresentação desta imagem pois praticamente nenhum aluno tinha conhecimento de que objeto seria este, já que hoje em dia, os óculos que conhecemos são completamente diferentes. Uma aluna perguntou se esse tipo de óculos ajudava em alguma coisa na visão das pessoas da época, já que se tratava apenas de duas lentes de vidro, foi dito a ela de que os relatos mostram que sim, apesar de que eles não permitiam uma correção perfeita, mas auxiliavam na acomodação visual dos usuários.

Figura 22: Primeiros óculos criados feito em uma armação de madeira e com duas lentes convexas.



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 23 mostra a formação de um arco-íris onde foi trabalhado novamente a refração luminosa da luz e também a dispersão luminosa da luz branca. Um dos alunos aqui perguntou se o fenômeno da formação do arco-íris era o mesmo que acontecia em um prisma de vidro e foi respondido que sim.

Figure 23: Representação da refração e dispersão luminosa em um arco íris.



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

Ao final da apresentação da figura 23, foi perguntado aos alunos o motivo do céu ser azul. Uma das respostas que surgiu foi pelo motivo do céu refletir os oceanos durante o dia. Após receber essa resposta, foi apresentada a figura 19 que mostra o céu em um final de tarde no pôr do sol. Neste caso o professor questionou que se o céu seria azul por refletir os oceanos, por que ao final da tarde ele ficaria avermelhado como na figura 24? Esse questionamento foi levantado aos estudantes e uma aluna respondeu corretamente que isso ocorria devido ao ângulo em que a luz do Sol estaria entrando na Terra e deixando essa cor avermelhada no céu. Assim, foi novamente comentado pelo professor o fenômeno da dispersão da luz branca no caso em questão.

Figura 24: Representação da dispersão luminosa em um pôr do sol.



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.

Finalizando o encontro, a figura 25 apresenta a formação de um arco íris na imagem feita por um robô no planeta Marte. Os alunos acharam que seria uma imagem falsa, pois eles já imaginavam que para haver este fenômeno no planeta deveria haver também água na atmosfera de Marte. Entretanto, foi explicado a eles que era sim uma imagem real e que o motivo da imagem do arco íris na foto seria de ter ocorrido a dispersão da luz na lente da câmera do robô.

Figura 25: Foto tirada no planeta Marte apresentando a formação de um arco-íris na atmosfera.



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.

4.5.4. 1ª Tarefa a ser feita em casa: Leitura do Texto 1 sobre a história das lentes

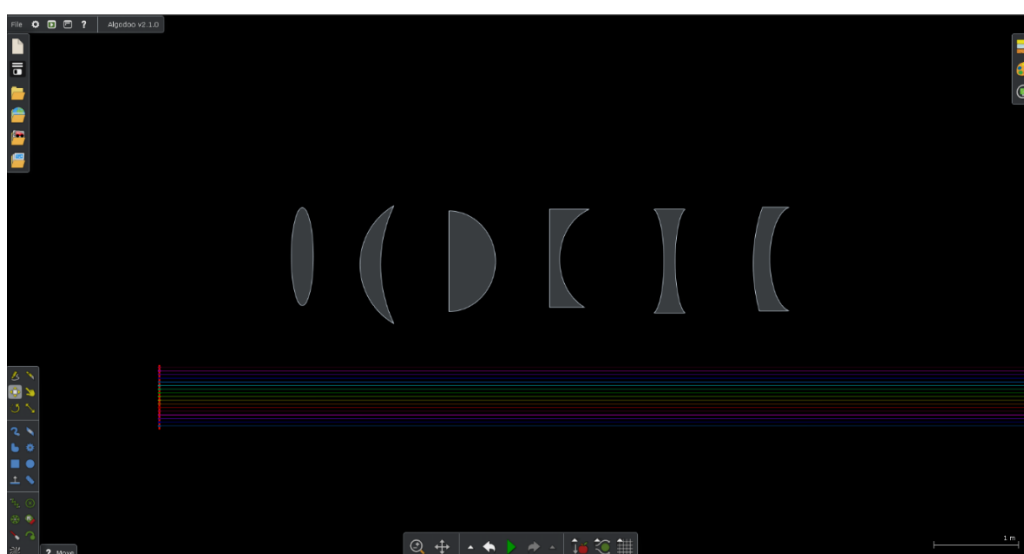
Ao final da apresentação do terceiro encontro, após tiradas as dúvidas, foi solicitado aos alunos que fizessem em casa a leitura do texto 1 referente a uma breve história das lentes, mostrado nas páginas 9 do Produto Educacional no apêndice G. Esse texto seria utilizado como uma das atividades na rotação por estações do encontro seguinte, todavia, devido a impossibilidade de se formar grupos e de se estender muito a quantidade de encontros, ele foi proposto como uma leitura para preparação da próxima atividade com lentes. Sendo assim, os alunos deveriam trazer para próximo encontro presencial, os pontos mais importantes do texto apontado por eles, para realizar uma discussão sobre a evolução das lentes oftalmológicas

4.5.5 Quarto Encontro - Identificando os tipos de lentes com o Algodoo

Esta atividade consistiu na utilização do simulador “Algodoo” para fazer a identificação de lentes esféricas. O objetivo desse encontro foi os alunos adquirirem o conhecimento sobre o funcionamento e características de cada lente esférica, além de aprenderem a identificar cada uma. Essa atividade fazia parte da primeira rotação por estação da sequência, mas foi aplicada separadamente em uma aula de 50 minutos no laboratório de informática. Visto que a turma possuía mais de 30 alunos e o laboratório de informática só continha 20 computadores foi liberado a permissão pela diretoria da escola que eles utilizassem os computadores em duplas, buscando sempre manter o distanciamento social e o uso de máscaras o tempo todo.

Os alunos dessa turma já haviam realizado diversas atividades com o Algodoo ao longo do ano e, desta forma, já possuíam um conhecimento do programa. Assim, foi possível já iniciar de imediato a simulação mostrada na figura 26. Caso o leitor necessite de uma explicação mais detalhada do software Algodoo, pode consultar o Apêndice G. O roteiro e o questionário desse encontro podem ser vistas na página 12 do produto educacional apresentado no Apêndice G.

Figura 26: Tela da simulação de lentes no Algodoo representando 6 tipos de lentes esféricas e um feixe luminoso.



Fonte: Autor.

Em todas as questões dessa atividade, os alunos deveriam ler a pergunta, utilizar a simulação e responder. Nas duas primeiras questões, por exemplo, eles precisaram posicionar cada lente à frente do feixe luminoso e, observando o comportamento da luz após atravessá-la, dizer se a lente era convergente ou divergente e porquê.

Os estudantes puderam utilizar a internet para fazer pesquisas sobre o assunto e responder o questionário sobre a simulação que está disponível na página 13 do produto educacional. Muitos alunos estavam tendo dúvidas em alguns termos, como por exemplo, os significados das palavras convergente e divergente, e por isso foi concedida a liberação das pesquisas na internet. Entretanto, foi explicado que as respostas deveriam ser produzidas utilizando a simulação. O índice de faltas na escola foi alto ao longo do ano de 2021, possivelmente por fatores como a pandemia contudo nesta atividade todos os alunos estavam presentes. Nesta turma havia apenas um aluno que acompanhava as aulas de forma 100% remota e, para ele, um vídeo¹⁷ da simulação foi disponibilizado no portal acadêmico da escola, possibilitando que ele realizasse a tarefa.

Como esta atividade foi inicialmente planejada para ser uma estação com um tempo de aproximadamente 20 minutos, foi feito ao final uma retomada do assunto e da simulação perguntando-se quais foram as respostas dos alunos e os motivos de terem dado aquelas respostas. Após isso, uma explicação de cada questão da atividade foi feita. Nessa retomada, percebeu-se que houve um pouco de dificuldade dos alunos de apontar as diferenças entre as lentes. A maior parte dos alunos apontou a diferença no comportamento óptico de cada lente, mas não associaram este comportamento ao formato das bordas das lentes como era esperado para as lentes de vidro imersas no ar.

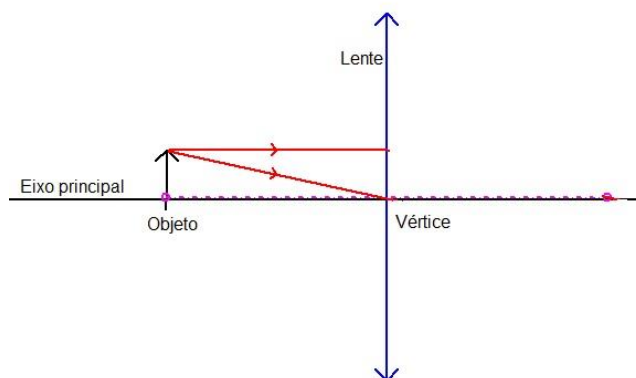
4.5.6 Quinto Encontro - Lentes e formação de imagens com o software Optgeo

Essa aula teve como objetivo fazer os alunos desenvolverem a capacidade de compreender e identificar as características dos raios notáveis de lentes esféricas, convergentes e divergentes, além de torná-los capazes de construir e identificar as imagens de um objeto formadas em diferentes posições a frente de uma lente. Para

¹⁷ Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/129cSdKw7F0fqvqH0fUEL-hEmRO9WUULW/view?usp=sharing>.

isso, a turma foi dividida em duplas e o encontro foi dividido em duas aulas de 50 minutos que foram realizadas no laboratório de informática da escola utilizando o *software* Optgeo. A figura 27 apresenta a simulação disponibilizada aos estudantes.

Figura 27: Simulação da construção de imagens com o software Optgeo mostrando um objeto e 2 raios luminosos emitidos em direção a uma lente convergente.

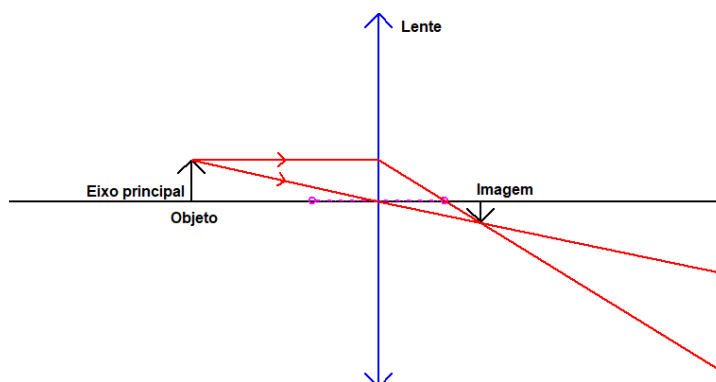


Fonte: Autor.

Caso o leitor necessite de uma explicação mais detalhada do software Optgeo pode consultar o Apêndice G.

Dessa maneira, no primeiro momento, eles usariam o *software* Optgeo para construir os raios notáveis seguindo o roteiro de atividade disponibilizado para cada dupla e que se encontra na página 17 do produto educacional. Entretanto, com um problema na simulação eles realizaram este primeiro momento com um vídeo dos raios da simulação. Em seguida, observando o comportamento de cada raio após ele ser refratado pela lente os alunos foram anotando suas características e comportamentos observados. No segundo momento, eles utilizaram esse conhecimento brevemente adquirido com a construção dos raios notáveis para construir as imagens de um objeto em diferentes posições em relação às lentes. Primeiramente, foi feito com uma lente convergente e posteriormente com uma lente divergente como apresentado na figura 28.

Figura 28: Construção da imagem de um objeto com o software Optgeo mostrando uma lente convergente, um objeto representado pela seta vertical e 2 raios luminosos atravessando a lente e formando a imagem representada por outra seta vertical direcionada para baixo.



Fonte: Autor.

Nesta simulação, os alunos movimentavam o objeto da simulação como o mostrado na figura 28 sobre o eixo principal. Assim mudando o objeto de posição em relação a lente e construíam os raios notáveis para observar onde se formava a imagem. Não era necessário que eles produzissem toda a estrutura da simulação, uma vez que ela foi entregue pronta para cada dupla. Novamente, para os estudantes que acompanhavam as aulas remotamente, foi disponibilizado três vídeos¹⁸ da simulação sendo construída, para que eles pudessem realizar a tarefa. A figura 29 mostra a aplicação da atividade com Optgeo no laboratório de informática.

¹⁸ Vídeo 1 (1:40 minutos), disponível em:

https://drive.google.com/file/d/1i7HM4WI_3HiN69fNQd7bopJ4rKWvGpMy/view?usp=sharing

Vídeo 2 (2:44 minutos), disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1P8Dcigm5I7rZAchRxL6c9274ZbZwLujr/view?usp=sharing>

Vídeo 3 (1:52 minutos), disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1uyb1Xp7qJOEsptXNLAlqyTz-zJ-Q9Efh/view?usp=sharing>

Figura 29: Realização da atividade com software Optgeo no laboratório de informática.



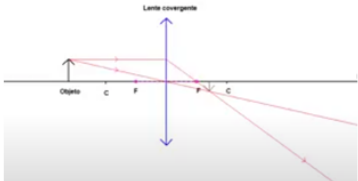
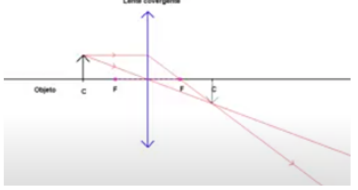
Fonte: Autor.

Todo o roteiro da atividade foi disponibilizado no próprio computador sem a necessidade de ser impresso. Entretanto, no início da aula houve um grande problema, pois ao fazer o download das simulações, os computadores do laboratório não estavam reconhecendo o arquivo baixado e eles não estavam abrindo as simulações para os alunos. Isso ocorreu apesar do sistema ter sido testado uma semana antes. Dessa maneira, a solução encontrada foi pedir que os alunos utilizassem os vídeos que foram disponibilizados no portal para os alunos que estavam fazendo as atividades de forma remota, pois o laboratório de informática já possuía muitas reservas ao longo da semana, então a remarcação do encontro poderia atrasar a aplicação e os outros conteúdos que precisavam ser passados. Mesmo assistindo aos vídeos, eles tiveram um pouco de dificuldade em compreender o que deveria ser feito em cada tarefa. Nesse encontro foi possível perceber que os alunos não se empenharam em ler atentamente os roteiros das atividades ou estes roteiros estavam muito complexos para eles.

Assim sendo, ao final, todas as duplas produziram um pequeno documento de texto que continha as imagens criadas e as características da imagem do objeto da simulação em cada passo como mostra a figura 30. As imagens colocadas no documento como o do exemplo da figura 30 são prints da tela do computador feito pelos próprios alunos assim como as características descritas por eles. O fato de ter

vido necessária a utilização do vídeo, apesar de ter impedido os alunos de manipularem a simulação, não atrapalhou a realização da atividade pois os alunos precisavam assistir as construções das imagens no vídeo afim de determinar suas características.

Figura 30: Parte do documento de uma dupla com as respostas da atividade. O documento mostra os prints tirados pelos alunos da formação da imagem do objeto para diferentes posições e ao lado as características de cada imagem.

<p>A) Objeto antes do centro de curvatura:</p> 	<p>Características da imagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Real • Menor • Invertida
<p>B) Objeto sobre o centro de curvatura:</p> 	<p>Características da imagem:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Real • Igual • Invertida

Fonte: Autor.

Um total de 24 alunos participaram presencialmente deste encontro, e novamente, apenas o aluno da turma que estava acompanhando as aulas de forma 100% remotas enviou a atividade de casa, mas ele fez de forma manuscrita devido a dificuldades de entendimento do que era pra fazer.

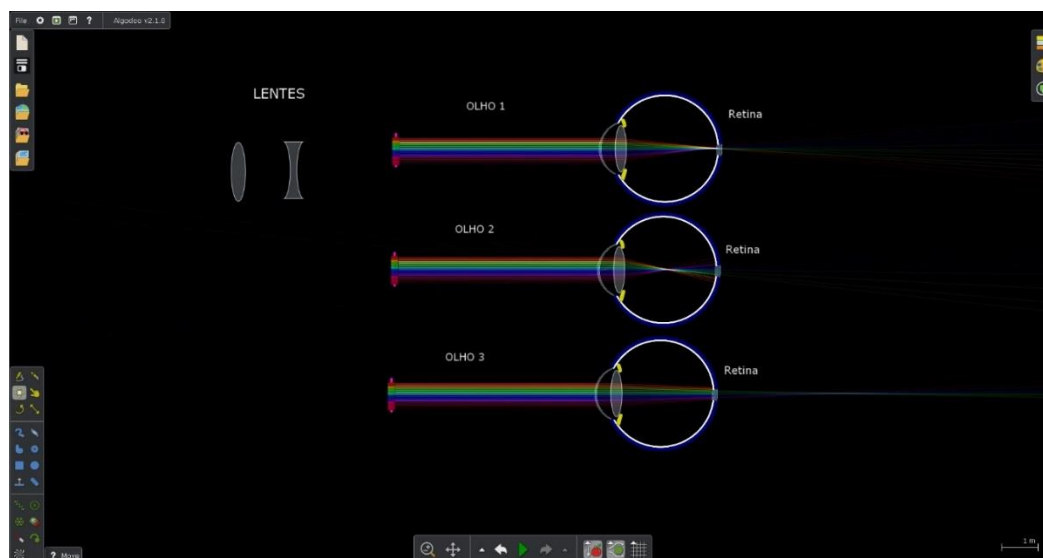
4.5.7 - Sexto Encontro - Estudando o olho humano através do Software algodo

Nesta etapa se daria início à segunda rotação por estações, porém, devido aos motivos já citados anteriormente, a atividade computacional também foi realizada de forma separada em uma única aula no laboratório de informática.

Durante a aula, os alunos, em duplas, utilizaram uma simulação desenvolvida pelo professor e disponibilizada em cada computador sobre o olho humano. A simulação, como mostrada na figura 31, consiste em três modelos de olho humano, apresentando um olho normal (olho 1), e dois com problemas de visão (olhos 2 e 3), além de duas lentes corretivas esféricas. Seguindo o roteiro da atividade da página 22 do produto

educacional, eles conseguiram realizar todos os passos e responder as questões do roteiro.

Figura 31: Simulação do olho humano no programa Algodoo mostrando um modelo de olho normal (olho 1), um modelo com miopia (olho 2) e um modelo com hipermetropia (olho 3).



Fonte: Autor.

A partir disso, eles identificaram qual dos três modelos representa um olho normal, qual deles representa um olho com miopia e qual deles representa um olho com hipermetropia. Cabe ressaltar que essa primeira parte de identificação dos problemas não era necessário manusear a simulação e, a pesquisa com uso de internet foi liberada devido a um questionamento que surgiu durante o desenvolvimento. Alguns alunos estavam questionando se a lente do olho humano na simulação estava correta, pois eles pensavam que ela deveria ser uma lente divergente, e não convergente como mencionado na atividade e na simulação. Logo, com a pesquisa eles conseguiram confirmar a afirmação em que tinham dúvida.

Num segundo momento da aula, os estudantes manusearam a simulação utilizando as lentes corretivas para descobrir qual era a mais adequada para corrigir o problema de visão em questão. Para isso, eles posicionavam as lentes a frente dos modelos de olho observando o comportamento dos raios luminosos para cada tentativa.

Essa tarefa gerou muitas discussões sobre o assunto entre os alunos e muitos que utilizam óculos estavam tentando fazer comparações com suas lentes e a simulação. Além disso, eles realizaram um procedimento que não se encontrava no roteiro que

foi de aumentar o índice de refração nas lentes, simulando assim os diferentes graus das lentes dos óculos. A figura 32 apresenta os alunos desenvolvendo a atividade.

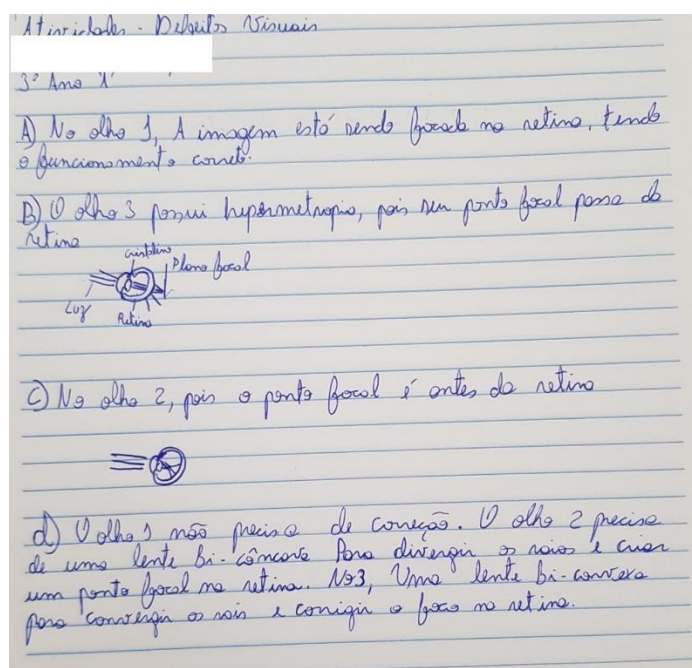
Figura 32: Realização da atividade com simulação no *Algodo* mostrando os alunos desenvolvendo a atividade.



Fonte: Autor.

Uma das principais dúvidas que eles tiveram foi em saber se as lentes corretivas disponíveis na simulação seriam as mesmas que as lentes dos óculos e por que no olho com miopia os raios de luz convergiam antes da retina e nos com hipermetropia, convergiam depois. Além disso, ao final da atividade os alunos relataram terem gostado muito do *Algodo* pela interatividade que o programa possui e por ser de fácil uso. Um total de 23 alunos participaram deste encontro sendo que um deles era o aluno remoto. A figura 33 apresenta as respostas da atividade feita por um dos alunos.

Figura 33: Respostas de um dos alunos da terceira série A da atividade com a simulação de olho humano no Algodoo.



Fonte: Autor.

As respostas dos alunos representadas na figura 33 mostra que eles apresentaram corretamente os defeitos visuais respectivos a cada modelo de olho da simulação nos três primeiros itens. Por último, utilizando as lentes da simulação, eles conseguiram identificar corretamente os tipos de lentes corretivas necessárias para cada defeito visual apresentado.

Neste encontro participaram um total de 23 alunos, sendo que dois deles realizaram a atividade de casa e um destes era o aluno que acompanha a turma 100% remoto. Os dois que realizaram em casa relataram que utilizaram o vídeo¹⁹ de 56 segundos da atividade.

4.5.8 - Sétimo Encontro - Atividade com modelo de olho humano de isopor.

Nesta aula os alunos utilizaram um experimento que consistiu em uma câmera escura, reproduzida como um modelo de um olho humano de isopor de orifício, este modelo não possui nenhum tipo de lente. Esta atividade fazia parte da segunda rotação por

¹⁹

Disponível

em:

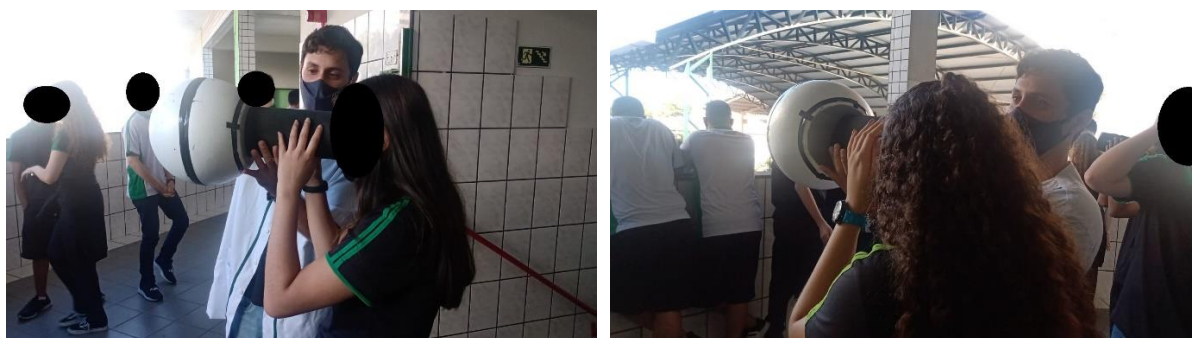
<https://drive.google.com/file/d/1Bw-jnx1-QILIMIVDSNURDrr1uDptmBEU/view?usp=sharing>

QILIMIVDSNURDrr1uDptmBEU/view?usp=sharing.

estações no planejamento inicial. Inicialmente, o questionário da página 29 do produto educacional foi entregue às duplas para que fosse lido atentamente antes de utilizarem o experimento e depois respondessem a três questões sobre o tema e o experimento, sendo que uma delas foi a produção de um desenho mostrando como ocorre a formação da imagem dentro do modelo de olho.

Com isso, os alunos foram para fora da sala de aula num local aberto e iluminado, onde, um a um, foram observando o fenômeno. A figura 34 apresenta os alunos utilizando o modelo de olho.

Figure 34: Utilização do experimento da atividade com o modelo de olho humano do lado de fora da sala de aula.



Fonte: Autor.

Cabe ressaltar aqui que o professor ajudou a manusear o experimento tentando evitar ao máximo que os alunos colocassem as mãos devido à possível transmissão do Corona vírus. Após a utilização do experimento, todos os alunos voltaram para a sala de aula para responder o questionário. Aqui, todos os 28 alunos participantes do encontro foram de maneira presencial e não houve como os alunos que faltaram e o aluno remoto participassem do experimento. A figura 35 apresenta a atividade respondida de uma das duplas.

Figura 35: Atividade desenvolvida por uma das duplas com o experimento do modelo de olho humano de isopor.

Roteiro de Atividade

Nome: _____ Turma: 3ªA

1) Responda as questões abaixo utilizando o experimento.

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

- real, pois os raios de luz se convertem
- invertida
- menor

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

ao aproximar a imagem aumenta, pois visto cada vez mais próximo do objeto

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

Fonte: Autor.

As respostas dos alunos representadas na figura 35 mostram que eles apresentaram corretamente as características da imagem formada pelo modelo de olho de isopor, real, menor e invertida. Além disso, a dupla em questão também respondeu corretamente sobre a variação no tamanho da imagem à medida que se afasta ou aproxima o modelo de olho dos objetos além de representarem o desenho de forma correta esquematizando a propagação dos raios de luz dentro do modelo de olho. O interessante desta tarefa foi que ao final, muitos alunos se mostraram surpresos ao saber que a imagem formada dentro do nosso olho era da mesma forma que a formada no modelo de olho apresentado. Eles achavam que a imagem do experimento por ser invertida, não seria da mesma forma que ocorre na visão humana, e que o experimento apenas apresentava algo parecido com o que ocorre em nossos olhos. Outra dificuldade encontrada foi em perceber a mudança que ocorria quando se aproximava ou afastava o modelo de olho de algum objeto, pois os alunos esperavam uma mudança em relação a orientação da imagem.

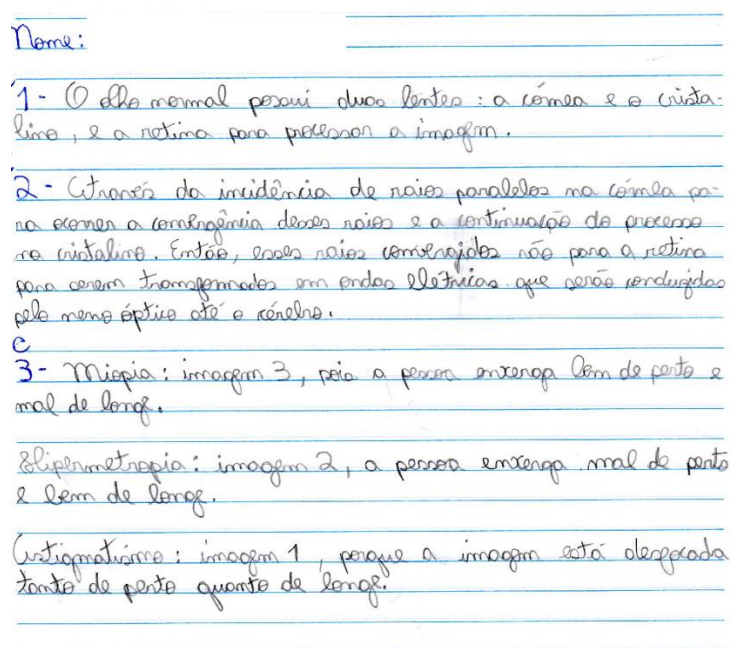
4.5.9. 2ª Tarefa a ser feita em casa: Leitura do Texto 2 sobre os principais problemas da visão

Como as atividades das rotações por estações foram desmembradas para evitar aglomerações, a terceira tarefa desta segunda rotação, não foi realizada em sala de aula, pois não havia tempo disponível para isso. Assim, a leitura do texto foi proposta aos alunos a ser feita em casa no período extra classe.

Os alunos responderam um questionário com três questões sobre o funcionamento do olho humano, os principais elementos que constituem este órgão e os problemas visuais. Este questionário está disponível na página 26 do produto educacional e foi respondido em casa por 24 alunos e entregue ao professor no encontro seguinte, porém, o aluno que acompanha remotamente não entregou a atividade.

Na atividade, eles utilizaram um texto de apoio referente a uma entrevista entre dois médicos, sendo um deles um oftalmologista. A tarefa, juntamente com o texto de apoio, foi devidamente disponibilizada no portal acadêmico da escola para serem entregues na data estipulada antes da continuação da sequência didática. A figura 36 apresenta uma dessas atividades respondidas por um aluno.

Figure 36: Respostas da atividade feita por um aluno referente a segunda tarefa a ser feita em casa.



Fonte: Autor.

As respostas dos alunos representadas na figura 36 mostram que eles identificaram corretamente os elementos principais de um olho humano e descreveram resumidamente utilizando o texto de apoio a forma correta como ocorre o processo de formação da imagem no fundo do olho. Por último, eles relacionaram de maneira correta cada problema visual com a respectiva imagem.

4.5.10 - Oitavo Encontro - Apresentação sobre os tipos e funcionamento das câmeras fotográficas e dispositivos CCD

Esta aula de 50 minutos foi a primeira da aplicação a ser ministrada no segundo semestre de 2021, no mês de agosto logo após as férias de julho. Neste período, com a situação da pandemia um pouco mais amena no estado do Espírito Santo, a escola tornou obrigatório a presença de todos os alunos das terceiras séries em aula, ou seja, não haveria mais transmissão simultânea das aulas. Com isso, o número de alunos em sala aumentou consideravelmente. Dessa maneira, todos os encontros, deste em diante, foram feitos presencialmente e os alunos que faltaram perderam a atividade. Cabe ressaltar também que o aluno que acompanha as aulas de maneira remota, a partir de agora, também começou a frequentar as aulas presencialmente como os demais.

Nessa aula foi feita uma apresentação de slides para a turma discutindo a evolução das câmeras fotográficas e seu funcionamento. O objetivo foi introduzir o conteúdo do efeito fotoelétrico através da câmera fotográfica digital e o funcionamento do sensor CCD presente nelas. A apresentação de slides utilizada está ilustrada na da figura 37 e mais detalhes dela se encontram no produto nas páginas 30 a 37.

Figura 37: Apresentação de slides utilizada na aula 7 para introduzir o assunto do efeito fotoelétrico.



História das câmeras



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

Funcionamento da câmera fotográfica digital



Fonte: disponível em: <http://www.sfcinadanet.com.br/post/12125-como-funciona-uma-camera-digital#:~:text=Funcionamento.com%20uma%20gr%20da%20c%20f%20a%20a%20em%20vols.>

Efeito fotoelétrico



Fonte: Disponível em: <https://maestrouiuaie.com/heinrich-hertz-biografia-e-contribuicoes/>



Fonte: Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Philipp_Lenard/



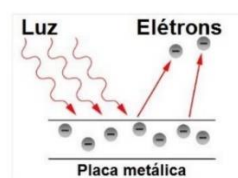
Fonte: Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%AAdm%CC%80s_e_honrarias_recebidos_por_Alber_Einstein

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:

$$E = h \cdot f$$

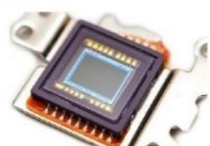
E – Energia do fóton
h – Constante de Plank
f – Frequência



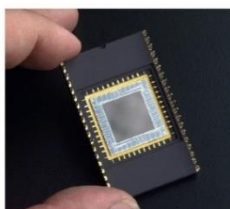
Fonte: Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/efeito-fotoeletrico-fotovoltaico/>

Funcionamento do Sensor CCD (Charge Coupled Devices)

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



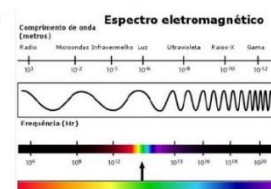
Fonte: disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/funcionamento-maquina-fotografica-digital.htm>



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

Efeito fotoelétrico

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



Fonte: Disponível em: http://wiki.stoa.usp.br/Tecead/textos/Grupo_8

Fonte: Autor.

Os estudantes se mostraram bastante interessados neste momento e curiosos. Após terem ouvido sobre o efeito fotoelétrico, alguns alunos perguntaram se esse fenômeno é o mesmo que ocorre nas câmeras fotográficas do celular de hoje em dia e não faziam ideia de como era o funcionamento do dispositivo da câmera destes aparelhos. Outro questionamento que surgiu foi que eles relacionaram a questão das máquinas fotográficas antigas com o experimento anterior do modelo de olho humano, em ambos a pessoa precisava escurecer a região da máquina e do experimento onde a

imagem seria formada para que fosse possível ver com nitidez e, eles questionaram se seria pelo mesmo motivo.

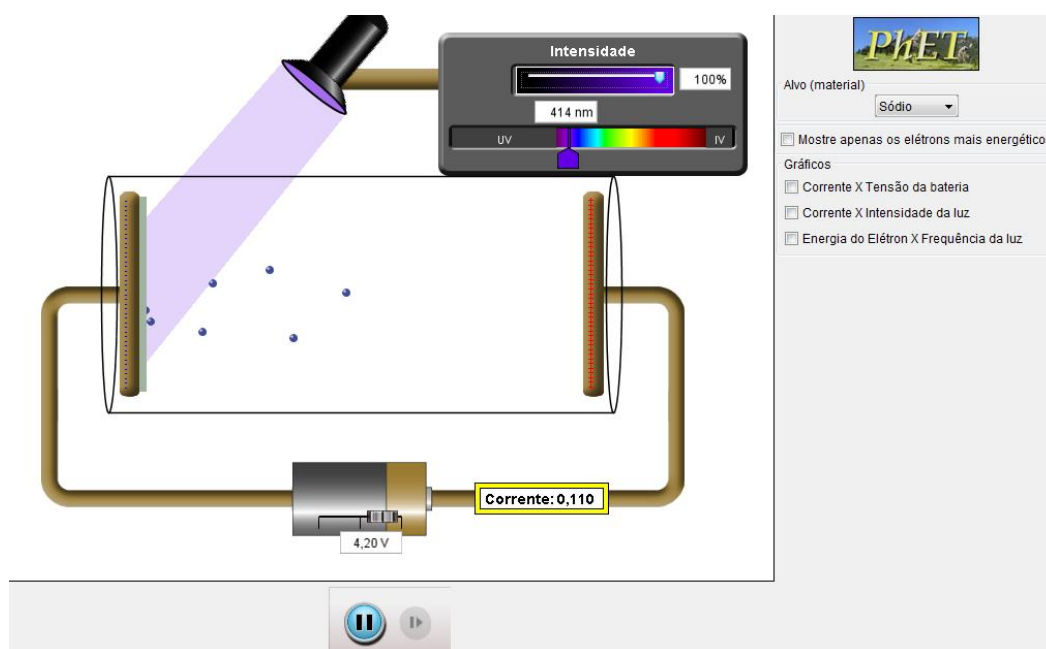
Uma outra aluna questionou como o efeito fotoelétrico ocorria dentro da câmera fotográfica do celular e, utilizando a imagem da apresentação que falava sobre o sensor CCD foi feita a explicação para ela e para todos em sala.

4.5.11 - Nono Encontro - Simulação do efeito fotoelétrico usando o Phet

Esta atividade iniciaria a terceira rotação por estações, mas foi aplicada a toda a turma mesmo diante da melhora da situação de pandemia no segundo semestre de 2021, pois as medidas sanitárias protetivas contra a Covid-19 continuaram vigentes

Nesta aula, os alunos em duplas no laboratório de informática utilizaram a simulação de efeito fotoelétrico disponível na plataforma Phet como mostrada na figura 38. O roteiro com as questões está disponível no produto na página 39.

Figura 38: Simulação do efeito fotoelétrico na plataforma Phet com comprimento de onda dado em nanômetros e suas respectivas cores. A figura também mostra o controle da intensidade e do tipo de material.



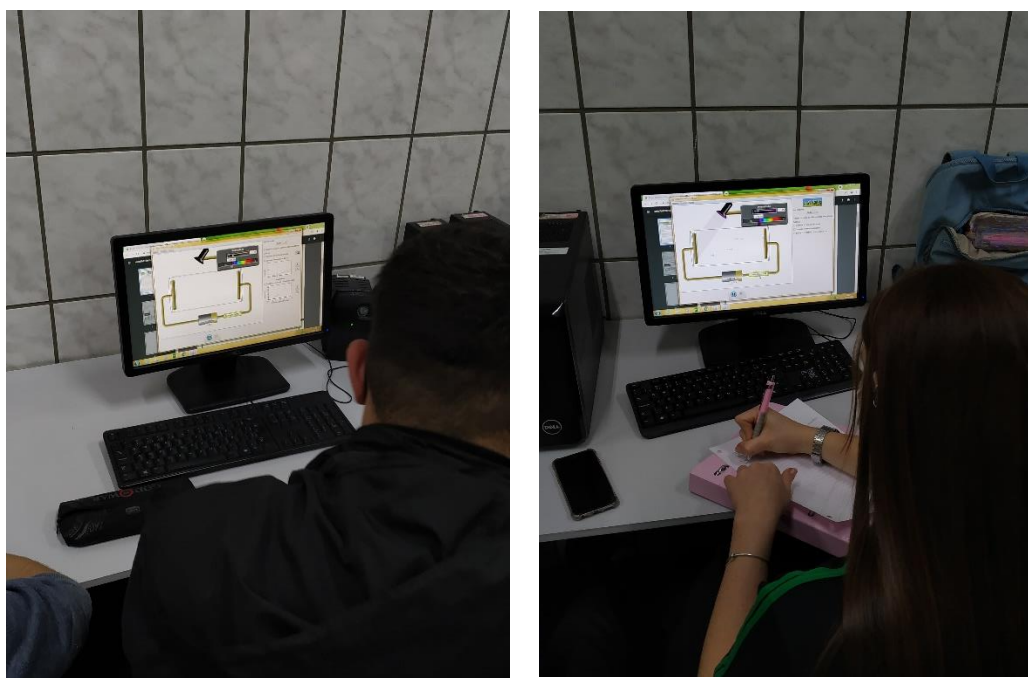
Fonte: Phet, 2020.

Um problema que surgiu durante esta aula foi que a plataforma alterou o formato da simulação online e, quando tentamos abri-la nos computadores da escola estava

demorando muito, pois os computadores não são tão bons. Esse problema passou despercebido durante o planejamento já que a simulação havia sido testada anteriormente no computador do professor e funcionou normalmente. Sendo assim, foi necessário fazer o download da simulação e não usar a sua versão online. Com isso, foi perdido um pouco de tempo da aula sendo necessário deixar a retomada do conteúdo para outro encontro em sala de aula.

Durante a utilização do experimento surgiu uma discussão interessante entre os alunos, relacionada ao fato de eles terem notado que quando era alterada a cor da luz, ou seja, sua frequência, a emissão de elétrons cessava. Isso criou uma curiosidade em praticamente todos a respeito da influência da cor para o funcionamento do fenômeno. A figura 39 mostra os alunos realizando a atividade com o Phet.

Figure 39: Utilização da simulação do efeito fotoelétrico durante o encontro.



Fonte: Autor.

Os alunos demonstraram gostar bastante das atividades de laboratório, pois, foi relatado ao professor pelos próprios estudantes que já estavam cansados de ficar na sala de aula e tinham poucas aulas diferenciadas. A figura 40 demonstra as respostas de uma dupla referente a esta tarefa.

Figura 40: Respostas da atividade feita por um aluno referente a atividade sobre o efeito fotoelétrico com o Phet.

S T Q Q S S D

543.10⁻¹ 20/08/21

3º Ano A

~~segunda-feira~~

a) a energia luminosa excita os elétrons da placa e os movimentam criando corrente elétrica

b) Quanto maior a intensidade da luz, maior emissão de elétrons e menor o fluxo da corrente

c) Sim, uma vez que o amperímetro mede a corrente elétrica e o aumento da intensidade luminosa aumenta o fluxo da corrente, quanto maior a intensidade, maior os valores do amperímetro

d) sódio $\rightarrow \frac{3 \cdot 10^3}{540 \cdot 10^{-9}} = 0,005 \cdot 10^{17} = 5,5 \cdot 10^{14}$

zinco $\rightarrow \frac{3 \cdot 10^3}{290 \cdot 10^{-9}} = 0,0103 \cdot 10^{17} = 1,03 \cdot 10^{15}$

potássio $\rightarrow \frac{3 \cdot 10^3}{265 \cdot 10^{-9}} = 0,011 \cdot 10^{17} = 1,1 \cdot 10^{15}$

cálcio $\rightarrow \frac{3 \cdot 10^3}{430 \cdot 10^{-9}} = 0,0069 \cdot 10^{17} = 6,9 \cdot 10^{14}$

e) Alguns materiais precisam de maior comprimento de onda para excitar os elétrons e gerar corrente elétrica

BOM FIM DE SEMANA! 😊

Fonte: Autor.

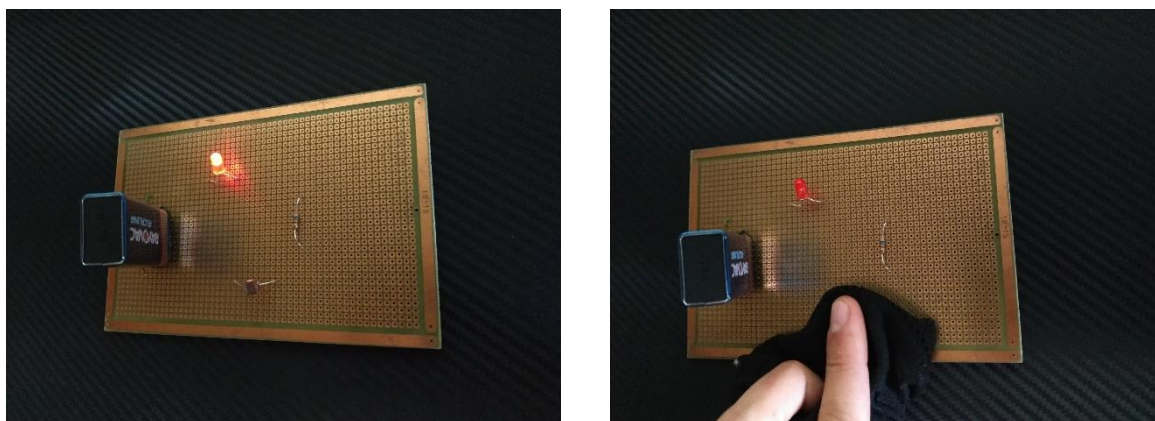
A maior dificuldade apresentada pelos alunos nesta atividade foi a parte matemática da questão com cálculos, pois eles deveriam calcular a frequência de corte aproximada para cada material disponível no experimento. Muitos apresentaram essa dificuldade matemática que foi frequente na maior parte da turma durante todo o ano. Entretanto, eles conseguiram responder as questões do questionário corretamente utilizando a simulação do efeito fotoelétrico apesar de terem confundido relação entre a frequência e o efeito dizendo que o comprimento de onda precisa ser maior em certos materiais para que ocorra o fenômeno ao invés da frequência.

4.5.12 – Décimo Encontro - Experimento de baixo custo sobre efeito fotoelétrico.

Nesta aula os alunos utilizaram um experimento de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico, que fazia parte da terceira rotação por estações. Novamente em duplas e em sala de aula, eles descreveram o fenômeno observando o funcionamento do experimento tentando explicar o efeito fotoelétrico. O uso de internet por meio do celular foi permitido para que eles pudessem fazer pesquisas. Os alunos se mostraram bastante empolgados com o experimento.

A montagem do aparato se encontra na figura 41 e se trata de uma montagem simples com apenas 4 componentes: Uma bateria de 9V, um sensor LDR de 7mm, um Led e um resistor. O roteiro com as questões está disponível no produto nas páginas 42.

Figura 41: Experimento de baixo custo sobre efeito fotoelétrico mostrando a diminuição da resistência elétrica no sensor causada pela presença de luz, permitindo o acionamento do LED. O experimento é composto por uma bateria de 9V, um LED vermelho, um resistor e um sensor de luminosidade LDR.



Fonte: Autor.

As comparações e perguntas feitas pelos alunos com o sensor de luminosidade dos postes de luz das ruas surgiram rapidamente. Muitos alunos fizeram esse link corretamente perguntando se aquele relé fotoelétrico do poste é o mesmo sensor do experimento, pois o relé fotoelétrico utilizado no poste de rua é exatamente composto por um relé ligado a um sensor de luminosidade LDR como o utilizado no experimento proposto. Apesar do funcionamento do poste ser oposto ao do experimento, o princípio é o mesmo.

Neste experimento quando os fótons incidem sobre a superfície do sensor, os elétrons que estão no material semicondutor recebem essa energia luminosa 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. A figura 42 mostra as respostas de uma das duplas referente a essa atividade.

Figura 42: Respostas da atividade feita por um aluno referente ao experimento de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico.

(/ / /)

Aluno(a) _____
 Prof^o: Diego _____ Série: 3^aA _____

• O efeito fotoelétrico ocorre quando a luz incide em um material, faz excitar os elétrons e forma energia elétrica, ou seja, faz surgir uma corrente elétrica, e movimenta-se até o sensor. Esse resultado depende da energia luminosa e do material exposto a ela.

↳ No caso, a corrente elétrica é ligada a um sensor que é ligado com o metal cujos elétrons são agitados por meio de uma energia luminosa que, ao fazer isso, ocasiona em uma corrente elétrica que ativa o sensor e faz o led acender. Caso houver algum material capaz de impedir a luminosidade de entrar em contato com o metal e ocasionar o efeito supracitado, o led não acenderá justamente por consequência dessa interrupção.

Fonte: Autor.

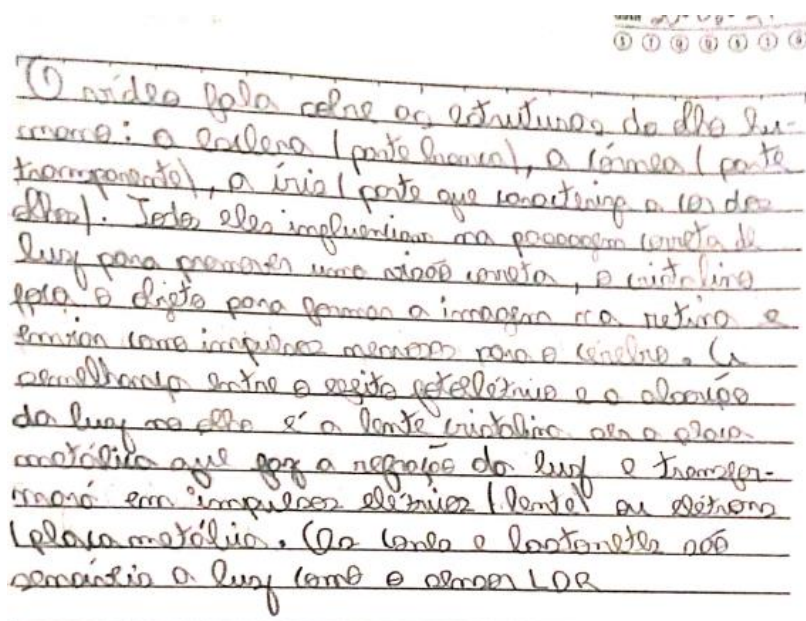
Muitos estudantes estavam com dúvidas sobre o funcionamento do sensor em si para desenvolver a atividade. Por esse motivo o uso da internet foi permitido com o intuito de auxiliar na construção do conhecimento. Mesmo assim, apesar de não usarem os conceitos corretamente, a figura 42 mostra que os alunos conseguiram descrever o funcionamento do experimento de maneira próxima ao correto relacionando a emissão de elétrons no sensor ao efeito fotoelétrico.

4.5.13. 3ª Tarefa a ser feita em casa: Atividade sobre absorção da luz na retina e conversão em impulsos elétricos usando vídeos

Ao final do encontro anterior foi proposta aos alunos a última atividade a ser realizada em casa. Nela, os alunos assistiram um vídeo disponível online que falava sobre o processo biológico de formação da imagem pelo olho humano. Com isso, eles produziram um breve resumo sobre esse processo buscando fazer uma comparação entre este processo de formação de imagem no olho humano com o efeito fotoelétrico. Entretanto, quase a totalidade dos alunos apenas produziram um resumo do vídeo e não tentaram comparar o processo com o efeito fotoelétrico.

A figura 43 apresenta o resumo desta tarefa produzido por um aluno.

Figura 43: Resumo do vídeo feito por um aluno referente a terceira tarefa a ser feita em casa.



O vídeo fala sobre as estruturas do olho humano: a esclera (parte branca), a córnea (parte transparente), a íris (parte que contém a cor do olho). Todas elas influenciam na passagem correta da luz para formar uma imagem correta, e a cristalina faz o foco para formar a imagem na retina e emite como impulsos elétricos para o cérebro. A semelhança entre a retina fotossensível e o absorção da luz no olho é a lente cristalina ou a lente metálica que faz a refração da luz e transforma em impulsos elétricos (lente) ou retina (placa metálica). (A lente e a retina são semelhantes a luz com o absorção LDR)

Fonte: Autor.

Esta atividade foi entregue pelo portal e foi permitido que fosse enviado digitado, entretanto ainda houve alguns alunos que enviaram pelo portal uma foto do resumo feito manuscrito. A maior parte dos alunos apenas fez um resumo do vídeo explicando o processo de formação da imagem no olho humano como apresenta a figura 43. A grande maioria não identificou alguma semelhança entre o processo no olho e o efeito fotoelétrico.

4.5.14 – Décimo Primeiro Encontro– Pós-teste e Questionário de opinião

As questões do pós-teste estão no apêndice C e as do questionário de opinião se encontram no apêndice D da dissertação.

O pós-teste, composto por 8 questões abertas, foi aplicado em uma aula de 50 minutos com a finalidade de que conseguissem terminá-lo nesse tempo. Entretanto, os estudantes conseguiram terminar o teste de forma rápida e no tempo restante já responderam ao questionário de opinião com mais 5 questões a respeito da aceitação da sequência didática por parte dos alunos.

5. ANÁLISE DOS DADOS, RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo iremos descrever a metodologia adotada para realizar a análise dos dados coletados durante a aplicação da sequência didática e também apresentaremos as categorizações das respostas dos alunos referentes aos questionários aplicados. Através de gráficos e análises das repostas procuramos avaliar indícios de aprendizagem, bem como de participação e a opinião dos alunos a respeito das atividades.

5.1. METODOLOGIA DE ANÁLISE DOS DADOS

A técnica de análise de dados qualitativos utilizada nesta pesquisa foi a análise de conteúdo. Essa técnica foi aplicada inicialmente nos Estados Unidos e surgiu por necessidades no campo da sociologia e na psicologia (BARDIN, 2011).

Segundo Bardin (2011, p.95) a análise de conteúdo se organiza inicialmente em três etapas:

1) Pré-análise:

Geralmente possui três missões: a escolha dos documentos a serem submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final.

2) A exploração do material:

Esta fase longa consiste essencialmente de operações de codificação, desconto ou enumeração, em função de regras previamente formuladas.

3) O tratamento dos resultados obtidos e a interpretação:

Os resultados brutos são tratados de maneira a serem significativos e válidos.

Segundo Moraes (1999, p. 2), a técnica da análise de conteúdo é descrita como:

Uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos. Essa análise, conduzindo a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajuda a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum.

No desenvolvimento deste projeto de pesquisa utilizamos um pré-teste no início da aplicação e um pós-teste ao final, ambos com questões abertas. Além disso, foram aplicados diversos questionários durante os encontros intermediários. Dessa maneira, a análise de conteúdo se torna uma ferramenta prática para a análise desses instrumentos de investigação.

A técnica de análise de conteúdo possui diversas descrições do processo. Nesta dissertação, iremos nos basear na descrição de Moraes (1999, p.4). Ele propõe a análise de conteúdo em cinco etapas bem definidas:

1 – Preparação: Uma vez de posse das informações a serem analisadas, é preciso em primeiro lugar submetê-las a um processo de preparação. Este consiste em:

1.1 - Identificar as diferentes amostras de informação a serem analisadas.

1.2 - Iniciar o processo de codificação dos materiais estabelecendo um código que possibilite identificar rapidamente cada elemento da amostra de depoimentos ou documentos a serem analisados.

2 – Unitarização: Uma vez devidamente preparados, os dados serão submetidos ao processo de “unitarização”. Isso consiste no seguinte:

2.1 - Rer ler cuidadosamente os materiais com a finalidade de definir a unidade de análise.

2.2 - Rer ler todos os materiais e identificar neles as unidades de análise.

2.3 - Isolar cada uma das unidades de análise.

2.4 - Definir as unidades de contexto.

3 – Categorização: A categorização é um procedimento de agrupar dados considerando a parte comum existente entre eles. Classifica-se por semelhança ou analogia, segundo critérios previamente estabelecidos ou definidos no processo.

4 – Descrição: A quarta etapa do processo de análise de conteúdo é a descrição. Uma vez definidas as categorias e identificado o material constituinte de cada uma delas, é preciso comunicar o resultado deste trabalho. A descrição é o primeiro momento desta comunicação.

5 – Interpretação: Uma boa análise de conteúdo não deve limitar-se à descrição. É importante que procure ir além, atingir uma compreensão mais aprofundada do conteúdo das mensagens através da inferência e interpretação. (MORAES, 1999).

Como tratamos aqui de uma pesquisa qualitativa essa metodologia de análise possibilita o atendimento das necessidades da pesquisa desenvolvida.

Após uma análise preliminar das respostas dos questionários aplicados ao longo da sequência didática, optamos por classificá-las de acordo com as categorias apresentadas no quadro 4:

Quadro 3: Definições das categorias das respostas.

Categorias	Características
Corretas (C)	Respostas que remetem ao conhecimento científico mais aceito.
Parcialmente corretas (PC)	Respostas que possuem uma ideia geral correta ou próxima ao conceito científico mais aceito, porém com a utilização de alguma grandeza ou conceito incorretos.
Incorretas (I)	Respostas que divergem do conhecimento científico mais aceito como correto.
Branco (B)	Respostas em branco

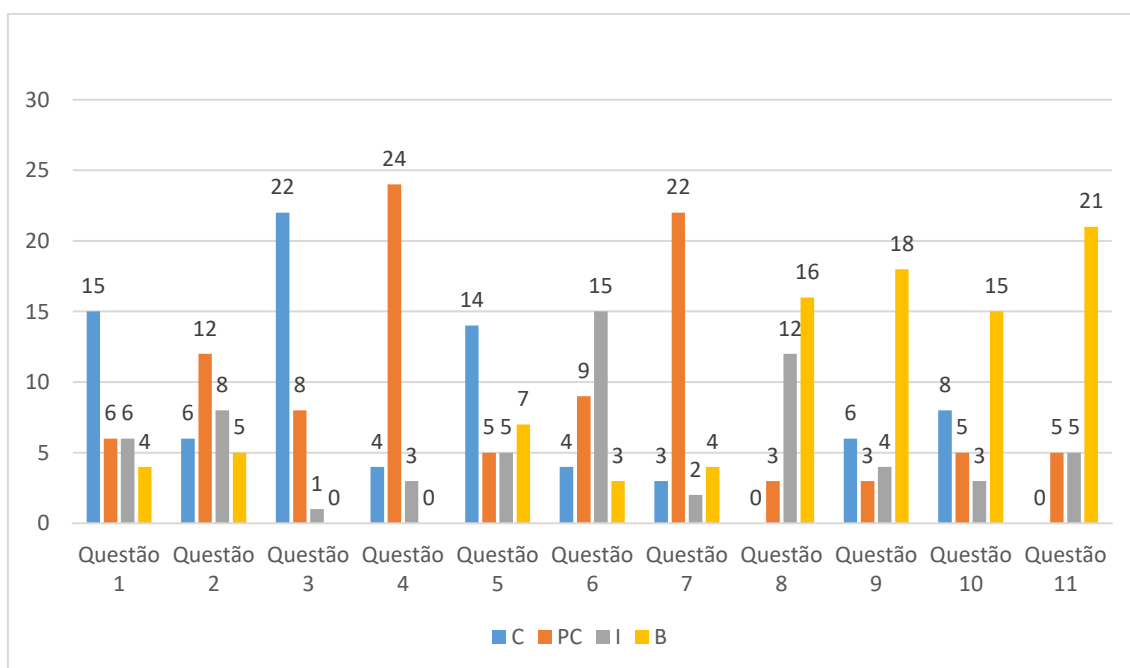
Fonte: Autor.

Ao longo deste capítulo, iremos apresentar os resultados das análises das respostas do pré e pós-teste e uma comparação entre eles para analisar se houve indícios de uma aprendizagem significativa. No apêndice E se encontra a transcrição na íntegra de todas as respostas dos alunos do pré e pós-teste devidamente categorizadas. Em seguida, apresentamos também as análises dos encontros intermediários e em todos esses questionários utilizamos as categorias definidas no quadro 1.

5.2. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO PRÉ-TESTE

O pré-teste aplicado teve como função identificar os conhecimentos iniciais dos alunos a respeito do tema abordado e foi composto por 11 questões abertas. As respostas dos 31 alunos que participaram do pré-teste se encontram na íntegra no Apêndice E. Os resultados da classificação dessas respostas utilizando as categorias definidas no quadro 4 se encontram no gráfico 1.

Gráfico 1: Resultados da categorização das respostas do pré-teste

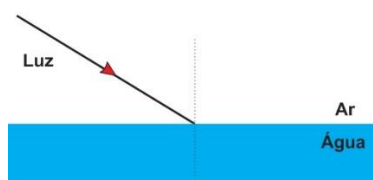


Fonte: Autor.

A análise do gráfico 1 mostra que as questões finais 6, 8, 9, 10 e 11, cujos teores estão menos presentes no cotidiano dos alunos, foram as que obtiveram os maiores índices de repostas incorretas e em branco. A seguir, apresentamos a análise detalhada de cada questão.

Questão 1: *Represente através de um desenho, na figura abaixo, como será a propagação do raio de luz ao atravessar do ar para água.*

Figura 44: refração da luz na interface entre o ar e água.



Fonte: Autor.

Através do gráfico 1 temos 19 alunos com respostas corretas ou parcialmente corretas, mostrando indícios de conhecimento. Essa questão trata do caminho percorrido pela luz ao passar por dois meios de diferentes índices de refração e este assunto já havia sido comentado em aulas iniciais de óptica geométrica.

Questão 2: *Por que no caso da figura acima, a luz tem este comportamento que você descreveu?*

Através do gráfico 1 temos 18 alunos com respostas corretas ou parcialmente, mostrando indícios de conhecimento. Essa questão também trata do comportamento do feixe luminoso ao atravessar meios com diferentes índices de refração, sendo um assunto já tratado anteriormente nas aulas. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(A.D) - Porque o índice de refração da água é maior comparado ao do ar;

(G.K) – O índice de refração da água é diferente do ar;

(V.S) - Pois a luz diminui sua velocidade;

Questão 3: *Cite no mínimo 3 aparelhos, instrumentos ou dispositivos onde podemos encontrar lentes e quais as finalidades delas em cada um deles.*

Através do gráfico 1 temos 30 alunos com respostas corretas ou parcialmente corretas, mostrando que quase a totalidade da turma possui um conhecimento prévio a respeito, sendo que praticamente toda a turma mencionou corretamente três aparelhos que utilizam lentes e suas funções. Entretanto, foi identificado uma concepção errada em oito alunos que apresentaram retrovisores de automóveis em geral como sendo objetos que possuem lentes. Apenas um estudante citou incorretamente três equipamentos que não possuem lentes. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como parcialmente corretas.

(N.S) – Espelho retrovisor, lupa e óculos;

(G.C) – Retrovisor de carro: para ver o que está atrás do carro. Óculos: para tratar astigmatismo e miopia. Lente de contato: para tratar astigmatismo e miopia nos olhos;

(L.R) – Espelho: refletir a imagem. Óculos: aumentar ou diminuir imagem. Câmera: captar e aumentar imagem;

Questão 4: *Podemos encontrar algum tipo de lente no olho humano? Se sim, qual a sua finalidade?*

Através do gráfico 1 observamos que toda a turma teve um bom desempenho, com 24 alunos com respostas parcialmente corretas, todavia eles não souberam responder com clareza a função da lente no olho. Somente quatro alunos responderam corretamente que existe uma lente no olho humano e disseram que ela serve para direcionar a luz que chega aos olhos até a retina. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(B.N) – *Sim, para direcionar a luz que chega nos olhos;*

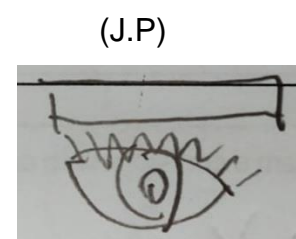
(J.P) – *Sim, serve para direcionar a luz que chega nos olhos;*

(G.C) – *Sim. As lentes servem para captar a luz e enviá-la para ser formada e compreendida pelo cérebro;*

Questão 5: *Explique como é formada a imagem no olho humano? Se preferir, represente por meio de um desenho ou esquema.*

Através do gráfico 1 temos 19 alunos com respostas corretas ou parcialmente corretas, mostrando indícios da existência de subsunçores sobre o tema e a respeito do comportamento retilíneo da luz dentro do olho humano para formar a imagem na retina. Muitos estudantes aqui fizeram a relação com a câmara escura, que já havia sido estudada em um outro momento ao longo do ano. A figura 45 mostra à esquerda, uma resposta classificada como correta e, à direita, uma classificada como incorreta.

Figura 45: Respostas da questão 5 do questionário inicial. A da esquerda foi categorizada como C e a da direita como I.



Fonte: Autor.

Entretanto, 5 alunos não conseguiram demonstrar nem por meio de um desenho a forma correta de como era formado a imagem e ainda, 7 alunos deixaram a questão em branco não apresentando conhecimento algum a respeito do assunto.

As questões 6, 7 e 8 tratavam de três situações vivenciadas numa sala de aula em que o professor escreveu a matéria no quadro e ao mesmo tempo solicitou que os alunos lessem o livro texto.

Questão 6: *Suponha que num certo momento da aula o professor solicitou ao aluno Pedro, sentado mais ao fundo da sala e que não utilizava nenhum tipo de óculos ou lente, que lesse um exercício escrito no quadro e depois um texto do livro. Entretanto, o professor percebeu que o aluno conseguiu ler corretamente o que estava escrito no quadro, mas não conseguiu ler bem o que estava escrito no livro que estava em sua carteira bem perto dele. Na sua opinião qual seria o nome do possível defeito visual do aluno Pedro? Qual alteração ocorreu em seu olho para apresentar tal defeito? Se ele fosse fazer um exame de vista qual tipo de lente o médico poderia recomendar para ele melhorar a sua visão nesta situação?*

Através do gráfico 1 temos somente 13 alunos com respostas corretas ou parcialmente corretas. Nessa questão e na sétima e oitava, criamos um pequeno contexto de sala de aula buscando identificar se os alunos possuíam algum conhecimento a respeito dos problemas de visão e os motivos que causam esses principais problemas. Esse assunto é bem mais presente no cotidiano dos alunos haja vista que, muitos utilizam óculos de correção para esses problemas visuais.

Como apresenta o gráfico 1, 15 alunos deram respostas classificadas como incorretas para a questão 6, por não associarem o problema de visão descrito no texto com o correto, além de não conseguirem explicar o motivo de tal problema visual. Contudo, muitos dos que responderam incorretamente apenas trocaram o nome do defeito visual descrito na questão. Isso nos mostra que eles possuem um conhecimento prévio a respeito dos nomes dos defeitos visuais, mas não sabem ainda as diferenças entre eles e o que cada um provoca. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(G.S) – Ele provavelmente possui hipermetropia. Ele possui um defeito na região da córnea do olho. Uma lente que focasse as imagens próximas;

(G.G) – Hipermetropia. O globo ocular tem um formato não esférico. Lentes de contato e óculos;

(K.F) – Hipermetropia, essa pessoa não enxerga bem de perto, logo, o médico receitará uma lente já que ela consegue enxergar de longe;

Questão 7: *Suponha que num outro momento da aula o professor solicitou a outro aluno, Paulo, também sentado mais ao fundo da sala e sem usar nenhum tipo de óculos ou lente, que continuasse a leitura da questão seguinte, lendo primeiro o que estava escrito no quadro e depois o texto complementar do livro. Neste caso, o professor percebeu uma situação contrária à de Pedro. Paulo conseguia ler bem o que estava escrito no livro perto dele, mas não conseguia ler corretamente o que estava escrito no quadro. Na sua opinião qual seria o nome do possível defeito visual do aluno Paulo? Qual alteração ocorreu em seu olho para apresentar tal defeito? Se ele fosse fazer um exame de vista qual tipo de lente o médico poderia recomendar para ele melhorar a sua visão nesta situação?*

Através do gráfico 1 temos 25 alunos com respostas corretas ou parcialmente corretas. Apesar dessa questão ser semelhante a 6, ela teve bem mais acertos pois o problema visual tratado era a miopia, muito mais presente nos jovens do que a hipermetropia tratada na questão 6. Porém, muitos alunos ainda não sabiam qual alteração nos olhos causam esse problema de visão. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como parcialmente corretas.

(B.B) – Miopia, uma grande camada da retina atrapalha a visualização das imagens, uns óculos com um grau maior que o da retina para focar;

(K.S) – Miopia, lente côncava;

(L.S) – Miopia. A retina aumentar e ele precisa de uma lente;

Questão 8: *Ainda na mesma sala de aula, o professor, um adulto com um pouco mais de 40 anos de idade, após um certo tempo ministrando sua aula começa a perceber que sua visão está embaçando um pouco como se ela estivesse cansada. O Professor anteriormente nunca tinha apresentado nenhum problema visual. Na sua opinião qual seria o nome do possível defeito visual do professor? Qual alteração ocorreu em seu olho para apresentar tal defeito? Se ele fosse fazer um exame de vista*

qual tipo de lente o médico poderia recomendar para ele melhorar a sua visão nesta situação?

No gráfico 1 temos somente 3 alunos com respostas parcialmente corretas, que conseguiram relacionar corretamente o defeito visual com o cansaço dos músculos dos olhos, apesar de confundirem a presbiopia com o astigmatismo. Nenhum aluno acertou essa questão, que ainda faz parte do contexto das duas anteriores, e quase a totalidade da turma respondeu incorretamente ou a deixou em branco. Isso nos mostrou que eles possuem poucos conhecimentos prévios a respeito da presbiopia, uma vez que essa é uma anomalia corriqueira em pessoas de mais idade sendo um tanto incomum em adolescentes. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como parcialmente corretas.

(B.B) – Trabalho em excesso e a visão se cansou;

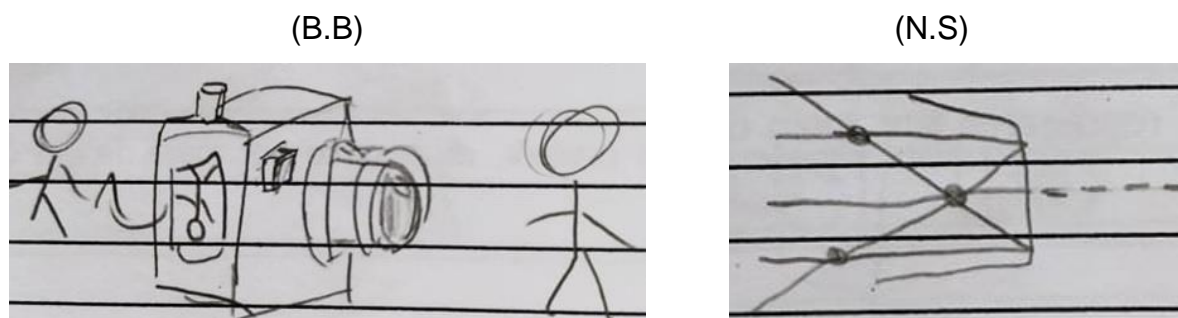
(L.S) – Visão cansada, então precisa de um óculos de visão com o objetivo de evitar a luminosidade direto nos olhos ou dilatar a visão a fim de capturar mais luz porque pode ser que ela esteja cansada de tanta luz e tenta evita-la ao máximo, o que pode prejudicar;

(J.P) – Hipermetropia, ocorra uma alteração na lente dos olhos;

Questão 9: *Vamos agora pensar no processo utilizado por uma câmera fotográfica. Explique como é formada a imagem na câmera? Faça um desenho para representar o que acontece.*

No gráfico 1 vemos que somente 5 alunos fizeram um desenho correto buscando relacionar o funcionamento de uma câmera fotográfica com o olho humano. Tivemos também 4 respostas parcialmente corretas, 4 respostas incorretas e 18 alunos a deixaram em branco. Assim, a maior parte dos alunos desconhece o princípio da formação de imagem em uma câmera fotográfica, mesmo ela estando presente nos celulares dos alunos. Alguns poucos alunos sabiam que o processo da câmera é semelhante à visão humana. A figura 46 apresenta a esquerda, uma resposta classificada como correta e, a direita, uma classificada como incorreta.

Figura 46: Respostas da questão 9 do questionário inicial, sendo a da esquerda C e a da direita I.



Fonte: Autor.

Questão 10: *Você já ouviu falar do efeito fotoelétrico? Cite alguns aparelhos que você tem o conhecimento deles funcionarem por meio deste efeito.*

No gráfico 1 vemos que 7 alunos descreveram corretamente aparelhos que funcionam por meio do efeito fotoelétrico e seis relacionaram algum equipamento que não utiliza deste efeito tornando suas respostas parcialmente correta. Contudo, 15 alunos deixaram em branco, o que já era um pouco esperado, já que este assunto de física moderna é pouco trabalhado durante o ensino médio. Já os alunos que deram respostas incorretas, simplesmente relacionaram o fenômeno com aparelhos que emitem luz, como os *flashes* das câmeras, por exemplo. Concluímos assim que mesmo não conhecendo o efeito fotoelétrico, estes alunos conseguiram relacionar o fenômeno com a palavra fóton, que vem de luz. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(A.G) – Sim, resistor fotoelétrico;

(J.P) – Sim, resistor fotoelétrico, disjuntor fotoelétrico;

(L.H) – Sim, Radiografia;

Questão 11: *Existe alguma semelhança entre o Efeito fotoelétrico e o processo de formação de imagens no olho humano?*

No gráfico 1 vemos que apenas 5 alunos responderam parcialmente corretas ao afirmarem que existe uma semelhança entre os dois fenômenos pelo motivo de ambos utilizarem a luz. Entretanto, 5 alunos responderam de maneira totalmente errada,

enquanto que 20 e um alunos deixaram a questão em branco, o que deixou claro que a grande maioria não possuía um conhecimento definido a respeito do assunto. Não houve resposta completamente correta. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como parcialmente corretas.

(A.G) – Sim, as duas tem luz;

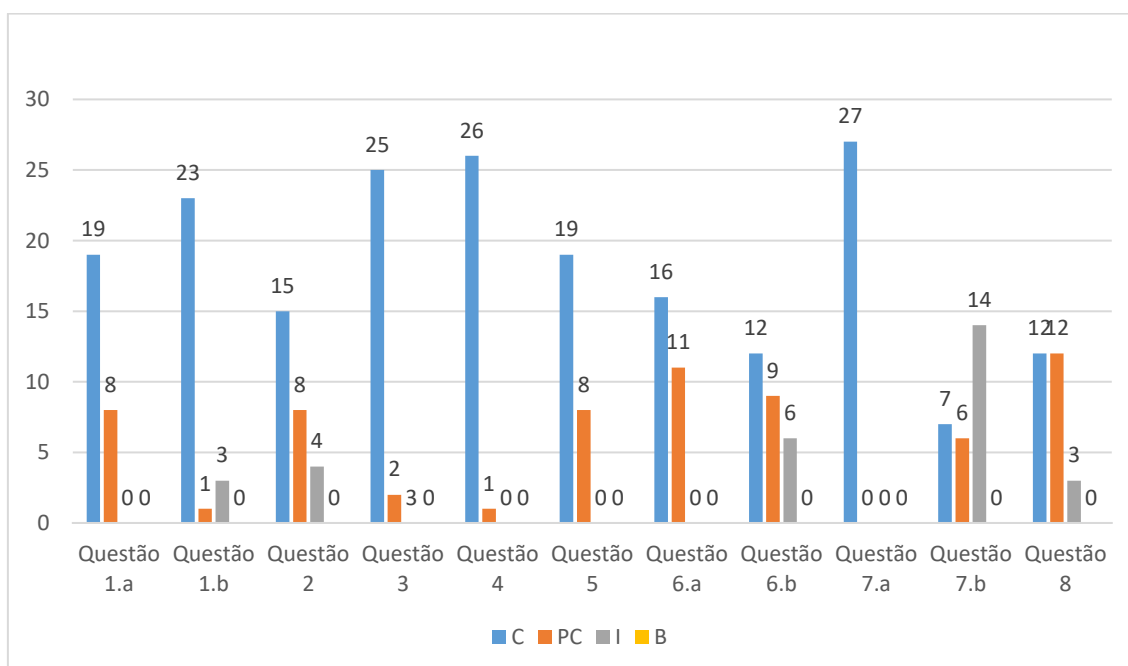
(J.P) – Sim, os dois fenômenos tem a presença de luz;

(G.C) – Sim. O fotoelétrico utiliza a energia elétrica para captar a luz, enquanto o olho humano capta a luz para transmiti-lo como eletricidade para o cérebro;

5.3. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO PÓS-TESTE

O pós-teste foi composto por 8 questões abertas e teve como função identificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos a respeito do tema abordado. Optamos por aplicar questões diferentes do pré-teste, porém com um grau de complexidade levemente superior. Na análise das respostas utilizamos os mesmos critérios de categorização utilizados no pré-teste de acordo com o quadro 1, isto é, respostas Corretas (C), Parcialmente Corretas (PC), Incorretas (I) e em Branco (B). Os resultados da classificação das respostas dos 27 alunos que participaram do pós-teste se encontram no gráfico 2. As respostas dos alunos que participaram do pós-teste se encontram na íntegra no Apêndice E.

Gráfico 2: Resultados da categorização das respostas do pós-teste.



Fonte: Autor.

A análise do gráfico 2 mostra que as questões iniciais do teste 1.a, 1.b, 2, 3, 4 e 5, cujos teores envolvem os problemas da visão, foram as que obtiveram os maiores índices de repostas corretas e parcialmente corretas, uma vez que este foi o assunto que mais despertou interesse por parte dos estudantes. Além disso, em todo o pós-teste, das 297 respostas dadas não houve nenhuma questão deixada em branco pelos 27 alunos participantes. No pré-teste, das 341 respostas dadas tivemos 93 respostas em branco, representando 27%, o que indica uma melhora substancial na capacidade de responder sobre o assunto tratado por parte dos alunos após a intervenção. A seguir, apresentamos a análise detalhada de cada questão.

Questão 1: *O olho humano é um tipo de instrumento óptico responsável pela visão.*
a) *Qual o nome da principal lente presente neste órgão e de qual tipo ela é?*

Através do gráfico 2 vemos que não houve respostas incorretas. Um total de 19 alunos responderam corretamente dizendo o nome do cristalino e dizendo que é uma lente do tipo convergente. Respostas como as dos alunos (G.C) e (A.F) que chamaram a lente do olho de “cristalina”, também foram classificadas como corretas. Apenas 8 alunos da turma deram respostas parcialmente corretas por não dizerem o tipo de

lente que o cristalino é. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(A.F) – Cristalino, convergente e biconvexa;

(J.P) – Cristalino, convergente;

(K.S) – Cristalina e biconvexa;

b) Qual a sua classificação quanto a suas superfícies?

Através do gráfico 2 vemos que 23 alunos responderam correto e apenas 1 aluno respondeu parcialmente correto, mostrando indícios de que o conhecimento a respeito das características das superfícies da lente foi adquirido. Apenas 3 alunos responderam incorretamente. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(K.S) – Biconvexa;

(A.D) – Biconvexa;

(L.C) – Ela possui duas faces convexas, logo é uma lente biconvexa e convergente;

Questão 2: *Qual a função da lente presente no olho humano citada na questão anterior?*

Nessa questão, o gráfico 2 nos mostra que 15 alunos mostraram indícios do conhecimento a respeito da função do cristalino no olho humano respondendo corretamente. Um total de 8 estudantes responderam parcialmente correto, enquanto 4 deram respostas incorretas atribuindo ao cristalino uma função diferente de convergir os raios de luz para a retina do olho humano. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(A.G) – Converge os raios para formar as imagens;

(L.H) – Converge os raios de luz para que se forme as imagens;

(G.C) – Converge os raios de luz para a retina, onde será formada a imagem;

Questão 3: *Um adolescente aventureiro e seu irmão, resolveram fazer uma trilha até o alto de um monte com intuito de tirar uma fotográfica. Quando chegou no ponto mais alto do monte, esse adolescente percebeu que estava enxergando a vista lá de cima um tanto embaçada, mas ele conseguia enxergar normalmente as letras na tela do*

seu celular que estava em sua mão. Diante deste fato, qual o problema de visão que esse adolescente possui e qual tipo de lente ele necessita utilizar para corrigir esse problema?

A questão 3 é a primeira relacionada aos problemas visuais que também foram trabalhados no pré-teste. Durante toda a aplicação, as atividades que envolveram este tema foram as que os alunos demonstraram maior interesse por ser algo bem presente em seu cotidiano e não tanto abstrato como outros temas de Física. Pelo gráfico 2, podemos observar que 25 alunos responderam corretamente identificando a miopia como o problema em visual em questão e apresentaram o tipo de lente corretiva adequado para este problema. Apenas 2 alunos deram respostas parcialmente corretas, mesmo assim, eles identificaram corretamente o defeito visual da questão, mas não souberam dizer a lente corretiva adequada para ele, por isso foram classificadas dessa forma. Não houve respostas incorretas neste item. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(L.C) – Miopia. Ele precisa de uma lente divergente;

(M.N) – Miopia e é necessário a utilização de lentes divergentes para a correção desse problema;

(G.C) – Ele possui miopia, e para corrigi-la é necessário uma lente divergente;

Questão 4: *Na questão anterior, o irmão mais velho, ao contrário do adolescente, percebeu que enxergava bem a paisagem, mas não estava conseguindo ver direito as letras de seu telefone celular que estava em sua mão. Qual o possível problema de visão do irmão mais velho e qual tipo de lente corretiva ele necessita?*

Através do gráfico 2, podemos ver que praticamente toda a turma respondeu corretamente a respeito do defeito visual da questão como a hipermetropia e ainda identificaram a lente corretiva adequada para sua correção. Houve apenas uma resposta parcialmente correta, pois o aluno errou a lente corretiva adequada para hipermetropia, apesar de ter identificado também o defeito visual correto. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(G.C) – Ele possui hipermetropia e para corrigi-lo é necessário a lente convergente;

(L.C) – Hipermetropia, ele precisa de uma lente convergente;

(M.N) – Hipermetropia e é necessário a utilização de lentes convergentes para a correção desse problema;

Questão 5: *Suponha que no final da tarde, o pai desses dois irmãos chegou de carro ao monte para buscá-los. Já cansado ao final do dia, o pai dos garotos havia esquecido seus óculos. Dessa forma, ele relatou a seus filhos que seu problema de visão é causado por irregularidades em sua córnea e por isso ele necessita de óculos de correção. Qual o problema de visão do pai e qual o tipo de lentes corretivas de seus óculos.*

Através do gráfico 2, percebemos que a maioria dos estudantes deram respostas corretas totalizando 19 alunos. Entretanto, 8 alunos, apesar de também terem conseguido identificar de maneira correta o astigmatismo como o defeito visual da questão, apresentaram incorretamente um tipo de lente corretiva para corrigi-lo, e por este motivo foram classificadas como parcialmente corretas. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(L.C) – Astigmatismo. Ele precisa de uma cilíndrica;

(L.R) – Astigmatismo, lente cilíndrica;

(A.F) – Astigmatismo, lente cilíndrica;

Questão 6: *Durante uma aula de Física no ensino médio o professor apresentou um experimento formado por um poste e um painel fotovoltaico de silício preso a sua ponta e, esse painel está ligado a um mini ventilador. Ao expor este pequeno experimento a luz solar, os alunos perceberam que o mini ventilador começou a funcionar.*

a) *Qual o nome que se dá a esse fenômeno?*

No gráfico 2, 16 alunos responderam corretamente à questão mostrando que adquiriram conhecimento a respeito do assunto. Alguns estudantes chamaram o fenômeno apenas de *fotoelétrico* ou *fotoelétrica*, e estes foram classificados como parcialmente corretos. Não houve resposta totalmente incorreta o que nos mostra que o fenômeno teve um bom reconhecimento por parte dos estudantes. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(L.C) – Efeito fotoelétrico;

(L.P) – Efeito fotoelétrico;

(L.R) – Efeito Fotoelétrico;

b) Como a luz solar é capaz de fazer o mini ventilador deste experimento funcionar?

Através do gráfico 2, podemos ver que apenas 12 alunos conseguiram responder de maneira correta mostrando indícios de aprendizagem. Todavia, 9 alunos responderam parcialmente correto sobre como a luz é capaz de fazer o experimento funcionar e ainda, 6 alunos deram respostas incorretas na questão simplesmente alegando que o efeito fotoelétrico possui um “senso sensitivo” à luz. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(L.G) – A luz do sol em contato com o painel solar faz com que apareça uma corrente e assim o ventilador funciona;

(T.R) – A luz do sol em contato com o painel solar faz com que apareça uma corrente e assim o ventilador funciona;

(J.P) – A luz do sol em contato com o painel solar faz com que apareça uma corrente e assim o ventilador funcione;

Questão 7: *Sobre a questão anterior (6), suponha que o professor possui um aparelho emissor de luz em que ele consegue alterar as cores da luz incidente sobre a placa fotovoltaica. Em um determinado momento, o professor fez incidir uma determinada cor de luz sobre a placa fotovoltaica, onde o mini ventilador parou de funcionar.*

a) qual o nome que se dá a essa frequência de luz específica que fez com que o experimento parasse de funcionar?

Pelo gráfico 2, todos os 27 alunos que responderam o pós-teste deram a resposta correta da questão chamando-a de frequência de corte. Surpreendentemente não houve nenhuma resposta parcialmente correta e nenhuma resposta incorreta, pois em um assunto não tradicionalmente estudado do ensino médio era esperado que alguns alunos não acertassem. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(V.S) – Frequência de corte;

(G.C) – Frequência de corte;

(L.G) – Frequência de corte;

Questão 7: *Sobre a questão anterior (6), suponha que o professor possui um aparelho emissor de luz em que ele consegue alterar as cores da luz incidente sobre a placa fotovoltaica. Em um determinado momento, o professor fez incidir uma determinada cor de luz sobre a placa fotovoltaica, onde o mini ventilador parou de funcionar.*

b) *Por que essa luz não foi mais capaz de fazer o experimento funcionar como anteriormente?*

Mesmo tendo 100% dos alunos respondendo corretamente à questão anterior (7a) sobre a frequência de corte no efeito fotoelétrico, 7 alunos conseguiram dar respostas corretas sobre o motivo dessa nova frequência de luz não ser mais capaz de fazer o experimento funcionar. Tivemos também 6 alunos respondendo respostas parcialmente corretas, enquanto 14 alunos responderam incorretamente. Essa foi a questão em que eles apresentaram maior dificuldade e apresentou o maior índice de erros, confirmando a dificuldade do assunto de ser entendido no ensino médio. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(L.H) – Sua frequência possui menos energia e assim influencia menos os elétrons;

(L.R) – Porque a luz não tem energia suficiente;

(A.G) – Sua frequência tem menos energia e assim influência menos os elétrons;

Questão 8: *Qual a semelhança entre o efeito fotoelétrico e o processo de formação de imagem no olho humano?*

Através do gráfico 2, vemos que 12 alunos responderam corretamente mostrando a semelhança existente entre o processo de formação da imagem no olho humano e o efeito fotoelétrico. Também tiveram 12 alunos que deram respostas parcialmente corretas enquanto apenas 3 alunos responderam incorretamente à questão. A seguir, são apresentados exemplos de respostas classificadas como corretas.

(K.S) – No efeito fotoelétrico a luz forma uma corrente de maneira semelhante a visão é quando os raios geram impulso e formam a imagem;

(L.S) – No fotoelétrico, é preciso o contato entre a luminosidade e o lugar onde ela toca, no olho humano é o mesmo, a diferença é que a luz passa na lente do olho para alcançar a retina e formar a imagem ao contrário e o cérebro concerta;

(L.H) – Os dois tem incidência de luz para que se produza uma corrente, os impulsos nervosos no olho;

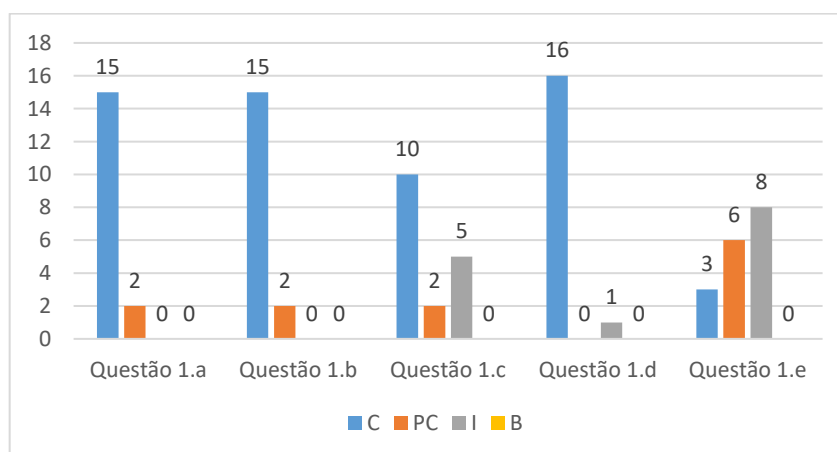
Fazendo uma comparação percentual, vemos que das 341 respostas do pré-teste tivemos apenas 82 (24%) de corretas e 100 (29,3%) de respostas parcialmente corretas. Já no pós-teste esse número melhorou consideravelmente, pois das 297 respostas dadas, tivemos 201 (67,7%) de respostas corretas e 66 (22,2%) de respostas parcialmente corretas. Assim vemos um aumento expressivo de respostas corretas indicando indícios de aprendizado. Certamente o decréscimo das parcialmente corretas se deve ao grande aumento das corretas. Mesmo somando as C e PC tivemos uma melhora de 53,3% no pré-teste para 89,9% no pós-teste, consolidando o aprendizado.

Essa melhora é ainda mais expressiva nas questões relacionadas aos problemas de visão e ao efeito fotoelétrico. No pré-teste, as questões que envolviam o efeito fotoelétrico foram as que apresentaram maior quantidade de repostas em branco, evidenciando que os alunos possuíam pouco conhecimento sobre o assunto. Isso não aconteceu no pós-teste. A seguir, apresentamos alguns resultados e análises dos encontros intermediários.

5.4. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 4º ENCONTRO PRESENCIAL

Esta atividade foi composta de um questionário de 5 questões sobre uma simulação no *software* Algodoos onde os alunos puderem manusear e observar o comportamento e diferenças ópticas entre os diversos tipos de lentes. As questões foram classificadas de acordo com o quadro 1 entre as 17 duplas, totalizando 34 alunos participantes. Os resultados da classificação se encontram no gráfico 3.

Gráfico 3: Resultados da atividade do 4º encontro presencial.



Fonte: Autor.

A análise do gráfico 3 mostra que não houve questões em branco. As 4 primeiras questões apresentaram os maiores índices de respostas corretas, sendo que, apenas na última as duplas tiveram a maior dificuldade. A seguir, apresentamos a análise detalhada de cada questão.

Questão 1: *Em grupo, vocês deverão manusear as lentes da simulação para responder os itens abaixo.*

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

Através do gráfico 3 podemos observar que 15 duplas identificaram de forma correta as lentes que são convergentes por meio da utilização da simulação. Apenas 2 duplas deram respostas parcialmente corretas, pois confundiram uma das lentes convergentes.

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

Através do gráfico 3 podemos novamente observar que 15 duplas identificaram de forma correta as lentes que são divergentes, sendo elas as mesmas duplas que responderam certo à questão anterior. Da mesma maneira, as mesmas duas duplas que deram respostas parcialmente corretas na questão anterior também deram respostas parcialmente corretas nesta questão.

c) *Compare as lentes da letra A e B, você consegue perceber alguma diferença entre os dois grupos? Explique.*

O gráfico 3 mostra que 10 duplas apresentaram respostas corretas associando a diferença das lentes ao comportamento ótico que elas causam nos raios luminosos e a seus formatos. Houve 2 duplas que apresentaram repostas parcialmente corretas e 5 respostas incorretas.

d) *Utilizando a ferramenta “Rotate Objects”, gire as lentes 180° e coloque novamente sobre o feixe luminoso como mostra a figura 8. O que ocorreu de diferente com o feixe para cada lente? Explique.*

Praticamente todos os alunos conseguiram observar que girando a lente não se altera o comportamento ótico dos raios luminosos que a atravessam, logo, 16 duplas responderam corretamente essa questão. Apenas uma dupla deu uma resposta incorreta.

e) *O que acontece com o feixe luminoso quando a lente, com o índice de refração alterado, é posta novamente à frente dele? Explique porque essa mudança de valor altera o comportamento ótico da lente*

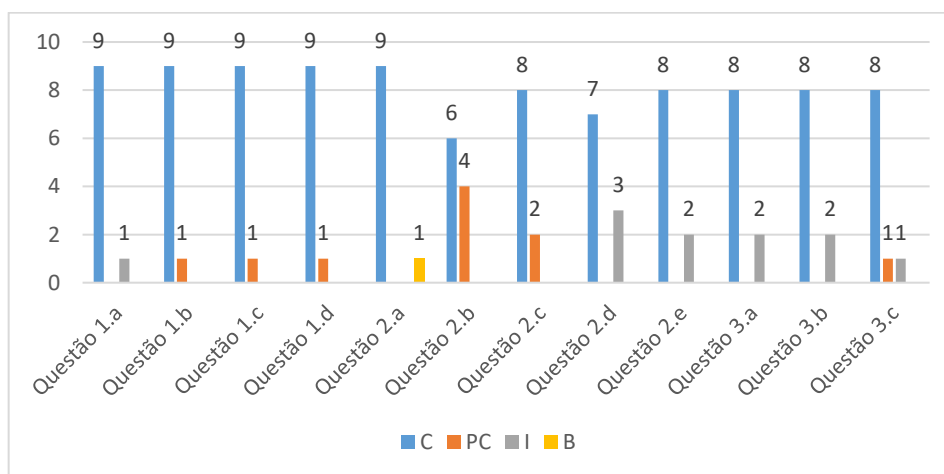
Através do gráfico 3 observamos que apenas 3 duplas responderam corretas. Tivemos também um total de 6 duplas respondendo parcialmente corretas e 8 duplas respondendo incorretamente. Essa questão demonstrou um grau maior de dificuldade por parte dos alunos em observar e descrever corretamente a influência do índice de refração em uma lente.

5.5. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 5° ENCONTRO PRESENCIAL

A atividade de formação de imagens com o Optgeo foi composta por 12 questões, de maneira que, utilizando o programa computacional, os alunos investigaram o

comportamento óptico dos raios luminosos notáveis e os tipos de imagens formadas com as lentes esféricas. O Gráfico 4 apresenta o resultado da categorização das respostas das 10 duplas participantes, totalizando 20 alunos que realizaram a atividade.

Gráfico 4: Resultados da atividade do 5º encontro presencial.



Fonte: Autor.

A seguir, segue em detalhes a análise de cada questão.

Questão 1: Utilizado a simulação disponível do Optgeo construa, para cada uma das situações, vários raios de luz analisando seus comportamentos para cada questão a seguir.

a) Raios que incidem paralelos ao eixo principal.

Através do gráfico 4 vimos que 9 duplas responderam corretamente a respeito do comportamento de um raio luminoso que incide paralelamente ao eixo principal de uma lente enquanto apenas 1 dupla deu uma resposta incorreta.

b) Raios que incidem em direção ao foco da lente.

c) Raios que incidem em direção ao centro de curvatura da lente.

d) Raios que incidem em direção ao vértice da lente.

Nas letras b, c e d da primeira questão, 9 duplas deram resposta corretas a respeito do raio notável em questão, enquanto apenas uma dupla deu uma resposta parcialmente correta.

Questão 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 feito.*

a) *Objeto antes do centro de curvatura.*

Através do gráfico 4 vemos que 9 duplas construíram e conseguiram identificar corretamente as características da imagem produzida pela lente para o objeto nesta posição. Houve apenas 1 dupla que deixou esta resposta em branco provavelmente por falta de atenção na hora do desenvolvimento da atividade.

b) *Objeto sobre o centro de curvatura*

O gráfico 4 apresenta que 6 duplas deram respostas corretas enquanto 4 duplas deram respostas parcialmente corretas. Essa questão foi a que apresentou maior dificuldade por parte dos estudantes em conseguir perceber que o tamanho da imagem formada pela lente era o mesmo que a do objeto. Entretanto, isto é realmente complicado de se identificar através do software já que ele torna difícil essa percepção, pois ele não possui uma ferramenta adequada para que se posicione perfeitamente o objeto sobre o centro de curvatura, logo ocorre alterações no tamanho medido da imagem.

c) *Objeto entre o centro de curvatura e o foco principal.*

Na letra c da segunda questão, tivemos respostas corretas de 8 duplas e apenas duas duplas com respostas parcialmente corretas por terem errado em uma das três características da imagem gerada pela lente.

d) *Objeto sobre o foco.*

Através do gráfico 4 observamos que tivemos 7 duplas com respostas corretas e 3 duplas com repostas incorretas. Isso porque essas 3 duplas se confundiram afirmando que a imagem para esta posição seria virtual ao invés de perceberem que não haveria formação de imagem.

e) Objeto entre o foco e o vértice da lente.

Através do gráfico 4 observamos que 8 duplas deram respostas corretas identificando as características da imagem formada enquanto 2 duplas responderam incorretas confundindo e afirmando que para esta posição do objeto, não haveria formação de imagem.

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

a) Objeto além do centro de curvatura.

b) Objeto entre o centro de curvatura e o foco.

Através do gráfico 4, vemos que em ambas as letras a e b da questão 3, tivemos um total de 8 respostas corretas e 2 respostas incorretas pois essas duas duplas não apresentaram nenhuma das três características corretas da imagem em ambas as questões.

c) Objeto entre o foco e o vértice da lente.

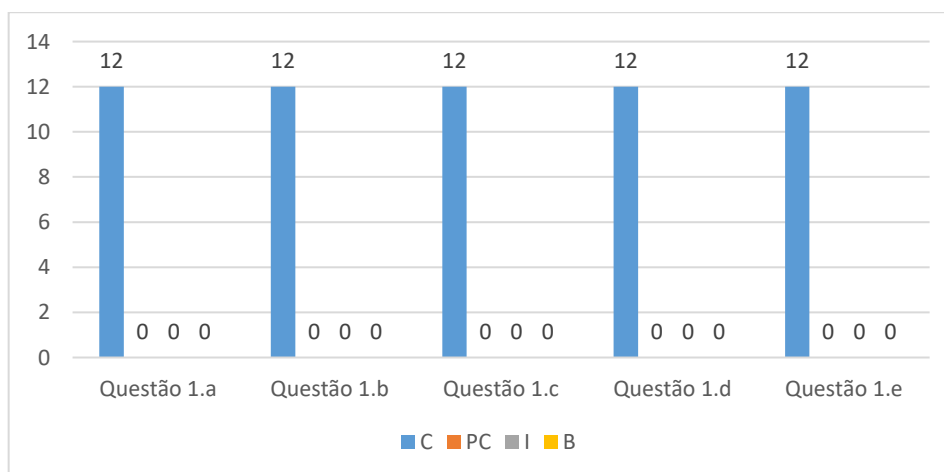
O gráfico 4 mostra que 8 duplas responderam corretamente à questão enquanto tivemos também uma resposta parcialmente correta e uma resposta incorreta.

5.6. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 6° ENCONTRO PRESENCIAL

O gráfico 5, a seguir, apresenta os resultados das respostas da atividade do sexto encontro, composta por 5 questões, a respeito da simulação do olho humano com o Algodoó. Nesta atividade participaram 23 alunos divididos em 11 duplas e 1 aluno fez

individual de maneira remota, logo, na classificação serão considerados como 12 duplas.

Gráfico 5: Resultados da atividade do 6º encontro presencial.



Fonte: Autor.

A seguir, segue em detalhes a análise de cada questão.

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.*

Pelo gráfico 5 vemos que todos os alunos foram capazes de identificar o olho da simulação que não apresentava defeito visual, totalizando 12 duplas que responderam corretamente.

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, dessa forma, a pessoa não consegue focalizar objetos próximos, o que a leva a não enxergar nitidamente a pequenas distâncias. Observando novamente a simulação, identifique*

qual ou quais das opções na simulação representa um olho com hipermetropia? Explique.

Pelo gráfico 5 vemos que todos os alunos foram capazes de identificar o olho da simulação que apresenta o defeito visual da hipermetropia totalizando as mesmas 12 duplas que responderam corretamente.

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.

Pelo gráfico 5 vemos que todos os alunos foram capazes de identificar o olho da simulação que apresentava o defeito visual da miopia, totalizando as mesmas 12 duplas que responderam corretamente.

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.

Através do gráfico 5, notamos que todas as duplas conseguiram manipular de maneira correta as lentes corretivas na simulação e assim, identificar as lentes corretivas corretas para cada defeito visual em questão. Logo, todos os alunos deram respostas corretas.

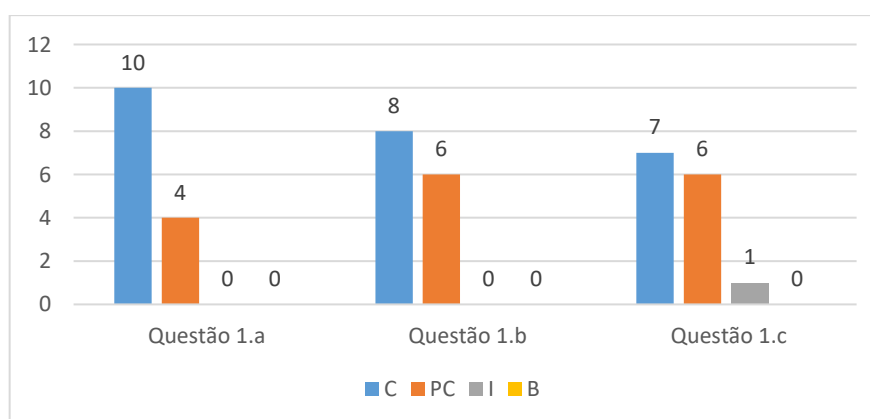
e) Onde poderíamos encontrar esses tipos de lentes no nosso dia a dia?

Novamente, o gráfico 5 mostra que as 12 duplas conseguiram apresentar corretamente aparelhos que utilizam esses tipos de lentes em nosso dia a dia.

5.7. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 7º ENCONTRO PRESENCIAL

O gráfico 6 apresenta os resultados de respostas da atividade do 7º encontro presencial onde foi utilizado um modelo simples de olho humano feito em isopor. A atividade teve 3 questões a respeito da utilização do experimento. Nesta atividade participaram 28 alunos divididos em 14 duplas representadas no gráfico 5.

Gráfico 6: Resultados da atividade do 7º encontro presencial.



Fonte: Autor.

A seguir, segue em detalhes a análise de cada questão.

1) Responda as questões abaixo utilizando o experimento.

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

Através do gráfico 6 notamos que 10 duplas conseguiram descrever corretamente as características da imagem formada pelo experimento do olho humano enquanto apenas 4 duplas responderam parcialmente correto deixando de dizer alguma das características da imagem.

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

Pelo gráfico 6 vemos que 8 duplas responderam corretamente enquanto 6 duplas responderam parcialmente correto, pois, apesar de observar corretamente o que ocorre quando se aproxima ou afasta o experimento dos objetos, não disseram nada do porque isto acontece.

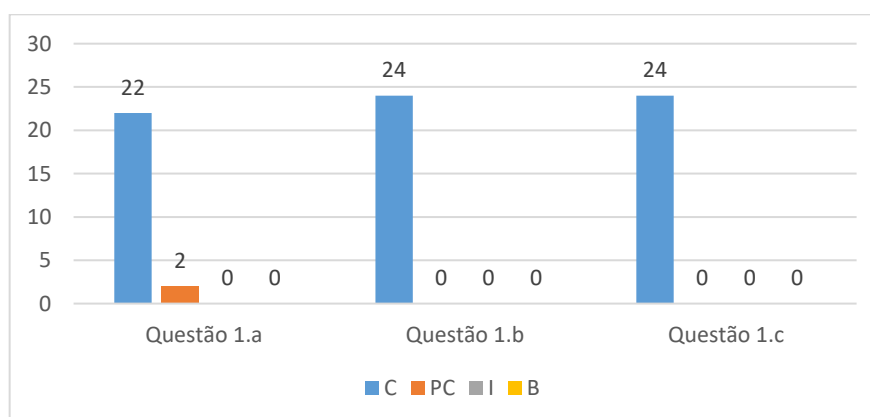
c) Faça um desenho esquematizando o experimento, objeto, imagem, olho e raios luminosos utilizando a figura abaixo.

Nesta questão, o gráfico 6 mostra que 7 duplas fizeram um desenho correto da propagação dos feixes de luz e da formação da imagem sobre a retina, enquanto 6 duplas responderam parcialmente correto. Esta foi a única questão que apresentou uma resposta incorreta.

5.8. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA 2ª TAREFA A SER FEITA EM CASA

Essa foi uma das atividades que os alunos desenvolveram em suas casas individualmente, logo, o gráfico 7 apresenta os resultados dessa tarefa mostrando as respostas de cada um dos 24 alunos que a realizaram, e não de duplas como os gráficos anteriores.

Gráfico 7: Resultados da atividade com texto sobre problemas da visão da 2ª tarefa a ser feita em casa.



Fonte: Autor.

A seguir, segue em detalhes a análise de cada questão.

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

a) Quais os principais elementos do olho normal?

Através do gráfico 7 vemos que 22 alunos deram respostas corretas a respeito dos principais componentes do olho humano enquanto apenas 2 alunos deram respostas parcialmente corretas apresentando somente as lentes do olho humano como principais componentes do órgão.

b) Como um olho normal funciona?

Nesta questão, vemos pelo gráfico 7 que todos os 24 alunos responderam corretamente como é o funcionamento do olho humano para formação da imagem utilizando o texto de referência disponibilizado.

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 nas imagens abaixo o defeito visual correspondente a cada figura e suas características utilizando também o texto de referência.

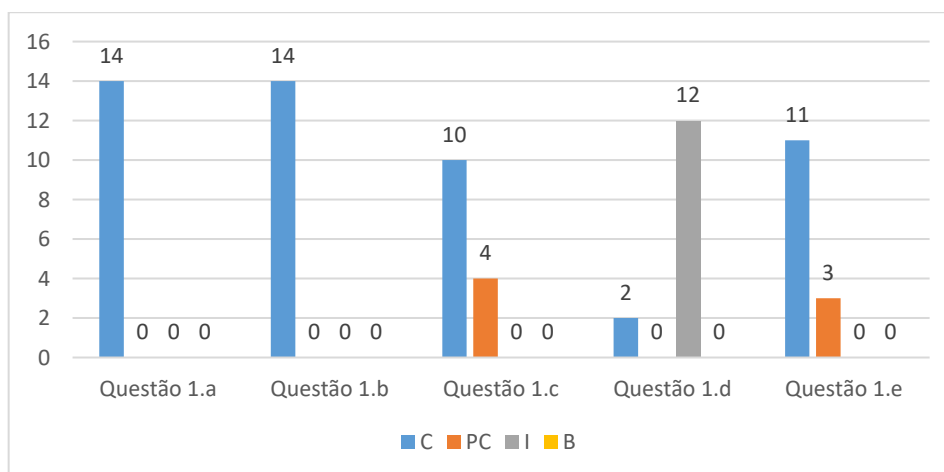
Através do gráfico 7, notamos que novamente todos os 24 alunos que realizaram a atividade responderam corretamente identificando os defeitos visuais a cada imagem disponibilizada.

5.9. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 9º ENCONTRO PRESENCIAL

O gráfico 8 apresenta os resultados das respostas dos 30 alunos que participaram da atividade em duplas envolvendo uma simulação sobre o efeito fotoelétrico. Entretanto, devido a problemas no laboratório de informática no dia da aplicação, houveram

também dois trios formados para que os alunos não ficassem sem acompanhar a atividade. Logo, serão considerados no gráfico 8 as 14 duplas.

Gráfico 8: Resultados da atividade do 9º encontro presencial.



Fonte: Autor.

A seguir, segue em detalhes a análise de cada questão.

Questão 1: Na simulação em tela, 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 acima deste aparato emite uma luz de determinada cor e intensidade sobre uma das placas metálicas que começam a ejetar elétrons representados pelas bolas 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?

Na questão 1 desta atividade, o gráfico 8 mostra que todos os alunos nas 14 duplas formadas conseguiram alcançar respostas corretamente observado o fenômeno que ocorre na simulação online.

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?

Através do gráfico 8 vemos que novamente as 14 duplas formadas conseguiram observar de maneira correta o comportamento do efeito fotoelétrico quando se faz a alteração da intensidade luminosa incidente sobre a placa.

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.*

O gráfico 8 apresenta para esta questão que, 10 duplas deram respostas corretas enquanto apenas 4 duplas deram respostas parcialmente corretas não dizendo se os valores estavam de acordo com a marcação do amperímetro da simulação.

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 apresentado no roteiro, 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:*

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

onde, v é a velocidade da onda luminosa correspondente a $3 \cdot 10^8$ m/s, λ é o comprimento da onda em metros e f a frequência em Hertz.

Através do gráfico 8 vemos que essa foi a questão em que os alunos apresentaram maior dificuldade em desenvolver, confirmando uma dificuldade em exercícios que envolvem cálculos que praticamente todos eles possuem. Das 14 duplas participantes, tivemos 2 respostas corretas enquanto tivemos também 12 respostas incorretas. Mesmo sendo esperado, não houveram respostas em branco nesta questão.

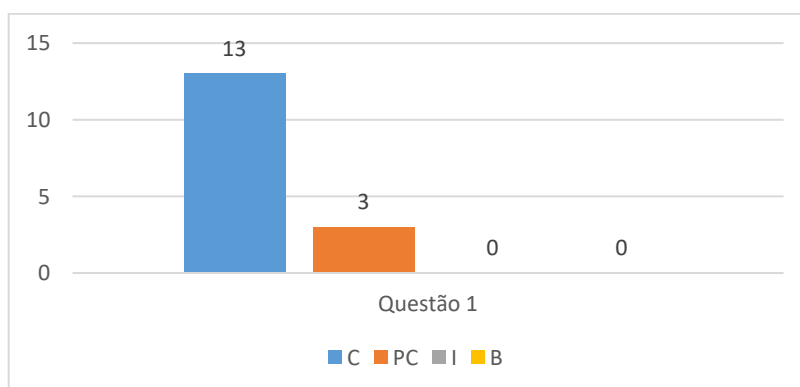
e) Qual a conclusão você chegou da relação entre as diferentes cores da luz incidente, ou diferentes frequências, e o material da placa para o fenômeno. Explique.

Pelo gráfico 8, vemos que 11 duplas concluíram corretamente sobre a influência dos fatores estudados na atividade em relação ao efeito fotoelétrico. Houveram também 3 duplas com respostas parcialmente corretas.

5.10. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO 10º ENCONTRO PRESENCIAL

Na atividade do 10º encontro presencial os alunos observando o funcionamento de um experimento simples de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico deveriam descrever este fenômeno. O Gráfico 9 apresenta os resultados dessa atividade onde participaram 31 alunos sendo que uma aluna, apesar de ter discutido o exercício com os colegas, entregou a atividade sozinha. Logo, serão considerados nos dados, 16 duplas.

Gráfico 9: Resultados da atividade do 10º encontro presencial.



Fonte: Autor.

A seguir, segue em detalhes a análise da questão.

1) O experimento como mostra a Figura 30 é composto por uma bateria ligada a um circuito formado por um LED, um resistor e um foto sensor LDR de luminosidade. Dessa forma, observe como se comporta o experimento em condições normais que você está o vendo. Em seguida, use a lanterna do celular e direcione a luz para o sensor.

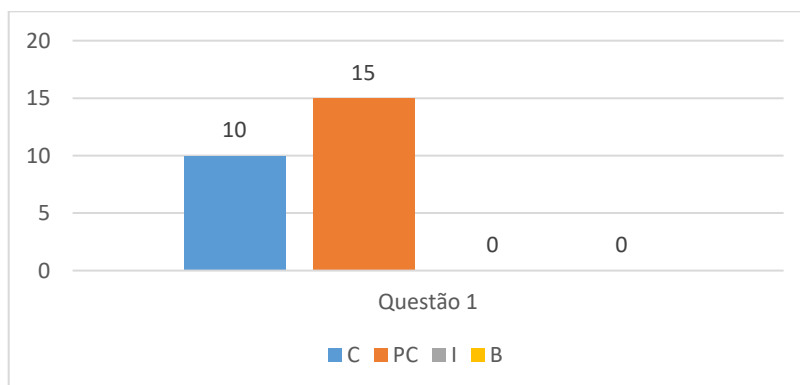
Agora, descreva o efeito fotoelétrico observado no experimento.

Através do gráfico 9, vemos que das 16 duplas, 13 conseguiram fazer uma descrição do efeito fotoelétrico e do experimento de maneira correta. Apenas 3 duplas fizeram uma descrição parcialmente correta. Mesmo assim, todos os alunos desenvolveram bem a tarefa e não houve respostas incorretas ou em branco.

5.11. CLASSIFICAÇÃO E ANÁLISE DAS RESPOSTAS DA 3ª TAREFA A SER FEITA EM CASA

Esta foi mais uma atividade realizada no período extraclasse onde os alunos a desenvolveram individualmente em suas casas. Participaram 25 alunos, logo, o gráfico 10 apresenta os resultados em número de alunos.

Gráfico 10: Resultados da atividade com vídeo da 2ª tarefa feita em casa sobre o processo de visão humana e efeito fotoelétrico.



Fonte: Autor.

A seguir, segue em detalhes a análise da questão.

Questão 1: *Esta atividade consistiu em assistir um vídeo sobre o processo que ocorre dentro do olho humano quando a retina absorve a luz incidente sobre ela e converte em impulsos elétricos que chegam até o cérebro com os dados da imagem. Em seguida os alunos deveriam fazer 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 e o efeito fotoelétrico.*

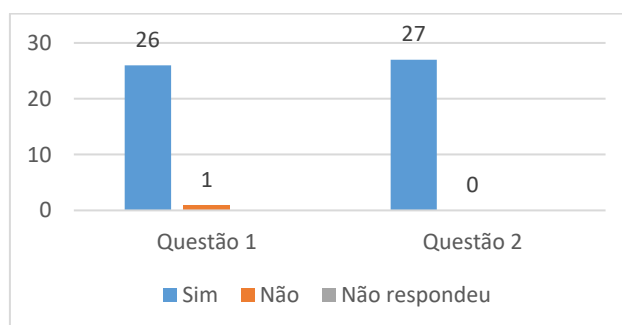
Através do gráfico 10 vemos que 10 alunos conseguiram fazer um resumo do vídeo e mostrar corretamente uma semelhança entre o processo de formação de imagem no olho humano com o efeito fotoelétrico. Tivemos 15 alunos com respostas parcialmente corretas, pois eles somente fizeram o resumo do vídeo, mas não escreveram sobre nenhuma semelhança entre os dois processos. Entretanto, não houve respostas incorretas ou respostas em branco nesta atividade.

5.12. ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

O Questionário de Opinião, composto de cinco questões, encontra-se no Apêndice D deste trabalho e as respostas dos alunos, na íntegra, encontram-se no Apêndice F. Este questionário teve como objetivo avaliar a aplicação da proposta didática e a contribuição no processo de ensino aprendizagem e também indicar possíveis alterações que possam contribuir para melhoria da sequência. No total, 27 alunos responderam ao questionário de Opinião.

O gráfico 11 apresenta as respostas dos alunos à primeira e à segunda questão do questionário de Opinião.

Gráfico 11: Classificação das respostas da primeira e segunda questão do questionário de opinião.



Fonte: Autor.

Questão 1: *Em sua opinião, a sequência didática utilizada contribuiu para seu aprendizado sobre o processo da visão humana e o efeito fotoelétrico? Por que?*

Pelo gráfico 11 vemos que 26 alunos responderam “Sim” o que parece indicar que a sequência ajudou quase que a totalidade dos alunos a compreender melhor o conteúdo de Física, enquanto apenas um aluno respondeu que não contribuiu para seu aprendizado do conteúdo pois ele já sabia o conteúdo estudado.

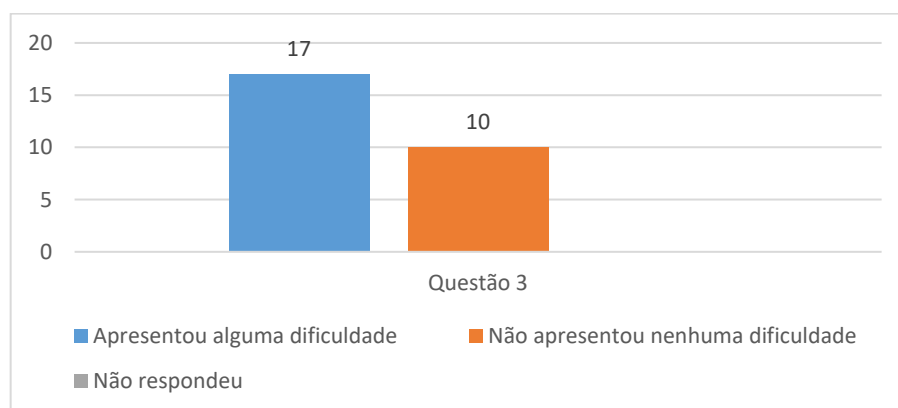
Questão 2: *A modalidade utilizada de trabalhos em grupos em estações de aprendizagem favoreceu o seu entendimento dos assuntos abordados? Por que?*

A questão 2 se refere a modalidade de rotações por estações de aprendizagem. Porém, como já explicado anteriormente, com as alterações na aplicação, os alunos desenvolveram as atividades em duplas, logo, foi explicado que essa questão se referia aos trabalhos em duplas e a realização das atividades ter sido feita separadamente, uma por aula.

Sendo assim, o gráfico 11 apresenta que todos os 27 alunos responderam “Sim” para segunda questão indicando que a maneira como foi desenvolvida a sequência contribuiu para o aprendizado.

Questão 3: *Qual ou quais dificuldades você encontrou ao longo da aplicação sequência didática?*

Gráfico 12: Classificação das respostas da terceira questão do questionário de opinião.

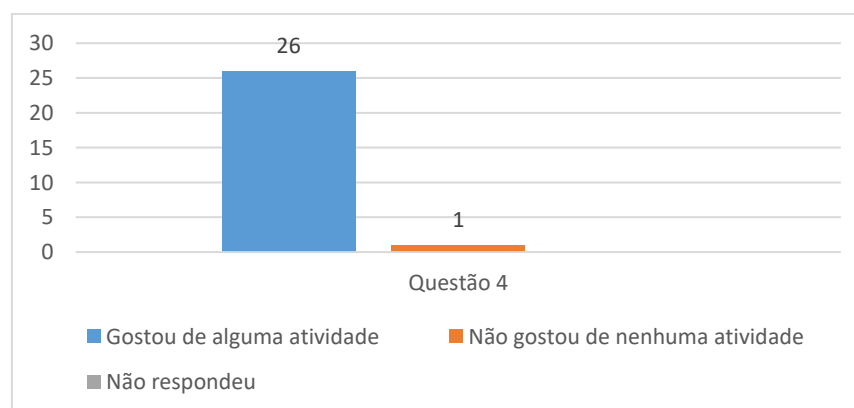


Fonte: Autor.

O gráfico 12 mostra que dos 27 alunos participantes, 17 alunos responderam que tiveram alguma dificuldade ao longo da aplicação da sequência, enquanto 10 alunos não apresentaram nenhuma dificuldade.

Questão 4: *Qual atividade da sequência você mais gostou? Por que?*

Gráfico 13: Classificação das respostas da quarta questão do questionário de opinião.



Fonte: Autor.

O gráfico 12 mostra que 26 alunos disseram gostar de alguma das atividades desenvolvida durante a sequência ou mesmo mais de uma atividade. Apenas um aluno respondeu que não gostou de nenhuma atividade.

Um ponto importante foi a utilização de novas tecnologias nas atividades como as simulações do *algodo* sobre as lentes e os problemas de visão do olho humano. Essa foi a atividade que os alunos relataram ter gostado mais, sobretudo da possibilidade de manipulação da simulação e conseguirem observar como ocorrem as alterações

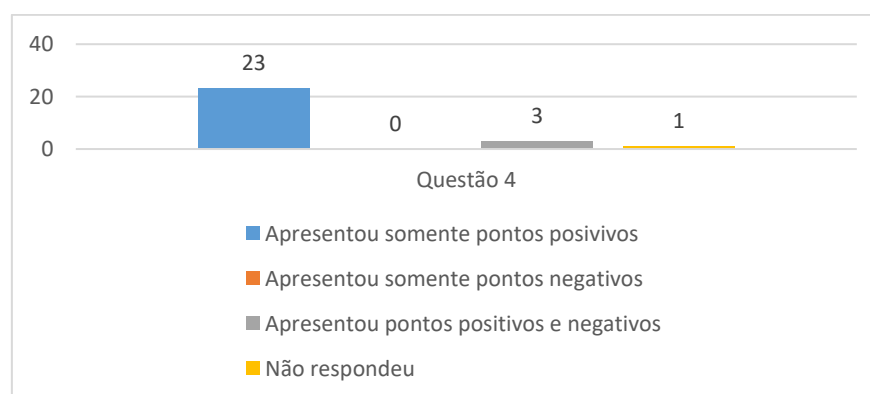
dentro do olho humano para cada defeito visual. Como muitos alunos utilizam óculos de correção e tem familiares e pessoas conhecidas que também utilizam, eles se interessaram bastante por essas simulações. O aluno (JN) relatou:

Com as aulas práticas consegui entender o problema visual do meu pai;

Muitos alunos relataram também que aprendem bem melhor com aulas práticas, logo, este foi outro fator que contribui para ampliar os conhecimentos.

Questão 5: *Quais foram os pontos negativos e positivos do desenvolvimento da sequência em sua opinião?*

Gráfico 14: Classificação das respostas da quarta questão do questionário de opinião.



Fonte: Autor.

O gráfico 14 mostra que 23 alunos apresentaram a suas respostas somente pontos positivos no desenvolvimento da sequência e nenhum ponto negativo. Nenhum aluno disse que a sequência possui apenas pontos negativos, enquanto 3 alunos apresentaram tanto pontos positivos quanto pontos negativos. Apenas um aluno não respondeu à questão.

Um dos pontos negativos relatados por alguns alunos foi a conversa paralela que ocorreu em algumas atividades. Como as atividades da sequência foram realizadas em duplas, é normal que houvesse conversa, já que, as duplas deveriam discutir sobre o assunto para formularem suas respostas, entretanto, em alguns momentos com a agitação, isso pode ter extrapolado um pouco e atrapalhado alguns alunos que se sentiram um tanto incomodados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos principais objetivos desta pesquisa foi investigar o uso do ensino híbrido, baseado em rotações por estações, para o ensino da óptica da visão e do efeito fotoelétrico. Devido às restrições impostas pela pandemia de Covid 19 tal objetivo não foi atingido totalmente, pois apesar de terem sido construídas 3 rotações, as estações não puderam ser aplicadas simultaneamente para grupos da turma num esquema de revezamento. Apesar disso, as estações foram aplicadas na íntegra para turma toda, sendo 6 de forma presencial e 2 como atividade de casa, sendo, portanto, testadas com êxito satisfatório conforme mostrado nos relatos dos encontros.

A realização de um pré-teste para averiguar os conhecimentos iniciais dos alunos, inicialmente, deixou-os preocupados, mas após o esclarecimento de que não era uma prova tradicional os tranquilizaram e a sua aplicação tornou possível detectar, na comparação com o pós-teste, indícios de aprendizagem.

A realização de duas aulas dialogadas, no 3º encontro sobre fenômenos ópticos e 8º encontro sobre a evolução das câmeras fotográficas, permitiu contextualizar o assunto e despertar a curiosidade dos alunos para o estudo dos temas, reforçando a necessidade das aulas de Física serem mais focadas nos fenômenos físicos e suas aplicações e menos no formalismo matemático.

O conjunto de atividades de simulação computacional, usando os softwares Algodoo e Optgeo e realizadas no 4º e 5º encontros, permitiu que os alunos compreendessem o comportamento dos raios luminosos ao atravessarem os diversos tipos de lentes esféricas, reforçando a importância da visualização no ensino de Física. Com as questões propostas os alunos puderam desenvolver uma postura mais participativa e também associarem o assunto estudado com a questão do uso dos óculos e lentes de contato pelos colegas e familiares, demonstrando a importância do ensino contextualizado.

O estudo óptica do olho humano realizado através da simulação do 6º encontro e do experimento com o protótipo de isopor no 7º encontro permitiu a compreensão do processo de formação da imagem, dos possíveis defeitos de visão e de como as lentes podem corrigi-los. Novamente questões propiciaram o desenvolvimento ativo do aluno, agora também com atividades experimentais fora da sala de aula, o que foi considerado um ponto muito positivo observado nos depoimentos dos alunos. Isso mostrou a importância de se introduzir aulas de laboratório ou de campo no ensino.

Os dois textos das duas primeiras tarefas feitas em casa propiciaram a oportunidade de os alunos conhecerem a história da evolução das lentes e de conhecerem mais sobre os principais problemas de visão.

O estudo do efeito fotoelétrico realizado através da simulação do 9º encontro e do experimento do 10º encontro permitiu um aprofundamento do tema da interação da radiação com a matéria, um assunto raramente ensinado nas escolas de ensino médio. Juntamente com a atividade de vídeos feita em casa, este estudo permitiu dar uma ideia aos alunos de como se dá o processo de absorção de luz e sua transformação em impulsos elétricos durante a formação das imagens no cérebro. Contudo, essa foi a parte das atividades que teve o menor aumento no índice de acertos do pós-teste, uma vez que estes alunos, mesmo tendo um conteúdo revisional, não viram esta matéria anteriormente, sendo normal apresentarem dificuldades.

As análises de todos esses encontros intermediários, mostraram um predomínio de respostas corretas e parcialmente corretas na grande maioria das questões indicando que as atividades propostas foram adequadas no sentido de propiciarem um ensino mais significativo e com participação mais ativa dos alunos.

A análise e comparação entre o pré-teste e o pós-teste mostrou claramente indícios de aprendizado, com um aumento de questões corretas de 24% para 67,7% e uma redução substancial no número de questões incorretas e em branco de 46,7% para 10,1%. Reforçando esta conclusão está o fato das questões do pós-teste serem ligeiramente diferentes e mais complexas do que as do pré-teste. Essa análise ainda mostrou no pós-teste, o aumento do novo conhecimento adquirido a partir do conhecimento pré-existente nos alunos, uma vez que o pré-teste demonstrou que os alunos conheciam os nomes problemas visuais e tipos de lentes corretivas apesar de não saber claramente o que cada problema visual e lente proporcionavam a visão. Já os resultados do pós-teste demonstraram que houve esse aprendizado.

A análise do questionário de opinião revelou que a grande maioria dos alunos concorda que a sequência didática contribuiu para o aprendizado do processo de visão humana e do efeito fotoelétrico, apesar de não ter sido aplicada de fato como rotações por estações. Assim, enfatizamos a importância de se introduzir novas metodologias, além das aulas narrativas tradicionais, como uma forma de melhorar a motivação dos alunos, principalmente durante o tempo de pandemia que estamos vivenciando.

Um problema que ocorreu foi o excessivo número de faltas durante a aplicação. Não houve um número constante de alunos realizando as atividades pois, as terceiras séries estavam tendo aulas presenciais, que possuíam transmissão simultânea por causa da pandemia. Assim, muitos alunos se mostravam confortáveis em faltar, mas acompanhar virtualmente a aula, o que atrapalhou um pouco a aplicação do produto educacional.

Alguns alunos também alegaram que não conseguiram instalar os simuladores nos computadores de suas casas ou simplesmente não quiseram, logo, foi necessário que eles assistissem os vídeos das simulações feitos pelo professor para desenvolverem as tarefas. Somente nas últimas três atividades da sequência didática, que ocorreram depois do mês de agosto de 2021, período em que a pandemia no Brasil estava um pouco mais controlada, é que as aulas híbridas para as terceiras séries acabaram e eles continuaram somente com aulas presenciais, diminuindo assim o número de faltas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, ; SANTOS, P. J. ; FERREIRA,. Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, p. 461-482, 2014. ISSN 2.
- ALVETTI, M. A. S. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a revista Ciência Hoje**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis , p. 170. 1999.
- ANTONOWISKI, R.; ALENCAR, M. V.; ROCHA, L. C. T. **Dificuldades encontradas para aprender e ensinar física moderna**. Universidade Federal do Mato Grosso. Sinop, p. 8. 2017.
- BACICH, L. **Ensino Híbrido: Proposta de formação de professores para uso integrado das tecnologias digitais nas ações de ensino e aprendizagem**. Instituto Península. São Paulo. 2016.
- BACICH, L. et al. **Ensino Híbrido Personalização e tecnologia na educação**. Porto Alegre: Penso LTDA, 2015.
- BACICH, L.; MORAN, J. Aprender e ensinar com foco na educação híbrida. **Pátio**, p. 45-47, Junho 2015. ISSN 25.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 70. ed. São Paulo, 2011.
- BARION, E. C. N.; MELLI, N. C. A. **OS MODELOS DE ROTAÇÃO POR ESTAÇÃO E LABORATÓRIO ROTACIONAL NO ENSINO HÍBRIDO DO CURSO TÉCNICO DE INFORMÁTICA SEMIPRESENCIAL: UM NOVO OLHAR DENTRO E FORA DA SALA DE AULA**. Centro de Educação Tecnológica Paula Souza. São Paulo, p. 10. 2017.
- BICAS, H. E. A. MORFOLOGIA DO SISTEMA VISUAL, 1997. Disponível em: <http://revista.fmrp.usp.br/1997/vol30n1/morfologia_sistema_visual.pdf>. Acesso em: jun. 2020.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. **Brasília**: MEC/SEMTEC, 1999. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: Abril 2020.
- CHRISTENSEN, C. M.; HORN, M. B.; STAKER, H. Ensino Híbrido: uma Inovação Disruptiva?, 2013. Disponível em: <<https://www.pucpr.br/wp->

content/uploads/2017/10/ensino-hibrido_uma-inovacao-disruptiva.pdf>. Acesso em: out. 2019.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica. Átomos, Moléculas, Sólidos e Partículas**. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

EVANGELISTA, R. L. **FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA DIDÁTICA BASEADA NOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS UTILIZANDO A ASTRONOMIA COMO TEMÁTICA CENTRAL**. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, p. 209. 2016.

FERNANDES, L.; LOCKSTEIN, S.; FACIN, E. H. **ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES COM GAMIFICAÇÃO: IMPACTO NA APRENDIZAGEM DE UM COMPONENTE CURRICULAR HÍBRIDO**. Unoesc. Joaçaba, p. 10. 2018.

FERNANDES, G. W. R.; RODRIGUES, A. M.; FERREIRA, C. A. Módulos temáticos virtuais: uma proposta pedagógica para o ensino de ciências e o uso das TICs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, p; 934-962, dez. 2015. ISSN3.

FEYNMAN, R. P. **Lições de Física**. 2. ed. [S.l.]: bookman, v. 1, 2008.

GARDELLI, D. **Consepções de Interação Física: Subsídios para uma abordagem histórica do assunto ensino médio. Dissertação (mestrado)**. Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 127. 2004.

GIRCOREANO, ; PACCA, L. D. A. O ensino de óptica na perspectiva de compreender a luz e a visão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, São Paulo , v. 18, p. 26-40, 2001. ISSN 1.

GODINHO, V. T.; GARCIA, C. A. A. **CAMINHOS HÍBRIDOS DA EDUCAÇÃO-DELIMITANDO POSSIBILIDADES**. [S.l.]. 2016.

JESUS, M. A. S.; SILVA, R. C. O. A TEORIA DE DAVID AUSUBEL – O USO DOS ORGANIZADORES PRÉVIOS NO ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES, 2004. Disponível em: <<http://www.sbem.com.br/files/viii/pdf/03/MC05002402801.pdf>>. Acesso em: abr. 2020.

KNIGHT, R. D. **FÍSICA UMA ABORDAGEM ESTRATÉGICA**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, v. 2, 2009.

LAVALLE, S. M. The Physiology of Human Vision, jul. 2020. Disponível em: <<http://vr.cs.uiuc.edu/vrch5.pdf>>.

MASSON, et al. Aprendizagem invertida: ensino híbrido em aulas de física geral dos cursos de engenharia. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 2, p. 102-118, 2018. ISSN 1.

- MELO, A. S. E.; FILHO, O. N. M.; CHAVES, H. V. Lewin e a pesquisa-ação: gênese, aplicação e finalidade. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 28, p. 153-159, Abril 2016. ISSN 1.
- MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. Dificuldades dos professores em introduzir a física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 3, 2009. ISSN 15. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/g5q2h/pdf/nardi-9788579830044-10.pdf>>. Acesso em: mar. 2020.
- MORAES, M. C. **Tecendo a rede, mas com que paradigma?** UNICAMP. Campinas. 2002.
- MORAES, R. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, p. 7-32, 1999. ISSN 37.
- MORÁN, J. Mudando a Educação com Metodologias Ativas , 2015. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf>. Acesso em: abr. 2020.
- MORAN, J. **Metodologias ativas e modelos híbridos na educação**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2017.
- MOREIRA, A.; MASINI, E. F. S. Aprendizagem significativa. A teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- MOREIRA, M. A. **A Teoria de Aprendizagem Significativa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 69. 2009.
- MOREIRA, M. A. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UM CONCEITO SUBJACENTE. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 1, p. 25-26, 2011.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, v. 2, 2011.
- MOREIRA, M. A. **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, ORGANIZADORES PRÉVIOS, MAPAS CONCEITUAIS, DIAGRAMAS V e UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 87. 2012.
- NETTO, C. M.; FERNANDES, V. C. **ENSINO HÍBRIDO: UMA EXPERIÊNCIA NA EDUCAÇÃO SUPERIOR**. Universidade Vale do Rio Doce. Governador Valadares, p. 10. 2017.
- NUNES, F. N. **PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE ÓPTICA PARA ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL UTILIZANDO MATERIAL DE BAIXO CUSTO**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Maceió, p. 71. 2015.

- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Edgard Bluncher LTDA, v. 4, 1998.
- OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". *Investigações em ensino de ciências*, vol. 5, n. 1, Porto Alegre, 2000. (página eletrônica)
- OSTERMANN, ; MOREIRA, M. A. **UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A ÁREA DE PESQUISA "FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO"**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 26. 2000.
- PAIVA, F. F. et al. Orientações motivacionais de alunos do ensino médio para. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 40, p. 9, 2018. ISSN 3.
- PARRA, E. A. **Aprendizagem Significativa de Astronomia**. Colégio Estadual Manoel Antônio Gomes. Reserva. 2014.
- PRINCE, M. **Does Active Learning Work? A review of the Research**. Bucknell University. [S.I.], p. 10. 2004.
- RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; WALKER, J. **Fundamentos de física - Óptica e Física Moderna**. 8. ed. [S.I.]: LTC, v. 4, 2009.
- RODRIGUES JÚNIOR, E.; CASTILHO, N. M. D. C. **UMA EXPERIÊNCIA EM AÇÃO: APROFUNDANDO CONCEITO E INOVANDO A PRÁTICA PEDAGÓGICA ATRAVÉS DO ENSINO HÍBRIDO**. Campinas. 2016.
- SANTOS, J. S. D. **ÓPTICA GEOMÉTRICA – A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS ATRAVÉS DA EXPERIMENTAÇÃO**. Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda, p. 143. 2017.
- SCARINCI, A. L.; MARINELI, F. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 2014.
- SILVA, M. A. F. M.; TAVARES JR., A. D. **A importância do Ensino da Óptica para o desenvolvimento das tecnologias modernas**. [S.I.], p. 4. 2005.
- SILVA, M. <http://docente.ifrn.edu.br/docente/melquisedecsilva>. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte**. Acesso em: 23 out. 2019.
- SIQUEIRA, L. M. M. **O ENSINO HÍBRIDO DA ELETRICIDADE UTILIZANDO OBJETOS DE APRENDIZAGEM NA ENGENHARIA**. PUC-PR. Curitiba, p. 21. 2010.
- TERRAZZAN, E. A. A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO DE FÍSICA NA ESCOLA DE 2º GRAU. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, p. 209-2014, 1992. ISSN 3.
- STAKER, H. C.; HORN, M. B. **Classifying K-12 Blended Learning**. Innosight

Institute. [S.l.]. 2012.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2011.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, p. 443-466, Dezembro 2005. ISSN 3.

VALADARES, E. D. C.; MOREIRA, . ENSINANDO FÍSICA MODERNA NO SEGUNDO GRAU: EFEITO FOTOELÉTRICO, LASER E EMISSÃO DE CORPO NEGRO. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, p. 121-135, 1998. ISSN 2.

VALENTE, J. A. Blendedlearning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula. **EducaremRevista**, Curitiba, p. 79-97, 2014. ISSN 4.

VALENTE, J. A. A Comunicação e a Educação baseada no uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. **UNIFESO-Humanas e sociais**, v. 1, p. 141-166, 2014, p.149. ISSN 1.

VERGANA, A. C. E.; HINZ, V. T.; LOPES, J. L. B. Como Significar a Aprendizagem da Matemática Utilizando os Modelos de Ensino Híbrido. **Revista Thema**, Pelótas, v. 15, p. 885 à 904, 2018.

VILELA, A. L. M. Sistema Sensorial. **AFH**, 2019. Disponível em: <<https://afh.bio.br/sistemas/sensorial/1.php>>. Acesso em: jun. 2020.

VINICIUS, L. Metade do planeta deve começar a usar óculos até 2050; a culpa é das telas. **Tudocelular.com**, 2016. Disponível em: <<https://www.tudocelular.com/android/noticias/n67480/metade-populacao-usar-oculos-telas.html>>. Acesso em: abr. 2020.

VISU, T. P. Olho e visão. **Pro Visu**, 2019. Disponível em: <<https://www.provisu.ch/pt/assuntos/olho-e-visao.html>>. Acesso em: jun. 2020.

APÊNDICE A – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE IMAGEM E VOZ

Título do projeto: Uma proposta de sequência didática utilizando metodologias ativas por meio do ensino híbrido para o ensino de óptica da visão no ensino médio.

Pesquisador responsável: Diego de Oliveira Pezzin

Orientador: Prof. Dr. Luiz Otavio Buffon

Coorientador: Prof. Me. Robson Leone Evangelista

Objetivo principal: Desenvolver e aplicar uma sequência didática utilizando metodologias ativas dentro da proposta do ensino híbrido para o ensino de óptica da visão para turmas do ensino médio.

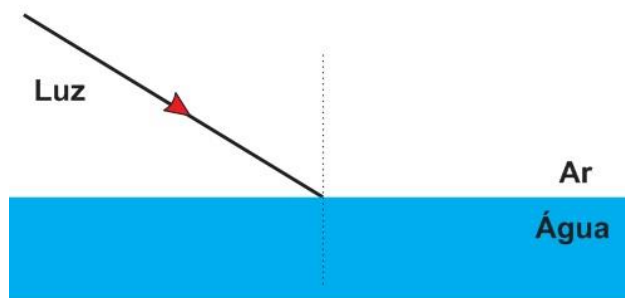
Eu, _____
autorizo expressamente a utilização da imagem e voz de _____, em caráter definitivo e gratuito, constante em fotos e filmagens decorrentes da participação do mesmo no projeto para fins de publicações e divulgações acadêmicas em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, a pessoa do aluno não deve ser identificada, por nome ou qualquer outra forma. As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a responsabilidade do pesquisador e sob sua guarda, entretanto tenho o direito de retirar a qualquer momento a minha autorização.

_____, ____/____/____

Assinatura

APÊNDICE B – PRÉ TESTE

1) Represente através de um desenho, na figura 1 abaixo, como será a propagação do raio de luz ao atravessar do ar para água.



Fonte: Autor.

Objetivo da questão 1: identificar se o aluno sabe que os raios de luz viajam em linha reta e que na refração o raio de luz muda de direção se aproximando da normal quando vai de um meio menos refringente para um meio mais refringente.

2) Por que no caso da figura acima, a luz tem este comportamento que você descreveu?

Objetivo da questão 2: verificar se o aluno tem a noção da diferença de velocidade de propagação do raio de luz nos meios.

3) Cite no mínimo 3 aparelhos, instrumentos ou dispositivos onde podemos encontrar lentes e quais as finalidades delas em cada um deles.

Objetivo da questão 3: identificar o conhecimento dos estudantes a respeito de aplicações das lentes em aparelhos, instrumentos ou dispositivos, bem como de suas funções neles.

4) Podemos encontrar algum tipo de lente no olho humano? Se sim, qual a sua finalidade?

Objetivo da questão 4: identificar se os alunos possuem algum conhecimento a respeito do funcionamento da lente do olho humano e da sua finalidade.

5) Explique como é formada a imagem no olho humano? Se preferir, represente por meio de um desenho ou esquema.

Objetivo da questão 5: identificar se os alunos possuem algum conhecimento da formação das imagens no olho por meio da propagação retilínea da luz.

Nas questões 6, 7 e 8, a seguir, considere três situações vivenciadas numa sala de aula em que o professor escreve a matéria no quadro e ao mesmo tempo solicita que os alunos leiam o livro texto.

6) Suponha que num certo momento da aula o professor solicitou ao aluno Pedro, sentado mais ao fundo da sala e que não utilizava nenhum tipo de óculos ou lente, que lesse um exercício escrito no quadro e depois um texto do livro. Entretanto, o professor percebeu que o aluno conseguiu ler corretamente o que estava escrito no quadro, mas não conseguiu ler bem o que estava escrito no livro que estava em sua carteira bem perto dele. Na sua opinião qual seria o nome do possível defeito visual do aluno Pedro? Qual alteração ocorreu em seu olho para apresentar tal defeito? Se

ele fosse fazer um exame de vista qual tipo de lente o médico poderia recomendar para ele melhorar a sua visão nesta situação?

Objetivo da questão 6: identificar o conhecimento dos alunos a respeito do problema de visão para objetos situados perto (hipermetropia) e qual o tipo de lente para corrigi-lo.

7) Suponha que num outro momento da aula o professor solicitou a outro aluno, Paulo, também sentado mais ao fundo da sala e sem usar nenhum tipo de óculos ou lente, que continuasse a leitura da questão seguinte, lendo primeiro o que estava escrito no quadro e depois o texto complementar do livro. Neste caso, o professor percebeu uma situação contrária à de Pedro. Paulo conseguia ler bem o que estava escrito no livro perto dele, mas não conseguia ler corretamente o que estava escrito no quadro. Na sua opinião qual seria o nome do possível defeito visual do aluno Paulo? Qual alteração ocorreu em seu olho para apresentar tal defeito? Se ele fosse fazer um exame de vista qual tipo de lente o médico poderia recomendar para ele melhorar a sua visão nesta situação?

Objetivo da questão 7: Identificar o conhecimento dos alunos a respeito do problema de visão para objetos situados longe (miopia) e qual o tipo de lente para corrigi-lo.

8) Ainda na mesma sala de aula, o professor, um adulto com um pouco mais de 40 anos de idade, que até este momento nunca tinha apresentado nenhum problema visual, após um certo tempo ministrando sua aula começa a perceber que sua visão está embaçando um pouco como se ela estivesse cansada. Na sua opinião qual seria o nome do possível defeito visual do professor? Qual alteração ocorreu em seu olho

para apresentar tal defeito? Se ele fosse fazer um exame de vista qual tipo de lente o médico poderia recomendar para ele melhorar a sua visão nesta situação?

Objetivo da questão 8: identificar o conhecimento dos alunos a respeito do problema de visão denominado de presbiopia e qual o tipo de lente para corrigi-lo.

9) Vamos agora pensar no processo utilizado por uma câmera fotográfica. Explique como é formada a imagem na câmera? Faça um desenho para representar o que acontece.

Objetivo da questão 9: identificar algum conhecimento dos alunos sobre o processo de formação de imagens numa câmera fotográfica.

10) Você já ouviu falar do efeito fotoelétrico? Cite alguns aparelhos que você tem o conhecimento deles funcionarem por meio deste efeito.

Objetivo da questão 10: identificar o conhecimento dos alunos a respeito do Efeito fotoelétrico.

11) Existe alguma semelhança entre o Efeito fotoelétrico e o processo de formação de imagens no olho humano?

Objetivo da questão 11: Identificar se os estudantes conseguem relacionar o efeito fotoelétrico com o processo de formação das imagens no olho humano.

APÊNDICE C – PÓS TESTE

1) O olho humano é um tipo de instrumento óptico responsável pela visão.

a) Qual o nome da lente presente neste órgão e de qual tipo ela é?

Objetivo: Identificar se o aluno adquiriu o conhecimento sobre o cristalino do olho humano e que ele é uma lente convergente.

b) Qual a sua classificação dessa lente quanto às suas superfícies?

Objetivo: Identificar se o aluno adquiriu o conhecimento sobre os formatos das lentes e de suas nomenclaturas.

2) Qual a função da lente presente no olho humano citada na questão anterior?

Objetivo: Identificar se o aluno aprendeu que o cristalino tem a função de focalizar os raios luminosos formando a imagem sobre a retina.

3) Um adolescente aventureiro e seu irmão, resolveram fazer uma trilha até o alto de um monte com o intuito de tirar uma fotográfica. Quando chegou no ponto mais alto do monte, esse adolescente percebeu que estava enxergando a vista lá de cima um tanto embaçada, mas ele conseguia enxergar normalmente as letras na tela do seu celular que estava em sua mão. Diante deste fato, qual o problema de visão que esse adolescente possui e qual tipo de lente ele necessita utilizar para corrigir esse problema?

Objetivo: Identificar se o aluno adquiriu o conhecimento sobre os defeitos visuais e as formas de correção.

4) Na questão anterior, o irmão mais velho, ao contrário do adolescente, percebeu que enxergava bem a paisagem distante, mas não estava conseguindo ver direito as letras

de seu telefone celular que estava em sua mão. Qual o possível problema de visão do irmão mais velho e qual tipo de lente corretiva ele necessita?

Objetivo: Identificar o conhecimento adquirido pelo aluno a respeito dos problemas de visão e formas de correção.

5) Suponha que no final da tarde, o pai desses dois irmãos chegou de carro ao monte para buscá-los. Já cansado ao final do dia, o pai dos garotos havia esquecido seus óculos. Dessa forma, ele relatou a seus filhos que seu problema de visão é causado por irregularidades em sua córnea e por isso ele necessita de óculos de correção. Qual o problema de visão do pai e qual o tipo de lentes corretivas de seus óculos.

Objetivo: Identificar o conhecimento adquirido pelo aluno a respeito dos problemas de visão e formas de correção.

6) Durante uma aula de Física no ensino médio o professor apresentou um experimento formado por um poste e um painel fotovoltaico de silício preso a sua ponta e, esse painel está ligado a um mini ventilador. Ao expor este pequeno experimento à luz solar, os alunos perceberam que o mini ventilador começou a funcionar.

a) Qual o nome que se dá a esse fenômeno?

Objetivos: Identificar o conhecimento adquirido pelo aluno a respeito do efeito fotoelétrico.

b) Como a luz solar é capaz de fazer o mini ventilador deste experimento funcionar?

Objetivos: Identificar o conhecimento adquirido pelo aluno a respeito do que é necessário para que o efeito fotoelétrico ocorra.

7) Sobre a questão anterior, suponha que o professor possui um aparelho emissor de luz em que ele consegue alterar as cores da luz incidente sobre a placa fotovoltaica. Em um determinado momento, o professor fez incidir uma determinada cor de luz sobre a placa fotovoltaica, mas o mini ventilador parou de funcionar.

a) Qual o nome que se dá a essa frequência de luz específica que fez com que o experimento parasse de funcionar?

Objetivo: Identificar se o aluno compreendeu o que seria a frequência de corte utilizado no fenômeno efeito fotoelétrico.

b) Por que essa luz não foi mais capaz de fazer o experimento funcionar como anteriormente?

Objetivo: Identificar se o aluno adquiriu o conhecimento sobre as energias referentes a cada frequência luminosa necessária para que o fenômeno do efeito fotoelétrico ocorra.

8) Qual a semelhança entre o efeito fotoelétrico e o processo de formação de imagem no olho humano?

Objetivo: Identificar se o aluno foi capaz de perceber alguma semelhança entre o fenômeno do efeito fotoelétrico e processo de formação de imagem do olho humano através das células fotorreceptoras da retina.

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

- 1) Em sua opinião, a sequência didática utilizada contribuiu para seu aprendizado sobre o processo da visão humana e o efeito fotoelétrico? Por que?

- 2) A modalidade utilizada de trabalhos em grupos em estações de aprendizagem favoreceu o seu entendimento dos assuntos abordados? Por que?

- 3) Qual ou quais dificuldades você encontrou ao longo da aplicação da sequência didática?

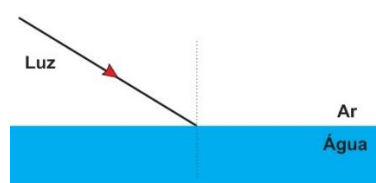
- 4) Qual atividade da sequência didática você mais gostou? Por que?

APÊNDICE E – RESPOSTAS DOS ALUNOS AO PRÉ TESTE E PÓS TESTE

Pré-teste

Questão 1: Represente através de um desenho, na figura 1 abaixo, como será a propagação do raio de luz ao atravessar do ar para água.

Figura 1: refração da luz interface entre o ar e água.



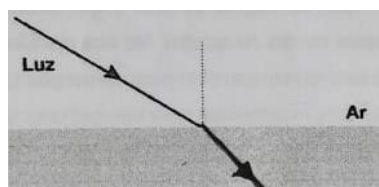
Fonte: Autor.

Categorização	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
---------------	----------------------	-------------------------

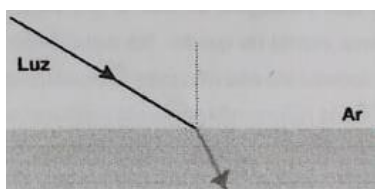
(V.S)



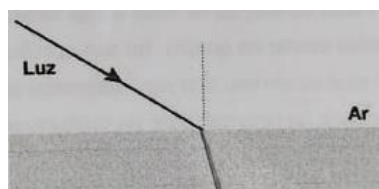
(G.C)



(J.P)

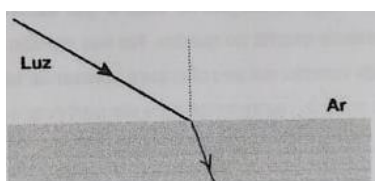


(A.G)



(C)

(G.S)

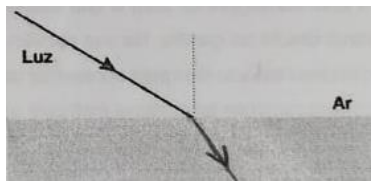


(B.N)

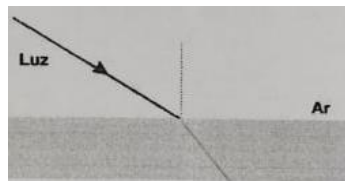


15

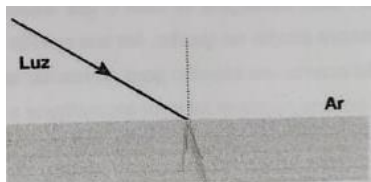
(N.S)



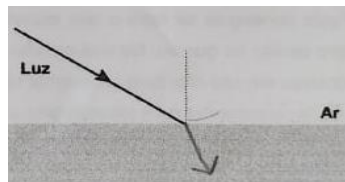
(G.S)



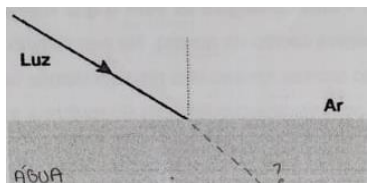
(A.C)



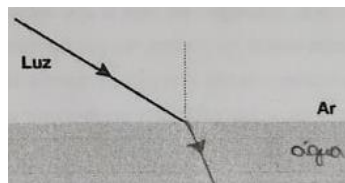
(B.M)



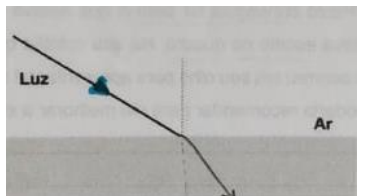
(L.R)



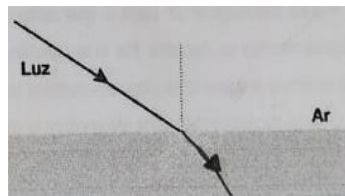
(A.D)



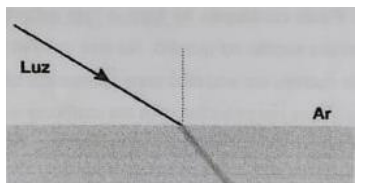
(L.S)

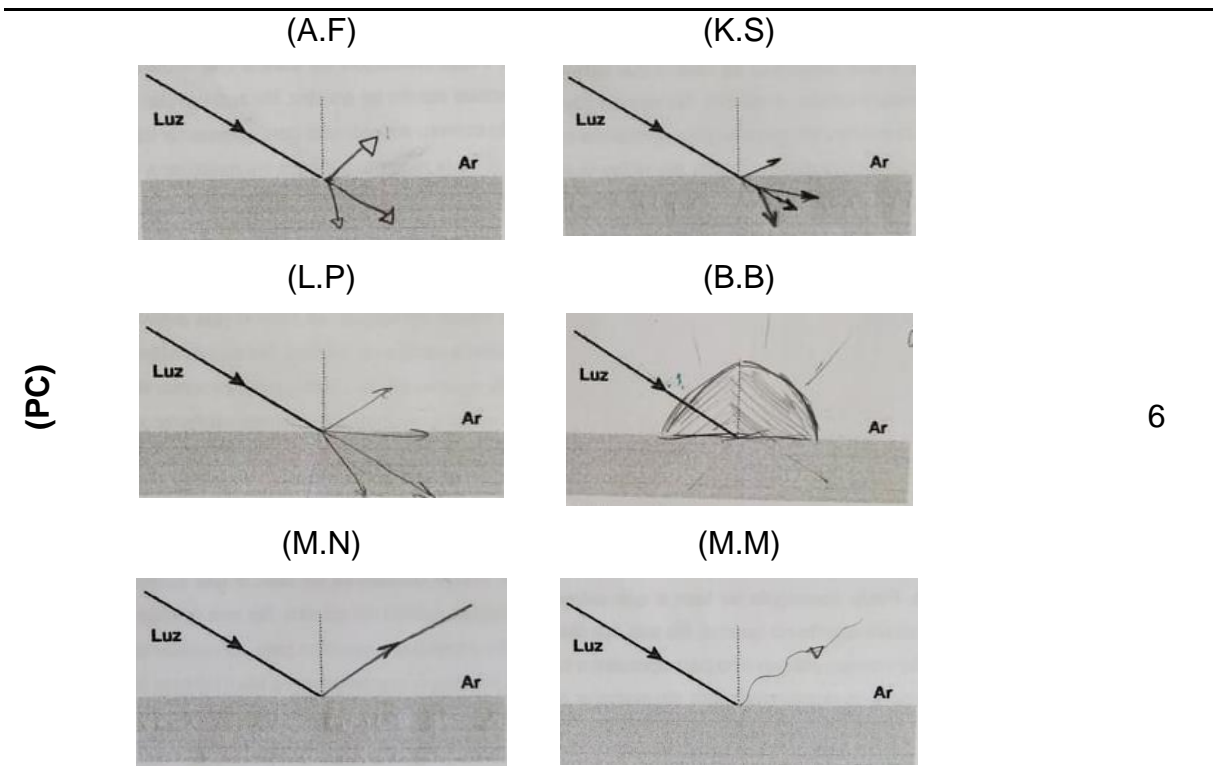


(L.H)

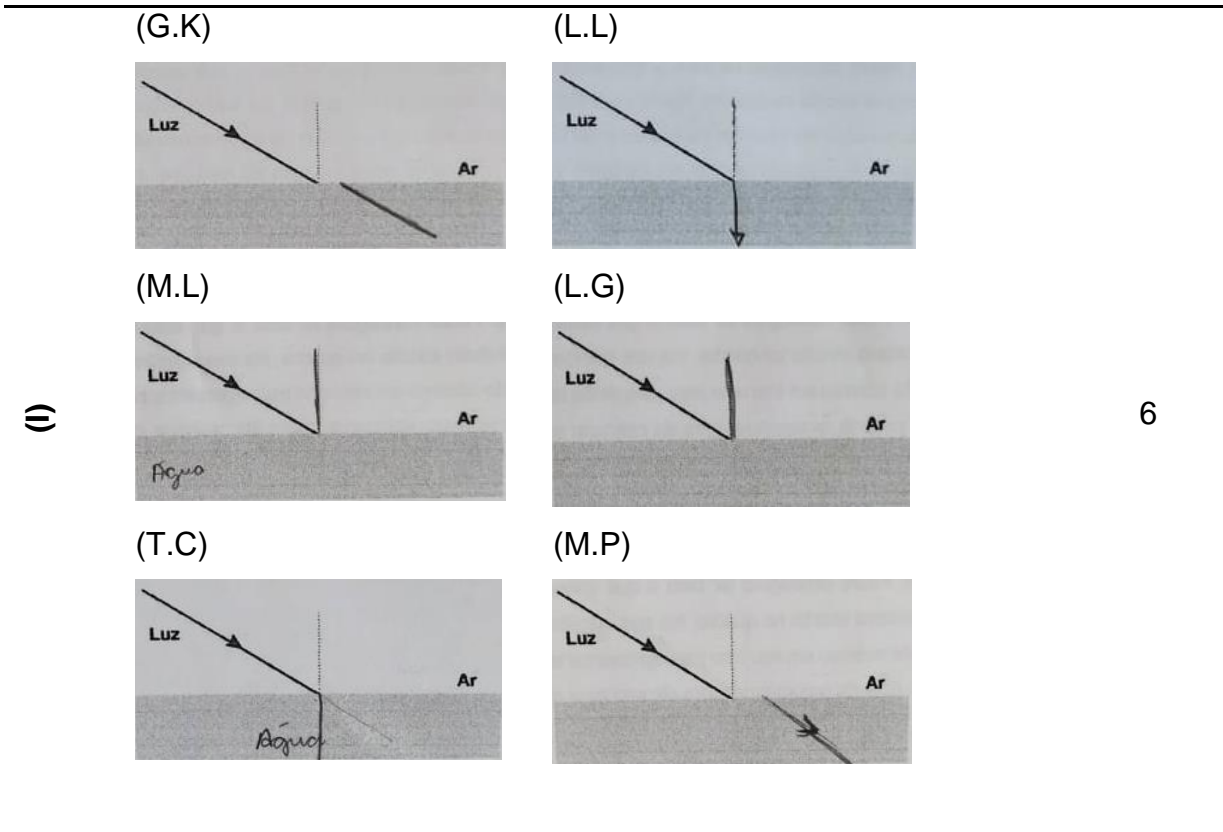


(L.M)





6



6



4

Questão 2: Por que no caso da figura acima, a luz tem este comportamento que você descreveu?

Categorização	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	<p>(M.P) - A água e o ar tem diferentes índices de refração fazendo com que a luz não siga a mesma orientação na água que seguiria no ar;</p> <p>(G.S) – Devido a passagem da luz de um meio mais para um meio menos refrativo, a reta percorrida é luz é modificada;</p> <p>(A.D) Porque o índice de refração da água é maior comparado ao do ar;</p> <p>(V.S) – Pois a luz diminui sua velocidade;</p> <p>(G.C) – Pois a água possui propriedades de refração diferentes do ar, como ser translúcida, portanto, alterando como a luz interage com ela;</p> <p>(G.K) – O índice de refração da água é diferente do ar;</p>	6
(PC)	<p>(L.L) – Refração;</p> <p>(T.R) – Por causa da refração;</p> <p>(B.B) – Pois a água tem tendência a ser refletida tanto quanto é capaz de ser atravessada;</p> <p>(A.F) – Eu acho que é por causa da refração na água;</p> <p>(K.S) – Pois os raios de luz dissipam na água e refletem da água;</p> <p>(L.S) – Porque a densidade da água é diferente da densidade do ar;</p> <p>(B.R) – Pois está ocorrendo o fenômeno da refração;</p> <p>(N.S) – Fenômeno da refração da luz;</p> <p>(B.N) – Por causa do fenômeno da refração da luz;</p> <p>(A.G) – Por conta da refração;</p> <p>(J.P) – Por causa do fenômeno da refração da luz;</p> <p>(L.M) – Sofre um deslocamento, não segue uma linha reta. Explicado quando alguém vai pescar e tem que mirar mais abaixo.</p>	12

	(L.P) – Pois a luz se dispersa no ar; (A.C) – A água distorce a luz; (L.G) – Reflete nas moléculas de água; (M.L) – Porque ela bate nas moléculas de água que faz refletir a luz;	
(I)	(M.M) – Pois a luz não reflete de maneira idêntica após bater no ar ou na água; (J.N) – Atravessa a camada de ar refletindo; (J.P) – Atravessa a camada de ar refletindo a luz; (C.L) – Pois reflete nas moléculas de água;	8
(B)	(L.H) (G.S) (L.R) (M.N) (K.S)	5

Questão 3: Cite no mínimo 3 aparelhos, instrumentos ou dispositivos onde podemos encontrar lentes e quais as finalidades delas em cada um deles.

Categorização	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	(L.L) – Microscópio, usado para ver algo que não é possível ver a olho nu, óculos e telescópio; (T.R) – Óculos: melhora a visão. Lupa: Aumentar a visão, câmera: capturar imagens; (B.B) – Câmeras, com a finalidade de proteção, ampliação do campo de visão. Óculos, com a finalidade de ajudar o olho a conseguir concertar o desfoque. Lupa, com a finalidade de ampliar imagens. (L.P) – Câmera fotográfica: foco, zoom. Óculos: foco. Telescópio: zoom; (A.F) – Óculos para ver, na câmera pra filtrar a imagem e lupa para aproximação;	22

- (K.S) – Lupa: Aproxima a imagem. Telescópio: ver coisas que não podem ser vistas a olho nu;
- (L.H) – Óculos, câmera e celular. Ajuda a melhorar a visão;
- (B.R) – Microscópio simples, microscópio composto e lupa;
- (G.S) – câmera fotográfica, para capturar imagens. Óculos para que pessoas com problema de visão possam enxergar corretamente. Microscópio para ampliar a imagem de pequenas substâncias e torna-las visíveis;
- (B.N) – Óculos, câmera e Datashow;
- (A.C) – Telescópio e binóculo para ampliar, óculos.
- (A.G) – Óculos: melhora a visão. Microscópio: enxergar algo que não se vê a olho nu. Câmera: melhora a qualidade das fotos;
- (J.P) – binóculo, para aproximar a imagem. Lupa, para ampliar a imagem. Telescópio, para ampliar a imagem;
- (L.M) – lente da câmera, Datashow para ampliar e projetar uma imagem. Óculos, concerta a visão;
- (L.G) – Óculos, câmera fotográfica e lupa;
- (M.L) – Óculos, Lupa e câmera;
- (G.K) – lente de óculos, microscópio e projetor;
- (M.M) – Óculos para ajudar cego, câmera para tirar foto e telescópio para ver as estrelas;
- (K.F) – Lupa, serve para enxergarmos mais de perto. Óculos para pessoas como hipermetropia enxergar de perto e miopia enxergar de longe;
- (J.N) – Lente de contato: melhor adaptação de melhorar a imagem. Telescópio: ampliar imagem de objetos a longa distância. Câmera: capturar imagens;
- (J.P) – Câmera: capturar imagem. Luneta: enxergar objetos a longas distâncias. Microscópio: ampliar microrganismos minúsculos;
- (C.L) – Câmera fotográfica, óculos e lupa;

(PC)	<p>(M.P) – Óculos, retrovisor e câmeras;</p> <p>(G.S) – Retrovisor de carro para melhor visualização de algo atrás, lupa para aumentar imagens e assim como ela, o telescópio.</p> <p>(L.S) – Telescópio: enxergar mais próximo o mais distante sendo o zoom. Lupa: enxergar com mais detalhes alguma coisa. Espelho: refletir com o que está a frente dele e distorcer o que é visto, o que está a sua frente, aumentar o campo de visão;</p> <p>(A.D) – Retrovisor, óculos e lupa. No retrovisor, ocorre a lente convergente importante para perceber alguma coisa atrás de forma ampla. Nos óculos aumenta o grau para ampliar o campo de visão. Na lupa é a mesma coisa que o óculos.</p> <p>(N.S) – Espelho retrovisor, lupa e óculos;</p> <p>(G.C) – Retrovisor de carro: para ver o que está atrás do carro. Óculos: para tratar astigmatismo e miopia. Lente de contato: para tratar astigmatismo e miopia nos olhos;</p> <p>(L.R) – Espelho: refletir a imagem. Óculos: aumentar ou diminuir imagem. Câmera: captar e aumentar imagem;</p> <p>(M.N) – Óculos: tem a finalidade de aperfeiçoamento na visão de uma pessoa com problema de vista. Lupa: tem a finalidade de ampliar a imagem de um objeto. Espelho: tem a finalidade de projetar a imagem do objeto a frente através dele.</p>	8
(II)	<p>(V.S) – O espelho de dentista que serve para aumentar o campo de visão dentro da boca e o retrovisor de carro, que serve para o motorista ter visão nas laterais.</p>	1
(B)		0

Questão 4: Podemos encontrar algum tipo de lente no olho humano? Se sim, qual a sua finalidade?

Categorias	Respostas na Íntegra	Quantidade de respostas
(C)	<p>(B.N) – Sim, para direcionar a luz que chega nos olhos;</p> <p>(J.P) – Sim, serve para direcionar a luz que chega nos olhos;</p> <p>(G.C) – Sim. As lentes servem para captar a luz e enviá-la para ser formada e compreendida pelo cérebro;</p> <p>(M.N) Sim, lente convergente. Tem a finalidade de projetar a imagem de objetos e pessoas a nossa frente através da propagação da luz;</p>	4
(PC)	<p>(M.P) – Sim, a córnea. Sua função é captar as imagens;</p> <p>(L.L) – Sim, serve de anteparo para as imagens;</p> <p>(T.R) – Sim, para enxergar;</p> <p>(B.B) – Sim, refletir a imagem e visualizar com foco;</p> <p>(L.P) – Sim, proteção. Produz a imagem invertida e o cérebro converte a para posição correta;</p> <p>(A.F) – Sim, para ver;</p> <p>(K.S) – Sim, mas não me lembro do nome da lente;</p> <p>(G.S) – Sim, captar e codificar a luz refletida que possibilita a visualização de objetos, indivíduos, etc;</p> <p>(L.S) – Sim, capturar a luz e mandar ao cérebro a representação do que acha que está à frente com suas cores verdadeiras assim como a profundidade e dimensões dos objetos e seres;</p> <p>(A.D) – Sim, projetar imagens no cérebro que são definidas pela distância do foco, centro e vértice;</p> <p>(L.H) – Sim, para ajudar a focar a visão;</p> <p>(B.R) – Sim, pois tem um funcionamento análogo ao da máquina fotográfica;</p> <p>(N.S) – Sim, para focar em um ponto fixo, além de direcionar a luz que chega nos olhos;</p> <p>(G.S) – Sim, para capturar as imagens;</p> <p>(A.C) – Sim. Lente / cristalino, regula o foco do objeto;</p> <p>(A.G) – Sim, serve para dissipação das imagens;</p> <p>(V.S) – Sim, reproduzir a imagem;</p>	24

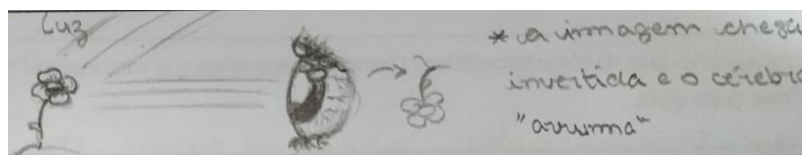
	(L.R) – Sim, serve para identificar/capturar imagens; (L.G) – Sim, proteger e enxergar; (M.L) – Sim, serve para receber os reflexos de luz do ambiente; (G.K) – Sim, ver; (M.M) – Sim, proteção; (K.F) - Sim. Não lembro; (C.L) – Sim, proteção;	
(I)	(L.M) – a retina; (J.N) – Lente de contato e óculos, melhoram a qualidade da vida de quem possui deficiência visual; (J.P) - Lente de contato e óculos, melhoram a qualidade da vida de quem possui deficiência visual;	3
(B)		0

Questão 5: Explique como é formada a imagem no olho humano? Se preferir, represente por meio de um desenho ou esquema.

Categorização	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
---------------	----------------------	-------------------------

(G.G) – A imagem passa pela córnea e se forma invertidamente na retina;

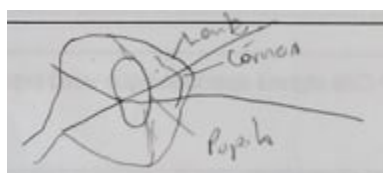
(G.S)



(C)

(A.C)

(K.S)

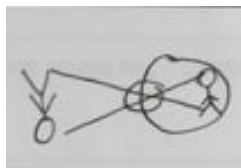


(M.L)

(L.G)



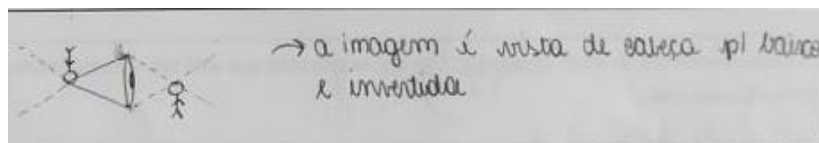
(M.N)



(C.L)

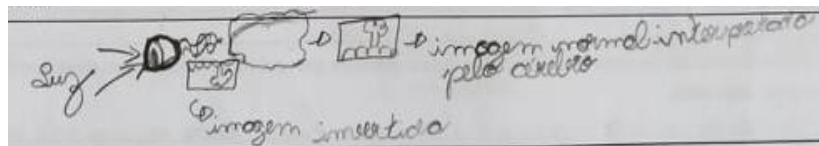


(L.R)

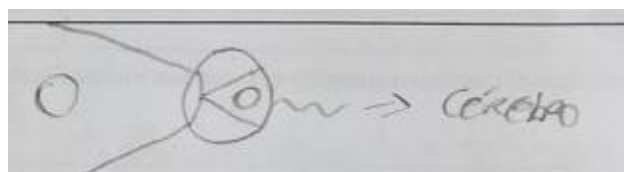


14

(G.C)



(J.P)

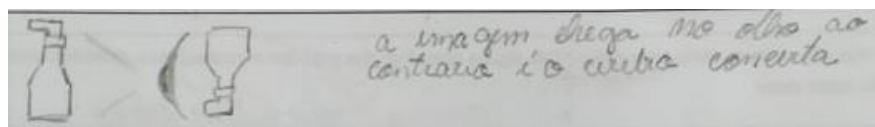


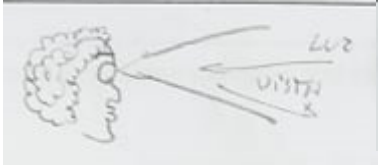

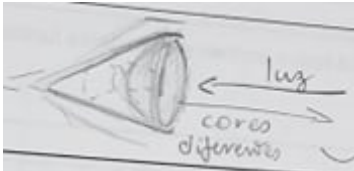

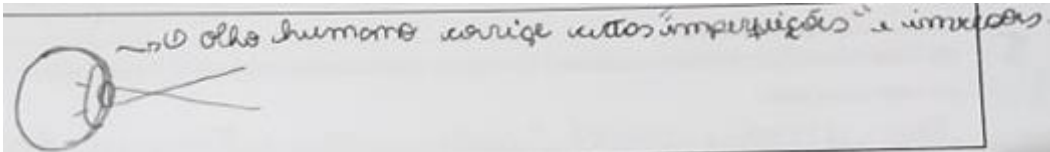





(B.B)

(L.P)



(L.M)



	(M.P)	(G.K)	
			
(PC)	(L.S)	(A.D)	5
			
	(J.N)		
			
	(A.F)	(L.L)	(M.M)
			
(II)	(J.P)	(N.S)	5
			
(B)	(T.R)	(A.G)	
	(L.H)	(V.S)	
	(B.R)	(K.F)	7
	(B.N)		

Questão 6: Suponha que num certo momento da aula o professor solicitou ao aluno Pedro, sentado mais ao fundo da sala e que não utilizava nenhum tipo de óculos ou lente, que lesse um exercício escrito no quadro e depois um texto do livro. Entretanto, o professor percebeu que o aluno conseguiu ler corretamente o que estava escrito no

quadro, mas não conseguiu ler bem o que estava escrito no livro que estava em sua carteira bem perto dele. Na sua opinião qual seria o nome do possível defeito visual do aluno Pedro? Qual alteração ocorreu em seu olho para apresentar tal defeito? Se ele fosse fazer um exame de vista qual tipo de lente o médico poderia recomendar para ele melhorar a sua visão nesta situação?

Categorização	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	<p>(G.S) – Ele provavelmente possui hipermetropia. Ele possui um defeito na região da córnea do olho. Uma lente que focasse as imagens próximas;</p> <p>(G.G) – Hipermetropia. O globo ocular tem um formato não esférico. Lentes de contato e óculos;</p> <p>(M.N) – Hipermetropia. O globo ocular de Pedro não é perfeitamente esférico. Tem um leve achatamento vertical, tonando-o oval e o tipo de lentes que ele deve usar são lentes convergentes;</p> <p>(K.F) – Hipermetropia, essa pessoa não enxerga bem de perto, logo, o médico receitará uma lente já que ela consegue enxergar de longe;</p>	4
(PC)	<p>(M.P) – Hipermetropia;</p> <p>(B.B) – Hipermetropia. Uma lente para astigmatismo capaz de focar de perto;</p> <p>(L.S) – Hipermetropia. Sua retina diminuiu e ele precisa de uma lente convexa.</p> <p>(A.C) – Astigmatismo. Ocorre uma alteração oftalmológica fazendo com que a pessoa com o problema não enxergue muito bem de perto;</p> <p>(V.S) – Hipermetropia;</p> <p>(J.P) – Astigmatismo. Ocorre uma alteração na lente do olho;</p> <p>(L.M) – Pedro tem hipermetropia;</p> <p>(L.R) – Hipermetropia, lente concava;</p> <p>(G.K) – Hipermetropia;</p>	9

	(L.L) – Astigmatismo – Alguma lente que faça ele ver de longe;	
	(T.R) – Astigmatismo;	
	(A.F) – Ele não enxerga de perto. Tem miopia;	
	(K.S) – Astigmatismo, lente convexa;	
	(A.D) – Estigmatismo. A lente alterou o esquema de reflexão passando a projetara imagem distante do foco. Lente convergente;	
	(L.H) – Miopia;	
	(B.R) – Miopia;	
(E)	(N.S) – Miopia, visão se divide. Sentar perto do quadro;	
	(A.G) – Astigmatismo;	15
	(L.G) – Astigmatismo;	
	(M.L) – Astigmatismo;	
	(M.M) – Astigmatismo;	
	(J.N) – Miopia. Deficiência na córnea, lentes próprias para corrigir a miopia;	
	(J.P) – Miopia;	
	(C.L) – Astigmatismo;	
	(L.P)	
(B)	(B.N)	3
	(G.C)	

Questão 7: Suponha que num outro momento da aula o professor solicitou a outro aluno, Paulo, também sentado mais ao fundo da sala e sem usar nenhum tipo de óculos ou lente, que continuasse a leitura da questão seguinte, lendo primeiro o que estava escrito no quadro e depois o texto complementar do livro. Neste caso, o professor percebeu uma situação contrária à de Pedro. Paulo conseguia ler bem o que estava escrito no livro perto dele, mas não conseguia ler corretamente o que estava escrito no quadro. Na sua opinião qual seria o nome do possível defeito visual do aluno Paulo? Qual alteração ocorreu em seu olho para apresentar tal defeito? Se ele fosse fazer um exame de vista qual tipo de lente o médico poderia recomendar para ele melhorar a sua visão nesta situação?

Categorização	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	<p>(G.S) - Provavelmente ele tem miopia. Problema na córnea. Uma lente para focar coisas distantes;</p> <p>(G.C) – Miopia. Alteração da luz percebida a longas distancias. Lente côncava;</p> <p>(M.N) – Miopia. O globo ocular de Paulo, assim como o de Pedro não é perfeitamente esférico, ele tem um leve achatamento tornando-se oval e o tipo de lente que ele deverá usar são lentes divergentes;</p>	3
(PC)	<p>(M.P) – Miopia;</p> <p>(L.L) – Miopia. Alguma lente que faça com que ele enxergue de longe.</p> <p>(T.R) – Miopia;</p> <p>(B.B) – Miopia, uma grande camada da retina atrapalha a visualização das imagens, uns óculos com um grau maior que o da retina para focar;</p> <p>(K.S) – Miopia, lente côncava;</p> <p>(L.S) – Miopia. A retina aumentar e ele precisa de uma lente;</p> <p>(A.D) – Miopia. A imagem da lente está próxima do foco. Lente divergente</p> <p>(L.H) – Astigmatismo. Lente para longe;</p> <p>(G.G) – Miopia;</p> <p>(A.C) – Paulo possui miopia., é uma alteração oftalmológica que faz a pessoa com o problema não enxergar bem de perto;</p> <p>(A.G) – Miopia;</p> <p>(V.S) – Miopia;</p> <p>(J.M) – Miopia, ocorre uma alteração na lente dos olhos;</p> <p>(L.M) – Miopia, não vê de longe mas vê de perto;</p> <p>(L.R) – Miopia, lente convexa;</p> <p>(L.G) – Miopia;</p> <p>(M.L) – Miopia;</p> <p>(M.M) – Miopia. Usar óculos;</p> <p>(K.F) – Miopia. Já nesse problema, a pessoa não enxerga de longe;</p> <p>(J.N) – Astigmatismo. Desregulamento da córnea. Lente para adaptar e melhorar a visão tanto de perto quando para longe;</p>	22

	(J.P) - Astigmatismo. Desregulamento da córnea. Lente para adaptar e melhorar a visão tanto de perto quando para longe; (C.L) – Miopia;	
(I)	(B.R) – Astigmatismo; (L.H) – Astigmatismo, a visão se divide;	2
(B)	(L.P) (A.F) (B.N) (G.K)	4

Questão 8: Ainda na mesma sala de aula, o professor, um adulto com um pouco mais de 40 anos de idade, após um certo tempo ministrando sua aula começa a perceber que sua visão está embaçando um pouco como se ela estivesse cansada. Professor que nunca apresentou nenhum problema visual. Na sua opinião qual seria o nome do possível defeito visual do professor? Qual alteração ocorreu em seu olho para apresentar tal defeito? Se ele fosse fazer um exame de vista qual tipo de lente o médico poderia recomendar para ele melhorar a sua visão nesta situação?

Categorização	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)		0
(PC)	(B.B) – Trabalho em excesso e a visão se cansou; (L.S) – Visão cansada, então precisa de um óculos de visão com o objetivo de evitar a luminosidade direto nos olhos ou dilatar a visão a fim de capturar mais luz porque pode ser que ela esteja cansada de tanta luz e tenta evita-la ao máximo, o que pode prejudicar; (J.P) – Hipermetropia, ocorra uma alteração na lente dos olhos;	3

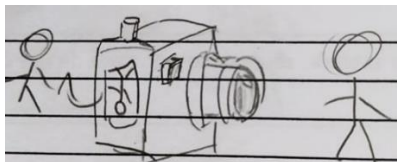
(I)	(M.P) – Astigmatismo;		
	(L.L) – Hipermetropia;		
	(T.C) – Descanso;		
	(G.S) – Ocorre acúmulo de líquido nos olhos, afetando a visão. Acho que só com cirurgia;		
	(N.S) – Hipermetropia, junção das duas outras;		
	(A.G) – Hipermetropia;		12
	(V.S) – Astigmatismo;		
	(L.M) – Astigmatismo. Nem de perto e nem de longe;		
	(G.C) – Astigmatismo. A luz é percebida com menos intensidade pelos olhos;		
	(L.R) – Canseira. Lente côncava;		
	(J.N) – Visão turva. Pode ser por causa do olho seco. Deslocamento da retina, entre outras ocasiões;		
(J.P) – Visão turva (embaçada). Problemas por focar de mais a visão e não lubrificá-la. Tratamento com colírio.			
(B)	(L.P)	(A.C)	
	(A.F)	(L.G)	
	(K.S)	(M.L)	
	(A.D)	(G.K)	
	(L.H)	(M.M)	16
	(B.R)	(M.N)	
	(G.G)	(K.F)	
	(B.N)	(C.L)	

Questão 9: Vamos agora pensar no processo utilizado por uma câmera fotográfica. Explique como é formada a imagem na câmera? Faça um desenho para representar o que acontece.

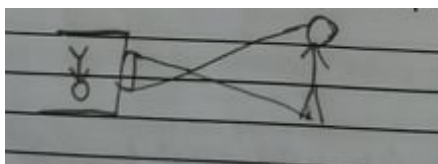
Categorização	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
---------------	----------------------	-------------------------

(J.P) – A câmera capta a luz por um determinado período e armazena essas informações e transforma em imagem;

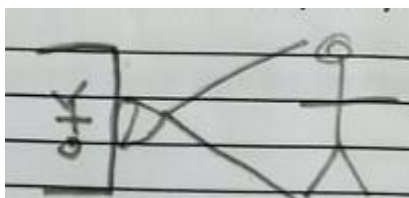
(B.B)



(J.N)



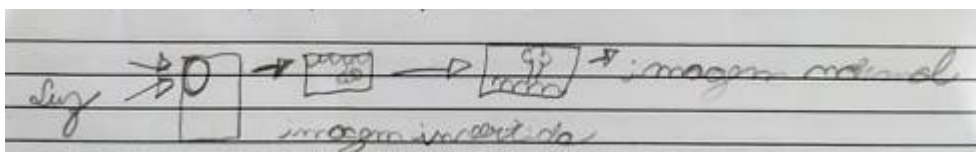
(J.P)



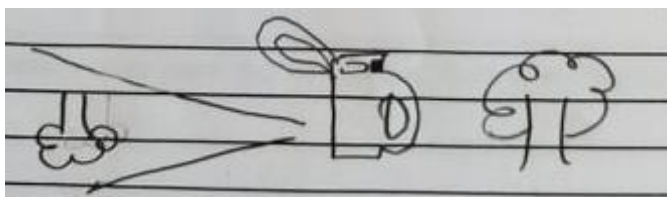
(C)

6

(G.C)



(K.S)



(L.M) – A câmera tem pixels que captam a imagem;

(N.S) – Por pixels;

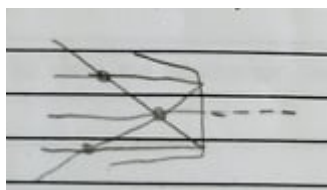
(PC)

(L.S) – Ela capta a luz e imita o olho humano captando a luz e diferenciando os objetos, com profundidade a partir da escuridão e cores (luz branca e cones RGB);

3

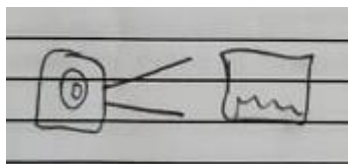
(B.N) – A câmera captura algo e reflete as luzes para formar a imagem;

(A.D)



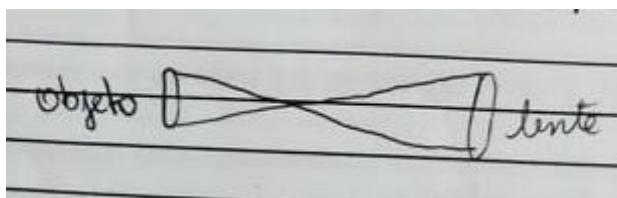
(A.F)

(I)



4

(G.G)



(B)

(L.P)

(L.L)

(G.S)

(G.K)

(A.C)

(M.P)

(L.R)

(K.F)

(L.G)

(L.H)

(M.L)

(T.R)

18

(M.N)

(V.S)

(C.L)

(A.G)

(M.M)

(B.N)

Questão 10: Você já ouviu falar do efeito fotoelétrico? Cite alguns aparelhos que você tem o conhecimento deles funcionaram por meio deste efeito.

Categorização	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)		0
(PC)	<p>(L.L) – Sim, as duas tem luz;</p> <p>(G.S) – Sim, a captação da luz;</p> <p>(A.G) – Sim, as duas tem luz;</p> <p>(J.P) – Sim, os dois fenômenos tem a presença de luz;</p> <p>(G.C) – Sim. O fotoelétrico utiliza a energia elétrica para captar a luz, enquanto o olho humano capta a luz para transmiti-lo como eletricidade para o cérebro;</p>	5
(I)	<p>(B.B) - Sim, as imagens capturadas são invertidas e depois colocadas no lugar;</p> <p>(L.S) – Acho que sim, mas não sei explicar o por que. Ele transforma a luz de certa forma, o olho distorce ela a seu favor;</p> <p>(A.D) – Sim, os dois usam a reflexão de raios de luz para projetar ou funcionar algo;</p> <p>(B.R) – Sim, pois nas duas há reflexão de luz;</p> <p>(L.M) – O olho precisa da presença de luz para poder enxergar a imagem e o foto elétrico é a lâmpada que explode formando uma fonte de luz;</p>	5
(B)	<p>(M.P) (L.R)</p> <p>(T.R) (L.G)</p> <p>(L.P) (M.L)</p> <p>(A.F) (G.K)</p> <p>(K.S) (M.M)</p> <p>(L.H) (M.N)</p> <p>(N.S) (K.F)</p> <p>(G.G) (J.N)</p> <p>(B.N) (J.P)</p> <p>(A.C) (C.L)</p> <p>(V.S)</p>	21

Respostas do Pós-teste

Questão 1: O olho humano é um tipo de instrumento óptico responsável pela visão.

a) Qual o nome da lente presente neste órgão e de qual tipo ela é?

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	(A.G) – Cristalina, convergente; (L.H) – Cristalino. Convergente; (V.S) – Cristalina, biconvexa; (G.C) – Cristalina. É uma lente convergente; (T.R) – Cristalina, convergente; (A.F) – Cristalino, convergente e biconvexa; (J.P) – Cristalino, convergente; (K.S) – Cristalina e biconvexa; (A.D) – Cristalino e convergente; (L.C) – Cristalino e é uma lente convergente; (L.P) – Cristalina, convergente; (L.R) – Cristalino tipo convergente; (K.F) – Cristalino e convergente; (G.G) – Cristalino, convergente; (J.N) – Cristalino, convergente; (J.P) – Cristalino, convergente; (G.S) – Cristalino, convergente; (L.S) – Cristalina, convergente e biconvexa; (N.S) – Cristalina;	19

(PC)	(A.C) – Cristalino; (L.G) – Cristalina; (G.K) – Cristalino (M.N) – Cristalina; (B.N) – Cristalina; (L.L) – Cristalina; (L.F) – Cristalino; (B.R) – Lente cristalina;	8
(II)		0
(B)		0

Questão 1: O olho humano é um tipo de instrumento óptico responsável pela visão.

b) Qual a sua classificação quanto as suas superfícies?

Quantidade de respostas	Respostas na íntegra	Categorias
23	(A.C) – Biconvexa; (G.C) – Biconvexa; (L.G) – Biconvexa; (A.F) – Biconvexa; (J.P) – Biconvexa; (G.K) – Biconvexa; (M.N) – Biconvexa; (K.S) – Biconvexa; (A.D) – Biconvexa; (L.C) – Ela possui duas faces convexas, logo é uma lente biconvexa e convergente; (L.P) – Biconvexa; (B.N) – Biconvexa;	Corretas (C)

	(L.L) – Biconvexa; (L.R) – Biconvexa; (L.F) – Biconvexa; (K.F) – Biconvexia; (B.R) – Biconvexa; (G.G) – Biconvexa; (J.N) – Biconvexa; (J.P) – Biconvexa; (G.S) – Biconvexa; (L.S) – Convexa, ambas as faces são, então, biconvexa; (N.S) – Biconvexa;	
(PC)	(V.S) – Convergente;	1
(II)	(A.G) – Bicôncava; (L.H) – Bicôncava; (T.R) – Bicôncava;	3
(B)		0

Questão 2: Qual a função da lente presente no olho humano citada na questão anterior?

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	(A.C) – Regular o foco; (A.G) – Converge os raios para formar as imagens; (L.H) – Converge os raios de luz para que se forme as imagens; (G.C) – Converge os raios de luz para a retina, onde será formada a imagem; (L.G) – Funciona como uma lente participando dos meios refrativos do olho; (T.R) – Converge os raios de luz para se formar a imagem;	15

	(A.F) – Convergir os raios luminosos e formar a imagem;	
	(J.P) – Convergir os raios luminosos para que se forme as imagens;	
	(G.K) – Atua na convergência dos raios;	
	(M.N) – Funciona como uma lente refrativa do olho;	
	(L.C) – Ela converge os raios criando um ponto focal na retina, formando a imagem;	
	(L.L) – Regula o foco;	
	(L.R) – Regular o foco dos objetos, focalizando a luz que penetra na pupila;	
	(J.P) – Regular o foco dos objetos, mecanismo conhecido como acomodação visual;	
	(L.S) – Convergir a luminosidade a retina;	
	(V.S) – Traz as imagens de forma correta para as outras partes do olho;	
	(K.S) – Convergir os raios luminosos e produzir a imagem;	
	(L.P) – Ela produz uma imagem invertida e o cérebro a converte para a posição correta;	
(P.C)	(L.F) – Focaliza;	
	(K.F) – Forma uma imagem real e invertida;	8
	(B.R) – Converte os raios de luz em imagens, focaliza;	
	(G.G) – Formar imagem real e invertida;	
	(N.S) – Converte os raios de luz para o foco;	
	(A.D) – Ela absorve várias fontes de luz e passa para a córnea as fontes de luz convergidas;	
(I)	(B.N) – No fundo do globo ocular encontramos a retina, que é sensível a luz e serve de anteparo das imagens;	4
	(J.N) – Emitir a imagem convertida pela retina;	
	(G.S) – Captar a progressão de luz refletida por corpos;	
(B)		0

Questão 3: Um adolescente aventureiro e seu irmão, resolveram fazer uma trilha até o alto de um monte com intuito de tirar uma fotográfica. Quando chegou no ponto mais alto do monte, esse adolescente percebeu que estava enxergando a vista lá de cima um tanto embaçada, mas ele conseguia enxergar normalmente as letras na tela do seu celular que estava em sua mão. Diante deste fato, qual o problema de visão que

esse adolescente possui e qual tipo de lente ele necessita utilizar para corrigir esse problema?

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
	(A.C) – Miopia, divergente; (A.G) – Miopia, divergente; (L.H) – Miopia, divergente; (V.S) – Miopia, divergente; (G.C) – Ele possui miopia, e para corrigi-la é necessário uma lente divergente; (L.G) – Miopia, divergente; (T.R) – Miopia, divergente; (A.F) – Miopia, lente divergente; (J.P) – Miopia, divergente; (G.K) – Miopia. Divergente; (M.N) – Miopia e é necessário a utilização de lentes divergentes para a correção desse problema;	25
(C)	(K.S) – Miopia, lentes divergentes; (A.D) – Miopia. Lente divergente; (L.C) – Miopia. Ele precisa de uma lente divergente; (L.P) – Miopia, divergente; (B.N) – Miopia, divergente; (L.L) – Miopia, divergente; (L.R) – Miopia, lente divergente; (L.F) – Miopia, lente divergente; (K.F) – Miopia, divergente; (G.G) – Miopia, divergente; (J.P) – Miopia, lente divergente; (G.S) – Miopia, lente divergente com bordas grossas; (L.S) – Miopia, divergente; (N.S) – Miopia, divergente;	

(PC)	(B.R) – Miopia; (J.N) – Miopia, lente concava divergente;	2
(I)		0
(B)		0

Questão 4: Na questão anterior, o irmão mais velho, ao contrário do adolescente, percebeu que enxergava bem a paisagem, mas não estava conseguindo ver direito as letras de seu telefone celular que estava em sua mão. Qual o possível problema de visão do irmão mais velho e qual tipo de lente corretiva ele necessita?

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
Corretas (C)	(A.C) – Hipermetropia, convergente; (A.G) – Hipermetropia, convergente; (L.H) – Hipermetropia, convergente; (V.S) – Hipermetropia, convergente; (G.C) – Ele possui hipermetropia e para corrigi-lo é necessário a lente convergente; (L.G) – Hipermetropia, convergente; (T.R) – Hipermetropia, convergente; (A.F) – Hipermetropia, lente convergente; (J.P) – Hipermetropia, convergente; (G.K) – Hipermetropia, lente convergente; (M.N) – Hipermetropia e é necessário a utilização de lentes convergentes para a correção desse problema; (K.S) – Hipermetropia, lentes convergentes; (A.D) – Hipermetropia, lente convergente; (L.C) – Hipermetropia, ele precisa de uma lente convergente; (L.P) – Hipermetropia, convergente; (B.N) – Hipermetropia, convergente;	26

	(L.L) – Hipermetropia, convergente; (L.R) – Hipermetropia, lente convergente; (L.F) – Hipermetropia. Lente convergente; (K.F) – Hipermetropia, convergente; (B.R) – Hipermetropia, convergente; (G.G) – Hipermetropia, convergente; (J.P) – Hipermetropia, lente convergente; (G.S) – Lente convergente com bordas finas; (L.S) – Hipermetropia, convergente; (N.S) – Hipermetropia, convergente;	
(PC)	(J.N) – Hipermetropia, lente convexa convergente;	1
(I)		0
(B)		0

Questão 5: Suponha que no final da tarde, o pai desses dois irmãos chegou de carro ao monte para busca-los. Já cansado ao final do dia, o pai dos garotos havia esquecido seus óculos. Dessa forma, ele relatou a seus filhos que seu problema de visão é causado por irregularidades em sua córnea e por isso ele necessita de óculos de correção. Qual o problema de visão do pai e qual o tipo de lentes corretivas de seus óculos.

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	(A.C) – Astigmatismo, cilíndrica; (A.F) – Astigmatismo, lente cilíndrica; (J.P) – Astigmatismo, cilíndrica; (G.K) – Astigmatismo, cilíndrica; (K.S) – Astigmatismo, lentes cilíndricas;	19

	(A.D) – Astigmatismo. Lente cilíndrica;	
	(L.C) – Astigmatismo. Ele precisa de uma cilíndrica;	
	(L.P) – Astigmatismo, cilíndricas;	
	(B.N) – Astigmatismo, lente cilíndrica;	
	(L.L) – Astigmatismo, lente cilíndrica;	
	(L.R) – Astigmatismo, lente cilíndrica;	
	(L.F) – Astigmatismo, lente cilíndrica;	
	(K.F) – Astigmatismo, cilíndrica;	
	(B.R) – Astigmatismo, cilíndrica;	
	(G.G) – Astigmatismo, lente cilíndrica;	
	(J.N) – Astigmatismo, lente cilíndrica;	
	(J.P) – Astigmatismo, lente cilíndrica;	
	(G.S) – Astigmatismo, lente cilíndrica;	
	(N.S) – Astigmatismo, cilíndrica;	
	<hr/>	
	(A.G) - Astigmatismo, esférica;	
	(L.H) - Astigmatismo, esférica;	
	(V.S) - Astigmatismo, esférica;	
	(G.C) Astigmatismo, é necessário uma lente esférica;	
(PC)	(L.G) – Astigmatismo. Convergente;	8
	(T.R) – Astigmatismo, convergente;	
	(M.N) – Astigmatismo e é necessário a utilização de lentes convergentes para a correção desse problema;	
	(L.S) – Astigmatismo, lentes convexas convergentes, pois, uma peculiaridade são os olhos pequenos;	
	<hr/>	
(I)		0
	<hr/>	
(B)		0
	<hr/>	

Questão 6: Durante uma aula de física no ensino médio o professor apresentou um experimento formado por um poste e um painel fotovoltaico de silício preso a sua ponta e, esse painel está ligado a um mini ventilador. Ao expor este pequeno experimento a luz solar, os alunos perceberam que o mini ventilador começou a funcionar.

a) Qual o nome que se dá a esse fenômeno?

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
Corretas (C)	(A.C) – Efeito Fotoelétrico; (G.C) – Efeito fotoelétrico; (G.K) – Efeito Fotoelétrico; (K.S) – Efeito fotoelétrico; (A.D) – Efeito fotoelétrico; (L.C) – Efeito fotoelétrico; (L.P) – Efeito fotoelétrico; (L.R) – Efeito Fotoelétrico; (K.F) – Efeito fotoelétrico; (B.R) – Efeito fotoelétrico; (G.G) – Efeito fotoelétrico; (J.N) – Efeito fotoelétrico; (J.P) – Efeito fotoelétrico; (G.S) – Efeito fotoelétrico; (L.S) – Efeito fotoelétrico; (N.S) – Efeito fotoelétrico;	16
Parcialmente corretas (PC)	(A.G) – Fotoelétrica; (L.H) – Fotoelétrico; (V.S) – Fotoelétrico; (L.G) – Fotoelétrico; (T.R) – Foto-elétrica; (A.F) – Fotoelétrico; (J.P) – Fotoelétrico; (M.N) – Fotoelétrico; (B.N) – Fotoelétrico; (L.L) – Fotoelétrico; (L.F) – Fotoelétrico;	11
(I)		0

(B)

0

Questão 6: Durante uma aula de física no ensino médio o professor apresentou um experimento formado por um poste e um painel fotovoltaico de silício preso a sua ponta e, esse painel está ligado a um mini ventilador. Ao expor este pequeno experimento a luz solar, os alunos perceberam que o mini ventilador começou a funcionar.

b) Como a luz solar é capaz de fazer o mini ventilador deste experimento funcionar?

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	<p>(A.G) – A luz do sol em contato com o painel solar faz com que apareça uma corrente e assim faz com que o ventilador funcione;</p> <p>(L.H) – A luz do sol em contato com o painel solar faz com que apareça uma corrente e assim o ventilador funciona.</p> <p>(L.G) – A luz do sol em contato com o painel solar faz com que apareça uma corrente e assim o ventilador funciona;</p> <p>(T.R) – A luz do sol em contato com o painel solar faz com que apareça uma corrente e assim o ventilador funciona;</p> <p>(J.P) – A luz do sol em contato com o painel solar faz com que apareça uma corrente e assim o ventilador funcione;</p> <p>(M.N) – A luz solar em contato com o LDR faz com que apareça uma corrente e assim o ventilador funciona;</p> <p>(K.S) – Os fótons provenientes da luz solar incidem sobre o painel e arrancam os elétrons e geram movimento no mini ventilador;</p> <p>(L.C) – A luz é absorvida pelo painel fotoelétrico que assim diluirá a resistência, fazendo o ventilador funcionar agitando os elétrons na placa;</p> <p>(L.P) – Os fótons que incidem sobre um material apresentam certa energia capaz de arrancar os elétrons desse material;</p> <p>(G.G) – Pois a incidência da luz faz com que os elétrons do material reajam em forma de energia cinética;</p>	12

	(J.P) – Absorção de um fóton de luz por um elétron do material que dará parte dessa energia na sua liberação e o restante resulta em energia cinética de ejeção desse elétron;	
	(L.S) – De acordo com o efeito fotoelétrico, a luminosidade ao entrar em contato com o painel, cria uma corrente elétrica que ativa o mini ventilador;	
	(V.S) – A luz solar excita os elétrons do silício, criando energia elétrica para o mini ventilador;	
	(G.C) – A energia dos fótons é absorvida e transformada em energia elétrica;	
	(A.F) – Produzindo uma corrente elétrica através do painel;	
	(G.K) – A luz solar excita os elétrons, fazendo o mini ventilador rodar;	
	(A.D) – Porque a radiação da luz solar agita as partículas (elétrons) na placa de silício fazendo gerar energia para o circuito;	9
(PC)	(L.R) – Os fótons da luz solar são absorvidos pelos elétrons e utilizados em sua liberação;	
	(K.F) – A luz incide sobre o material gerando uma energia capaz de arrancar os elétrons desse material, tal energia é transferida em forma de energia;	
	(J.N) – As partículas de luz (fótons) ao entrarem em contato com o objeto, converteu esses fótons em energia, gerando a movimentação do ventilador;	
	(G.S) – Pois ela transporta fótons que auxiliam na agitação dos elétrons que acabam por gerar energia;	
	(A.C) – O efeito fotoelétrico possui um sensor sensível a luz;	
	(B.N) – que o efeito fotoelétrico é sensível aos raios ultravioletas;	
	(L.L) – De acordo com os raios de luz que batem no painel solar;	
(II)	(L.F) – O efeito fotoelétrico possui um sensor a luz;	6
	(B.R) – Tem um sensor que capta as radiações da luz;	
	(N.S) – O efeito fotoelétrico é sensível a luz;	
(B)		0

Questão 7: Sobre a questão anterior, suponha que o professor possui um aparelho emissor de luz em que ele consegue alterar as cores da luz incidente sobre a placa fotovoltaica. Em um determinado momento, o professor fez incidir uma determinada cor de luz sobre a placa fotovoltaica, onde o mini ventilador parou de funcionar.

a) Qual o nome que se dá a essa frequência de luz específica que fez com que o experimento parasse de funcionar?

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	(A.C) – Frequência de corte; (A.G) – Frequência de corte; (L.H) – Frequência de corte; (V.S) – Frequência de corte; (G.C) – Frequência de corte; (L.G) – Frequência de corte; (T.R) – Frequência de corte; (A.F) – Frequência de corte; (J.P) – Frequência de corte; (B.K) – Frequência de corte; (M.N) – Frequência de corte; (K.S) – Frequência de corte; (A.D) – Frequência de corte; (L.C) – Frequência de corte; (L.P) – Frequência de corte; (B.N) – Frequência de corte; (L.L) – Frequência de corte; (L.R) – Frequência de corte; (L.F) – Frequência de corte; (K.F) – Frequência de corte; (B.R) – Frequência de corte; (G.G) – Frequência de corte; (J.N) – Frequência de corte; (J.P) – Frequência de corte; (G.S) – Frequência de corte; (L.S) – Frequência de corte; (N.S) – Frequência de corte;	27

(PC)	0
(I)	0
(B)	0

Questão 7: Sobre a questão anterior, suponha que o professor possui um aparelho emissor de luz em que ele consegue alterar as cores da luz incidente sobre a placa fotovoltaica. Em um determinado momento, o professor fez incidir uma determinada cor de luz sobre a placa fotovoltaica, onde o mini ventilador parou de funcionar.

b) Por que essa luz não foi mais capaz de fazer o experimento funcionar como anteriormente?

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	(A.G) – Sua frequência tem menos energia e assim influência menos os elétrons;	7
	(L.H) – Sua frequência possui menos energia e assim influencia menos os elétrons;	
	(T.R) – Sua frequência tem menos energia e assim influencia menos os elétrons;	
	(J.P) – Sua frequência tem menos energia e assim influencia menos os elétrons;	
	(G.K) – A frequência tem menos energia, atuando menos nos elétrons;	
	(L.C) – Pois o comprimento de onda não foi suficiente neste material, não ultrapassando a frequência de corte;	
	(L.R) – Porque a luz não tem energia suficiente;	

(PG)	(G.C) – AS frequências de luz diferentes transmitem cargas de energia diferentes;	6
	(K.S) – Pois não era suficiente para formar uma corrente;	
	(A.D) – Por causa da sua frequência que era baixa e gerou pouca movimentação dos elétrons;	
	(L.P) – Pois não era suficiente para formar uma corrente;	
	(G.G) – Pois a frequência da luz é menor do que o necessário para gerar energia;	
	(G.S) – Pois sua frequência inibi a agitação de elétrons incapacitando a produção de energia;	
(II)	(A.C) – Pois a luz não transmite o efeito fotoelétrico preciso;	14
	(V.S) – Ele não cria movimento suficiente nos elétrons;	
	(L.G) – Pois ela não é capaz de movimentar elétrons, não tendo corrente;	
	(A.F) – Pois ela não é capaz de movimentar os elétrons não tendo corrente;	
	(M.N) – Porque ela não é capaz de movimentar elétrons com a ausência de corrente;	
	(B.N) – Que a luz não transmite o efeito fotoelétrico preciso;	
	(L.L) – Pois a luz não transmite o efeito fotoelétrico preciso;	
	(L.F) – Pois a luz não transmite o efeito fotoelétrico.	
	(K.F) – Pois a frequência é menor que a da luz visível;	
	(B.R) – Pois a luz não transmite o efeito fotoelétrico preciso;	
	(J.N) – Pois a frequência;	
(J.P) – Existe uma frequência de corte para a radiação eletromagnética, da qual não ocorre efeito fotoelétrico;		
(L.S) – A frequência não tinha elétrons suficientes ou era nula, assim, a corrente elétrica não tinha a força necessária ou nem existia para ativar;		
(N.S) – Pois a luz não transmite a luz precisa;		
(B)	0	

Questão 8: Qual a semelhança entre o efeito fotoelétrico e o processo de formação de imagem no olho humano?

Categorias	Respostas na íntegra	Quantidade de respostas
(C)	<p>(A.G) – Os dois tem incidência de luz para que se produza uma corrente;</p> <p>(L.H) – Os dois tem incidência de luz para que se produza uma corrente, os impulsos nervosos no olho;</p> <p>(G.C) – Os dois possuem energia dos fótons pra produzir corrente de energia como os impulsos do olho humano;</p> <p>(T.R) – Os dois tem incidência de luz para que se produza uma corrente;</p> <p>(A.F) – O efeito fotoelétrico é a conversão de luz em corrente, semelhante ao olho que transforma os raios em impulso e converte em imagem;</p> <p>(J.P) – Os dois tem a incidência de luz para que se produza uma corrente, os impulsos nervosos do olho;</p> <p>(G.K) – Os dois tem incidência de luz para formação de corrente;</p> <p>(K.S) – No efeito fotoelétrico a luz forma uma corrente de maneira semelhante a visão é quando os raios geram impulso e formam a imagem;</p> <p>(A.D) – Porque o olho humano usa a passagem da luz para converter em impulsos elétricos, depois da córnea, para enviar ao cérebro. O efeito fotoelétrico, usa a luz para gerar a passagem de elétrons;</p> <p>(L.P) – O efeito fotoelétrico é semelhante a visão. A luz forma uma corrente de maneira semelhante a visão é os raios geram impulso e formam a visão;</p> <p>(L.R) – Ambos têm raios luminosos que geram corrente elétrica;</p> <p>(L.S) – No fotoelétrico, é preciso o contato entre a luminosidade e o lugar onde ela toca, no olho humano é o mesmo, a diferença é que a luz passa na lente do olho para alcançar a retina e formar a imagem ao contrário e o cérebro concerta;</p>	12

	(A.C) – Os dois precisam de luz. A luz incide nos dois para dissipar energia;	
	(V.S) – Os dois ocorre excitação de elétrons e criação de corrente elétrica pela luz;	
	(L.C) – Por meio da captação de luz, efeitos são gerados, no caso do olho a formação da imagem e no sensor a diminuição da resistência. Os dois precisam de raios luminosos;	
	(B.N) – Os dois necessitam da luz para funcionar, os dois processos ocorrem a energia;	
	(L.L) – Os dois necessitam da luz para funcionar;	
(PC)	(L.F) – Que os dois utilizam a luz para que ocorra seu funcionamento;	
	(K.F) – Os dois dependem da luz para seu funcionamento;	12
	(G.G) – Os dois necessitam de luz para seu funcionamento;	
	(J.N) – Ambos precisam da emissão de luz para acontecerem, emissão de fótons-elétrons;	
	(J.P) – Ambos funcionam com emissão de luz, sendo no fotoelétrico gerando energia e na formação da imagem gerando a imagem na córnea;	
	(G.S) – ambos captam a luz e geram tanto energia como formam também imagens através dos fótons;	
	(N.S) – Os dois processos precisam da luz para funcionar, os dois processos ocorrem a energia;	
	(L.G) – O efeito fotoelétrico é a conversão de luz em corrente;	
(II)	(M.N) – O efeito fotoelétrico é a conversão de luz em corrente;	3
	(B.R) – Utilizam a luz para dissipar energia;	
(B)		0

APÊNDICE F – RESPOSTAS DOS ALUNOS AO QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Questão 1: Em sua opinião, a sequência didática utilizada contribuiu para seu aprendizado sobre o processo da visão humana e o efeito fotoelétrico? Por que?

Aluno	Resposta
(A.F)	Sim, foi bom para visualizar;
(A.G)	Sim, com elas tivemos maior explicação da matéria;
(A.D)	Porque, possibilitou as conexões da luz com os impulsos elétricos através dos experimentos no laboratório;
(A.C)	Não, porque já tinha visto essa matéria, não serviu para lembrar;
(B.R)	Sim, pois as aulas, slides e exercícios são excelentes;
(B.N)	Sim, pois os experimentos auxiliam a facilidade de entender a matéria;
(G.K)	Sim, é mais fácil aprender colocando em prática;
(G.G)	Sim, pois relaciona os dois conceitos de forma bem didática;
(G.C)	Sim, pois as simulações foram mais interativas;
(G.S)	Sim, pois me lembrou do assunto passado, principalmente do efeito fotoelétrico;
(J.P)	Sim, com a prática fica mais fácil;
(J.P)	Sim, pois com o experimento consegui ver na prática como funciona;
(J.N)	Sim. Com as aulas práticas consegui entender o problema visual do meu pai;
(K.F)	Sim, pois agora é possível enxergar a relação existente entre as duas matérias diferentes;
(K.S)	Sim, pois foi lucrativo e são matérias prováveis no Enem;
(L.P)	Sim, os experimentos no laboratório foram onde eu mais aprendi a matéria;
(L.C)	Sim, pois por meio da simulação, aprendi mais na prática;
(L.G)	Sim, porque o meritíssimo explica muito bem;
(L.F)	Sim, pois agora é possível saber sobre duas matérias totalmente diferentes;
(L.L)	Sim, pois obtive conhecimentos que não tinha;
(L.H)	Sim, com exemplo fica mais fácil;
(L.S)	Sim, não sei dizer. Foi divertido. O problema é a minha confusão;
(L.R)	Sim, pois nos obrigou a levar o conhecimento teórico para a prática;
(M.N)	Sim, pois com ela pude ter um aprendizado maior sobre esses assuntos;
(N.S)	Sim, pois com os experimentos na prática me auxiliaram ao entendimento da matéria;
(T.R)	Sim, pois através aula que conhecemos mais sobre o assunto;
(V.S)	Sim, facilitou o aprendizado;

Questão 2: A modalidade utilizada de trabalhos em duplas favoreceu o seu entendimento dos assuntos abordados? Por que?

Aluno	Resposta
(A.F)	Sim, ajudou a memorizar;
(A.G)	Sim, pois compartilhamos conhecimento expandindo nosso entendimento;
(A.D)	Sim, porque aprendiz sobre o senso LDR e sua função com o circuito da placa para a passagem de elétrons;
(A.C)	Sim, pois relembrei;
(B.R)	Sim, pois foi muito bom trabalhar dessa forma;
(B.N)	Sim, pois com os amigos fica mais fácil de aprender a matéria;
(G.K)	Sim, fica mais dinâmico;
(G.G)	Sim, pois permite a troca de informações e o conhecimento de diferentes pontos de visto;
(G.C)	Sim, pois ambos fixaram imagem informativas nos pensamentos sobre a matéria;
(G.S)	Sim, pois o assunto fica mais prático;
(J.P)	Sim, pois discutimos a matéria;
(J.P)	Sim. Aprendo mais na prática;
(J.N)	Sim. Aprendo mais na prática;
(K.F)	Sim, bastante, pois podemos compartilhar entendimentos e vê o que estamos errando (AMEI);
(K.S)	Sim, pois há uma melhor fixação de assuntos;
(L.P)	Sim, muito
(L.C)	Sim, pois aprender em dupla é mais fácil;
(L.G)	Sim, pois debatemos sobre o assunto;
(L.F)	Sim, pois podemos aprender melhor debatendo com nosso colegas;
(L.L)	Sim, pois tirei dúvidas com a dupla;
(L.H)	Sim;
(L.S)	Sim. Mais opiniões e discussão;
(L.R)	Médio, mas isso é porque sou burro (a) mesmo;
(M.N)	Sim, pois tive uma prática e tive a oportunidade de ouvir a opinião sobre outras pessoas sobre o assunto;
(N.S)	Sim, pois com os amigos tem um auxílio mais próximo;
(T.R)	Sim, pois compartilhamos conhecimento expandindo nosso entendimento;
(V.S)	Sim, facilitou o aprendizado;

Questão 3: Qual ou quais dificuldades você encontrou ao longo da aplicação da sequência didática?

Aluno	Resposta
(A.F)	Nenhuma;
(A.G)	Meu computador não funcionou;
(A.D)	Poucas;
(A.C)	Nenhuma, meu professor é bom;
(B.R)	Nenhum, tio Diego ensinou tudo direitinho;
(B.N)	Nenhuma, tio fofucho me explicou tudo direitinho;
(G.K)	Algumas vezes não lembrei de pontos da matéria;
(G.G)	Os exercícios relacionados à frequência;
(G.C)	Conversa excessiva e falta de concentração;
(G.S)	Relembrar as partes do olho e o assunto do efeito fotoelétrico;
(J.P)	Nenhuma;
(J.P)	Alguns vieram por problemas de não saber mexer no PC;
(J.N)	Nenhuma;
(K.F)	Só o do fotoelétrico;
(K.S)	Algumas só de esquecimento;
(L.P)	Eu tenho bastante dificuldade de interpretar as questões;
(L.C)	O processo de lentes e seus pontos, em reflexão;
(L.G)	Nenhuma dificuldade;
(L.F)	Aplicação do efeito fotoelétrico;
(L.L)	As lentes;
(L.H)	Nenhuma;
(L.S)	Minhas confusões com nomes e termos, minha dificuldade em me expressar e explicar algo;
(L.R)	Física. É complicado pra mim. Lembrar dos nomes e entender alguns processos;
(M.N)	Nessas matérias em específico, não tive dificuldades;
(N.S)	Nenhuma, pai é bom;
(T.R)	Meu computador não abria os vídeos;
(V.S)	Nenhum;

Questão 4: Qual atividade da sequência você mais gostou? Por que?

Aluno	Resposta
(A.F)	Ótica, porque colocar a lente e o raiozinho mudar foi legal;
(A.G)	Simulação de caracterização das lentes;
(A.D)	O sensor LDR. Porque a luz passa por esse sensor e transmite elétrons para o circuito com o auxílio da bateria. E quando não há presença de luz o sensor não transmite elétrons;
(A.C)	Nenhuma, pois prefiro calcular;
(B.R)	Todos, pois todos foram excelentes para meu aprendizado;
(B.N)	Atividade com o modelo de olho humano, pois na prática é mais fácil de se aprender;
(G.K)	Problemas de visão. Me identifiquei;
(G.G)	As primeiras, pois a matéria que possuo mais domínio.;
(G.C)	A atividade para se perceber as frequências da luz e a frequência de corte;
(G.S)	As atividades na sala de informática, pois sai um pouco da rotina;
(J.P)	A de usar a caixa escura, pois foi uma, prática mais sensível;
(J.P)	As de refração da luz;
(J.N)	Atividade (experimento) sobre efeito fotoelétrico, é diferente da nossa rotina de atividades, e isso é;
(K.F)	A 4 pois tive mais facilidade para aprender já que tenho problemas;
(K.S)	Número 3 e 4 pois são legais;
(L.P)	Todas de laboratório, pois eu sinto que aprendia mais;
(L.C)	A do efeito fotoelétrico. Por causa do uso do sensor;
(L.G)	Da matéria sobre lentes;
(L.F)	A 1 pois podemos aprender mais sobre o olho humano;
(L.L)	Olho humano;
(L.H)	Todas, gostava de sair da sala;
(L.S)	A de mexer os espelhos na simulação e ver os raios luminosos convergindo ou divergindo. Não sei, é legal mexer naquilo;
(L.R)	Acho que todos foram do mesmo nível pra mim;
(M.N)	A atividade das lentes e a refração de luz, pois foi legal ver como os raios incidiam sob a lente;
(N.S)	Atividade com o modelo de olho humano, aula prática auxilia muito mais de que em sala de aula;
(T.R)	Simulação de caracterização de lentes;
(V.S)	Aquela do efeito fotoelétrico. Porque foi legal;

Questão 5: Quais foram os pontos negativos e positivos do desenvolvimento da sequência em sua opinião?

Aluno	Resposta
(A.F)	Positivos só, adorei e aprendi muito;
(A.G)	Sim, houve pontos positivos pois entendi mais do assunto;
(A.D)	Positivos: vários experimentos; Negativos: Nenhum;
(A.C)	Positivo: ganhar 3 pontos e lembrar; Negativo: não tem;
(B.R)	Positivos: exercícios, tira dúvidas, dinâmica, explicação, tudo; Negativos: Nenhuma;
(B.N)	Positivo: o ensinamento diferenciado; Negativo: nenhum;
(G.K)	Eu gostei, trabalhar em dupla é diferente;
(G.G)	Positivos: A revisão da matéria Negativos: Nenhum;
(G.C)	Positivo: maior interação dinâmica Negativo: Conversas paralelas e falta de foco nas atividades;
(G.S)	Negativa – foram poucas atividades; Positivas – as atividades foram bem criativas;
(J.P)	Todos os pontos foram positivos;
(J.P)	Adoro tarefas práticas;
(J.N)	Amo aula prática;
(K.F)	Positivo: relembre conceitos Negativos: nenhum professor, você é ótimo;
(K.S)	Somente pontos positivos !!;
(L.P)	Só pontos positivos;
(L.C)	Pontos negativos: matéria difícil; Pontos positivos: trabalho em dupla;
(L.G)	Nenhum ponto negativo, só tenho pontos positivos;
(L.F)	Positivos: Relembrei uma matéria; Negativos: nenhum;
(L.L)	Positivo: aprendido; Negativo: nenhum;

- (L.H) Todos pontos foram positivos;
- (L.S) Não sei, eu gostei;
- (L.R) Foi bom sair de sala um pouco e levar pra prática a teoria explicada;
- (M.N) Não tenho o que reclamar sob o desenvolvimento dessa matéria;
- (N.S) Positivo: ensinamento diferenciado;
Negativo: nenhum;
- (T.R)
- (V.S) A parte de ser em dupla foi legal. Não tem negativo;
-

APÊNDICE G – O PRODUTO EDUCACIONAL

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.

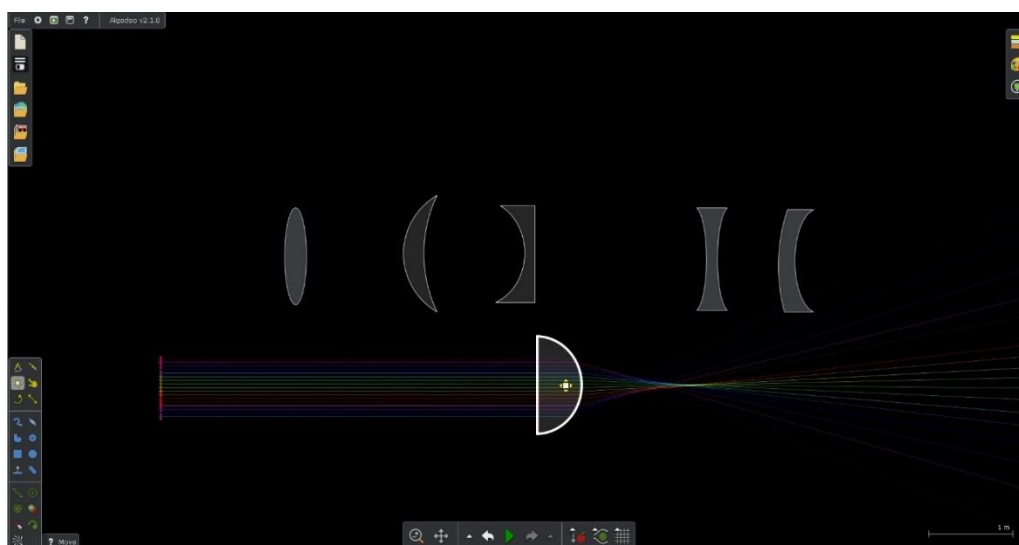
Roteiro da Atividade

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.

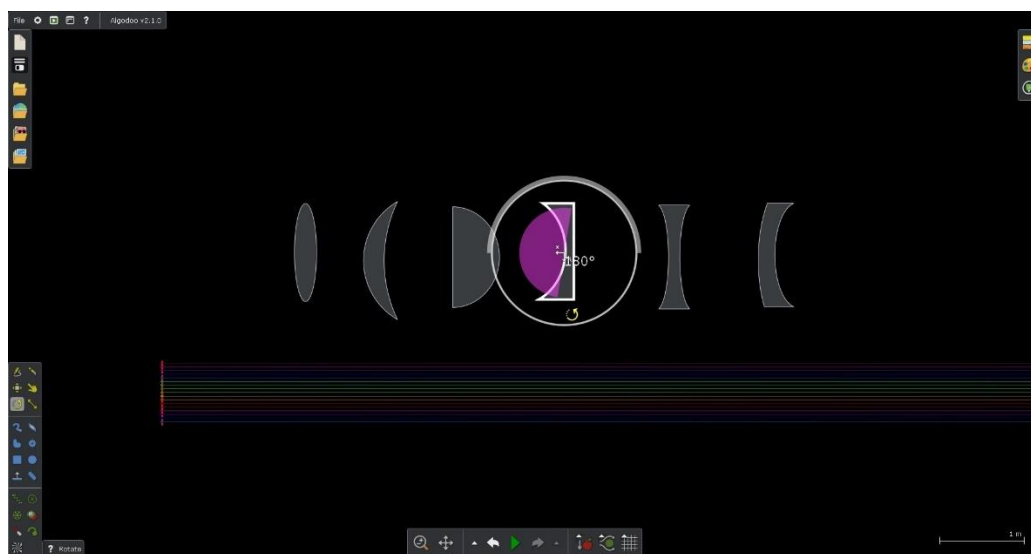
b) Qual ou quais das lentes na simulação são divergentes? Faça o desenho da lente e diga o porquê da sua resposta.

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.

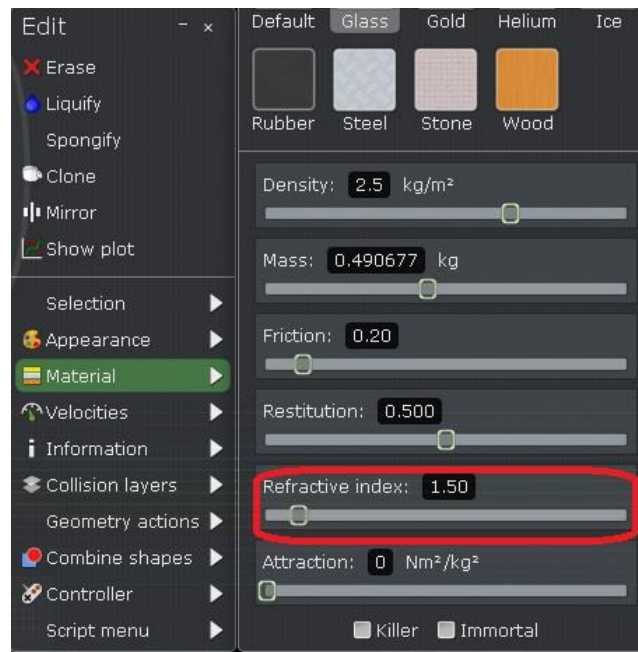
Figura 8: Simulação com tipos de lentes no Algodoo representando o movimento de giro das lentes no programa em 180° mostrado em roxo.



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

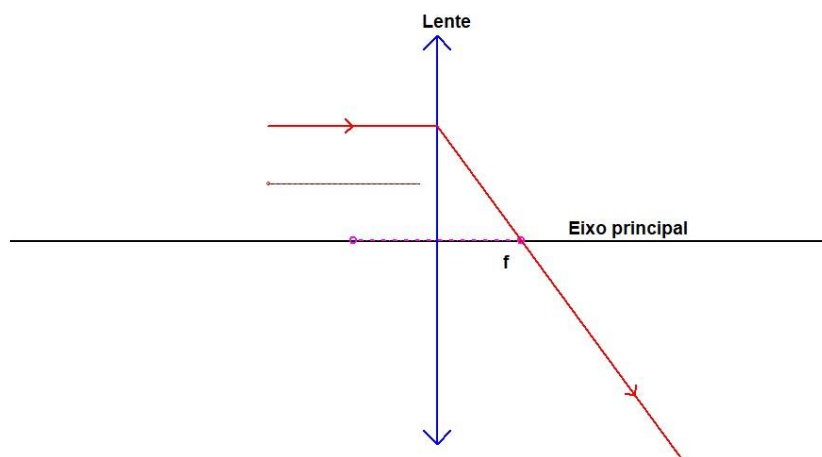
Atividade 1

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;

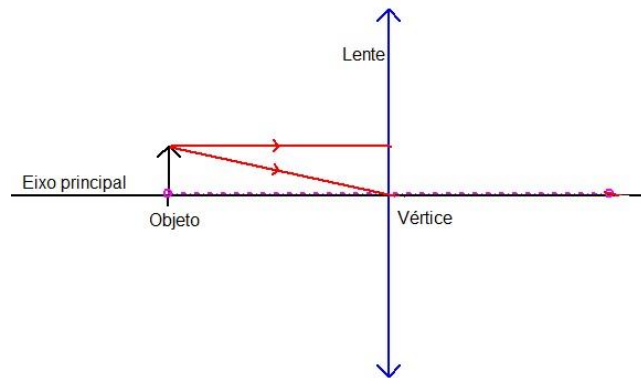
- d) Construa raios que incidam em direção ao vértice da lente;

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.

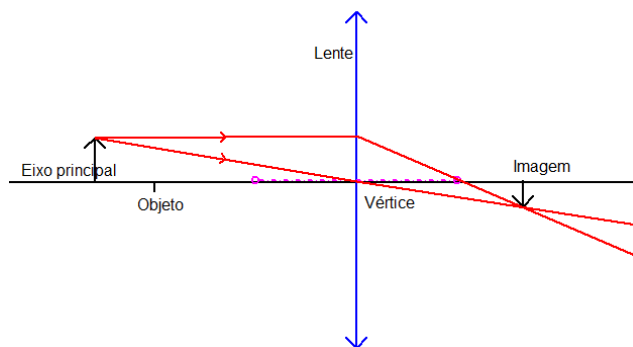
Figura 11: Representação do passo 2, com um raio de luz que parte do objeto e incide paralelo ao eixo principal e outro raio de luz que parte do objeto e incide em direção ao vértice da lente.



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.

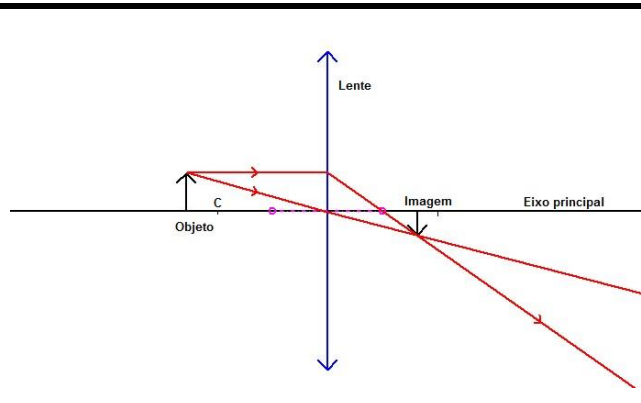


Fonte: Autor.

- 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.

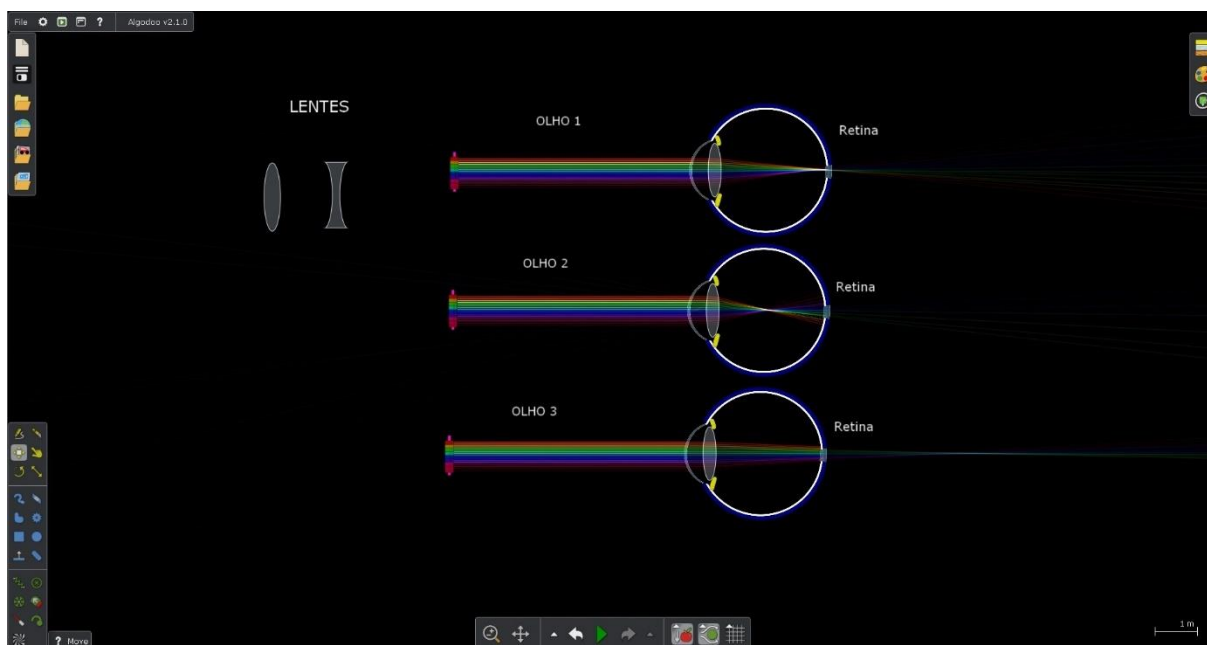
CAPÍTULO 4 – SEGUNDA ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES: ESTUDANDO O OLHO HUMANO

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.

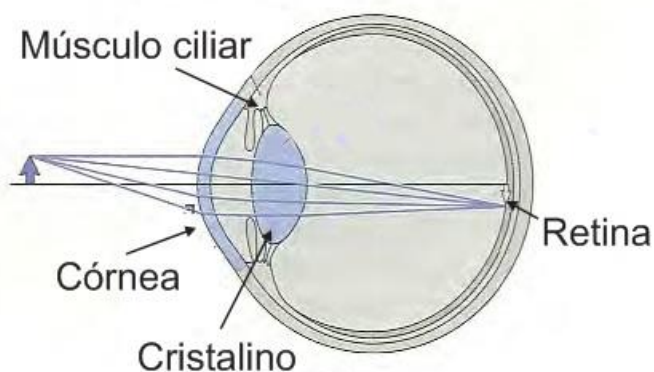
A partir da simulação, eles deverão seguir o roteiro da atividade interagindo com o olho humano no *algodoo* no momento adequado, entendendo o funcionamento do órgão. Os defeitos visuais são reproduzidos alterando-se o índice de refração da

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.

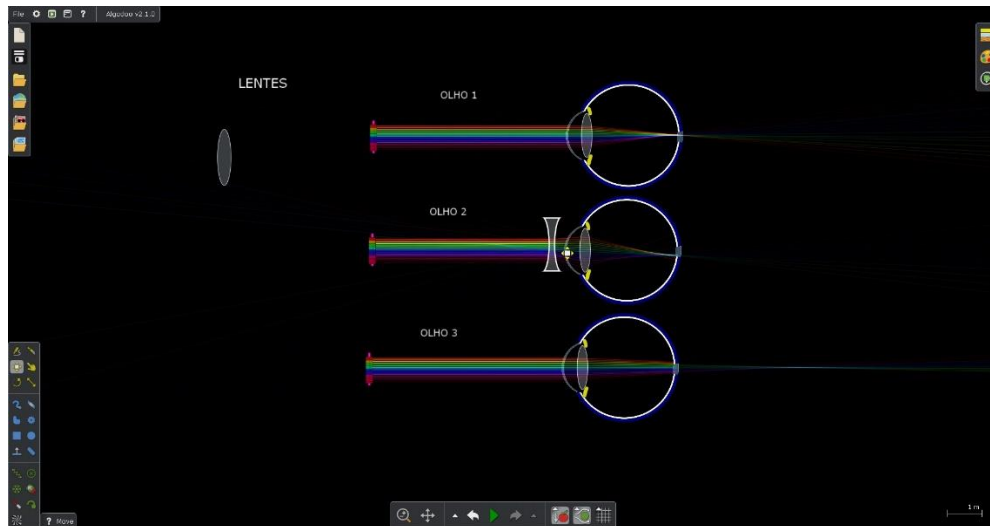
Figura 15: Esquema de um olho humano normal e alguns de seus principais elementos visuais.



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.

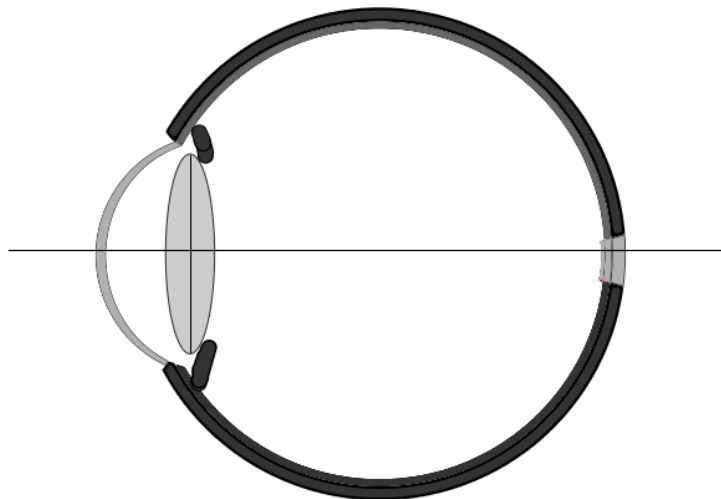


Fonte: Autor.

- 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

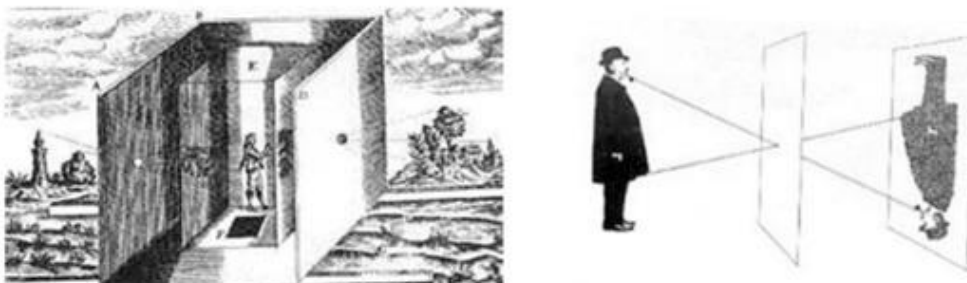
Neste encontro será realizado uma aula em sala com o objetivo de introduzir os conceitos importantes sobre efeito fotoelétrico e preparar os alunos para a terceira e última rotação por estações que abordará o assunto do efeito fotoelétrico relacionado com o processo de formação da visão humana. A apresentação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



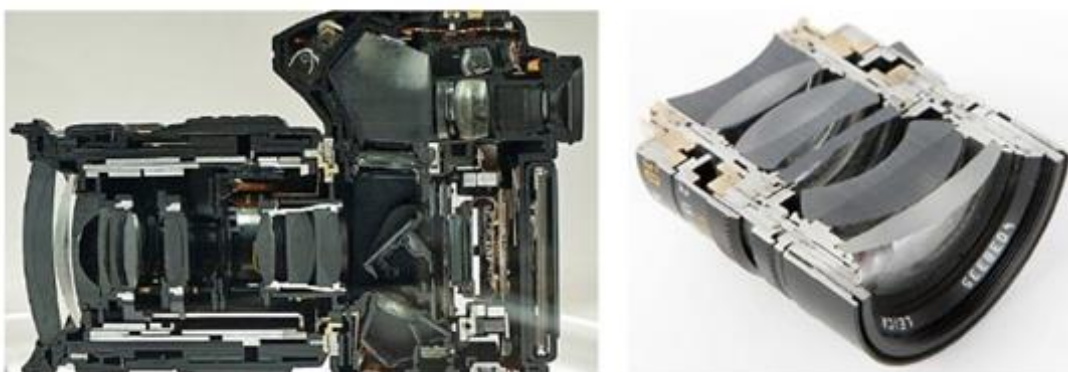
Fonte: disponível em: <https://www.detonashop.com.br/camera-digital-nikon-d5600-af-s-18-140mm-vr-24-2mp-full-hd-wi-fi.html>. Acesso em novembro de 2020.

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%AAsios_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

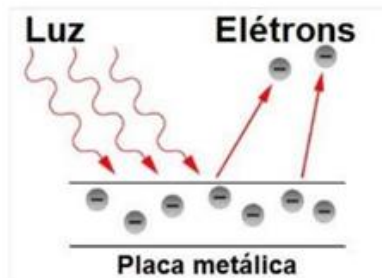
- A Luz é vista como partícula chamada de fóton
- Fótons carregam pacotes de energia denominados *quantum*.
- A energia de cada fóton é dado pela relação:

$$E = h \cdot f$$

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.

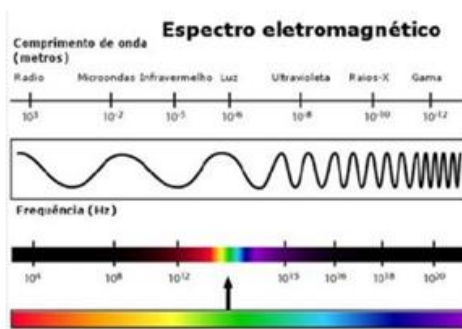
O efeito fotoelétrico é um efeito que ocorre quando há incidência de luz em certos materiais metálicos. Quando a luz incide sobre este material, a energia luminosa é absorvida pelos elétrons livres presentes no material fazendo com que eles sejam ejetados, e dessa maneira formando uma corrente elétrica. 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.

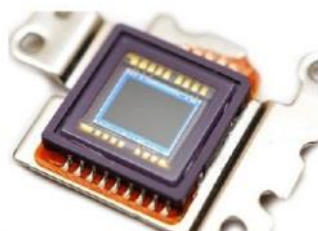
O efeito fotoelétrico é o mesmo que ocorre no sensor CCD das câmeras fotográficas digitais. A figura 26 mostra um tipo destes sensores.

Imagem 8: Representação dos sensores CCD mostrados na figura 26

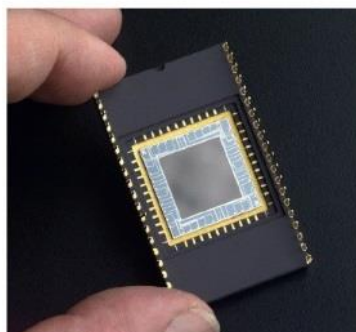
Figura 26: Representação do oitavo slide utilizado no encontro mostrando duas imagens de um sensor CCD das câmeras digitais.

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.

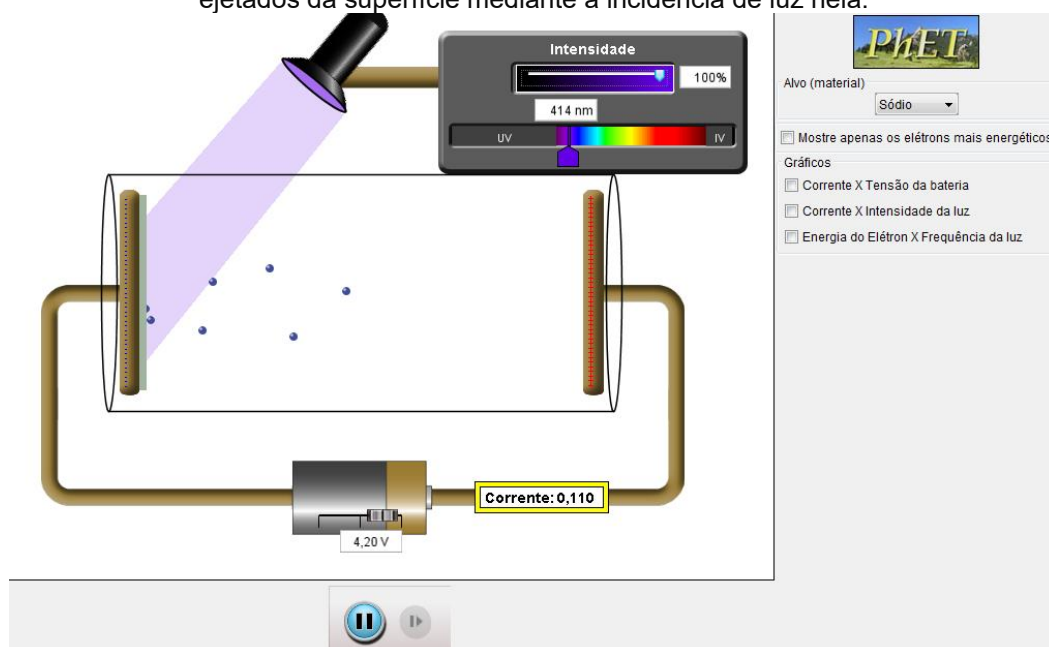
CAPÍTULO 6 - TERCEIRA ROTAÇÃO POR ESTAÇÕES

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?

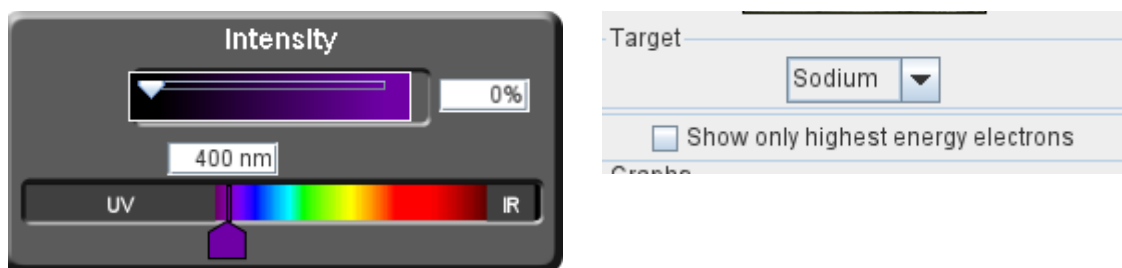
c) Quando a luz incide sobre o material metálico na simulação, elétrons são ejetados e percorrem o caminho até a placa metálica do lado oposto. A esse movimento de elétrons ordenado dentro deste aparato da simulação é dado o nome de corrente elétrica, onde, o aparelho responsável por medir o valor dessa 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.

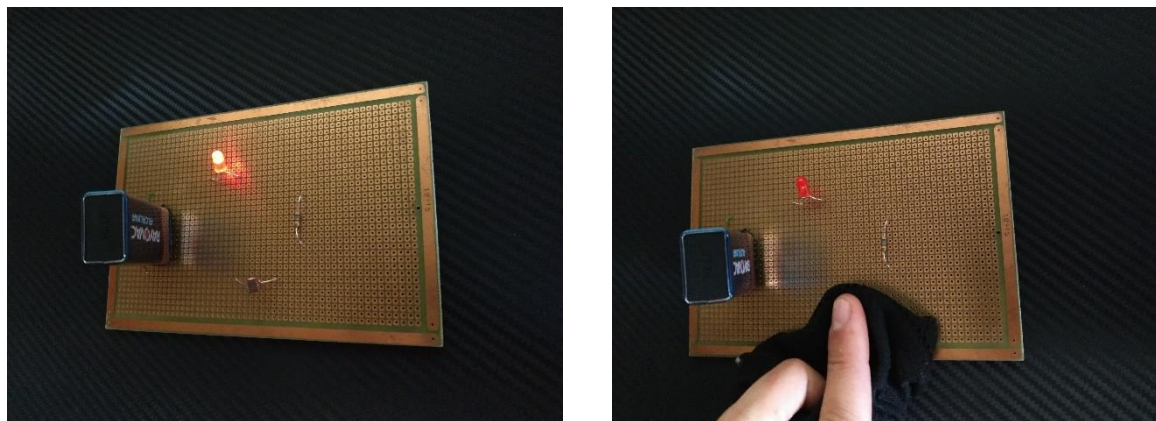
O sensor LDR⁴ é um tipo de resistor sensível a luz que tem um funcionamento

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

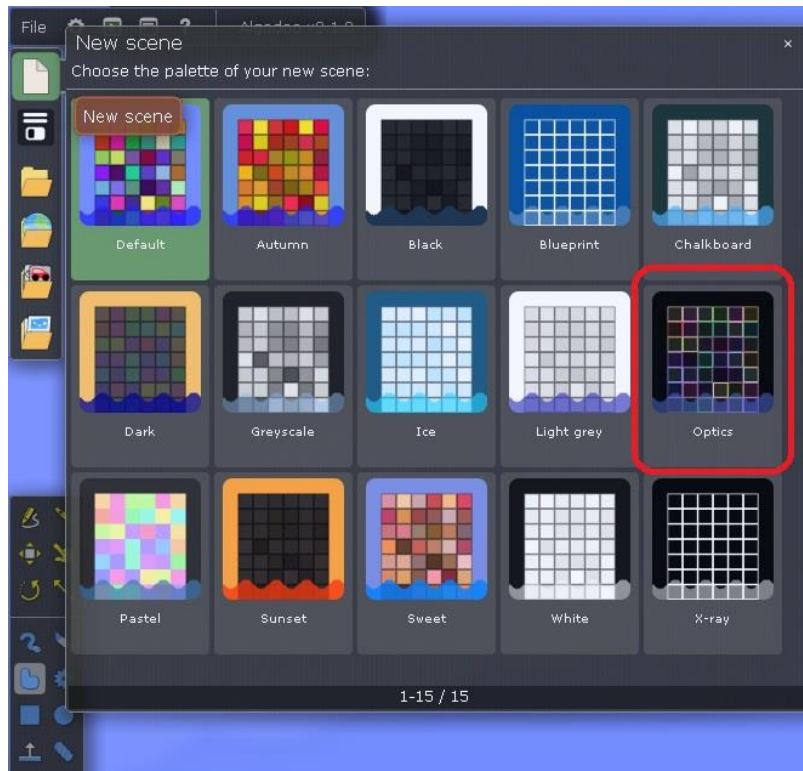
Construção da simulação com lentes no *Algodoo*

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

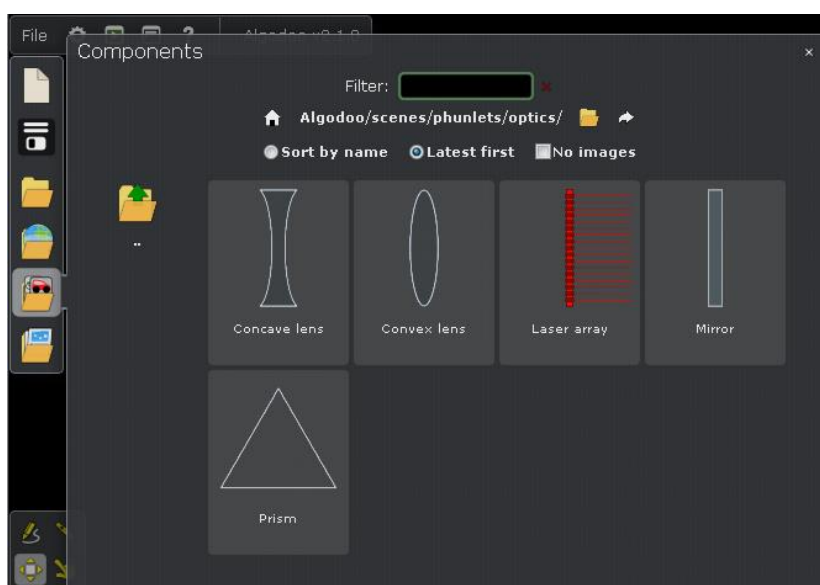
na parte mais de baixo. Clicando nesta parte colorida e apertando o botão “*delete*” você vai excluí-lo e ficar com um fundo todo preto.

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.

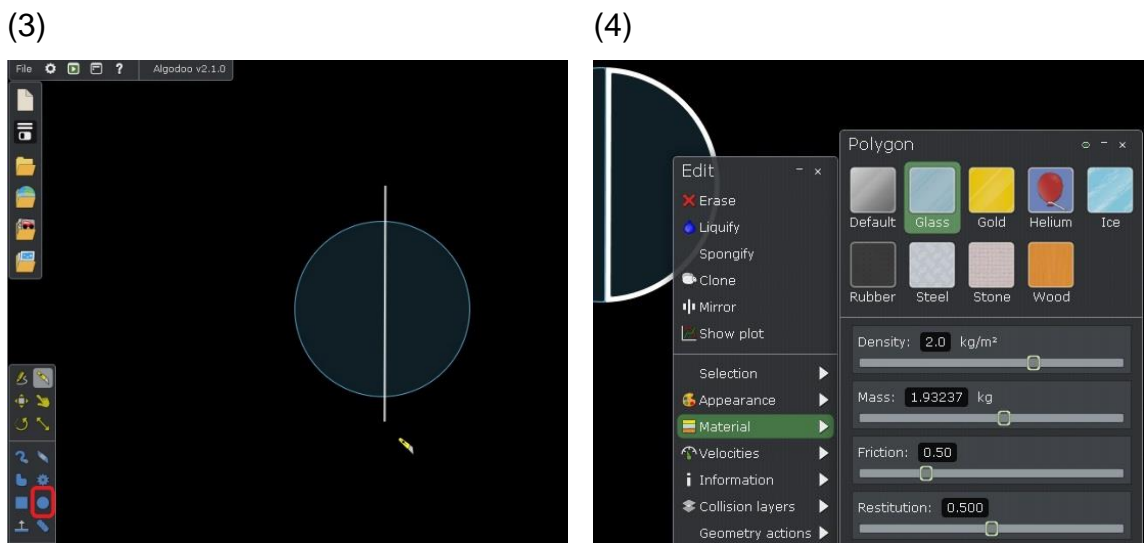
As lentes, plano-côncava, plano-convexa, côncava-convexa e convexa-côncava precisam ser construídas, pois o programa não as traz prontas. Para isto, siga os seguintes passos.

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.

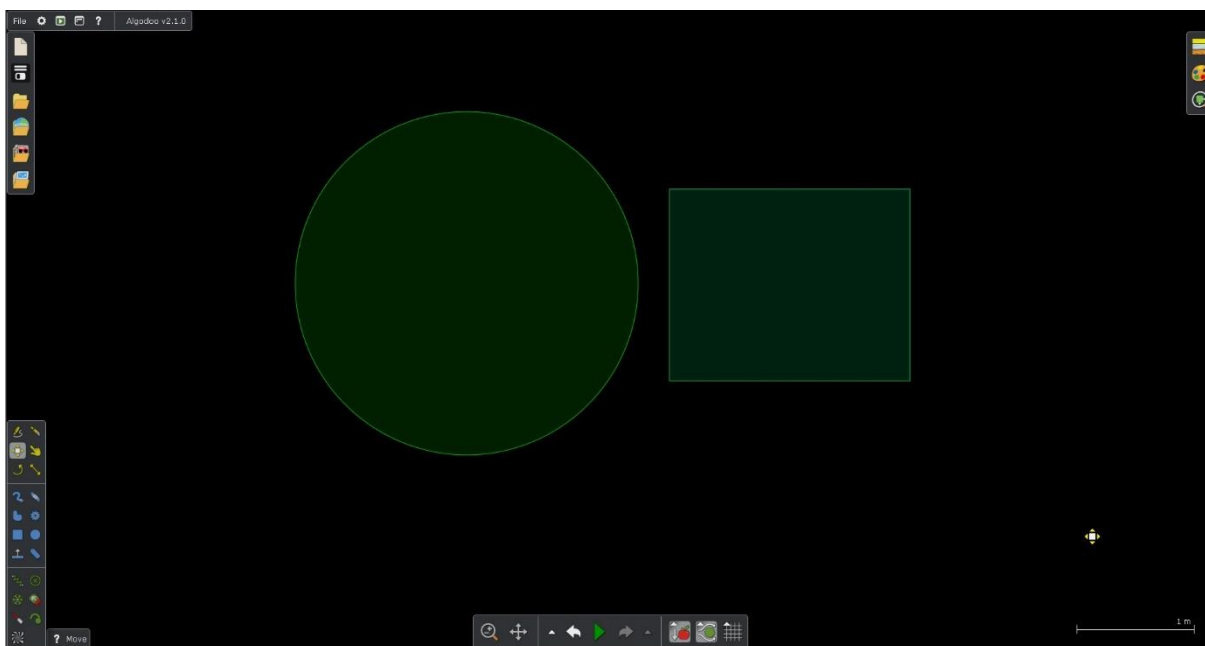


Fonte: Autor.

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.

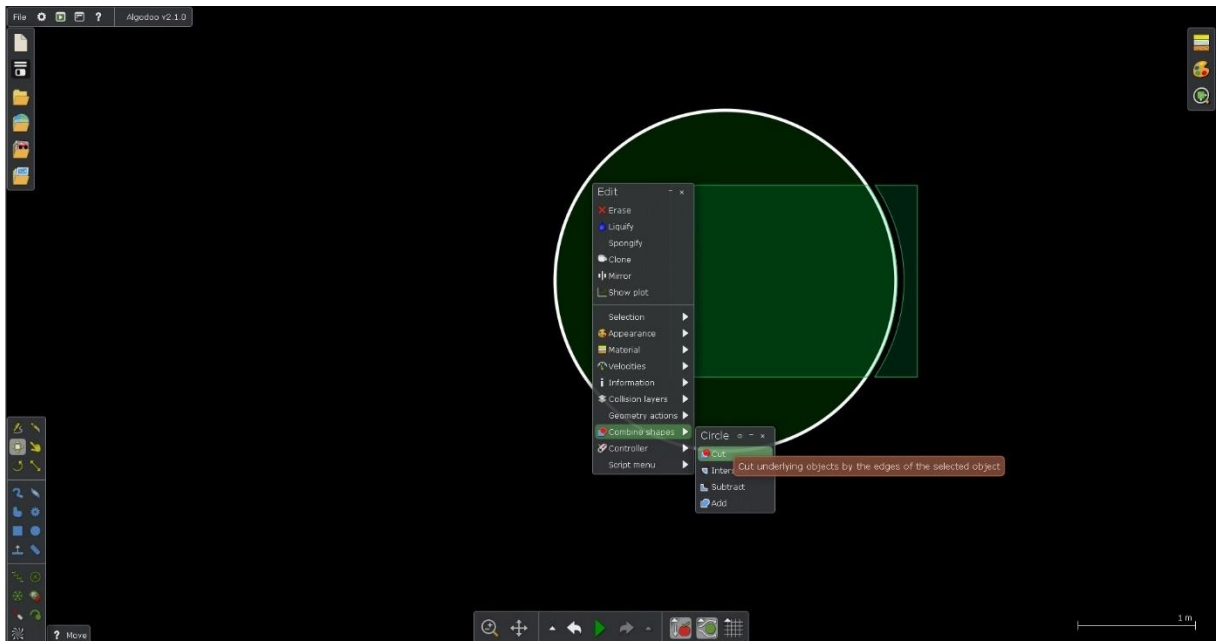
Figura 33: Representação da construção das lentes no simulador Algodo.



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.

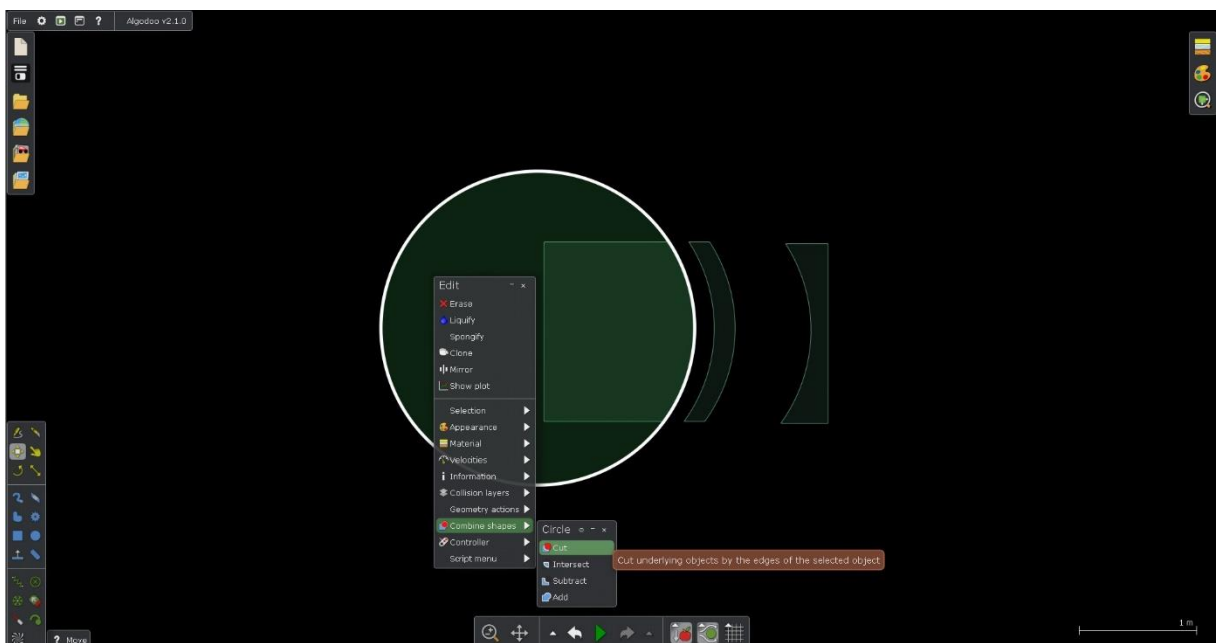
Figura 34: Representação do passo 7. Realizando um corte no retângulo utilizando o círculo para formar uma lente plano-côncava.



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.

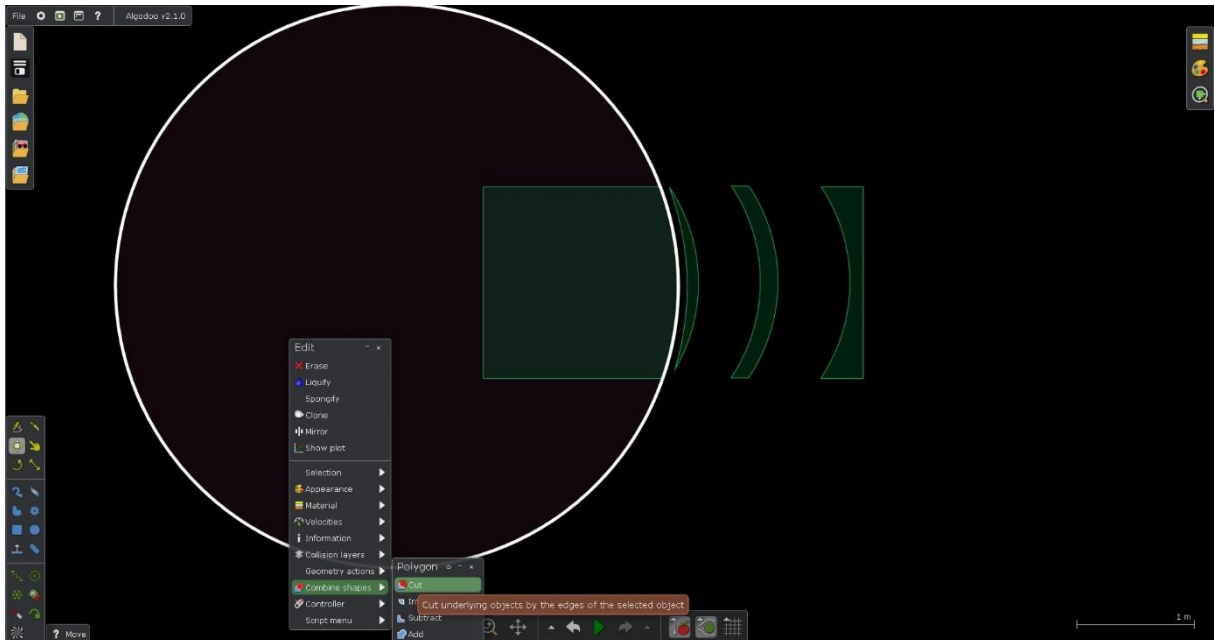
Figura 35: Representação do passo 8. Realizando um novo corte no retângulo utilizando a circunferência para formar uma lente côncavo-convexa.



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.

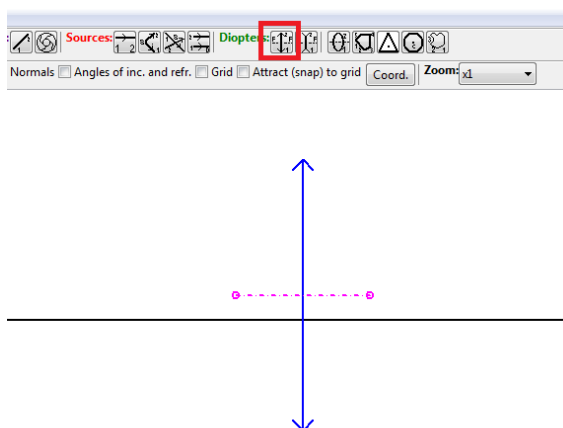
APÊNDICE B

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 do ponto focal.



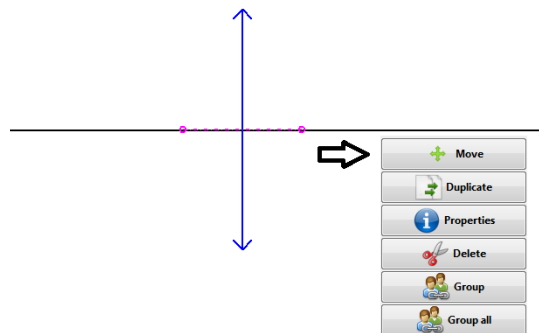
Fonte: Autor.

- 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.

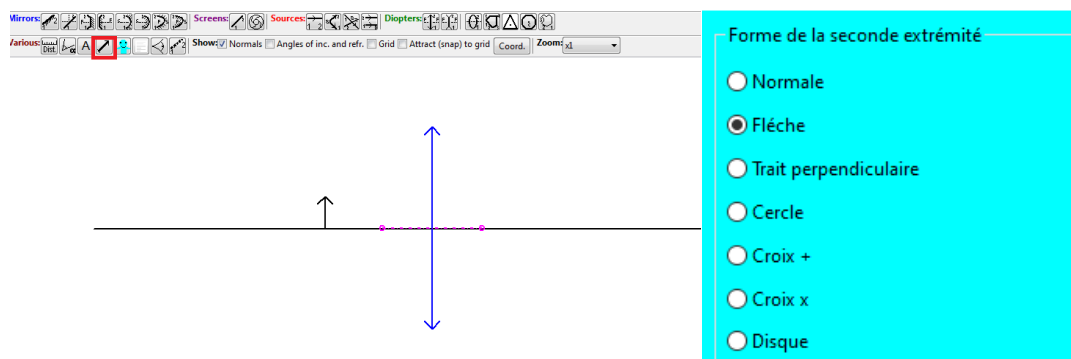
Figura 38: Passo 4. Utilizando a tecla “Move” para posicionar a lente corretamente sobre o eixo principal da simulação.



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.

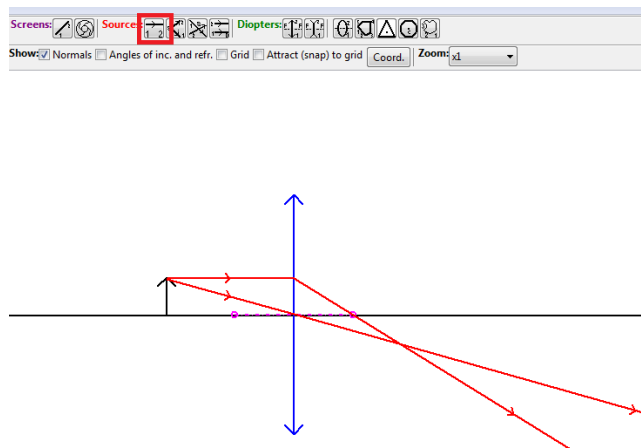
Figura 39: Representação do passo 5. Construção de um objeto representado por uma seta na simulação do Optgeo.



Fonte: Autor.

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

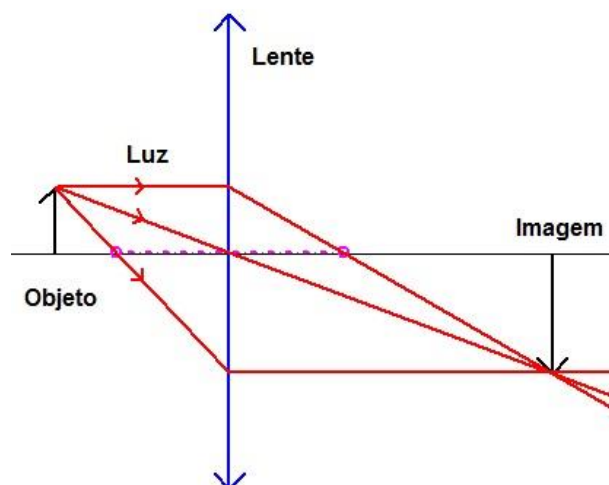
Figura 40: Representação do passo 6. Construção dos raios luminosos na simulação do Optgeo.



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.

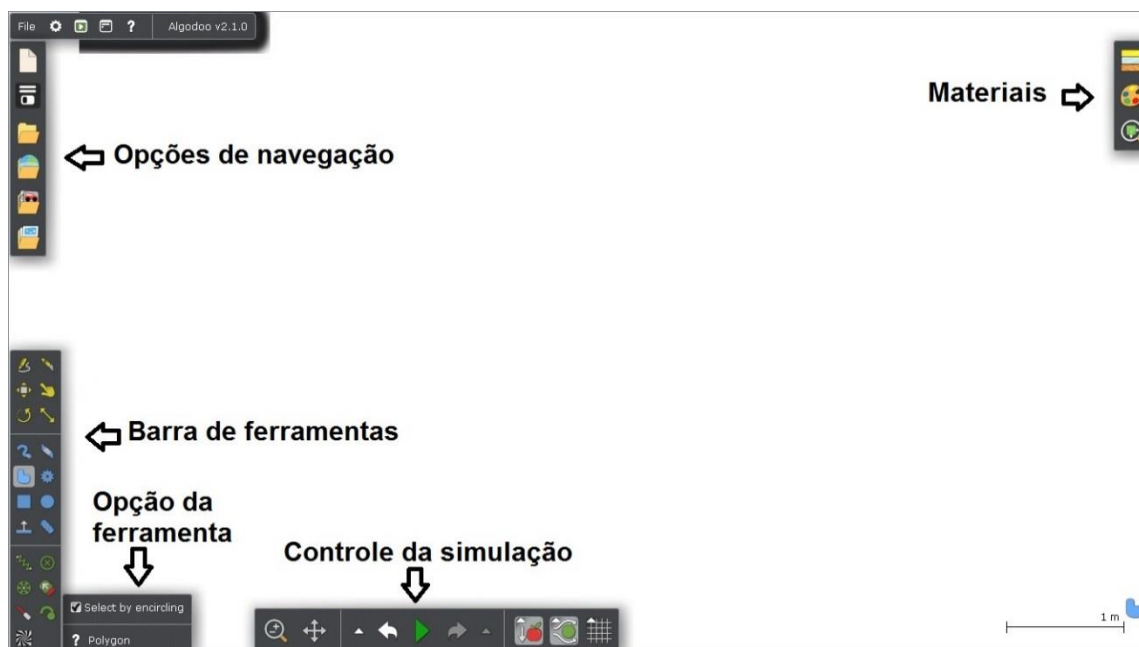
APENDICE C

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*.

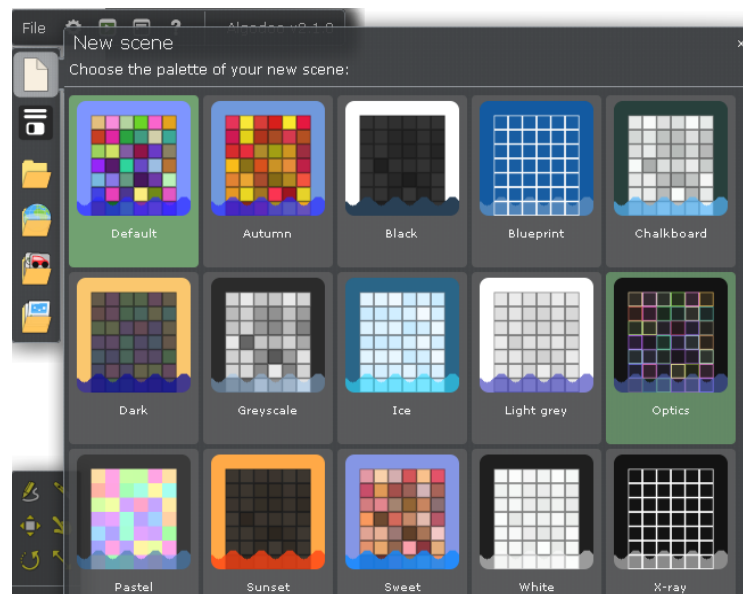


Fonte: Autor.

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.

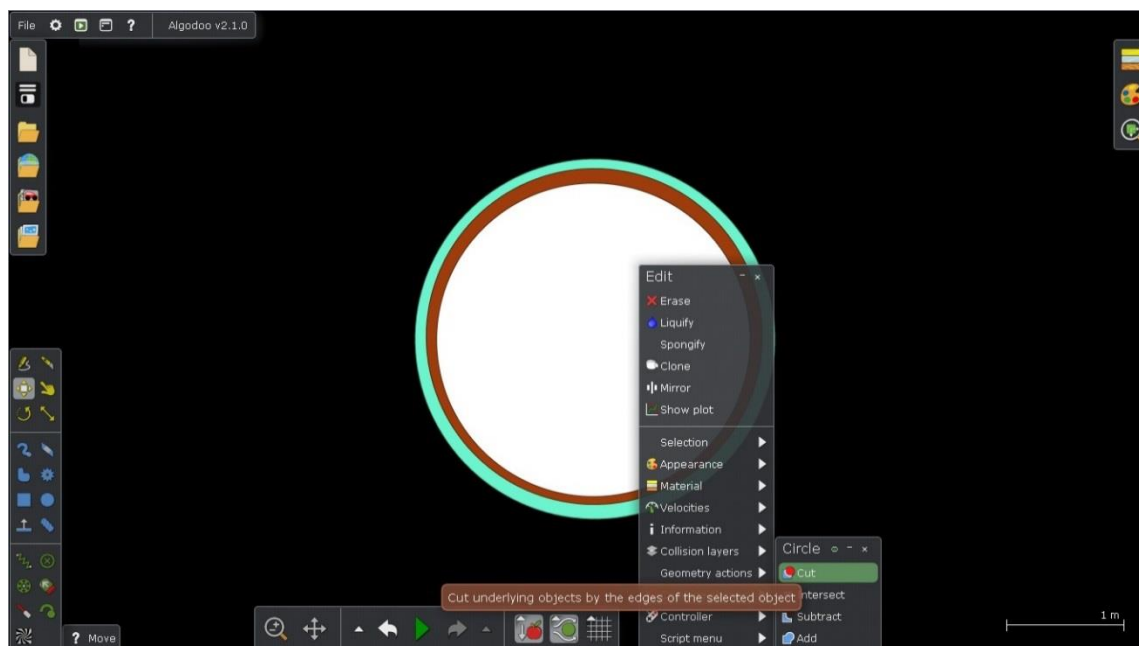


Fonte: Autor.

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

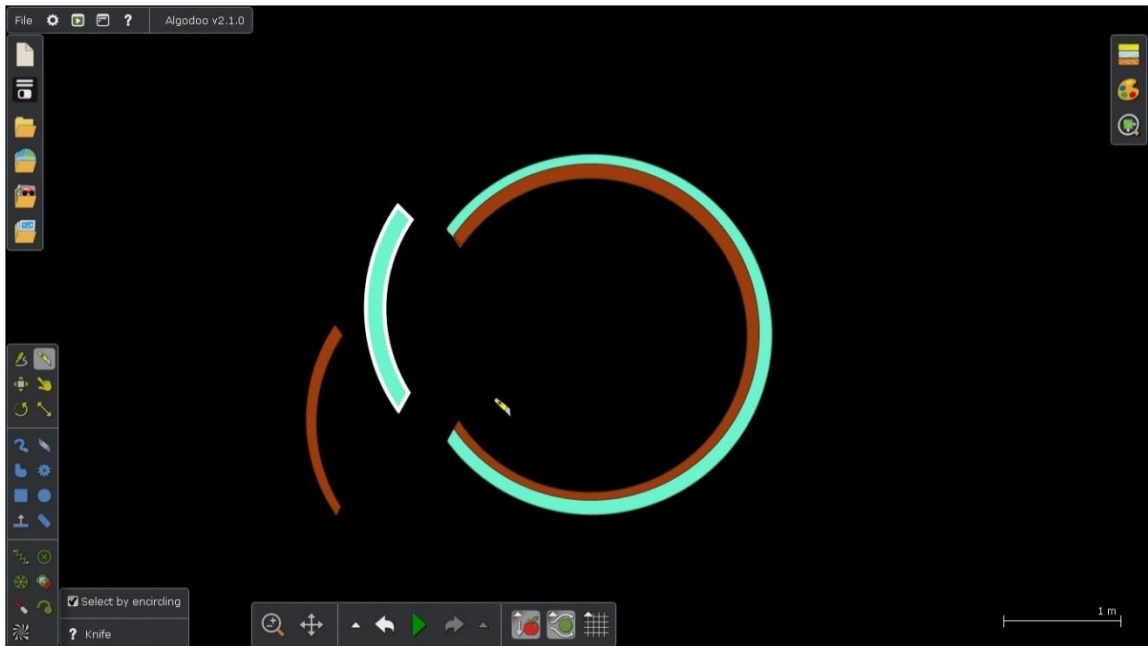
Figura 44: Representação do passo 4 da construção da simulação. Realizando um corte utilizando círculos sobrepostos.



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.

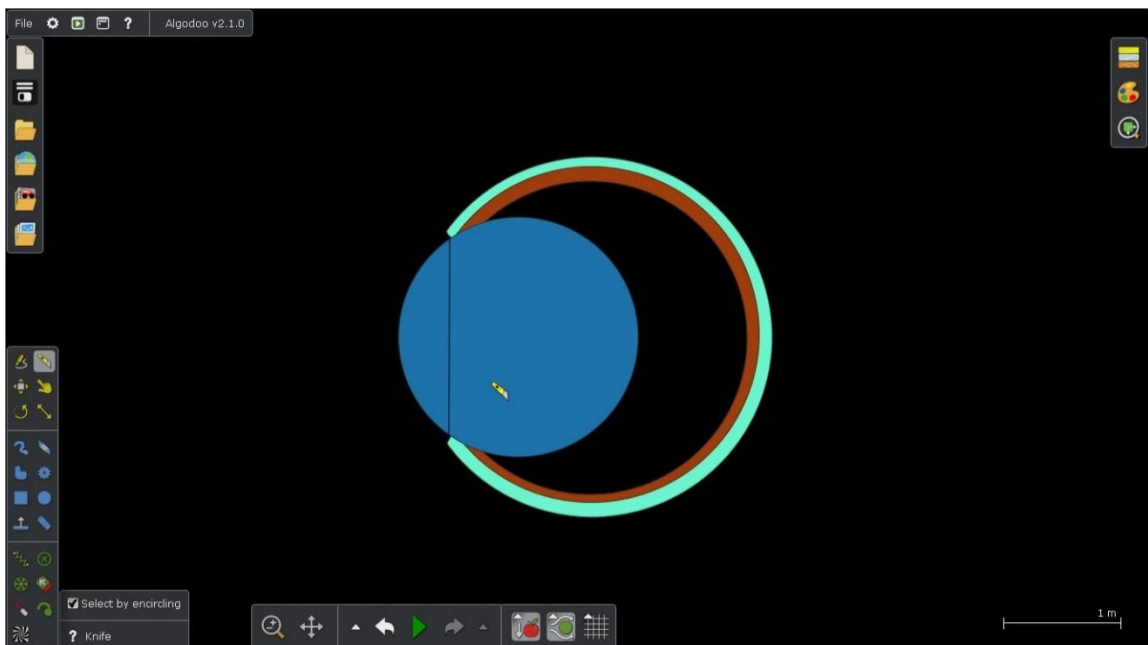
Figura 45: Representação do passo 6. Realizando um corte com a ferramenta "knif".



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.

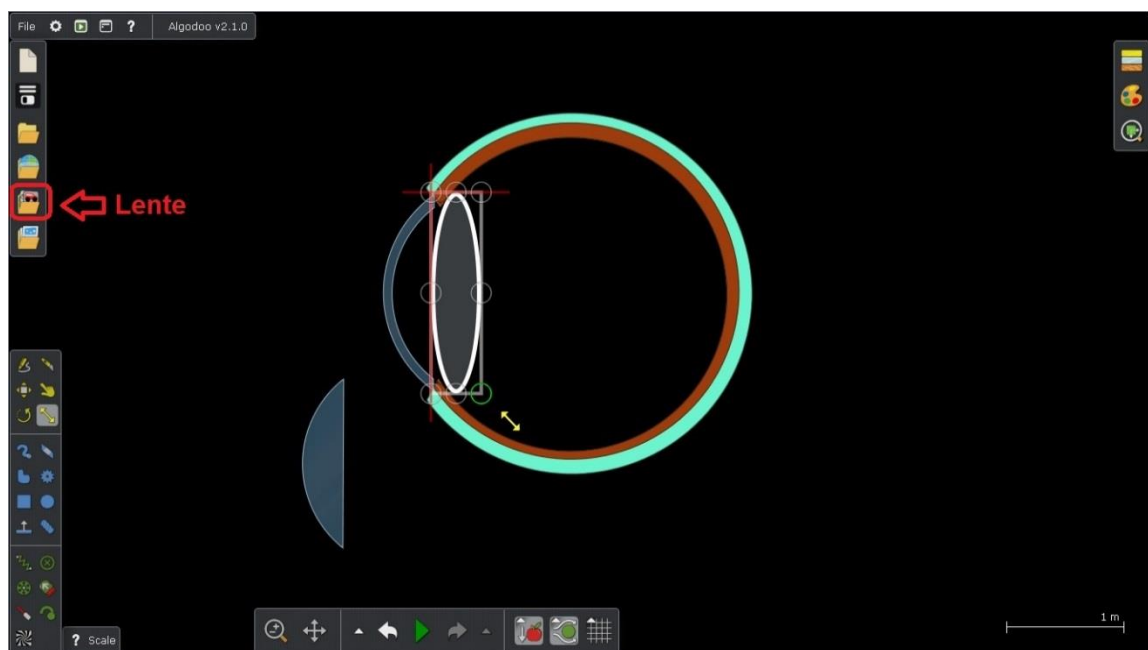
Figura 46: Representação do passo 7. Corte da circunferência menor utilizando a ferramenta "knife".



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.

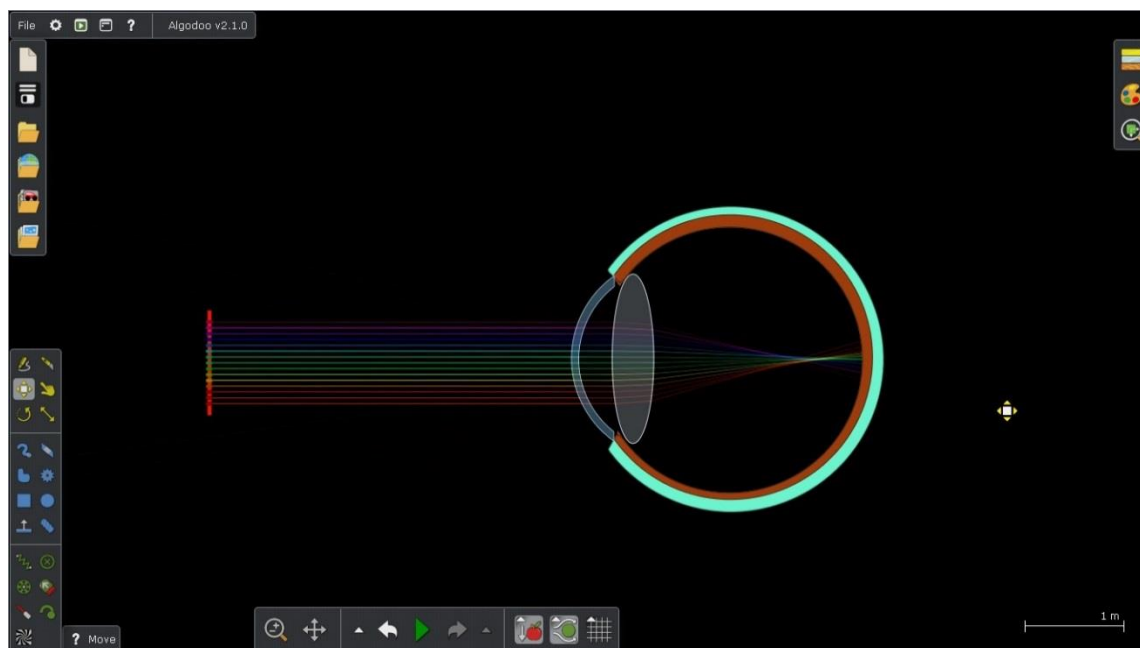
Figura 47: Representação do passo 10. Redimensionamento da lente biconvexa posicionada na simulação.



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.

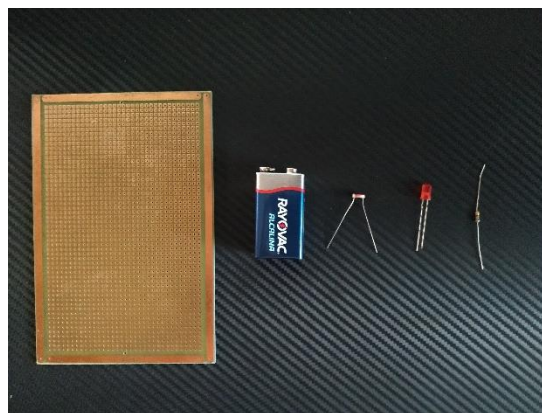
APÊNDICE D – EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO SOBRE O EFEITO FOTOELÉTRICO

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 *protoboard*, 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

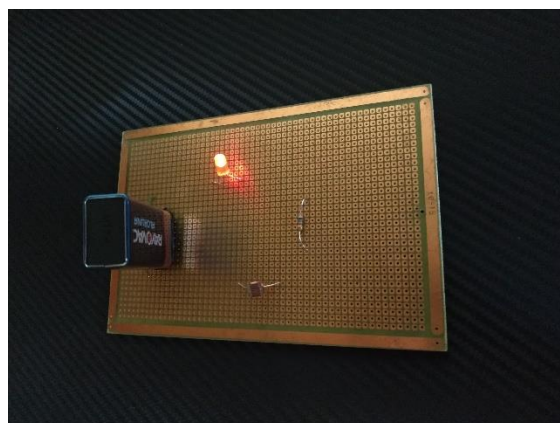
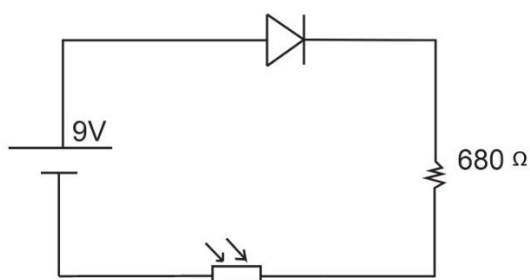
Figura 49: Materiais utilizados para construção do experimento de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico.



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.